

# DICȚIONAR DE FIZICĂ

84261  
19238



Editura enciclopedică română  
București • 1972

**Ion DIMA**, conf. univ. dr. (coordonator):  
termodinamică, fizică moleculară, fizică statistică, fizica corpului  
solid;

**George VASILIU**, lector univ.:  
mecanică, oscilații și unde, fizică atomică;

**Dumitru CIOBOTARU**, lector univ. dr.:  
optică, spectroscopie, fizica plasmei;

**Ștefan MUSCALU**, lector univ. dr.:  
electromagnetism, fizică nucleară.



**Revizie științifică**  
Prof. univ. dr. docent Nicolae **BĂRBULESCU**

.

**Redactor coordonator**  
**Măriuca MOLDOVEANU**

**Redactor lexicograf**  
**Ileana PÎRVULESCU**

Coperta și supracoperta  
**GHEORGHE MOTORA**

Macheta  
**OLIMPIU POPA**

## CUVÎNT ÎNAINTE

Literatura noastră științifică nu dispune de o lucrare cu caracter enciclopedic, care să definească noțiunile curente ale fizicii. De aceea, publicarea acestui dicționar răspunde unei necesități de prim ordin. \*

Dicționarul oferă un volum bogat de informații, acoperind, prin cei aproape 2 000 de termeni, toate ramurile fizicii: mecanică, acustică, electromagnetism, termodinamică, fizica plasmei, fizica corpului solid, optică, spectroscopie, fizică moleculară, fizică atomică și fizică nucleară. Sînt incluse, de asemenea, scurte articole biografice ale unor oameni de știință români și străini.

La elaborarea lucrării, concepută de pe pozițiile materialismului dialectic, s-a urmărit asigurarea rigurozității științifice a informației, pe baza rezultatelor celor mai noi cercetări.

Deși s-a recurs, în mod inevitabil, la folosirea limbajului matematic, accentul s-a pus pe interpretarea fenomenelor din punct de vedere fizic. Fiecare articol începe prin definirea noțiunii, dezvoltată, apoi, enciclopedic. Mărimile fizice și unitățile de măsură sînt însoțite, în paranteză, de simbolurile lor. Pentru o informare cît mai completă și pentru reliefaarea legăturilor dintre noțiuni, s-a folosit sistemul de trimiteri. Unele noțiuni sînt tratate în cadrul articolelor cărora le sînt subordonate logic, termenii respectivi fiind evidențiați cursiv, iar la ordinea alfabetică figurează doar ca trimitere. Tabelele, schemele și desenele conferă dicționarului un plus de informație și de accesibilitate.

Nădăjduim că prin publicarea prezentei lucrări oferim cititorilor un instrument util de informare și de lucru.





**aberație**, fenomen datorită căruia imaginea formată de un sistem optic nu este stigmatică, plană și asemenea cu obiectul. Apare ca efect al dependenței drumului optic de indicele de refracție și de drumul geometric, al dependenței indicelui de refracție de lungimea de undă și al difracției.

*Aberația cromatică (cromatism)* se produce datorită fenomenului de dispersie a luminii ce străbate mediile transparente (lentile, prisme etc.) din care este alcătuit un sistem optic; imaginile formate în instrumentele optice necorectate (v. acromatizare) pentru acest tip de aberație apar cu marginile colorate. În cazul unei lentile convergente, focarul razelor violete  $F_V$  se formează mai aproape de aceasta decât focarul razelor roșii

$F_R$  (fig. 1). Pe un ecran  $E$  așezat în  $F_R$ , perpendicular pe axa optică principală, se va forma o pată luminoasă cu marginea irizată în violet, în timp ce în  $F_V$  irizația marginală a petei de pe ecran va fi roșie. După cum se vede pe figură, între  $F_R$  și  $F_V$  există o poziție intermediară a ecranului (punctul  $M$ ), pentru care pata va avea o suprafață minimă. Ea este în acest caz o regiune de concentrare maximă a luminii, de culoare albă. Cu cât sistemul optic este mai bine corectat pentru aberația cromatică, cu atât dimensiunile acestei pete sînt mai reduse. Dacă fasciculul incident pe lentilă este cilindric și paralel cu axa optică pata este circulară, iar raza ei este luată ca măsură a aberației cromatice, purtînd numele de *abera-*

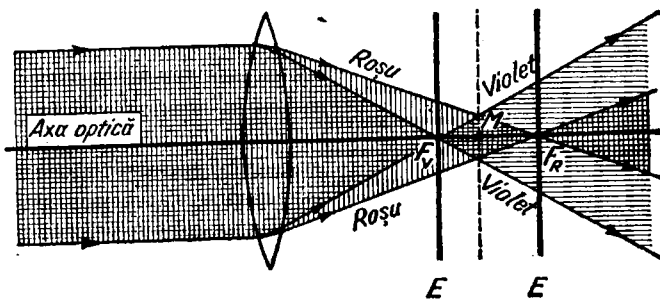


Fig. 1

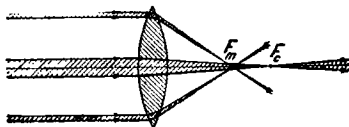


Fig. 2

ție cromatică transversală principală, și are expresia:

$$\rho = \frac{h}{2} \frac{\Delta n}{n - 1},$$

unde  $h$  este raza secțiunii transversale a fascicului incident pe lentilă,  $n$  — indicele de refracție al lentilei pentru o lungime de undă mijlocie a luminii folosite, iar  $\Delta n = n_R - n_V$ , în care  $n_R$  și  $n_V$  sînt indicii de refracție pentru radiația roșie și, respectiv, violetă.

$\Delta n$  se numește *dispersie*, iar  $\frac{\Delta n}{n - 1}$  — *putere dispersivă*. De obicei, pentru caracterizarea aberațiilor cromatice ale lentilelor, se folosesc (în notația *Fraunhofer*) două radiații ale hidrogenului, cu lungimile de undă  $\lambda_C = 6\,563 \text{ \AA}$  (roșu) și  $\lambda_F = 4\,861 \text{ \AA}$  (albastru). Ca radiație mijlocie se alege linia galbenă a sodiului ( $\lambda_D = 5\,893 \text{ \AA}$ ). În acest caz

$$\rho = \frac{h}{2} \frac{n_F - n_C}{n_D - 1},$$

unde  $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$  poartă numele de *putere dispersivă mijlocie* a mediului transparent al lentilei.

*Aberația de sfericitate* apare datorită forme sferice pe care o au suprafețele utilizate în majoritatea instrumentelor optice (fig. 2 — în cazul unei lentile convergente, fig. 3 — al unei oglinzi sferice concave) și se explică prin faptul

că razele incidente centrale converg în alt punct ( $F_C$ ) decît cele marginale ( $F_m$ ). Această aberație ar putea fi înlăturată dacă s-ar utiliza suprafețe stigmatice pentru toate punctele obiectului optic în locul celor sferice, ceea ce este, practic imposibil. Ea este cu atît mai pronunțată cu cît razele cad pe sisteme în puncte de incidență mai depărtate de axa optică principală, deci cu cît fasciculusul este mai larg; poate fi atenuată prin diafragmarea fasciculusului, adică prin folosirea fasciculelor paraxiale.

*Aberația geometrică* constă în abaterarea de la condiția de stigmatism (v. astigmatism), datorită faptului că drumurile optice ale diferitelor raze de lumină ce concură la formarea fiecărui punct al imaginii variază în urma trecerii acestor raze prin diferite zone ale sistemului optic. Apare în cazul fasciculelor înguste înclinate, îndepărtate sau nu de axa optică, precum și la fascicule largi, centrate sau nu pe axa optică.

V. coma, distorsiune, anastigmatism.

**aberație a luminii (a stelelor sau anuală)**, fenomen optic constînd în variația poziției aparente a stelelor observate dintr-un punct

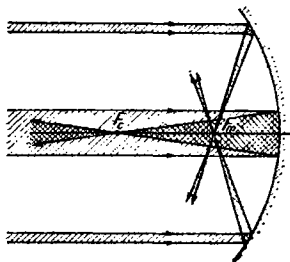


Fig. 3

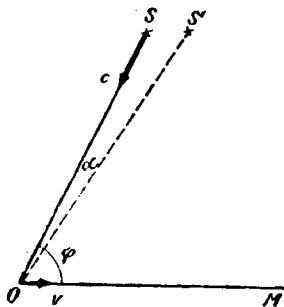


Fig. 4

aflat pe suprafața Pământului. A fost descoperită de J. Bradley în 1728. Se datorește, pe de o parte, deplasării observatorului terestru antrenat de mișcarea Pământului în jurul Soarelui, iar pe de altă parte, vitezei finite  $c$  de propagare a luminii. Dacă  $OM$  este direcția de mișcare cu viteza  $v$  a observatorului  $O$  (fig. 4), iar  $SO$  — direcția reală de propagare a luminii, luneta observatorului trebuie înclinată în direcția  $OS'$  cu un unghi  $\alpha$  (numit *unghi de aberrație*), față de direcția reală. Notînd cu  $\varphi$  unghiul dintre  $OM$  și  $OS$ , unghiul de aberrație este dat de relația:

$$\sin \alpha = \frac{v}{c} \sin (\varphi - \alpha).$$

De obicei,  $\alpha$  este foarte mic față de  $\varphi$  și de aceea relația de mai sus este înțilnită sub forma:  $\sin \alpha = \frac{v}{c} \sin \varphi$ , sau chiar:  $\alpha = \frac{v}{c} \sin \varphi$ .

**absorbant** v. absorbție (1).

**absorbit** v. absorbție (1).

**absorbstanță spectrală** v. factor de absorbție.

**absorbție** 1. Proces de pătrundere a particulelor (molecule, atomi

sau ioni) unei substanțe (*absorbit*) într-o altă substanță (*absorbant*).  
2. Micșorare a energiei cinetice sau a numărului particulelor unui fascicul, la trecerea printr-o substanță.

3. Fenomen ce însoțește de obicei propagarea undelor (sonore sau electromagnetice) într-un mediu disipativ, constînd în micșorarea intensității unei cu distanța parcursă. Soluția ecuației undelor plane ( $v$ . undă), ce se propagă în direcția axei  $x$  într-un mediu disipativ, se poate scrie:

$$\Psi = ae^{-\frac{\alpha}{2}x} e^{i(\omega t - kx)},$$

unde  $\omega$  este pulsația unei iar  $k$  — numărul de undă. Deoarece intensitatea unei este proporțională cu pătratul amplitudinii (egal cu  $\Psi\Psi^*$ ), rezultă:

$$I = C\Psi\Psi^* = Ca^2e^{-\alpha x},$$

unde  $Ca^2 = I_0$  (intensitatea unei înainte de a pătrunde în mediul disipativ). Deci:

$$I = I_0e^{-\alpha x}$$

și reprezintă legea de absorbție a undelor, unde  $\alpha$  este coeficientul de absorbție. În funcție de penetrația  $\delta$ , legea de absorbție a undelor se mai poate scrie:

$$I = I_0e^{-2\frac{x}{\delta}}.$$

**abundență izotopică (relativă)**, raportul dintre numărul de atomi ai unui izotop dintr-un element și numărul total de atomi ai tuturor izotopilor conținuți în elementul respectiv. Se exprimă, de obicei, în procente și variază foarte puțin cu locul de proveniență. Poate fi determinată experimental cu ajutorul spectrometrelor de masă.

accelerator, instalație complexă cu ajutorul căreia particulele încărcate electric sînt accelerate sub acțiunea unor cîmpuri electrice și magnetice, pînă la energii cinetice foarte mari. Este utilizat la studiul particulelor elementare și al structurii nucleului atomic.

Acceleratoarele se pot clasifica după forma traiectoriei (rectilinie sau curbilinie) descrise de particule (în *liniare* și *ciclice*), după caracterul cîmpului electric accelerator (în *directe*, *de inducție*, *rezonante* și *cu undă progresivă*), după domeniul de energii imprimate particulelor (în *relativiste* și *nerelativiste*) și după natura particulelor accelerate (electroni, protoni etc). În acceleratoare trebuie asigurată *stabilitatea traiectoriei*, adică menținerea particulelor pe traiectorii care să nu prezinte abateri mari (limitate de construcția instalației) de la o *traiectorie de echilibru* (sau *de referință*). Aceasta se realizează fie automat, devierea de la această traiectorie avînd tendința de a se micșora, fie prin dispozitive speciale de focalizare, plasate de-a lungul traiectoriei particulelor (în cazul acceleratoarelor liniare rezonante sau cu undă progresivă);

la acceleratoarele directe, stabilitatea traiectoriei se face prin focalizare electrostatică, iar la cele ciclice — prin focalizare electromagnetică (slabă sau intensă). De asemenea, pentru menținerea procesului de accelerare, este necesară *stabilitatea de fază*, adică satisfacerea unei *condiții de sincronism*. La acceleratoarele rezonante, aceasta este îndeplinită prin realizarea unei egalități între perioada tensiunii acceleratoare și intervalul de timp dintre două treceri succesive ale particulelor prin spațiul de accelerare, iar la acceleratoarele cu undă progresivă — prin realizarea unei egalități între viteza particulei (*sincrono*) și viteza de fază a undei. Potrivit *principiului autofazării*, particulele trebuie să satisfacă, în medie, condiția de sincronism; sub o anumită limită, abaterile de fază nu le elimină din procesul de accelerare. În fig. 5 se arată cum se aplică acest principiu în cazul acceleratoarelor cu focalizare slabă, în care mărirea energiei conduce la mărirea perioadei de rotație a particulei. Notînd cu  $\varphi_s$  faza de sincronism în care o particulă de energie  $W_s$  întilnește intervalul de

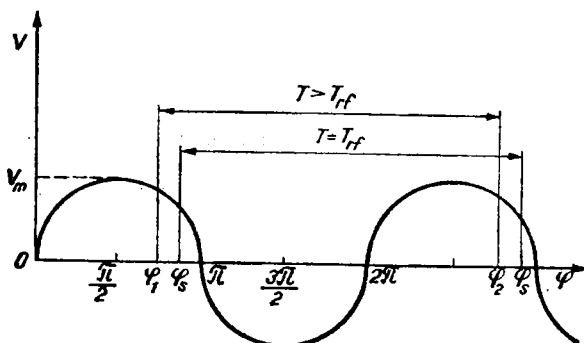


Fig. 5

accelerare, iar cu  $V_m$  amplitudinea tensiunii  $V$  de accelerare aplicată intervalului, energia pe care o acumulează particula este:  $W_s = qV_m \sin \varphi_s$ . În acest caz, trecerile repetate prin intervalul de accelerare se succed la un interval de timp egal cu perioada  $T_{rf}$  a generatorului. Dacă particula de energie  $W_s$  ar ajunge în intervalul de accelerare cu faza  $\varphi_1 < \varphi_s$ , energia acumulată este  $\Delta W = qV_m \cdot \sin \varphi_1 > \Delta W_s$ , particula ieșind astfel din sincronism. Mărindu-se timpul de revenire a particulei în spațiul de accelerare ( $T > T_{rf}$ ), faza  $\varphi_1$  se apropie de cea de sincronism  $\varphi_s$ , devenind  $\varphi_2$ . În următoarele perioade particula acumulează energie din ce în ce mai mare, ceea ce face ca frecvența sa de rotație să crească. Dacă variația frecvenței generatorului are loc suficient de lent, atunci energia  $W$  nu va fi egală cu  $W_s$  pînă cînd faza particulei nu devine  $\varphi' > \varphi_s$ ; aceasta poate avea loc în cazul  $\varphi' < \pi$  sau  $\varphi' > \pi$ . În decursul întregului proces, perioada  $T$  de rotație a particulei variază în raport cu perioada generatorului, iar diferența  $T - T_{rf}$  crește de la zero, pentru cazul în care faza este egală cu  $\varphi'$ , pînă la o valoare maximă, corespunzătoare unei energii maxime diferite de energia de sincronism, anulîndu-se apoi cînd faza devine din nou egală cu  $\varphi'$ , iar  $W = W_s$ . Variația energiei particulei devenită asincronă în spațiul de accelerare este mai mică decît variația energiei de sincronism; perioada sa  $T$  devine mai mică decît  $T_{rf}$ , iar faza — mai mică decît  $\varphi_s$ . Astfel, are loc o micșorare a fazei particulei pînă cînd energia sa totală este din nou egală cu  $W_s$ . După această primă oscilație a fazei, procesul se repetă. După cum se observă, are loc o

oscilație a energiei, iar valorile de maxim și minim sînt situate între valorile sincrone ale acesteia ce se ating în punctele de întoarcere ale fazei  $\varphi$ . Deci, particulele asincrone au aceeași viteză medie cu cele sincrone. În legătură cu stabilitatea de fază, există oscilații de fază, de energie și de frecvență, numite *oscilații sincrotrone*, a căror frecvență poartă numele de *frecvență de sincronism*.

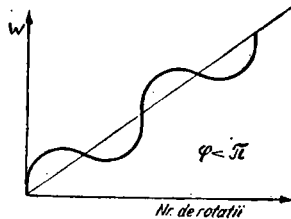


Fig. 6

În fig. 6, linia dreaptă reprezintă creșterea energiei unei particule sincrone în funcție de numărul de rotații, iar curba sinusoidală reprezintă creșterea energiei unei particule asincrone. Dacă valoarea fazei de sincronism  $\varphi_s$  este situată în intervalul  $\left(\frac{\pi}{2}, \pi\right)$  — condiție necesară pentru acceleratoarele cu focalizare slabă — atunci  $\pi - \varphi_s$  este limita de oscilație a fazei  $\varphi$  în jurul fazei de echilibru  $\varphi_s$ . Perioada oscilației depinde de viteza particulei și lungimea traiectoriei. Legătura dintre impulsul  $p$  al particulei și lungimea  $L$  a traiectoriei determină coeficientul  $\alpha$  de condensare a orbitelor, ce caracterizează gradul de apropiere a traiectoriilor de echilibru ale particulelor cu impulsuri diferite, fiind definit astfel:  $\alpha = \frac{dp/p}{dL/L}$ , unde  $dp$

și  $dL$  sînt diferențele dintre impulsurile a două particule și, respectiv, dintre traiectoriile lor.

*Acceleratoarele directe* sînt exclusiv liniare; în interiorul lor, particulele străbat o singură dată intervalul de accelerare în care acționează un cîmp electric staționar sau cvasi-staționar. Stabilitatea mișcării e asigurată de ansamblul electrozilor la care este aplicată diferența de potențial. De obicei, tubul de accelerare este confecționat din material izolant și este prevăzut cu electrozi în formă de cilindri, de discuri sau de trunchiuri de con, la un capăt al său aflîndu-se sursa

de electroni sau de ioni. Diferitele denumiri ale acestor acceleratoare provin de la sursele de tensiune utilizate, care pot fi generatoare de tensiune alternativă (sau în impulsuri) sau de tensiune continuă. Generatoarele de tensiune alternativă (rețeaua de curent alternativ, transformatorul de înaltă frecvență și generatorul în impulsuri) sînt mai puțin utilizate, deoarece produc un spectru energetic larg al particulelor accelerate și introduc perturbații de natură electromagnetică. Generatoarele de tensiune continuă prezintă o dispersie energetică foarte mică și o stabi-

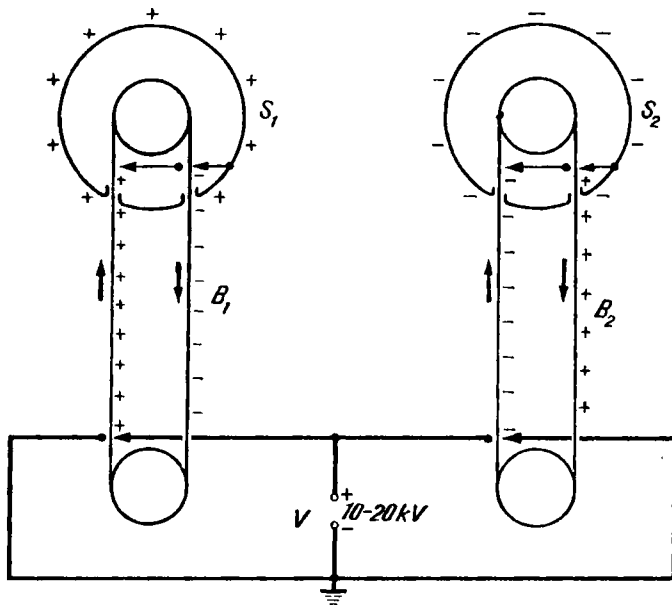


Fig. 7

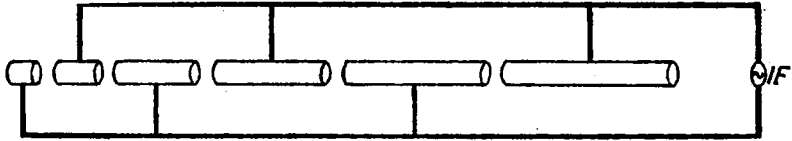


Fig. 8

litate superioară a energiei; dintre ele, cele mai frecvent utilizate sînt Cockcroft-Walton și Van de Graaff. *Generatorul Cockcroft-Walton* este constituit dintr-un șir de elemente redresoare care încarcă un grup de condensatori de la secundarul unui transformator ridicător de tensiune și permit descărcarea lor în serie la trecerea fasciculului de particule; accelerarea este limitată de intensitatea maximă de curent a redresorilor și de apariția capacităților parazite. *Generatorul (electrostatic) Van de Graaff* se bazează pe încărcarea unei sfere metalice goale în interior cu ajutorul unei benzi izolate electrizate, prin contact pe suprafața interioară a sferei. Potențialul electric al acesteia este astfel ridicat pînă la limita maximă admisă de mediu în care se află sfera. *Acceleratorul Van de Graaff* (fig. 7) este alcătuit în principiu din două sfere conductoare  $S_1$  și  $S_2$ , două benzi transportoare de sarcini electrice  $B_1$  și  $B_2$  și o sursă de tensiune continuă  $V$ . Pentru a mări tensiunea electrică între cele două sfere (limitată de tensiunea de străpungere a mediului) și, deci, energia particulelor accelerate, acestea sînt așezate într-un mediu de gaz comprimat (pînă la 10–15 at), cu mare rigiditate electrică (de ex. hexafluorură de sulf,  $SF_6$ ). O variantă perfecționată este *acceleratorul tandem* (sau în două trepte). Accelerarea în cel de al doilea tub de accele-

rare (pînă la 10–15 MeV) este realizată, în acest caz, după ce ionii negativi (cu energia de cca. 5 MeV) proveniți din prima accelerare sînt trecuți printr-un dispozitiv de schimbare a sarcinii (cameră de gaz), devenind ioni pozitivi. În același fel funcționează acceleratoarele cu trei sau patru trepte.

În *acceleratoarele de inducție*, cîmpul electric accelerator este creat de un cîmp magnetic variabil. Acceleratorul de inducție liniar este alcătuit dintr-un șir de electromagneți alimentați în curent pulsant, defazat de la un electromagnet la altul în mod corespunzător timpului de trecere a fasciculului de particule. Acceleratorul ciclic (ex. betatron) conține un singur electromagnet alimentat cu curent alternativ care asigură curbarea și focalizarea magnetică a traiectoriei particulelor.

*Acceleratoarele rezonante* prezintă un sistem de electrozi alimentați cu tensiune de înaltă frecvență, între care cîmpul electric produs are sensul corespunzător accelerării particulelor, ce sînt grupate în pachete. Raportul dintre timpul în care acestea străbat distanța dintre două intervale succesive de accelerare (într-un cîmp magnetic director) și semiperioada tensiunii acceleratoare este un număr întreg. Un *accelerator liniar rezonant* (fig. 8) se compune din mai multe cavități cilindrice vidate, în interiorul cărora sînt produse cîmpuri electrice de înaltă

frecvență, cu ajutorul unui generator  $IF$ . Lungimea cilindrului este astfel aleasă încît, în timp ce un ion străbate unul dintre ei, faza generatorului să varieze cu  $180^\circ$ ; deoarece particula acumulează aceeași energie în timpul a două accelerații succesive, lungimea  $l_n$  a unui electrod de ordinul  $n$  este:

$$l_n = (2k + 1) \frac{T}{2} \sqrt{\frac{2eV}{m}} \sqrt{n},$$

unde  $T$  este perioada generatorului,  $e$  și  $m$  — sarcina și, respectiv, masa particulei, iar  $k$  — un număr întreg și pozitiv. Stabilitatea traiectoriei se realizează prin focalizare magnetică. Astfel de acceleratoare poartă accelera protonii și ionii grei pînă la cca. 70 MeV. *Acceleratoarele ciclice rezonante* (ex. ciclotron, microtron, fazotron, sincrotron și sincrofazotron) sînt cel mai des utilizate, datorită avantajelor ce le prezintă în ceea ce privește economia de spațiu și pierderile minime de energie.

În *acceleratoarele cu undă progresivă* accelerația particulelor se realizează continuu, prin acțiunea componentei electrice longitudinale a unui cîmp electromagnetic ce se propagă într-un ghid de unde de construcție specială; viteza particulelor este egală cu viteza de fază a undei. Acceleratorul liniar prezintă o utilitate esențială ce constă în producerea de electroni de mare energie (ex. de 40 GeV în acceleratorul de la Stanford), care nu pot fi accelerați în aceeași măsură în acceleratoarele ciclice, din cauza pierderilor mari de energie prin radiație.

**acclerație (a)**, mărime vectorială reprezentată prin limita către care tinde raportul dintre variația  $\Delta v$  a vectorului vitezei și intervalul de timp corespunzător  $\Delta t$ , cînd

acest interval tinde către zero (derivata întâi a vitezei sau derivata a doua a vectorului de poziție  $r$  în raport cu timpul):

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 r}{dt^2}.$$

Unitatea de măsură în SI este metrul pe secundă la pătrat; unitate tolerată (în sistemul CGS) este galul. În cazul particular cînd vectorul accelerației este constant (sau nul), mișcarea este uniform variată (sau uniformă); după cum sensul acestui vector coincide sau nu cu sensul mișcării, aceasta poate fi, de asemenea, uniform acceleraată sau uniform încetinită. O mișcare variată este caracterizată de *acclerația medie*  $a_m$  egală cu raportul dintre variația vitezei și intervalul de timp corespunzător:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}.$$

În cazul mișcării curbilini, este necesară definirea accelerației normale (sau centripete) și a celei tangențiale. V. mișcare mecanică.

**acclerație areolară** ( $\dot{\Omega}$ ), mărime ce reprezintă viteza de variație a vitezei areolare  $\Omega$ :

$$\dot{\Omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \Omega}{\Delta t} = \frac{d\Omega}{dt}.$$

În SI se măsoară în metri pătrați pe secundă la pătrat.

**acclerație Coriolis** v. forță Coriolis.

**acclerație gravitațională (g)**, accelerație de mișcare a corpurilor într-un cîmp gravitațional, în vid, depinzînd de poziția punctului față de centrul de atracție. Reprezintă intensitatea cîmpului gravitațional în punctul respectiv:



$$g = \frac{F}{m},$$

fiind numeric egală cu forța cu care este atrasă unitatea de masă. Accelerația gravitațională terestră, la 45° latitudine și la nivelul mării se numește *acelerație gravitațională normală* ( $g_n$ ). V. constantă fizică universală.

**acelerație unghiulară** ( $\gamma$ ), mărime caracteristică mișcării curbilinii variate, reprezentînd viteza de variație a vitezei unghiulare  $\omega$ :

$$\gamma = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\alpha}{dt^2},$$

în care  $\alpha$  este unghiul (orientat) descris de raza vectoare. În SI se măsoară în unu pe secundă la pătrat.

**acceptor** v. semiconductor.

**acord (sau sintonie)**, egalitate a frecvențelor de oscilație a unor mărimi fizice de aceeași natură ce caracterizează sisteme diferite.

**acromatism**, proprietate a unor sisteme optice de a nu prezenta aberații cromatice. Se realizează prin acromatizare.

**acromatizare**, ansamblu de tehnici și operațiuni practicate în vederea obținerii acromatismului unui anumit sistem optic. Este posibilă datorită faptului că diferite tipuri de sticlă dispersează în mod diferit lumina. Pentru acromatizarea instrumentelor optice folosite ca auxiliare ale ochiului se utilizează, de obicei, două radiații ale hidrogenului,  $C$  și  $F$  — în notația Fraunhofer (v. aberație cromatică), iar pentru cea a sistemelor fotografice se utilizează radiația gal-

benă  $D$  a sodiului împreună cu radiația albastră  $G$  a hidrogenului, urmărindu-se ca focarele obținute cu cele două radiații din regiuni diferite ale spectrului vizibil să coincidă. În cazul lentilelor subțiri, acestea se realizează prin asamblarea unei lentile convergente din crown cu una divergentă din flint, astfel ca o față a lentilei convergente să coincidă cu o față

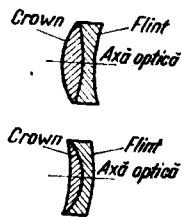


Fig. 9

a celei divergente (fig. 9). La acromatizarea lentilelor groase și, în general, a sistemelor optice centrate, este necesară nu numai coincidența focarelor pentru cele două radiații standard, ci și a planurilor principale. Sistemele optice acromatizate pentru trei radiații (din domeniile roșu, galben și albastru-violet ale spectrului) se numesc *apocromate*.

**actinometrie**, capitol al fizicii ce se ocupă cu studiul cantitativ și calitativ al radiației solare și al transformărilor prin care trece aceasta în atmosferă și la suprafața Pământului. Valorile intensității *radiației solare* (care, la limita superioară a atmosferei este egală cu  $1,30 \cdot 10^8 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) la diferite altitudini — unde se petrec procese de absorbție și difuzie a radiației, în timpul eclipselor totale, parțiale sau inelare, precum și înainte sau după refle-

xia pe suprafața terestră — sînt măsurate cu ajutorul unor aparate numite actinometre. De asemenea, în scopul cercetării compoziției spectrale a radiației solare în funcție de starea fizică și de compoziția atmosferei, se utilizează aparate de analiză spectrală (spectrometre, spectrografe, spectrofotometre).

**actinometru**, aparat cu ajutorul căruia se măsoară intensitatea radiației solare sau a altor surse de energie radiantă (ex. cuptoare de topit și prelucrat metale sau sticlă). Un tip des utilizat de actinometru, bazat pe transformarea energiei radiante în energie electrică (fig. 10), folosește o baterie de termocuple; sudurile de o polaritate ale acestora sînt expuse iradierii, iar celelalte sînt ferite de iradiere. Astfel, în circuitul electric ia naștere o forță termoelectromotoare, care poate fi măsurată cu ajutorul unui milivoltmetru. Prin stabilirea unei corelații între intensitatea radiației și forța electromotoare, milivoltmetrul poate fi etalonat direct în unități de intensitate a radiației ( $J \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$  sau  $cal \cdot cm^{-2} \cdot min^{-1}$ ). Cuplat cu un heliostat, aparatul poate funcționa ca *actinograf*.

**activitate** ( $A, \Lambda$ ), numărul de particule (alfa, beta sau gama) emise de o sursă radioactivă în timp de o secundă:

$$A = - \frac{dN}{dt};$$

semnul minus indică micșorarea în timp a numărului de nuclee inițiale. Se exprimă în curie sau rutherford. V. dezintegrare.

**activitate termodinamică** ( $a_i$ ), mărimi cu care trebuie înlocuită concentrația în formulele ce se aplică

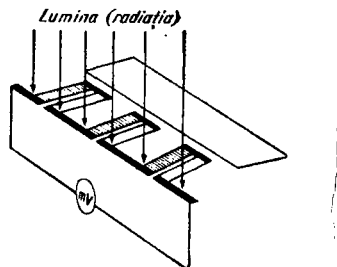


Fig. 10

în studiul gazelor sau soluțiilor ideale, pentru ca acestea să rămână valabile și în cazul gazelor sau soluțiilor reale. Caracterizează abaterea comportării sistemelor reale față de cele ideale.

**activitate optică** v. polarizare a luminii.

**acțiune** ( $S$ ), mărime fizică ce caracterizează mișcarea unui sistem de puncte materiale, exprimată prin integrala definită a lagrangeanei în raport cu timpul:

$$S = \int_{t_1}^{t_2} L(q_i, \dot{q}_i, t) dt,$$

în care  $L = T - U$  este funcția Lagrange ( $T$  fiind energia cinetică și  $U$  — energia potențială a sistemului) exprimată prin coordonatele generalizate —  $q_i$ , vitezele generalizate —  $\dot{q}_i$  și timp —  $t$ . Sub acțiunea unor forțe exterioare și a unor legături, mișcarea unui sistem de puncte materiale se produce astfel încît acțiunea totală între două momente  $t_1$  și  $t_2$  este staționară (minimă). Această condiție poartă numele de *principiul minimeii acțiuni*. În SI, acțiunea se măsoară în joule-secundă. În mecanica microparticulelor este o mărime cuantificată, cuanta de acțiune fiind constanta Planck.

**acustică**, ramură a fizicii al cărei obiect îl constituie studiul producerii propagării și recepționării undelor acustice, precum și al efectelor produse în urma interacției acestora cu mediul pe care îl străbat. Prezintă multiple aplicații în tehnică (electroacustică, ultracustică), medicină (acustica fiziologică), în arhitectură la proiectarea sălilor de spectacol, a clădirilor cu izolare fonică (acustica arhitecturală) etc. V. sunet.

**adeziune**, fenomen care se manifestă la contactul dintre două corpuri de naturi diferite, datorită atracției intermoleculare. În cazul unui corp solid în contact cu un lichid, adeziunea este rezultatul macroscopic al interacției între moleculele lichidului și cele ale solidului; cînd rezultanta forțelor de adeziune  $F_a$  este mai mare decît cea a forțelor de coeziune  $F_c$  (fig. 11), se constată că lichidul udă suprafața solidului, iar cînd rezultanta forțelor de adeziune este mai mică decît a celor de coeziune (fig. 12), acest fenomen nu se mai produce. Unghiul de racord al meniscului (porțiunea curbă a suprafeței lichidului) este definit de suprafața solidului și suprafața tangentă la menisc (unghiul  $AOT$ ). Forma meniscului (convex — fig. 11, sau convex — fig. 12) depinde de natura lichidului și a solidului aflate în contact; ex.: apă-sticlă (sau lemn) — menisc concav, apă-țeară — menisc convex.

**adiabată**, curbă ce reprezintă legătura între variațiile parametrilor termodinamici ai unui sistem, într-o transformare adiabatică.

**admitanță** ( $Y$ ), mărime ce caracterizează un circuit electric de curent alternativ, egală cu rapor-

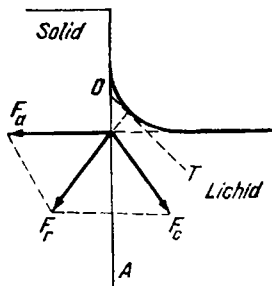


Fig. 11

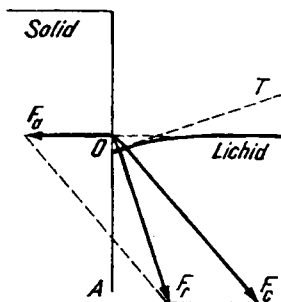


Fig. 12

tu dintre valorile eficace ale intensității și tensiunii aplicate, adică cu inversul impedanței. Unitatea sa de măsură în SI este siemensul.

**adsorbant** v. adsorbție.

**adsorbat** v. adsorbție.

**adsorbție**, proces de fixare și acumulare a moleculelor unei substanțe (*adsorbat*) în stratul aflat în imediata vecinătate a suprafeței unui corp solid sau lichid (*adsorbant*). Datorită grosimii sale mici, acest strat (numit *strat superficial*) poate fi considerat omogen și avînd proprietăți specifice, di-

ferite de cele ale fazelor separate. Adsorbția este în general exotermă, fiind influențată de natura, concentrația și mărirea suprafeței de contact a celor două faze; de asemenea, ea crește cu mărirea presiunii și cu scăderea temperaturii. Procesul invers poartă numele de *desorbție*.

**aer**, amestec de gaze ce constituie atmosfera terestră. În straturile inferioare ale acesteia, cuprinde (în volume): 78,09% azot, 20,95% oxigen, 0,93% argon, 0,03% bi-oxid de carbon, precum și alte gaze ca: neon, heliu, kripton, hidrogen, xenon, ozon, radon etc.

**aerodinamică**, parte a mecanicii fluidelor ce se ocupă cu studiul mișcării gazelor și, în special, al mișcării corpurilor solide în aer.

**aerostatică**, capitol al mecanicii fluidelor care se ocupă cu studiul echilibrului gazelor (în special al aerului).

**Agârbiceanu, Ion** (1907—1971), fizician român, profesor la Institutul politehnic din București. M. coresp. al Acad. Cercetări în domeniile fizicii atomice și spectroscopiei. A condus colectivul ce a realizat, în 1962, primul laser cu gaz din țară (la Institutul de fizică atomică).

**agitație** (sau mișcare) **termică**, mișcare permanentă, dezordonată, a particulelor materiale ce compun gazele, lichidele și solidele, care încetează la temperatura de zero absolut (0K).

**agregare** v. stare de agregare.

**aleoolmetru** v. areometru.

**alocromatism**, proprietate a unor cristale de a prezenta o creștere

a fotoconductibilității sub acțiunea unor radiații exterioare, datorită impurităților pe care le conțin.

**alternator** v. generator electric.

**alunecare** v. frecare.

**amestec al culorilor** v. culoare.

**amestec răcitor** v. temperatură.

**amper** v. sistem de unități.

**Ampère** [ăpér], **André Marie** (1775—1836), fizician și matematician francez. Membru al Academiei de Științe din Paris. Unul dintre întemeietorii electrodinamicii moderne. A descoperit legea interacției curenților electrici (1820) și a propus ipoteza curenților moleculari circulari pentru explicarea magnetismului corpurilor.

**ampermetru**, instrument folosit pentru măsurarea intensității curentului electric dintr-un circuit, fiind montat în serie cu acesta. În funcție de valoarea nominală a curentului, există: *microampermetre*, *miliampermetre*, *ampermetre* și *kiloampermetre*. Deviația sistemului mobil, legat rigid de acul indicator al instrumentului, este cu atât mai mare cu cât valoarea intensității curentului este mai mare. Această deviație este determinată de un cuplu de forțe de natură electromagnetică (la *ampermetrele electromagnetice* și *magneto-electrice*) sau de natură electrodinamică (la *ampermetrele electrodinamice*); de asemenea, valoarea intensității curentului electric poate fi apreciată după efectul său termic care poate produce dilatarea unui fir metalic subțire, deformarea unei lame bi-

metalice sau apariția unei forțe termoelectromotoare într-un termocuplu (la *ampermetrele termice*). Un tip special de ampermetru este cel de *inducție* (cu cimp învîrtitor), bazat pe acțiunea cîmpului învîrtitor al curentului asupra unui disc (sistemul mobil) de cupru sau aluminiu parcurs de curenți turbionari induși. Ampermetrele sînt caracterizate de eroarea cu care poate fi citită intensitatea curentului electric (care determină clasa aparatului) și de valoarea rezistenței interne (neglijabilă față de rezistența circuitului electric în care este înseriat instrumentul, putînd ajunge pînă la  $10^{-3} \Omega$ ); ampermetrele cu sistem magnetoelectric sînt de cea mai înaltă clasă. Pentru extinderea scalei de citire, în paralel cu instrumentul se montează un șunt (în cazul curentului continuu) sau legarea acestuia se face prin intermediul unui transformator (în cazul curentului alternativ).

**amperoră** (A·h), unitate practică folosită pentru măsurarea sarcinii electrice, egală cu cantitatea de electricitate transportată de un curent electric cu intensitatea (eficace) de un amper printr-un conductor în timp de o oră. Este egală cu 3 600 C.

**ampersplă** (Asp, A), unitate de măsură în SI a tensiunii magnetice. Reprezintă tensiunea magnetică produsă, în lungul unei linii închise, de către o spiră străbătută de un curent a cărui intensitate este egală cu un amper.

**amplificator**, aparat utilizat în scopul reproducerii unui semnal electric de intrare, cu intensitate mărită. Poate fi de tensiune, de curent sau de putere. V. triodă.

**amplitudine**, valoarea absolută maximă a elongației unei mărimi oscilatorii. V. oscilație.

**an lumină**, unitate de măsură utilizată în astronomie pentru distanțe, reprezentînd spațiul parcurs de lumină într-un an tropic (de 365 zile 5h 48min 46,04 s). Este egal cu  $9\,460 \cdot 10^9$  km.

**analiză a luminii**, examinarea unui fascicul de unde luminoase în scopul determinării gradului și planului lor de polarizare.

**analiză spectrală**, metodă fizică de cercetare a compoziției unei substanțe, prin examinarea spectrului său de radiații. A fost inițiată de G.R. Kirchhoff și R.W. Bunsen. Se bazează pe faptul că poziția în spectru a liniilor sau benzilor spectrale de emisie sau de absorbție este caracteristică fiecărei substanțe, iar intensitatea lor depinde de concentrația acesteia într-un amestec dat. Analiza spectrală poate fi efectuată pe cale vizuală, fotografică sau fotoelectrică; față de alte metode de analiză (de ex. chimice), prezintă următoarele avantaje:

- are o mare sensibilitate, astfel că pot fi determinate elementele chimice prezente într-o probă dată, pînă la cantități de  $10^{-9}$  g;
- necesită cantități mici din substanța cercetată, putînd fi efectuată și asupra produselor finite, fără a le deteriora;
- permite determinarea simultană aproape a tuturor elementelor chimice prezente într-o probă dată, prin studierea spectrului de radiații al probei;
- durata unei analize spectrale este foarte scurtă (de ordinul minutelor, în analizele calitative vizuale și în cele fotoelectrice), ceea

ce face posibilă utilizarea ei în scopul determinării compoziției chimice a unui metal chiar în timpul elaborării șarjei; mai mult, prin folosirea unui computer adecvat, se poate realiza automatizarea întregului proces de formare a compoziției chimice a masei topite.

Procedeele de determinare a elementelor ce intră în compoziția unui material prin studierea liniilor spectrale caracteristice ale acestora se numește *analiză spectrală calitativă* și constă în măsurarea lungimilor de undă ale liniilor ce apar în spectru și identificarea lor cu liniile spectrale tabelate. În fig. 13 este ilustrată *metoda interpolării*, una dintre metodele analizei calitative. Pentru a afla cărui element aparțin liniile  $x$  și  $y$  din spectrul fontei, se alătură porțiunea din acest spectru care cuprinde liniile necunoscute, porțiunii corespunzătoare din spectrul fierului, luat ca spectru de comparație. De exemplu, se constată că linia  $x$  se află aproximativ la jumătatea distanței dintre liniile  $a$  ( $\lambda = 6301,5 \text{ \AA}$ ) și  $b$  ( $\lambda = 6393,6 \text{ \AA}$ ) ale spectrului fierului; se poate deci lua, într-o aproximație bună, lungimea de undă a liniei  $x$ :

$$\lambda = 6301,5 + \frac{92,1}{2} = 6347,5 \text{ \AA}.$$

Din tabelele de linii spectrale, reiese că această linie aparține siliciului ( $\lambda_{\text{SiII}} = 6347,0 \text{ \AA}$ ). Procedind analog în cazul liniei  $y$ , se găsește că aceasta aparține de asemenea siliciului ( $\lambda_{\text{SiII}} = 6371,1 \text{ \AA}$ ). Dacă în spectrul fierului nu se află linii egal depărtate de cea necunoscută, se caută linii situate la distanțe aflate în rapoartele  $1/2$ ,  $2/3$  etc. Analiza calitativă poate fi vizuală, efectuată cu stiloscopul (sau

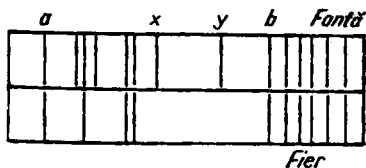


Fig. 13

stilometrul) sau fotografică, efectuată cu spectrograful.

*Analiza spectrală cantitativă* este bazată pe dependența intensității  $I$  a liniei spectrale caracteristică unui element de concentrația acestuia în probă; această dependență este dată de legea:

$$I = mC^n,$$

unde  $m$  și  $n$  sînt două constante caracteristice. Intensitatea liniei spectrale poate fi măsurată direct (vizual) numai aproximativ, cu ajutorul stiloscopului (sau stilometrului), prin comparație cu intensitatea altei linii a unui element etalon; în acest caz analiza este semicantitativă, iar gradul de aproximație mare. Prin înregistrarea spectrului mostrei la un spectrograf, urmată de analiza acestuia cu un microfotometru, se poate efectua o analiză cantitativă de mare precizie. Dacă  $I_x$ ,  $m_x$ ,  $n_x$ ,  $C_x$  sînt mărimile definite mai sus ale elementului necunoscut din mostră, iar  $I_0$ ,  $m_0$ ,  $n_0$ ,  $C_0$  — cele ale elementului etalon (sau martor) atunci, în condițiile în care  $n_x = n_0 = n$ , se obține relația:

$$\lg \frac{I_x}{I_0} = \lg m + n \lg C_x - n \lg C_0,$$

$$\text{în care } m = \frac{m_n}{m_0}.$$

Perechile de linii din spectrul elementului cercetat și al elementului

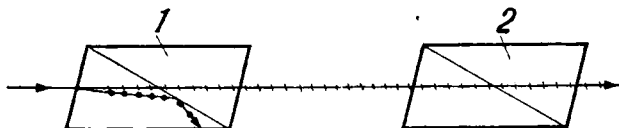


Fig. 14

etalon, alese pentru comparație, se numesc *perechi analitice*. V. spectru (1).

**analizor**, dispozitiv optic cu ajutorul căruia poate fi studiată (analizată) starea de polarizare a unei raze de lumină, datorită proprietății sale de a lăsa să treacă numai lumina polarizată într-un anumit plan. Astfel, nicolul (fig. 14) este străbătut numai de oscilațiile vectorului electric aflate în planul secțiunii principale, în timp ce, în cazul incidenței brewsterniene (aprox.  $57^\circ$ , pentru sticlă), o placă de sticlă neagră reflectă numai lumina ce cuprinde oscilații perpendiculare pe planul de incidență. Analizorul (1) împreună cu polarizorul (2) constituie piesele principale ale polarimetrelor și polariscoapelor. V. polarizare a luminii.

**anastigmatism**, proprietate a unui sistem optic de a fi corectat simultan pentru aberațiile cromatiche, de sfericitate și de curbură a cimpului. O categorie răspândită de *obiective anastigmatice* sînt așa-numitele obiective dublu anastigmatice; ele pot fi dublete cu lentile lipite (ex. obiectivul dublu Protar Zeiss, fig. 15) sau dublete cu lentilele separate (ex. obiectivul Dyalite, fig. 16). Printre obiectivele dublu anastigmatice cu lentile separate, de construcție mai recentă, se înfățișează obiectivul Flexon (luminozitate 1 : 2; distanță focală  $f = 50$  mm), obiectivul Biometar (fig. 17 - 1 : 2,8;  $f = 80$  mm),

Biometarul superangular (1 : 2,8;  $f = 35$  mm) și obiectivul Helios (1 : 2;  $f = 58$  mm). Există și anastigmatice de tip triplet cum sînt cele formate din trei lentile nealipite (triplet simplu) sau cele asimetrice cu patru sau cinci lentile.

**Anderson** [ændəsn], **Carl David** (n. 1905), fizician american. Cercetări în domeniul razelor cosmice. În anul 1932 a descoperit pozitronul, iar în 1936 a descoperit mezonul  $\mu$ . Premiul Nobel (1936).

**angström** (Å), unitate de lungime tolerată, folosită în fizica atomică și nucleară. În SI este egal cu:

$$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m.}$$

**anihilare**, proces prin care o particulă și o antiparticulă interacționează, transformându-se spontan în una sau mai multe particule

Fig. 15

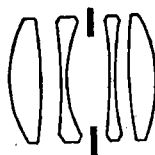
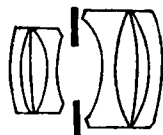


Fig. 16

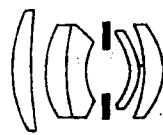


Fig. 17

de o altă natură — fotoni (ex. la interacția dintre un electron și un pozitron se formează doi fotoni cu energia de 0,511 MeV și lungimea de undă 0,023 Å).

**anion v. ion.**

**anizotropie**, însușire caracteristică anumitor corpuri, constând în dependența unor mărimi mecanice, electrice, optice etc., numite constante de material, de direcția de-a lungul căreia este exercitată acțiunea exterioară. Se explică prin particularitățile de structură ale corpurilor, fiind prezentă:

- a) la corpurile cristaline, datorită așezării regulate a ionilor în nodurile unei rețele asimetrice;
- b) la corpurile amorfe, de exemplu sticla, în cazul în care așezarea dezordonată a particulelor constituente este tulburată sub acțiunea unor forțe exterioare;
- c) la corpurile ale căror molecule sînt sisteme anizotrope.

De obicei, dacă un mediu este anizotrop pentru un anumit fenomen, el prezintă anizotropie și pentru alte fenomene. Există totuși cazuri în care mediul poate fi considerat izotrop pentru unele fenomene și anizotrop pentru altele. De exemplu, cristalul de sare de bucătărie (NaCl) prezintă anizotropie la solicitări mecanice, dar este izotrop din punct de vedere optic.

**anizotropie optică**, calitatea unui mediu transparent de a transmite lumina în mod diferit, în funcție de direcția de propagare a acesteia. Fasciculul incident pe un astfel de mediu este, în general, descompus în două fascicule dintre care unul (*fasciculul ordinar*) se propagă în conformitate cu legile opticii geometrice, iar celălalt (*fasciculul extraordinar*) nu respectă

aceste legi. Acest fenomen, numit *birefrință* (sau *dublă refracție*), apare la un număr mare de substanțe (cristaline sau amorfe) omogene, care sînt anizotrope pentru fenomenele luminoase. Birefrința poate fi naturală sau artificială. Dintre numeroasele cristale birefringente, cel mai cunoscut este carbonatul de calciu ( $\text{CaCO}_3$ ) cristalizat (calcit) cunoscut sub numele de *spat de Islanda*. Un obiect privit printr-un mediu birefringent apare dublu. Cele două raze de lumină, ordinară și extraordinară, sînt total polarizate, în plane perpendiculare. Formarea lor se explică prin acțiunea cîmpului electric variabil  $E'$  al undei luminoase asupra purtătorilor de sarcină electrică din volumul corpului; permitivitatea  $\epsilon$  fiind legată de proprietățile optice ale corpurilor anizotrope, lumina (sau, în general, unda electromagnetică) se propagă cu viteze diferite în direcții diferite. *Raza ordinară* are un indice de refracție  $n_o$  diferit de indicele de refracție  $n_e$  al *razei extraordinare*;  $n_o = \sin i / \sin r$  nu depinde de unghiul de incidență  $i$  ( $r$  fiind unghiul de refracție) pentru o rază de lumină cu lungimea de undă  $\lambda$  dată, în timp ce  $n_e$  depinde de unghiul de incidență. Direcția de-a lungul căreia nu are loc dubla refracție poartă numele de *axă optică* a cristalului. Planul care conține axa optică și raza incidentă se numește *plan principal* (sau *secțiune principală*) al cristalului. Raza ordinară este polarizată în planul secțiunii principale, iar cea extraordinară — perpendicular pe acest plan. Cristalele care au o singură axă optică se numesc *cristale uniaxe*, iar cele cu două axe optice, *cristale biaxe*. Valoarea diferenței  $n_e - n_o$  se numește *birefrința* cristalului. Cristalele



avind  $n_e - n_o > 0$  se numesc *cristale uniaxe pozitive* (ex. cuarț), iar cele cu  $n_e - n_o < 0$  se numesc *cristale uniaxe negative* (ex. spat de Islanda). Pentru  $\lambda = 5\,893 \text{ \AA}$ , cuarțul are  $n_e = 1,552$ ,  $n_o = 1,543$ , iar spatul de Islanda —  $n_e = 1,486$ ,  $n_o = 1,658$ .

*Anizotropia artificială* este provocată de anumite acțiuni exterioare (presiuni, încălziri sau răciri neuniforme, câmpuri electrice și magnetice etc.) asupra unor corpuri izotrope. Astfel, sticla, celuloizul etc., supuse unor presiuni sau întinderi după o direcție oarecare se comportă, din punct de vedere optic, asemănător cristalelor birefringente uniaxe, avind axa optică paralelă cu direcția de acțiune a forței exterioare. Dacă tensiunile interne produse încetează odată cu suprimarea forței exterioare, birefrința dispăre; cînd aceste tensiuni persistă, mediul rămîne caracterizat de o birefrință remanentă. V. fotoelasticitate, efect Kerr, efect Cotton-Mouton.

**anod** v. electrod.

**antena**, sistem tehnic pentru emisia și recepția undelor electromagnetice. Uneori, este utilizată și la determinarea direcției undelor recepționate. O caracteristică esențială a antenei este polarizarea câmpului radiat; la distanță suficient de mare de antena, pentru care  $r \geq \frac{2D^2}{\lambda}$  (unde  $r$  este distanța față de antena,  $D$  — lungimea antenei, iar  $\lambda$  — lungimea de undă radiată), unda emisă poate fi considerată o undă plană ce se propagă după direcția  $r$ . De obicei antenele nu sînt construite pentru o singură frecvență, ci pentru o anumită gamă de frecvențe, numită *bandă de lucru*.

Aceeași antena poate fi folosită fie ca antena de emisie, fie ca antena de recepție, însă, în general, ele se deosebesc din punct de vedere constructiv. Tipurile existente de antene de radio și televiziune lucrează pe lungimi de undă între cîteva milimetri și cîteva zeci de mii de metri.

**antiatom**, atom ipotetic alcătuit dintr-un antinucleu în jurul căruia se rotesc pozitroni.

**anticatod** v. radiație canal, radiație X.

**antielectron**, pozitron.

**antiferoelectricitate**, proprietate a substanțelor cristaline de a conține straturi atomice polarizate electric spontan (în absența câmpului electric exterior) în sensuri opuse (antiparalele).

**antiferomagnetism**, proprietate a substanțelor cristaline de a prezenta momentele magnetice elementare ale atomilor (sau ionilor) vecini orientate spontan (în absența vreunui câmp magnetic exterior) în sensuri opuse (antiparalele).

**antihiperon**, antiparticula hiperonului. V. particula elementară.

**antimaterie**, substanță ipotetică alcătuită din antiparticule.

**antimezon**, antiparticula mezonului. V. particula elementară.

**antineutrîn**, antiparticula neutrînului. V. particula elementară.

**antineutron**, particula elementară neutră din punct de vedere electric, avind masa egală cu a neutronului, dar spinul și momentul magnetic de aceeași orientare

(spre deosebire de neutron, la care orientările sînt inverse). A fost descoperit în 1956.

**antinucleu**, nucleu ipotetic, cu sarcina electrică negativă, format din antiprotoni și antineutroni.

**antiparticulă**, particulă elementară avînd aceeași masă și viață medie cu un alt tip de particulă dar diferind prin semnul sarcinii electrice, prin orientarea momentului magnetic și prin stranietate.

**antiproton**, particulă elementară, cu masa egală cu cea a protonului, dar avînd sarcina electrică negativă, egală cu a electronului. A fost descoperit în 1955.

**aparat fotografic**, aparat optic cu ajutorul căruia pot fi obținute imagini reale ale obiectelor, avînd posibilitatea fixării acestor imagini pe plăci sau filme acoperite cu un strat de emulsie fotografică. Părțile principale ale aparatului fotografic sînt: *obiectivul fotografic* (fix sau interschimbabil), *obturatorul*, *camera obscură* (rigidă sau pliabilă), *caseta materialului fotosensibil* (fixă sau interschimbabilă), *vizorul* (cu sistem optic independent sau prin obiectiv). *Obiectivul* aparatului fotografic este un sistem optic convergent, care formează imagini reale ale obiectelor fotografice. Deoarece pentru diferite poziții ale fotografului imaginea trebuie să fie situată în planul emulsiei fotografice, obiectivul are posibilitatea de deplasare în lungul axei optice principale. Fluxul luminos ce pătrunde în aparat este reglat de o *diafragmă* (sau *blendă*) cu deschidere variabilă. Raportul dintre pătratul diametrului  $d$  al diafragmei (deschiderea utilă) și pătratul distanței focale  $f$  este pro-

porțional cu luminozitatea  $E$  a obiectivului:

$$E = k \left( \frac{d}{f} \right)^2.$$

Raportul  $d/f$  se numește *deschidere relativă* a obiectivului. Deoarece pătratul deschiderii relative maxime este o măsură a luminozității obiectivului, pe montura sa este gravată valoarea deschiderii relative maxime. De exemplu, obiectivul Jupiter-8, avînd diametrul deschiderii maxime  $d_{max} = 25$  mm și distanța focală  $f = 50$  mm, are gravat pe montura sa 1 : 2, adică raportul 25/50. Adesea, această mărime este exprimată numai prin numitorul ei, adică 2 (în cazul de față). *Obturatorul* folosește la reglarea timpului de expunere. Există *obturatoare cu perdea* și *obturatoare centrale*; într-un loc vizibil, pe ele sînt gravate valorile timpilor de expunere ce pot fi:  $\frac{1}{2}$  s;  $\frac{1}{25}$  s;  $\frac{1}{50}$  s;  $\frac{1}{100}$  s etc. (sau, de obicei, doar valorile numitorilor, adică: 2; 25; 50 etc.). Majoritatea obturatoarelor moderne sînt prevăzute cu declanșator automat, care face ca obturatorul să poată fi acționat la circa 10–15 s de la apăsarea butonului de declanșare. *Vizorul* servește la încadrarea imaginii în limitele dimensiunilor suprafeței fotosensibile libere din aparat; cele mai răspîndite sînt *vizoarele cu oglindă (reflexe)*. Odată cu încadrarea, se realizează și punerea la punct a imaginii fie pe geam mat, fie cu un dispozitiv telemetric, fie prin aprecierea directă a distanței pînă la obiect. Aparatul fotografic cu două obiective identice care formează imaginea concomitent pe două porțiuni alăturate ale filmului sau ale plăcii fotografice, se numește *aparat fotografic stereoscopic*. Acest

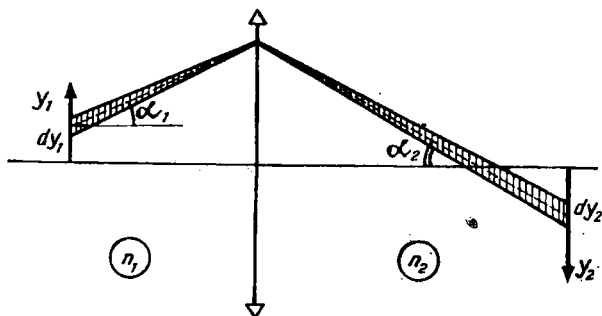


Fig. 18

grup de două imagini constituie fotografia stereoscopică.

**apertură, deschidere.**

**aplanatism, proprietate** a unui sistem optic de a forma o imagine plană, perpendiculară pe axa optică, a unui obiect plan, perpendicular pe axă. Pentru fasciculele paraxiale această condiție este, în general, îndeplinită, dar în cazul unor fascicule largi ea nu este realizată întotdeauna, chiar dacă sistemul este corectat pentru aberația de sfericitate. Este necesar ca mărirea liniară să rămână constantă pentru orice punct al obiectului plan perpendicular pe axă și pentru orice înclinare  $\alpha$  a fasciculului ce formează imaginea. Notînd cu  $\gamma$  mărirea liniară dată de sistem, pentru orice porțiune de lungime  $dy_1$  a obiectului, căreia îi corespunde o lungime  $dy_2$  în imagine, condiția de aplanatism este exprimată de condiția *Abbe a sinusurilor*:

$$\frac{dy_2}{dy_1} = \gamma = \frac{n_1 \sin \alpha_1}{n_2 \sin \alpha_2} = \text{const.}$$

În această relație  $n_1$  și  $n_2$  sînt indicii de refracție pentru mediile în care se află obiectul, respectiv

imaginea, iar  $\alpha_1$  și  $\alpha_2$  — unghiurile formate de razele conjugate cu axa optică principală a sistemului (fig. 18). Pentru  $\alpha_1$  și  $\alpha_2$  mici (fascicule paraxiale), condiția este totdeauna satisfăcută; pentru  $\alpha_1$  și  $\alpha_2$  mari (fascicule largi), condiția sinusurilor poate fi realizată doar pentru anumite perechi de puncte, numite *puncte aplanatice*.

**apostilb (asb), unitate de măsură** în SI a luminanței (luminoase). Reprezintă luminanța uniformă a unui izvor plan care emite de pe aria de un metru pătrat un flux luminos de un lumen.

**aprindere v. descărcare electrică.**

**aproximație Gauss (sau a fasciculelor paraxiale), aproximație în**

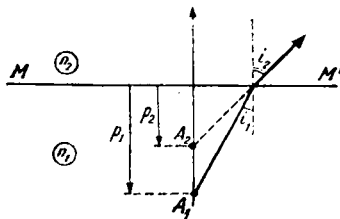


Fig. 19

optica geometrică, potrivit căreia fasciculele de lumină care formează imaginea sînt considerate paraxiale. Pentru ilustrare este dată în fig. 19 o suprafață plană  $MM'$  care separă două medii transparente cu indici de refracție  $n_1$  și  $n_2$  ( $n_2 < n_1$ ), adică un dioptru plan. Pentru o distanță  $p_1$  de la dioptru la obiectul punctiform  $A_1$ , distanța  $p_2$  pînă la imaginea (virtuală) a sa este dată de relația:

$$p_2 = p_1 \frac{\operatorname{tg} i_1}{\operatorname{tg} i_2}.$$

Imaginea  $A_2$  nu este unic localizată, deoarece  $p_2$  depinde de unghiul de incidență  $i_1$  a diferitelor raze din  $A_1$ . Dacă însă unghiurile  $i_1$  nu sînt prea mari, astfel încît:  $\operatorname{tg} \alpha_1 \simeq \sin \alpha_1$ , ținînd seama că  $\sin i_1 / \sin i_2 = n_2 / n_1$ , se poate scrie într-o bună aproximație:

$$p_2 \simeq p_1 \frac{n_2}{n_1}.$$

Conform acestei relații, obiectul punctiform  $A_1$  are, practic, o singură imagine punctiformă  $A_2$  determinată de distanța  $p_2$ , ce nu mai depinde de unghiul de incidență pe suprafața dioptrului. V. stigmatism.

**aproximație hidromagnetică v. magnetohidrodinamică.**

**ar** (a), unitate de măsură pentru suprafețe, egală cu 100 metri pătrați.

**arc electric**, descărcare electrică autonomă, caracterizată prin densitate mare de curent și tensiune de ardere mică, avînd caracteristica volt-amperică descendentă. Spre deosebire de descărcările luminescente obișnuite, la care emi-

sia electronilor din catod se datorește în mare parte ionilor pozitivi cinetici, emisia electronilor din catodul arcului are loc, în general, ca rezultat al următoarelor procese:

a) catodul este încălzit pînă la incandescență de către însăși descărcarea, declanșîndu-se emisia termoelectronică din catod (la *arcul cu emisie termoelectronică*);

b) temperatura catodului este insuficientă pentru a produce emisia de electroni, dar sarcina spațială pozitivă de la suprafața catodului este suficient de mare, încît intensitatea cîmpului electric ce ia naștere să poată extrage electroni din catod (la *arcul cu emisie de cîmp* și la *arcul cu catod rece*);

c) catodul este încălzit din exterior cu ajutorul unui curent electric auxiliar. În acest caz, tensiunea dintre electrozi este de obicei mai mică decît la arcul autoîntreținut și de aceea el se mai numește și *arc de joasă tensiune*.

Arcul electric este folosit de obicei ca sursă de temperaturi înalte (peste 3 000°C) și de lumină intensă. De asemenea el prezintă largi aplicații în diverse tipuri de redresoare de tensiune. În tabelul 1 sînt date temperaturile  $T$  ale anodului (numit și „crater pozitiv“) la diferite presiuni  $p$  ale gazului dintre electrozi, pentru un arc cu electrozi de carbune.

**ardere v. tensiune de ardere.**

**areometru**, instrument bazat pe legea Arhimede și folosit pentru determinarea rapidă a densității lichidelor sau a unor mărimi dependente de ea. Este construit de obicei dintr-un cilindru de sticlă, continuat cu un tub cilindric în-

Tabelul 1

p, în atm	0,1	0,5	1,0	2	10	20
T, în K	3 940	4 145	4 200	4 900	6 520	7 560

gust, pe care se află gradații corepunzătoare. Datorită unui lest plasat în partea inferioară (fig. 20, a și b), își poate păstra poziția verticală astfel încât nivelul lichidului indică direct gradația corepunzătoare valorii densității (la *dansimetre*), a concentrației unei anumite substanțe etc. Areometrele sînt destinate măsurărilor în lichide mai ușoare (ex. *lactometre*, *alcoholmetre*) sau mai grele ca apa (*saharometre*, *glucometre* etc.).

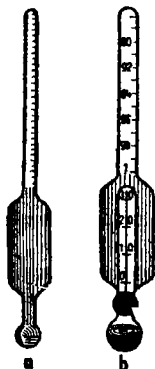


Fig. 20

Arhimede (c. 287—212 î.e.n.), matematician și fizician grec din Siracuză. A stabilit legea fundamentală a hidrostatiei (v. legea Arhimede), precum și legile pîrghiilor. A inventat mecanisme folosite în agricultură, sisteme de

pîrghii și scripeti pentru ridicarea greutăților și dispozitive de luptă.

armătură v. condensator.

armonică, oscilație cu frecvența egală cu un multiplu întreg al frecvenței fundamentale a unui sistem oscilant. V. timbru.

aruncare în cîmp gravitațional, mișcare a unui corp compus dintr-o mișcare uniformă pe orizontală și o mișcare uniform variată, cu accelerația egală cu accelerația gravitațională  $g$ , pe verticală. Dacă un corp este aruncat sub un unghi  $\alpha$  cu o viteză  $v_0$  (fig. 21), ecuațiile acestor două mișcări componente sînt:

$$x = v_0 t \cos \alpha \text{ și, respectiv,}$$

$$y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}.$$

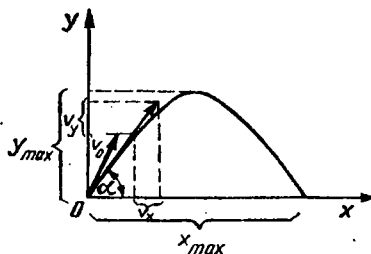


Fig. 21

Eliminând timpul  $t$  din ecuațiile de mai sus, ecuația traiectoriei este:

$$y = xt g \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha},$$

adică o parabolă simetrică față de o direcție paralelă cu  $Oy$ . Viteza corpului la un moment dat este  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  în care,  $v_x = v_0 \cos \alpha$  și  $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$ , iar unghiul ei cu orizontala este dat de relația:  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x}$ . Înălțimea maximă  $h_{max}$  la care se ridică corpul se află calculând maximum funcției  $y(x)$ , prin anularea primei derivate

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx}{v_0^2 \cos^2 \alpha},$$

rezultând valoarea abscisei  $x$  corespunzătoare maximumului,  $x = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g}$ , care reprezintă și ecua-

ția axei de simetrie a parabolei. Înlocuind această valoare a lui  $x$  în ecuația traiectoriei, se găsește valoarea corespunzătoare lui  $y_{max}$ ,

$$y_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = h_{max}.$$

Distanța maximă la care ajunge corpul pe orizontală se poate afla ținând seama că punctul de cădere pe pământ are ordonata  $y = 0$ ; astfel, se obține:

$$x_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}.$$

Dacă  $\alpha$  variază, pentru aceeași viteză inițială  $y_{max}$  și  $x_{max}$  variază; valorile maxime ale acestora

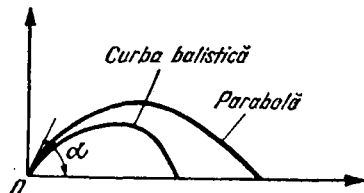


Fig. 22

se obțin prin anularea derivatelor,  $\frac{dx_{max}}{d\alpha}$  și  $\frac{dy_{max}}{d\alpha}$  și corespund unghiurilor  $\alpha = \frac{\pi}{4}$  și  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ , când

capătă valorile  $x_M = \frac{v_0^2}{g}$  și respectiv  $y_M = \frac{v_0^2}{2g}$ . În atmosferă, dato-

rită rezistenței aerodinamice traiectoria reală se abate de la o parabolă și poartă numele de *curbă balistică* (fig. 22). Se pot distinge următoarele cazuri particulare:

a) *aruncarea pe orizontală* ( $\alpha = 0$ ). Ecuațiile mișcărilor componente devin  $x = v_0 t$ ,  $y = -\frac{gt^2}{2}$ , ecuația

traiectoriei este  $y = -\frac{gx^2}{2v_0^2}$ , iar viteza  $v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$ . Valorile

maxime ale lui  $x$  și  $y$  sînt, respectiv,  $x_{max} = \frac{v_0^2}{g}$  și  $y_{max} = 0$ .

b) *aruncarea pe verticală* ( $\alpha = \pm \frac{\pi}{2}$ ). Ecuațiile mișcărilor componente devin  $x = 0$ ,  $y = \pm v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ , ecuația  $y(x)$  își pierde sensul,

iar viteza corpului este  $v = \pm v_0 - gt$ , traiectoria sa fiind o linie

dreaptă. Cazul  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  corespunde aruncării pe verticală în sus (mişcare uniform încetinită) și înălțimea maximă la care poate ajunge corpul este  $y_{max} = \frac{v_0^2}{2g}$ . Cazul  $\alpha = -\frac{\pi}{2}$  corespunde aruncării pe verticală în jos (mişcare uniform accelerată). V. mișcare mecanică, cădere liberă.

**astigmatism**, aberație geometrică datorită căreia imaginea unui punct nu este punctuală, ci formată din două mici segmente de dreaptă, numite focalele Sturm (v.), distanțate și perpendiculare una pe alta. Acest tip de aberație apare mai ales la sisteme optice puternic diafragmate, fiind produsă de fascicule înguste, înclinate față de axa optică. Distanța dintre cele două focale se mai numește *astigmatismul fasciculusului*. Dacă fasciculusul este larg (alcătuit dintr-un mare număr de fascicule înguste), se obține o concentrare a luminii după o suprafață cu două pînze (v. caustică). La o lentilă subțire, puternic diafragmată (fig. 23), numai punctul  $A_1$  situat pe axa optică a obiectului întins  $y_1$  dă o

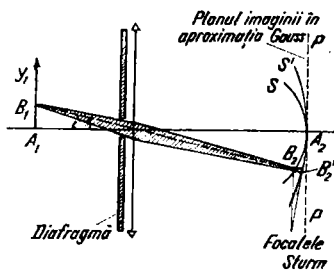


Fig. 23

imagine aproximativ punctiformă  $A_2$  (în aproximația Gauss). Un punct oarecare  $B_1$ , îndepărtat față de axă, trimițând pe lentilă fascicule înguste, înclinate, formează două focale, perpendiculare între ele, în  $B_2$  și  $B_2'$ . În locul unei imagini clare a obiectului  $y_1$ , în planul  $PP$  lumina se va concentra după două suprafețe caustice  $S$  și  $S'$  — locul geometric al celor două focale. Astigmatismul  $B_2B_2'$  crește cu creșterea unghiului de înclinare  $i$  al fasciculusului. În figură, curbele  $S$ ,  $S'$  reprezintă intersecțiile celor două caustice cu planul desenului. Causticele sînt tangente între ele și la planul  $PP$  în punctul  $A_2$ , în care astigmatismul este nul. Într-o mică vecinătate a axei, cele două suprafețe pot fi asimilate cu două calote sferice, iar astigmatismul este suficient de redus.

**astrofizică**, disciplină care studiază, cu ajutorul metodelor experimentale și teoretice ale fizicii, fenomenele ce se produc în spațiul cosmic, în stele, pe planete și sateliții lor, meteoriți, comete etc.

**Atanasiu, Gheorghe** (1893—1972), geofizician român, profesor la Universitatea București. Academician. Cercetări în geomagnetism, optică și radioactivitate.

**atenuare**, micșorare a intensității (sau amplitudinii) undelor progresive la trecerea printr-un mediu. În cazul undelor plane, fenomenul se datorește exclusiv dispării energiei la străbaterea unui mediu absorbant, iar în cazul celor sferice acestei dispării  $i$  se adaugă și repartizarea energiei pe un front de undă cu arie din ce în ce mai mare. Atenuarea se supune unei legi exponențiale de forma:

$$I = I_0 e^{-\alpha x},$$

unde  $\alpha$  este coeficientul de atenuare, iar  $x$  — distanța străbătută. În cazul undelor acustice, atenuarea este consecința ireversibilității proceselor locale de absorbție ce însoțesc propagarea undei. În gaze, aceste procese sînt: frecarea internă între regiuni vecine, conductibilitatea termică între regiuni de comprimare și rarefiere, radiația termică, schimbări intermoleculare de energie (fenomenul de relaxare), absorbția la rezonanță. Primele trei cauze ale atenuării, studiate de G.R. Kirchhoff și G.G. Stokes, sînt independente între ele, iar coeficientul de atenuare poate fi considerat ca sumă a trei coeficienți parțiali, descriind fiecare cite un proces:

$$\alpha = \alpha_f + \alpha_{term} + \alpha_{rad},$$

unde:

$$\alpha_f = \frac{8}{3} \cdot \frac{\pi^2 f^2 \eta}{\rho v^3},$$

$$\alpha_{term} = \frac{2\pi^2 f^2 (\kappa - 1) k}{\rho v^3 c_p},$$

$$\alpha_{rad} = \left( \frac{\kappa - 1}{\kappa} \right) \frac{q}{2v},$$

în care  $f$  este frecvența undei,  $\rho$  — densitatea mediului,  $v$  — viteza sunetului,  $\eta$  — viscozitatea dinamică,  $\kappa$  — coeficientul de compresiune adiabatică,  $k$  — coeficientul de conductibilitate termică,  $c_p$  — căldura specifică la presiune constantă și  $q$  — coeficientul de răcire. I.I. Frenkel a dat o teorie a atenuării undelor acustice în lichide ținînd seamă de asemănarea mai mare a acestora cu starea solidă (teoria viscoelastică). El obține pentru coeficientul de atenuare  $\alpha$ , expresia:

$$\alpha = \frac{1}{2\rho v^3} \left( K_1 + \frac{4}{3} G \right) \frac{\omega^2 T^2}{1 + \omega^2 \tau^2},$$

în care  $K_1$  este modulul rotațional,  $G$  — modulul de tăiere,  $\omega$  — pulsația undei și  $\tau$  — timpul de relaxare. În solide, atenuarea undelor acustice se datorește difuziei acestora pe particulele mediului sau pe defecte structurale și absorbției, ca urmare a conductibilității termice, a interacțiunii cu undele termice și cu electronii (în metale). Contribuția difuziei regulate sau neregulate (coerentă sau necoerentă) este dată prin relații aproximative pentru coeficientul de atenuare parțial. Pentru cazul  $\lambda = 3d$ , unde  $d$  este diametrul granulei de material,

$$\alpha_\delta = \frac{8\pi^2 d^3 f^4}{9v^4} \delta,$$

$\delta$  fiind factorul de difuzie ce depinde de anizotropia materialului. Atenuarea datorată conductibilității termice depinde de frecvență și are o valoare maximă cînd perioada undei acustice este comparabilă cu timpul de relaxare. În acest caz, valoarea coeficientului de atenuare este:

$$\alpha = \pi \frac{\Delta E}{E_i} \frac{\omega \tau}{1 + \omega^2 \tau^2} \cdot \frac{1}{\lambda},$$

în care  $\Delta E = E_a - E_i$ ,  $E_a$  fiind modulul de elasticitate corespunzător unei deformări adiabaticice și  $E_i$  — modulul de elasticitate corespunzător unei deformări izoterme. Contribuția interacțiunii cu electronii liberi la atenuarea undelor acustice în metale se concretizează printr-o constantă de atenuare parțială, proporțională cu pătratul frecvenței pentru valori  $kl < 1$  și proporțională cu frecvența pentru  $kl > 1$ , unde  $k$  este numărul de undă  $\left( k = \frac{2\pi}{\lambda} \right)$  și  $l$  — drumul liber mediu al elec-



tronilor. Atenuarea crește cu micșorarea temperaturii, dar scade brusc la un minim în zona de trecere a metalului în faza de supraconductibilitate. Interacțiunea cu undele termice din mediile cristaline produce de asemenea o disipare de energie, constanta de atenuare parțială fiind:

$$\alpha = 1,1 \frac{\gamma^2 c T}{\rho v^3} \frac{\omega^2 \tau}{1 + \omega^2 \tau^2},$$

în care  $\gamma$  este o constantă,  $c$  — căldura specifică (în cal/cm<sup>3</sup>) și  $\tau$  — timpul mediu dintre două ciocniri ale fononilor.

**atmosfera**, pătură de aer care înconjură Pământul; are grosimea în jur de câteva sute de kilometri. În atmosferă, concentrația moleculelor scade cu înălțimea (v. formula barometrică), la înălțimea de o sută de kilometri fiind de un milion de ori mai mică decât la nivelul mării. Întreaga atmosferă cîntărește aprox.  $5 \cdot 10^{15}$  t. Jumătate din această cantitate se găsește într-un strat relativ subțire, în imediata apropiere a suprafeței Pământului, pînă la înălțimea de 5 km. Pe cap de locuitor al planetei noastre revin cca. 1,7 milioane tone de aer.

**atmosfera fizică** (sau normală, atm), unitate de măsură tolerată pentru presiune, numeric egală cu forța exercitată pe centimetru pătrat de o coloană de mercur înaltă de 760 mm, la 0°C. În SI, valoarea corespunzătoare este:

$$1 \text{ atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2.$$

**atmosfera tehnică** (at), unitate de măsură tolerată a presiunii, numeric egală cu un kilogram-forță

pe centimetru pătrat. În SI, o atmosferă tehnică are valoarea:

$$1 \text{ at} = 9,80665 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2.$$

**atom** (în limba greacă „indivizibil“), cea mai mică particulă a unui element, ce păstrează toate caracteristicile elementului respectiv. Concepția structurii atomice a corpurilor, emisă în antichitate de Democrit, a căpătat o bază științifică prin lucrările lui Dalton de la jumătatea sec. 19, apoi a fost dezvoltată de A. Avogadro și alții care au explicat pe baza ei o serie de proprietăți ale gazelor. Cu începutul sec. 20, noi date au arătat că atomul nu mai poate fi privit ca un tot indivizibil, ci el are o structură complexă, fiind compus dintr-un nucleu central, în care este concentrată sarcina pozitivă și aproape întreaga masă a atomului, și un număr de electroni ce se rotesc în jurul acestuia pe orbite închise (v. model atomic). În ansamblu, atomul este un sistem neutru din punct de vedere electric, ce poate exista fie liber, fie în combinații cu alți atomi (identici sau diferiți), alcătuind molecula; are dimensiuni de ordinul  $10^{-10}$  m, nucleul său fiind de dimensiuni mult mai mici ( $10^{-14}$  —  $10^{-13}$  m).

*Atomul de hidrogen* — cel mai simplu element chimic — este alcătuit dintr-un nucleu pozitiv compus dintr-un singur proton și un electron ce se mișcă în jurul nucleului pe o orbită închisă. Mișcarea electronului în atomul de hidrogen (sau hidrogenoid) a fost studiată și cu metodele mecanicii cuantice. Energia potențială a electronului este:

$$U = - \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r},$$

în care  $Z$  este numărul de sarcini elementare din nucleu,  $r$  — distanța de la electron la nucleu și  $\epsilon_0$  — permitivitatea vidului. Ecuația Schrödinger are forma:

$$\Delta\Psi + \frac{8\pi^2 m_0}{\hbar^2} \left( E + \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \Psi = 0,$$

în care  $m_0$  este masa electronului și  $\hbar$  — constanta Planck, iar soluțiile în coordonate sferice sînt:

$$\Psi_{nlm} = \left( \frac{1}{2\pi} \right)^{1/2} \left( \frac{2}{nr_0} \right)^{1/2} \left( \frac{1}{2n} \right)^{1/2} \cdot \left[ \frac{(n-l+1)!}{[(n+1)!]^3} \right]^{1/2} \cdot \left[ \frac{2l+1}{2} \cdot \frac{(l-|m|)!}{(l+|m|)!} \right]^{1/2} \cdot P_l^m(\cos\theta) e^{im\varphi} e^{-\frac{\rho}{2}} \rho^l L_{n+l}^{2l+1},$$

în care  $r_0 = \frac{\hbar^2}{4\pi^2 m_0 e^2}$  reprezintă

raza atomului de hidrogen în stare

fundamentală,  $\rho = \sqrt{-\frac{8\pi^2 m_0 E}{\hbar^2}} r$ ,

$L_{n+l}^{2l+1}$  sînt polinoamele generalizate Laguerre,  $P_l^m(\cos\theta)$  — funcțiile sferice asociate de gradul  $l$  și ordinul  $m$ , iar  $n, l, m$  — numerele cuantice principal, azimutal, respectiv magnetic. Soluțiile ecuației sînt compatibile cu realitatea fizică numai pentru anumite valori ale energiei  $E$ , numite valori proprii, egale cu:

$$E_n = - \frac{m_0 Z^2 e^4}{8\epsilon_0^2 n^2 \hbar^2},$$

deci energia electronului este cuantificată. Starea normală sau fundamentală a unui atom hidroge-

noid corespunde valorilor  $n = 1$ ,  $l = 0$ ,  $m = 0$  ale numerelor cuantice. Funcția de undă are valoarea proprie:

$$\Psi_{100} = \frac{1}{(\pi r_0^3)^{1/2}} e^{-\frac{r}{r_0}}$$

și energia, valoarea

$$E_1 = - \frac{m_0 Z^2 e^4}{8\epsilon_0^2 \hbar^2}.$$

În cazul stării fundamentale a atomului de hidrogen, probabilitatea  $d\rho$  de a găsi electronul la o distanță de nucleu cuprinsă în intervalul  $r, r + dr$ , este:

$$d\rho = \Psi_{100}^2 dr,$$

în care  $d\tau = 4\pi r^2 dr$  este elementul de volum. Densitatea de probabilitate devine:

$$\omega(r) = \frac{d\rho}{d\tau} = \frac{4}{r_0^3} e^{-\frac{2r}{r_0 \cdot r^2}}$$

și are valoarea maximă pentru  $r = r_0$ . Concluziile la care conduce mecanica cuantică sînt aceleași cu cele obținute în modelul atomic Bohr-Sommerfeld.

**atom-gram**, unitate de măsură tolerată a masei, folosită în fizica moleculară și în termodinamică. Reprezintă masa exprimată în grame a unei cantități dintr-un anumit element, numeric egală cu masa atomică (în unități atomice de masă) a acestuia.

**atom marcat**, traser radioactiv.

**atomliza** v. efuziune.

**atracție universală** v. legea atracției universale.

**audibilitate** v. praguri auditive.

**autoexcitație** v. generator electric.

**autofazare** v. accelerator.

**autoinducție** (sau **inducție proprie**), inducție electromagnetică produsă într-un circuit, ca urmare a variației cîmpului magnetic al curentului electric care circulă prin acesta. Fluxul magnetic creat în spațiul din vecinătatea conducto- rului străbătut de un curent elec- tric de intensitate  $I$  este

$$\Phi = LI,$$

în care  $L$  este inductanța conducto- rului. Forța electromotoare de auto- inducție este dată de relația:

$$E_a = -L \frac{dI}{dt},$$

semnul minus indicînd faptul că sensul acesteia este contrar sen- sului de variație a curentului care o produce. Sin. *selfinducție*.

**autooscilație**, oscilație a unui sis- tem fizic obținută prin acțiunea unei forțe exterioare neperiodice. Ex.: vibrațiile unei corzi de vioară sub acțiunea arcușului, ale aeru- lui într-un instrument de suflat,

oscilațiile pendulului unui oro- logiu etc.

**avalanșă de electroni** v. descăr- care Townsend.

**Avogadro, Amedeo** (1776—1856), fizician și chimist italian. A des- coperit o lege (v. legea Avogadro) pe baza căreia a elaborat o metodă de determinare a maselor molecu- lare și atomice ale substanțelor. A introdus, în 1811, noțiunea de moleculă.

**axă cristalografică** v. cristal.

**axă electrică**, dreaptă orientată ce caracterizează un dipol electric. Unește centrul sarcinilor electrice negative cu cel al sarcinilor pozitive, avînd sensul dirijat de la primul centru spre al doilea.

**axă magnetică**, dreaptă orientată (de la sud la nord) care unește cei doi poli ai unui dipol magnetic.

**axă neutră** v. polarizare a luminii.

**axă optică** v. sistem optic cen- trat, anizotropie.

**axă polară** v. piezoelectricitate.

**Bacaloglu, Emanoil** (1830—1891), fizician și matematician român, profesor la Universitatea București. Academician. Eminent pedagog și inițiator în organizarea activității științifice. Lucrări de geometrie și optică.

**balanță**, instrument folosit pentru măsurarea forțelor sau cuplurilor de forțe, prin comparație cu forțe sau cupluri cunoscute. Este alcătuită, de obicei, dintr-o pirghie de genul I și poate fi:

a) cu brațe egale care, la echilibru, permite recunoașterea egalității a două mase:  $m_1 = m_N$ . Dacă masa  $m_1$  este cunoscută, se află direct masa  $m_N$ ;

b) cu brațe neegale pentru care, la echilibru,

$$m_N = \frac{M_1 l_1}{l_x},$$

unde  $M_1$  este de obicei o masă de valoare fixă, iar  $l_1$  și  $l_x$  — brațele pirghiei, dintre care  $l_x$  are o valoare constantă. Sensibilitatea unei balanțe se exprimă prin raportul dintre unghiul de înclinare  $\Delta\alpha$  produs de o masă elementară  $\Delta p$  și aceasta din urmă:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\alpha}{\Delta p};$$

este numeric egală cu unghiul de înclinare a brațelor sale pentru unitatea de masă pusă pe unul din platane.

**balast** v. tub fluorescent.

**balistică**, ramură a fizicii aplicate al cărui obiect de studiu îl constituie mișcarea corpurilor grele (ex. proiectile, rachete) aruncate în câmpuri gravitaționale. Cuprinde mișcarea proiectilelor în interiorul gurilor de foc (*balistica interioară*) sau în afara lor (*balistica exterioară*), precum și fenomenele produse în momentul lansării proiectilelor (*balistica intermediară*).

**bandă de energie** v. corp solid.

**bandă spectrală** v. spectru (1).

**bar**, unitate de măsură tolerată a presiunii, folosită în meteorologie. Valoarea sa în SI este:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2.$$

**bară** (sau **vergea**) **vibrantă**, corp care are lungimea mult mai mare decât dimensiunile secțiunii transversale, dar, spre deosebire de coardă, prezintă o anumită rigiditate la încovoiere. În bare se pot produce vibrații transversale (de încovoiere), longitudinale (de dilatare sau de comprimare) și de torsiune. În timp ce corzile pot vibra numai dacă sînt fixate la ambele capete ( $f, f$ ), vergelele pot vibra fie dacă sînt libere la ambele capete și sprijinite într-un punct ( $l, l$ ), fie dacă sînt fixate la un capăt și libere la celălalt ( $f, l$ ). Dacă vibrația barei este longitudinală sau de torsiune și fixarea ei

este de tipul  $(f, f)$  sau  $(l, l)$ , frecvențele de vibrație (ale armonicilor de ordin  $n$ ) sînt date de relația:

$$f_n = n \frac{v}{2L},$$

iar în cazul  $(f, l)$  de relația:

$$f_n = (2n - 1) \frac{v}{4L},$$

unde  $v$  este viteza de propagare a sunetului în bară și  $L$  — lungimea ei. Pentru vibrațiile longitudinale

$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ ,  $E$  fiind modulul de elasticitate Young, iar  $\rho$  — densitatea barei. Pentru  $n = 1$ , bara emite sunetul fundamental, iar pentru  $n > 1$ , se obțin armonice superioare. Pentru vibrațiile de torsiune,  $v = \sqrt{\frac{F}{\rho}}$ , unde  $F$  este modulul de torsiune. În cazul vibrațiilor transversale, frecvențele de vibrație ale unei bare cu secțiune dreptunghiulară, de lungime  $L$  și grosime  $e$ , sînt:

$$f_n = \frac{m_n^2 e}{4 \pi L^2 \sqrt{3}} v,$$

unde  $m_n$  este o constantă numerică ce depinde de felul fixării barei și

$$f_n = \frac{m_n^2 R}{4 \pi L^2} v,$$

pentru o bară cilindrică cu raza  $R$  și viteza de propagare a vibrațiilor longitudinale  $v$ . Un tip particular de bară este diapazonul (v.).

**barie**, unitate de măsură tolerată (în sistemul CGS) a presiunii, egală cu o dină pe centimetru pătrat. Valoarea sa în SI este:

$$1 \text{ barie} = 0,1 \text{ N/m}^2.$$

**barieră de potențial**, domeniu de separație între alte două domenii în care energia potențială a unei particule este mai mare decît cea corespunzătoare domeniilor laterale. În particular, această situație se întîlnește în jurul nucleelor atomice în care, pentru distanțe  $r < R_0$ , forțele nucleare de atracție creează un potențial negativ, iar pentru  $r > R_0$ , acționează forțele coulombiene de respingere pentru orice particulă încărcată pozitiv (fig. 24).

În concepția clasică, dacă energia  $E$  a unei particule este mai mică

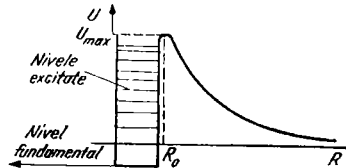


Fig. 24

decît înălțimea  $U_{max}$  a barierei de potențial, ea nu o poate străbate căci impulsul ei în interiorul barierei ar avea o valoare imaginară. Într-adevăr,

$$E \equiv T + U_{max} = \frac{p^2}{2m} + U_{max},$$

de unde:

$$p = \sqrt{2m(E - U_{max})};$$

deci pentru  $E < U_{max}$ ,  $p$  este imaginar.

În mecanica cuantică există o probabilitate diferită de zero ca o microparticulă să treacă prin barierea de potențial, chiar dacă energia ei este mai mică decît înălțimea acesteia. V. efect tunel.

**barion** v. particulă elementară.

**barn**, unitate de măsură utilizată în fizica nucleară pentru secțiunea

eficace de interacție. Valoarea sa în SI este:

$$1 \text{ barn} = 10^{-28} \text{ m}^2.$$

**barometru**, instrument pentru măsurarea presiunii atmosferice. *Barometrul aneroid* (sau *metalic*) se bazează pe echilibrarea presiunii atmosferice cu tensiunile elastice produse la deformarea unor piese metalice de construcție specială. *Barometrul cu mercur* este barometrul în care presiunea atmosferică este echilibrată de presiunea hidrostatică a unei coloane de mercur. În construcția sa intră tuburi de sticlă drepte (cu rezervor fix sau variabil) sau în formă de U, numite *tuburi barometrice*.

**baroscop**, instrument utilizat pentru demonstrarea legii Arhimede în gaze. Constă dintr-o balanță cu brațe egale de care sînt prinse două corpuri de volume diferite. Introdusă, după echilibrare în aer, sub un clopot vidat, aceasta se va înclina spre corpul mai voluminos.

**baterie electrică** v. element galvanic.

**bază** v. tranzistor.

**Bădărău, Eugen** (n. 1887), fizician român, profesor la Universitatea București. Academician. Lucrări importante în domeniile opticii, spectroscopiei și acusticii. Unul dintre inițiatorii cercetărilor asupra descărcărilor electrice în gaze și plasmă, în România. A explicat mecanismul descărcărilor luminescente în arc.

**Bărbulescu, Nicolae** (n. 1900), fizician român, profesor la Universitatea București. Cercetări privind tensiunea superficială a gazelor și lichidelor precum și în domeniul electromagnetismului.

**bătăi** v. interferență.

**Becquerel** [becarél], **Henri** (1852—1908), fizician francez. Membru al Academiei de Științe din Paris. A descoperit, în 1896, fenomenul de radioactivitate (al unei sări de uraniu). Cercetări în domeniul opticii asupra absorbției și polarizării luminii în cristale. Premiul Nobel (1903).

**bel** (B), unitate de măsură a nivelului de transmisiune și de intensitate (sau de presiune) acustică. V. decibel.

**Bernoulli** [bernúli], **Daniel** (1700—1782), matematician și fizician elvețian. Lucrări importante în domeniul mecanicii fluidelor și gazelor. În opera sa principală, „Hidrodinamica” (1738), a demonstrat formula ce-i poartă numele (v. legea Bernoulli).

**betatron**, accelerator ciclic de inducție pentru electroni. Este utilizat în scopul studiului reacțiilor nucleare și al obținerii de radiații  $\gamma$  și X, în radioterapie și defectoscopie. Primul betatron a fost construit (1941) de fizicianul american D.W. Kerst. În betatron, un singur cîmp magnetic, variabil în timp, realizează atât accelerarea fasciculului de electroni, cît și menținerea lui pe o orbită circulară. Cîmpul magnetic este normal pe orbita de accelerare și variază de la valoarea zero pînă la o valoare maximă. Schema de principiu a betatronului este reprezentată în fig. 25 și 26. Condiția pe care trebuie să o satisfacă cîmpul magnetic variabil în timp (numită *condiția Wideröe*), pentru ca electronii să păstreze aceeași orbită circulară în tot timpul accelerării, este ca valoarea mediată pe întreaga arie inclusă de traiectorie, la un

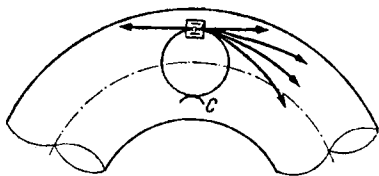


Fig. 25

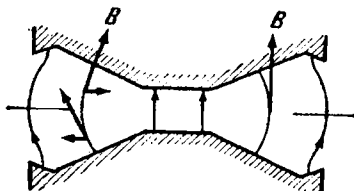


Fig. 26

anumit moment, a inducției magnetice  $\overline{B(t)}$ , să fie dublul valorii sale pe traiectorie în același moment de timp:

$$B(t) = \frac{\overline{B(t)}}{2}.$$

Pentru îndeplinirea acestei condiții, magnetul are o formă specială, așa cum apare în fig. 26. Între polii săi se află camera vidată de accelerare, de formă toroidală. Descrerea cîmpului magnetic în spațiul camerei toroidale are loc după legea  $1/r^n$  (unde  $0,5 < n < 0,75$ ). Înfășurarea electromagnetului este alimentată de la o sursă de curent alternativ (a cărui frecvență este, de obicei, egală cu 50 Hz); accelerarea are loc în pulsuri, pe sferturi de perioadă, electronii fiind captați la începutul fiecărui ciclu. Pentru o anumită inducție magnetică maximă  $B$  și o rază dată de accelerare  $r_0$ , energia maximă totală obținută este:

$$W = cr_0 e B \sqrt{1 + \left(\frac{m_e c}{r_0 e B}\right)^2},$$

unde  $c$  este viteza luminii în vid, iar  $m_e$  și  $e$  masa și, respectiv, sarcina electronului. Întrucît energia electronului accelerat depășește cu mult energia sa de repaus, rezultă

$$\text{că raportul } \frac{m_e c}{r_0 e B} \ll 1 \text{ și, deci, } W \approx$$

$\approx cr_0 e B$ . Întrucît, în betatron, valoarea maximă pe care o poate avea inducția magnetică este de ordinul 4 000—5 000 Gs, pentru a mări energia maximă de accelerare  $W$  trebuie mărită raza  $r_0$  a orbitei de accelerare. Această energie maximă este limitată însă de pierderile prin radiație. La o energie de 50—100 MeV, *radiația de sincrotron* (emisă de particule accelerate circular), situată în domeniul vizibil, poate fi observată pe o direcție tangențială la traiectoria fascicului. Pentru stabilitatea traiectoriei electronului pe orbita de accelerare, forța Lorentz, care variază invers proporțional cu

$r^n \left(F_l \sim \frac{1}{r^n}\right)$  și forța centrifugă, a

cărei variație este invers proporțio-

nală cu  $r \left(F_c \sim \frac{1}{r}\right)$ , trebuie să fie

egale. Variația lor în funcție de rază este reprezentată în fig. 27. Pe grafic se observă că pentru  $r > r_0$  rezultă  $F_l > F_c$ , iar pentru  $r < r_0$  rezultă  $F_c > F_l$ ; deci în ambele cazuri particula revine pe traiectoria stabilă de rază  $r_0$ . Oscilațiile sale în jurul acestei traiectorii se numesc *oscilații betatronice*. În scopul obținerii de cuante  $\gamma$  de mare energie, fasciculul pulsatoriu de electroni este îndreptat, după accelerare, asupra unei ținte  $C$  (v. fig. 25), situate în interiorul unei camere vidate, în care sînt frînați brusc. Energia de accelerare limită a electronilor obținută în betatron este de cca. 300 MeV,

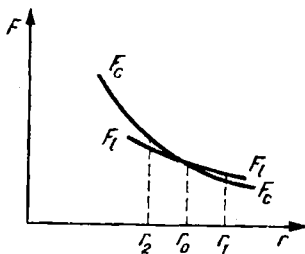


Fig. 27

putînd atinge teoretic valoarea de 500 MeV.

**Bethe** [bête], **Hans Albrecht** (n. 1906), fizician american de origine germană. Contribuții fundamentale în domeniul fizicii atomice și nucleare. A propus ciclul (ce-i poartă numele) de reacții termonucleare (v. fuziune) care explică originea energiei stelare.

**bevatron**, sincrofazotron.

**binoclu**, instrument optic alcătuit din două lunete terestre identice, paralele între ele și deplasabile una față de cealaltă, pentru ca fiecare să poată fi adusă în dreptul pupilei ochiului observatorului. *Binocul de teatru* (sau *de noapte*) este alcătuit din două lunete Galilei (sau olandeze), care folosesc oculare negative (divergente) pentru redresarea imaginii inversate de către obiectiv; el are luminositate mare, dar grosisment mic. *Binocul de cîmp* (sau *cu prisme*) folosește prisme cu reflexie totală, avînd oculare pozitive (convergente); este un binoclu de grosisment mare, mărînd de aprox. 10–15 ori, în timp ce binoclu cu ocular divergent mărește doar de 4–5 ori.

**binom de dilatare** v. dilatare.

**biofizică**, știință care studiază procesele biologice, cu ajutorul meto-

delor experimentale și teoretice ale fizicii. Problemele actuale mai importante ale biofizicii sînt legate de structura celulei, a membranei celulare, a potențialului electric de membrană etc. Interesează în mod deosebit problema transmiterii informațiilor cu ajutorul biocurenților, precum și microstructura materiei vii. Un capitol modern al biofizicii — *bionica* — studiază fenomene din lumea viețuitoarelor în scopul de a găsi soluții unor probleme tehnice.

**bioluminescență** v. luminescență.

**biot**, unitate de măsură tolerată (în CGS<sub>M0</sub>) a intensității curentului electric, egală cu zece amperi.

**birefringență** v. anizotropie optică.

**blendă** v. aparat fotografic.

**bobină**, dispozitiv alcătuit dintr-un număr de spire înfășurate pe un suport (feromagnetic) de formă cilindrică. Aplicînd la capetele unei bobine o tensiune  $V = V_0 \sin \omega t$ , conform legii Lenz, în bobină va apărea o forță contraelectromotoare, ce se opune creșterii curentului. Presupunînd că bobina are rezistența ohmică nulă, forța contraelectromotoare este e-

gală cu tensiunea aplicată:  $L \frac{dI}{dt} = V_0 \sin \omega t$ . Integrînd această ecuație, cu condiția inițială  $I = 0$  (pentru  $t = 0$ ) se obține:

$$I = \frac{V_0}{\omega L} \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right) + \frac{V_0}{\omega L}.$$

Termenul  $\frac{V_0}{\omega L}$  reprezintă intensita-

tea curentului continuu din bobină care dispare repede din circuit, datorită pierderilor de energie prin efect Joule-Lenz. Notînd  $I_0 = \frac{V_0}{\omega L}$ ,



variația în timp a intensității curentului prin circuit este:

$$I = I_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right).$$

Curentul prin bobină este în întârziere (de fază) față de tensiune cu  $\frac{\pi}{2}$ ; expresia  $\omega L = X_L$  este reactanța inductivă.

**bobină de inducție**, transformator de construcție specială, utilizat la producerea unei tensiuni electrice alternative înalte, cu amplitudine inegale, folosind o sursă de curent continuu de joasă tensiune. Este alcătuită din două înfășurări (primară și secundară) bobinate pe un miez de fier moale. Primarul este străbătut de un curent continuu de joasă tensiune ce poate fi întrerupt brusc, în mod periodic, printr-un mecanism de tipul soneriei.

**Bohr** - [bor], Niels (1885—1962), fizician danez. Membru al Academiei de Științe din Copenhaga. Autor al unor valoroase lucrări în domeniul fizicii atomice și nucleare. A conceput modelul atomic care-i poartă numele, a descoperit principiul corespondenței și a explicat fisiunea nucleară (a uraniului) pe baza modelului picătură. Împreună cu W. Heisenberg a elaborat teoria complementarității folosită în interpretarea rezultatelor mecanicii cuantice. Premiul Nobel (1922).

**bolometru**, instrument folosit la măsurarea intensității radiațiilor electromagnetice, îndeosebi a celor din domeniul infraroșu. Funcționarea bolometrului are la bază dependența rezistenței electrice de temperatură, asemănându-se în acest sens cu un termometru cu rezistență; deosebirea constă în aceea

că masa bolometrului este foarte mică, astfel că sensibilitatea sa este mai mare, indicațiile lui variind când absoarbe cantități infime de energie radiantă. Partea sensibilă a bolometrului o constituie o peliculă metalică sau semiconductoră cu grosimea de  $1\mu$  și rezistența de la 10 pînă la 100  $\Omega$ . Uneori bolometrele se construiesc cu două pelicule subțiri, dintre care numai una este supusă acțiunii radiației, cealaltă avînd rol de compensare într-un montaj electric special. Schema electrică a unui astfel de montaj, constituit dintr-o punte Wheatstone în conexiune cu un amplificator, este redată în fig. 28, unde  $R_1$  este rezistența peliculei sensibile expusă iradierii, iar  $R_2$  — cea a peliculei compensatoare neexpusă. Variația rezistenței  $R_1$  sub acțiunea radiației determină o dezechilibrare a punții, deci o variație a diferenței de potențial aplicată pe rezistența de intrare a amplificatorului  $R_5$ , variație ce este ulterior amplificată. În scopul etalonării aparatului, se stabilește o relație între variația acestei diferențe de potențial și intensitatea radiației incidente.

**Boltzmann** [bôltzman], Ludwig (1844—1906), fizician și matematician austriac. Membru al Academiei de Științe din Viena. A generalizat legile teoriei cinetice a gazelor cu ajutorul metodelor statistice și a fundamentat pe cale statistică

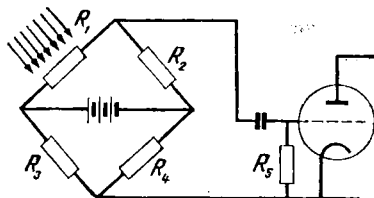


Fig. 28

principiul al doilea al termodinamicii (v. ecuația Boltzmann). A contribuit la elaborarea legii echipartiției energiei (v.) și a dat demonstrația termodinamică a legii Stefan din domeniul radiației termice.

**bombă atomică** (sau **nucleară**), bombă care folosește energia eliberată în reacțiile de fisiune a nucleelor grele. Conține un număr mare de mase subcritice ale unui element radioactiv (ex: uraniu, plutoniu) care, sub acțiunea unui focos chimic, sînt puse în contact depășind astfel masa critică a elementului și producind o reacție explozivă în lanț. Bomba nucleară echivalentă cu 20 000 t trinitrotoluen este denumită *bombă convențională* cu fisiune.

**bombă termonucleară**, bombă care folosește energia eliberată în reacțiile de fuziune a nucleelor ușoare. Reacția termonucleară este amorțată de un focos atomic care asigură atingerea unei temperaturi de ordinul zecilor de milioane de grade. Bomba termonucleară care folosește drept combustibil deuteriul se numește *bombă cu hidrogen*. În afară de deuteriu, bombele termonucleare pot conține un amestec de deuteriu-tritiu sau litiu-tritiu în stare solidă. Energia degajată la explozia unei bombe termonucleare este cu trei-patru ordine de mărime mai mare decît aceea a unei bombe convenționale cu fisiune.

**Born, Max** (1882—1970), fizician german. Membru al Societății Regale din Londra. Contribuții importante în teoria rețelelor cristaline, teoria relativității, mecanica cuantică și structura atomului. A dat interpretarea statistică a funcției

de undă din mecanica cuantică. Premiul Nobel (1954).

**boson**, particulă elementară cu spin întreg care se supune statisticii Bose-Einstein.

**Boyle** [b'oil], **Robert** (1627—1691), fizician, chimist și filozof englez. Membru al Societății Regale din Londra. A descoperit una din legile gazelor, cunoscută sub numele de legea Boyle-Mariotte.

**brahistocronă**, curbă între două puncte ale unui cimp de forțe dat, pe care un punct material o parcurge în timpul cel mai scurt.

**braț al forței** v. moment al forței.

**brewster**, unitate de măsură tolerată a constantei fotoelastice. Reprezintă constanta fotoelastică a corpului în care o presiune de  $10^{-7}$  at introduce — între raza ordinară și cea extraordinară a unei radiații monocromatice de lungime de undă  $\lambda$  (în vid) ce se propagă perpendicular pe direcția presiunii — o diferență de drum optic egală cu  $\lambda$ . Relația de echivalență cu unitatea corespunzătoare din SI este:

$$1 \text{ brewster} = 1,01972 \cdot 10^{-10} \text{ m/N.}$$

**Broglic** [brói sau brogli], **Louis Victor de** (n. 1892), fizician francez. Membru al Academiei de Științe din Paris. A stabilit pe cale teoretică (1924) proprietățile undulatorii ale particulelor elementare (v. undă asociată). Contribuții în mecanica cuantică relativistă, în teoria nucleului atomic și a propagării undelor. Premiul Nobel (1929).

**Bungeianu, Dimitrie** (1860—1932), fizician român. Cercetări privind propagarea sunetului în lichide.

**cal putere** (CP), unitate de măsură tolerată pentru putere, egală cu  $75 \text{ kgf} \cdot \text{m/s}$ . În SI valoarea sa este:

$$1 \text{ CP} = 735,499 \text{ W}.$$

**calefacție**, formarea unei păături de vapori la suprafața de separație a unui lichid cu un corp solid incins, care împiedică contactul direct al acestora.

**calorie** (cal), unitate de măsură tolerată a cantității de căldură. Reprezintă cantitatea de căldură necesară ridicării cu un grad a temperaturii unui gram de apă, între  $19,5$  și  $20,5^\circ\text{C}$ . Valoarea caloriei internaționale în SI este:

$$1 \text{ cal}_{IT} = 4,18674 \text{ J}.$$

Caloria definită în jurul temperaturii de  $15^\circ\text{C}$  are valoarea:

$$1 \text{ cal}_{15} = 4,1855 \text{ J}.$$

**calorie mare**, kilocalorie.

**calorimetrie**, ramură a fizicii experimentale care se ocupă cu măsurarea cantităților de căldură. La baza metodelor de măsurare folosite stau trei principii calorimetrice:

1) principiul echilibrului termic, potrivit căruia mai multe corpuri cu temperaturi diferite ce formează un sistem izolat, puse în contact, vor avea, după un timp oarecare, aceeași temperatură;

2) principiul egalității schimburilor de căldură, conform căruia,

cînd între două corpuri ale unui sistem izolat are loc un schimb de căldură, cantitatea de căldură cedată de unul dintre ele este egală cu cantitatea de căldură primită de celălalt;

3) principiul egalității cantităților de căldură ce intervin în procesele inverse, potrivit căruia cantitatea de căldură pe care o absoarbe un corp într-o transformare este egală cu cea degajată de acesta în transformarea inversă.

**calorimetru**, aparat cu ajutorul căruia se măsoară cantitatea de căldură schimbată de un corp cu un mediu, în general lichid. Construcția și funcționarea lui se bazează pe variația temperaturii unei substanțe calorimetrice (la *calorimetrul cu variație de temperatură*), fie pe schimbarea stării ei de agregare (la *calorimetrul izoterm*). Calorimetrul cu variație de temperatură *Berthelot* (fig. 29) constă în principiu dintr-un vas cilindric de obicei cu apă, în care se află un termometru  $T$  și un

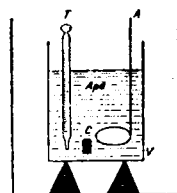


Fig. 29

agitator  $A$  pentru uniformizarea temperaturii. Vasul  $V$ , fixat pe suporturi de plută, se află într-un alt vas cilindric, de diametru mai mare. Măsurînd, de exemplu, cantitatea de căldură cedată de un corp  $C$  cu temperatura mai ridicată decît a apei, se poate determina căldura specifică a acestuia. Pentru aceasta, se folosește principiul calorimetric al egalității schimburilor de căldură:

$$Q_{ced} = Q_{prim}.$$

Scrisă explicit, relația capătă forma:

$$mc(t_1 - t_f) = (m_a c_a + m_A c_A + m_l c_l + m_v c_v)(t_f - t_2),$$

unde  $m$  și  $c$  sînt masa, respectiv căldura specifică a corpului cerțat,  $t_1$  și  $t_f$  — temperaturile lui inițială și, respectiv, finală,  $m_a$  și  $c_a$  — masa și căldura specifică a apei,  $t_2$  și  $t_f$  — temperaturile ei inițială și finală, iar  $m_A$ ,  $m_l$ ,  $m_v$ ,  $c_A$ ,  $c_l$ ,  $c_v$  sînt masele, respectiv căldurile specifice ale agitatorului, termometrului și vasului calorimetric. Suma

$$m_A c_A + m_l c_l + m_v c_v = K$$

este o constantă a aparatului. În cazul în care căldurile specifice se măsoară în unități tolerate, cal/g·grd ( $c_a \cong 1$  cal/g·grd), această constantă poartă numele de *echivalent în apă* al calorimetrului. Substituind constanta  $K$  în relația precedentă, se obține:

$$c = \frac{(m_a c_a + K)(t_f - t_2)}{m(t_1 - t_f)}.$$

Această relație permite determina-rea căldurii specifice a corpului studiat în funcție de mărimi direct măsurabile. Metoda experimentală

redată mai sus se numește *metoda amestecurilor*. Un tip perfecționat de calorimetru cu variație de temperatură este *calorimetrul adiabatic*, în care apa din interior nu schimbă căldură cu mediul extern; aceasta se realizează prin asigurarea unei izolații suplimentare a aparatului cu ajutorul unei cămăși exterioare, prin care circulă apă de aceeași temperatură cu apa din calorimetru.

**cameră cu bule**, dispozitiv pentru înregistrarea particulelor încărcate de mare energie. A fost inventată, în 1952, de fizicianul american D. Glaser. Se compune dintr-o incintă în care se află un lichid transparent supraîncălzit; la trecerea locale de ionizare care produc fierberea bruscă a lichidului, punînd astfel în evidență traiectoria acesteia prin bule de vapori. Starea supraîncălzită este obținută printr-o micșorare bruscă a presiunii la suprafața lichidului menținut la o temperatură din vecinătatea punctului de fierbere. Pentru obținerea de informații referitoare la natura particulelor încărcate, camera este instalată într-un cîmp magnetic deflector; parcurserile acestora sînt făcute vizibile cu ajutorul unui sistem de iluminare laterală și apoi fotografiate. Timpul în care camerele cu bule de mari dimensiuni reacționează la trecerea particulelor este de ordinul sutimilor de secundă. Ca mediu lichid se folosesc gaze lichefiate ca hidrogen, xenon, propan, etilenă, freon, heliu etc. Camerele cu bule sînt utilizate la studiul reacțiilor nucleare produse de particule de mare energie provenite din acceleratoare. În scopul cercetării unei reacții nucleare dintre un tip de particule și nucleele unui anumit element, în cameră este introdus de obicei

un lichid ce conține acel element (ex. interacția cu protonii este studiată în camere cu hidrogen lichid). Camera cu bule de hidrogen a fost perfecționată (1954–1959) de fizicianul american L.W. Alvarez.

**cameră cu ceață, cameră Wilson.**

**cameră de detentă, cameră Wilson.**

**cameră de difuzie v. cameră Wilson.**

**cameră de ionizare, aparat utilizat pentru determinarea intensității fluxurilor de radiații prin măsurarea sarcinii electrice a ionilor produși de aceștia într-un mediu gazos. Se compune dintr-o incintă în interiorul căreia se află două armături metalice plane și paralele (fig. 30). Pentru colectarea ionilor formați în gazul din cameră, precum și pentru evitarea producerii de ionizări secundare și de recombinați, între aceste armături se aplică o tensiune electrică de cca. 200–300 V. La trecerea unei particule (sau a unei radiații) ionizante, în circuitul rezistenței  $B$  ia naștere un curent electric având intensitatea de cca.  $10^{-13}$  A, care este ulterior amplificat.**

**cameră de ionizare în impulsuri, dispozitiv utilizat la numărarea particulelor grele prin măsurarea**

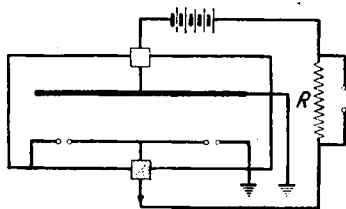


Fig. 30

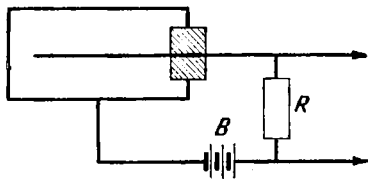


Fig. 31

și înregistrarea impulsurilor de curent electric ce se produc la trecerea acestora prin mediul gazos din cameră. Este compusă dintr-o incintă cu pereți metalici, prevăzută cu un electrod interior izolat de pereți (fig. 34). Între pereții camerei și firul (electrodul) interior se aplică o tensiune electrică continuă de la sursa  $B$ , prin intermediul unei rezistențe  $R$ . Valoarea rezistenței este suficient de mare ca la capetele acesteia să apară o variație a tensiunii  $\Delta V$ , direct proporțională cu sarcina electrică  $\Delta q$  a ionilor depuși pe electrozi și cu pierderea de energie a particulei în interiorul camerei. Dacă  $C$  este capacitatea conductorilor de legătură,  $\Delta V = \frac{\Delta q}{C}$ ; dat fiind ordinul de mări-

me mic al impulsului  $\Delta V$ , acesta este amplificat cu ajutorul unor amplificatori liniari de bandă largă care asigură un răspuns uniform la o gamă mare de frecvențe. Gazul de umplere (ex. argon, azot) al unor astfel de camere este de obicei purificat, în scopul de a împiedica formarea ionilor grei a căror viteză mică de deplasare spre electrozi ar micșora capacitatea de rezoluție a dispozitivului.

**cameră obscură, incintă cu pereți opaci, prevăzută cu un microrificiu. Lumina provenită de la un punct luminos, aflat în afara camerei, va forma pe perețele opus orificiului o pată luminoasă; dacă feno-**

menele de difracție sînt neglijabile, pata va avea un contur net și asemănător orificiului. Dacă pe orificiu cad radiațiile emise de un obiect luminos întins, pe perețele camerei se va forma imaginea răsturnată a obiectului, alcătuită din mulțimea petelor corespunzătoare fiecărui punct luminos. Imaginea este cu atît mai clară cu cît obiectul este mai îndepărtat, astfel ca deschiderea fasciculelor provenite de la fiecare punct să fie cît mai mică. Dacă în dreptul orificiului se află o lentilă convergentă potrivită (situație întîlnită în cazul aparatului fotografic și al ochiului), aceasta poate forma imagini clare ale obiectelor care se găsesc în apropiere, la o distanță anumită.

**cameră Wilson (cu ceață sau de detentă)**, aparat folosit pentru înregistrarea traiectoriilor particulelor încărcate, bazat pe condensarea locală a vaporilor suprasaturați pe ionii formați la trecerea acestora. A fost inventată în 1912 de fizicianul scoțian C.T.R. Wilson. Vaporii suprasaturați din interiorul camerei se obțin printr-o destindere adiabatică, astfel încît raportul volumelor lor  $V_2$  și  $V_1$  de după și dinaintea acestei operații să îndeplinească condițiile:  $1,25 < \frac{V_2}{V_1} < 1,31$ , cînd centrii de con-

densare sînt ioni negativi, și  $\frac{V_2}{V_1} < 1,31$ , cînd aceștia sînt ioni pozitivi;

altfel, la trecerea unei particule, în cameră ar apare ceață continuă. Camera se compune dintr-o incintă în care mărirea volumului gazului poate fi realizată cu ajutorul fie al unui piston  $P$  (fig. 32), fie al unei membrane elastice, ale căror poziții variază continuu sau intermitent. Pentru ca ionii prezenți în incintă să nu provoace o ceață

continuă, ei sînt colectați pe pereții camerei care sînt puși la o diferență de potențial ( $U$  — fig. 32). Gazul de umplere îl formează de obicei fie vapori de apă, de alcool etilic sau metilic, fie un amestec al acestora. Traectoria unei particule care a pătruns în cameră poate fi observată prin iluminare laterală și fotografiată. În scopul analizării distribuției spațiale a particulelor sînt utilizate aparate de fotografiat stereoscopice, iar pentru măsurarea energiei particulelor, camera este așezată într-un cîmp magnetic deflector; măsurînd raza de curbură a traiectoriei sale, se poate determina impulsul particulei  $p = qrB$  (unde  $q$  este sarcina electrică,  $r$  — raza traiectoriei acesteia, iar  $B$  — inducția magnetică).

Pentru obținerea unei sensibilități continue sau permanente, se construiesc camere de difuzie (Wilson) în care se realizează un gradient mare de temperatură. Capacul unei astfel de camere are o temperatură între  $+30$  și  $+70^\circ\text{C}$ , iar fundul este acoperit cu un strat de lichid, aflat la o temperatură între  $-30$  și  $-70^\circ\text{C}$ . În interiorul ei, vaporii circulă de sus în jos — către regiunea mai rece — și condensează în regiunea centrală a camerei, pe ionii produși la trecerea particulelor încărcate. Precizia măsurătorilor în camere de difuzie este

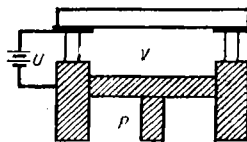


Fig. 32

inferioară celei obținute cu alte tipuri de camere Wilson.

**candelă** v. sistem de unități.

**cantitate de căldură**, căldură.

**cantitate de electricitate**, sarcină electrică.

**cantitate de iluminare** v. expunere.

**cantitate de lumină** (sau **energie luminoasă**,  $Q$ ), mărime egală cu produsul dintre fluxul luminos mediu  $\Phi$  primit de o suprafață și intervalul de timp  $t$  cit a durat iluminarea:

$$Q = \Phi t.$$

Dacă fluxul incident este variabil în timp, atunci:

$$Q = \int_0^t \Phi(t) dt.$$

Se măsoară în lumeni-secundă sau în lumeni-oră. Dacă  $E(t)$  este iluminarea suprafeței  $S$  și  $H$  — expunerea acesteia, cantitatea de lumină poate fi exprimată prin relația:

$$Q = SH.$$

**cantitate de mișcare**, impuls.

**capacitate calorică** ( $C$ ), limita către care tinde raportul dintre cantitatea de căldură  $\Delta Q$  primită sau cedată de un corp în anumite condiții, fără schimbarea stării de agregare, și intervalul de temperatură  $\Delta T$  corespunzător, când acesta din urmă tinde către zero:

$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{dQ}{dT}.$$

Este numeric egală cu cantitatea de căldură care produce o variație a temperaturii corpului de un kelvin. După cum masa corpului considerat este egală cu un atom

gram, un mol sau un gram, această mărime poartă numele de căldură atomică, molară sau specifică.

**capacitate electrică** ( $C$ ), mărime ce caracterizează conductorii izolați, egală cu limita raportului dintre variația sarcinii electrice  $\Delta Q$  a unui conductor și cea a potențialului acestuia  $\Delta V$ , când aceasta din urmă tinde către zero:

$$C = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta V} = \frac{dQ}{dV}.$$

Este numeric egală cu sarcina electrică care produce o variație a potențialului conductorului de un volt.

Dacă conductorul este sferic, vectorul cîmp electric  $\mathbf{E}$  este orientat după direcția razei (normal pe suprafață), ca și cum întreaga sarcină  $Q$ , înmagazinată pe suprafața sferei, s-ar afla concentrată în centrul acesteia. Când sfera de rază  $r$  este situată într-un mediu de permitivitate  $\epsilon$ , atunci  $V = \frac{Q}{\epsilon r}$ ;

deci  $C = \epsilon r$ . V. condensator.

**capcană de vid** v. vid.

**capcană magnetică**, dispozitiv cu ajutorul căruia sînt create cîmpuri magnetice de configurații speciale, pentru menținerea plasmei într-un volum limitat, la temperaturi înalte, izolată termic. Există două clase mari de capcane magnetice: *capcane închise de tip stelatorator* (fig. 33) și *capcane cu oglinzi* (sau *cu dopuri*) *magnetice* (fig. 34). Instalațiile de tip stelatorator sînt camere toroidale, avînd o serie de înfășurări pe pereți care creează o configurație specială a cîmpului magnetic („suprafețe magnetice“), capabile să împiedice plasma fierbinte de a se împrăștia spre pereții torului. Capcanele cu

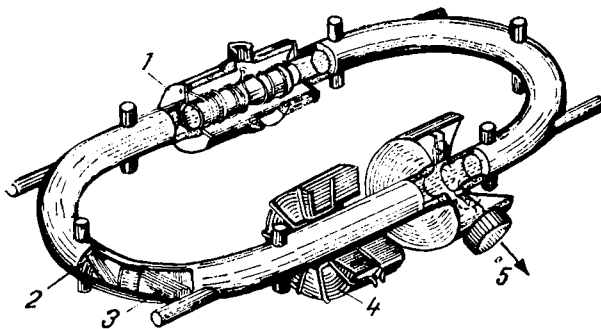


Fig. 33. Capcană magnetică

1 — blocul de încălzire; 2 — spire care creează cîmpul magnetic longitudinal; 3 — înfășurare elicoidală; 4 — transformator de încălzire; 5 — spre pompa de vid.

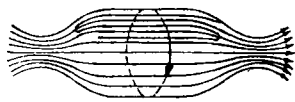


Fig. 34

dopuri magnetice au la bază reflexia particulelor încărcate pe domenii în care există un cîmp magnetic intens, ceea ce duce la o concentrare a plasmei în zonele în care intensitatea cîmpului magnetic este mică.

Cîmpul magnetic terestru constituie o capcană naturală pentru particulele încărcate de origine cosmică; liniile de cîmp se îndesesc în regiunea polilor magnetici, formînd dopuri magnetice uriașe.

**capilaritate**, ansamblul fenomenelor care se produc la introducerea într-un fluid a tuburilor cu diametre relativ mici sau a unor pereți plani, relativ apropiați. Pentru ca fenomenele de capilaritate (sau capilare) să apară, este necesar ca diametrul tubului sau distanța dintre pereții plani să fie comparabilă cu raza de curbură a meniscului (v. adeziune). În fig. 35 se

reprezintă un tub capilar (de diametru mic) cufundat într-un lichid. Dacă lichidul udă pereții acestuia, se observă că el se ridică în tub pînă la înălțimea  $h$  deasupra nivelului său din afara tubului (fig. 35, *a*), iar dacă lichidul nu udă pereții, atunci el coboară față de acest nivel (fig. 35, *b*). În comparație cu presiunea internă a lichidului avînd suprafața plană, în primul caz se produce o micșorare a presiunii interne, iar în al doilea caz — o mărire a presiunii interne a lichidului. Variația presiunii interne este dată de relația:

$$\Delta p_i = \pm \frac{4 \sigma \cos \theta}{d},$$

unde  $\sigma$  este tensiunea superficială a lichidului,  $d$  — diametrul tubului, iar  $\theta$  — unghiul de racord al meniscului. Semnul plus se ia în cazul unui menisc concav, iar semnul minus, în cazul unui menisc convex. Dacă lichidul udă perfect tubul ( $\theta = 0$ ), relația precedentă devine:

$$\Delta p_i = \frac{4\sigma}{d}.$$



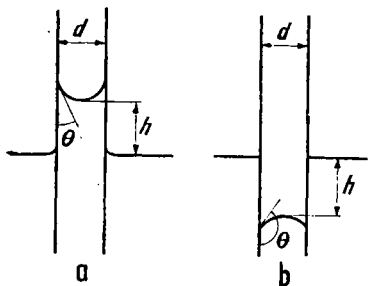


Fig. 35

Variația presiunii interne dată de această relație este egală cu presiunea hidrostatică exercitată de coloana de lichid cu înălțimea  $h$ . Deci

$$h \rho g = \frac{4\sigma}{d},$$

de unde se obține expresia matematică a *legii Jurin-Borelli*:

$$h = \frac{4\sigma}{\rho g} \cdot \frac{1}{d},$$

potrivit căreia înălțimea la care se ridică un lichid într-un tub capilar este invers proporțională cu diametrul acestuia. Fenomenele capilare se întâlnesc frecvent în lumea animală și vegetală, având o deosebită importanță în procesele vitale.

**captură**, proces prin care nucleul atomic captează o particulă elementară din exterior.

**captură electronică**, captura unui electron periferic de către un nucleu excitat (ce conține în general un număr de protoni prea mare față de cel de neutroni), care duce la transformarea unui proton în neutron cu emisia unui neutrin. Este urmată de o rearanjare a electronilor în pătura respectivă,

însoțită de o emisie de radiație X, iar numărul atomic al elementului se micșorează cu o unitate. Condiția de instabilitate nucleară pentru producerea acestui proces este:

$$M_{nucl}(A, Z + 1) + m_e + \varepsilon > M_{nucl}(A, Z),$$

unde  $\varepsilon$  este energia de legătură a electronului captat,  $m_e$  — masa lui, iar  $M_{nucl}(A, Z + 1)$  și  $M_{nucl}(A, Z)$  — masele nucleelor, inițial și final.

**captură K**, captura electronică a unui electron din stratul K.

**Carnot** [carnó], **Nicolas Leonard Sadi** (1796—1832), fizician francez. A cercetat condițiile de funcționare a mașinilor termice, ceea ce i-a permis lui Clausius să descopere principiul al doilea al termodinamicii, denumit și principiul lui Carnot-Clausius.

**cascade** v. condensator.

**casetă** v. aparat fotografic.

**catastrofă ultravioletă** v. corp negru.

**catetometru**, instrument folosit pentru măsurarea cu precizie a distanțelor verticale dintre două puncte, care pot fi situate sau nu pe aceeași verticală. Este alcătuit dintr-o bară metalică în poziție verticală, sprijinită pe trei șuruburi de fixare, și o lunetă montată pe un suport deplasabil de-a lungul celei dintii. Bara este gradată în diviziuni submilimetrice, iar pe suportul lunetei se află un vernier cu ajutorul căruia se pot aprecia fracțiuni ale acestor diviziuni. De obicei, pentru stabilirea orizontalității lunetei și poziției verticale a barei gradate, atît bara cît și luneta sînt prevăzute cu cite o nivelă cilindrică cu bulă de aer.

**cation** v. ion.

catod v. electrod.

catodoluminescență v. luminescență.

**caustică**, fiecare dintre cele două locuri geometrice ale focalelor Sturm, în cazul unui fascicul luminos larg. Acestea formează în general o suprafață cu două pinze, fiecare din ele constituind o caustică de-a lungul căreia se produce o concentrare maximă a luminii. Dacă suprafețele de undă au o simetrie de revoluție, cum sînt cele generate de fascicule conice izvorite din puncte situate pe axa optică (fig. 36), cele două caustice sînt: *caustica* (sau pinză) *focalelor sagitale S*, care constituie locul geometric al focalelor  $s$  situate pe axa optică (sau al punctelor de intersecție a perechilor de raze învecinate de pe paralelele suprafeței de undă) și este un segment de dreaptă de-a lungul acestei axe, și *caustica* (sau pinză) *focalelor tangențiale T*, care constituie locul geometric al focalelor  $t$  perpendiculare pe cele sagitale (sau al punctelor de intersecție a perechilor de raze învecinate de pe meridianele suprafeței de undă) și este o suprafață de revoluție în jurul axei optice. Intersecția causticelor cu suprafața pe care cade lumina este reprezentată prin curbe diverse, cu puncte de întoarcere, consti-

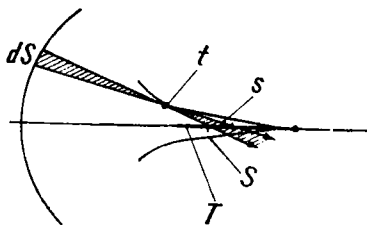


Fig. 36

tuind forme variate de manifestare ale aberațiilor geometrice.

**cavitație**, fenomen ce apare în lichide sub influența unor tensiuni interne, locale, sau a unor variații rapide și puternice de presiune, constînd în formarea unor bule (cavități) de vapori în interiorul lichidului. Antrenate în regiuni ale lichidului cu presiune mare, acestea sînt comprimate și dau naștere la șocuri ce pot produce coroziunea mecanică a suprafețelor metalice cu care vin în contact. Fenomenul se produce, în cazul mișcării relative a unui lichid în raport cu un obstacol, sau al curgerii lichidelor prin duze, la turbinele hidraulice, elicele navelor, pompele centrifuge hidraulice (*cavitație hidraulică*), precum și sub influența undelor ultrasonore suficient de intense (*cavitație ultrasonoră*). Cavitația hidraulică este dăunătoare, producînd distrugerea pieselor respective. În schimb, cavitația ultrasonoră este un fenomen ce poate fi dirijat și controlat, efectele sale putînd fi folosite. Variațiile locale de presiune ce însoțesc propagarea unei unde ultrasonore duc la formarea unor goluri, cu predilecție în punctele în care există particule în suspensie, bule de aer sau vapori etc., ce sînt imediat umplute cu gazele dizolvate în lichid sau cu vapori ai acestuia. În semiperioada următoare, în aceleași locuri în care au apărut bulele, în lichid iau naștere presiuni de ordinul  $10^3 - 10^6$  at, ridicări locale de temperatură, descărcări electrice. În final, bula se distruge dînd naștere la o undă de șoc. Apariția fenomenului este condiționată de natura și gradul de puritate al lichidului, de valoarea presiunii și a frecvenței undelor ultrasonore, iar efectele produse pot fi de natură mecanică,

acustică, optică și chimică. Efectele mecanice se datoresc în special presiunilor locale mari ce iau naștere și, implicit, temperaturilor ridicate ce se dezvoltă în timpul comprimării adiabatică. Ele prezintă aplicații la perforatoare, curățirea pieselor, placarea metalelor etc. Efectul acustic constă în emisia unui sunet alb și a unor armonice ale frecvenței excitatoare, dintre care prima este foarte puternică. Efectul optic, numit *sonoluminescență*, constă într-o emisie slabă și de scurtă durată ( $10^{-8}$  s) de lumină ce apare când este depășit pragul de intensitate acustică al cavității; intensitatea emisiei depinde de natura, temperatura și viscozitatea lichidului și crește cu intensitatea acustică, atingând un maxim. Efectele chimice constau în producerea sau accelerarea unor reacții de oxidare, reducere, sinteză, polimerizare sau depolimerizare.

**cădere (liberă)**, mișcare uniform accelerată a corpurilor sub acțiunea propriei greutate, îndreptată de sus în jos, spre Pământ. Forța care produce mișcarea fiind  $G = mg$  ( $m$  este masa corpului), aceasta este uniform accelerată atât timp cât accelerația gravitațională  $g$  se poate considera constantă (pentru diferențe de nivel relativ mici). În consecință, legea vitezei este

$$v = gt, \text{ iar a spațiului } h = \frac{gt^2}{2}.$$

Prin eliminarea timpului între aceste două relații se obține formula Galilei:  $v = \sqrt{2gh}$ . Dacă corpul pornește cu o viteză inițială pe direcția și sensul greutății, ecuațiile devin:

$$v = v_0 + gt, \quad h = v_0t + \frac{gt^2}{2},$$

respectiv:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}.$$

**cădere de tensiune**, tensiunea electrică la bornele unui element consumator de energie al unui circuit electric. Diferența de potențial între catodul unui tub de descărcare electrică în gaze și marginea catodică a luminii negative se numește *cădere catodică*. În cazul în care suprafața catodului nu este acoperită în întregime de către descărcarea luminescentă, aceasta poartă numele de *cădere catodică normală*. Ea nu depinde de intensitatea curentului de descărcare și nici de presiunea gazului, pînă la presiuni de ordinul citorva zeci de torri. Este deci o constantă caracteristică materialului catodului și gazului utilizat, rămînînd aceeași cit timp starea suprafeței catodice și compoziția gazului nu suferă modificări. Într-o descărcare electrică al căru catod este complet acoperit de descărcare, căderea catodică este *anormală*. Ea crește odată cu creșterea intensității curentului de descărcare, în timp ce grosimea spațiului întunecos catodic (Hittorf sau Crookes) scade.

**căldură** (sau **cantitate de căldură**,  $Q$ ), variația energiei interne a unui sistem, determinată numai de variația parametrilor interni ai sistemului. În interacție cu exteriorul, un sistem termodinamic își modifică energia sa internă fie prin variația parametrilor externi, fie prin variația parametrilor interni. Cînd variază parametrii externi, sistemul schimbă lucru mecanic cu exteriorul, iar la variația celor interni, între sistem și mediul extern are loc un schimb de căldură. După cum schimbul de căldură are loc la temperatură constantă sau variabilă, căldura este *latentă*

sau *sensibilă*. Unitatea de măsură în SI este joule-ul; unități tolerate: caloria și kilocaloria.

**căldură atomică**, căldură necesară unui atom-gram dintr-un element pentru a-și ridica temperatura cu un grad.  $V$ . căldură molară.

**căldură de ardere** (sau de combustie), putere calorifică.

**căldură latentă**, căldură dezvoltată la trecerea unității de masă dintr-o fază în alta, în condiții de temperatură și presiune constante. În funcție de transformarea de fază, căldura latentă poate fi: de condensare, de solidificare, de sublimare, de topire sau de vaporizare.

**căldură molară** ( $C$ ), mărime definită în raport cu transformarea pe care o suferă sistemul considerat, numeric egală cu căldura necesară unui mol dintr-o substanță pentru a-și ridica temperatura cu un grad. Unitățile de măsură folosite sînt: cal/mol·grad, J/mol·grad; în SI este utilizată căldura kilomolară, a cărei unitate de măsură este joule-ul pe kilomol-kelvin. Căldurile molare utilizate atît în teorie cit și în practică sînt cele care intervin în transformările la volum constant ( $C_V$ ) și la presiune constantă ( $C_p$ ). În cazul gazului ideal, căldura molară la volum constant este egală cu derivata parțială a energiei interne  $U$  în raport cu temperatura:

$$C_V = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V.$$

Energia internă  $U$  a gazului ideal are expresia:

$$U = \frac{i}{2} RT,$$

unde  $i$  este numărul gradelor de libertate ale unei molecule,  $R$  — constanta universală a gazelor, iar  $T$  — temperatura gazului. Ținînd seamă de această expresie, prima relație devine:

$$C_V = \frac{i}{2} R.$$

Căldura molară la presiune constantă este dată de formula Mayer:

$$C_p = C_V + R$$

și substituind, se obține:

$$C_p = \frac{i + 2}{2} R.$$

Pentru studiul experimental al căldurilor molare ale gazelor, este utilă cunoașterea exponentului *adiabatic*:

$$\kappa = \frac{C_p}{C_V}.$$

În cazul gazului ideal monoatomic, cînd  $i = 3$ , rezultă următoarele valori teoretice:

$$C_V = \frac{3}{2} R, C_p = \frac{5}{2} R, \text{ de unde}$$

$$\kappa = 1,66.$$

În cazul gazului ideal biatomic ( $i = 5$ ), se obțin valorile teoretice:

$$C_V = \frac{5}{2} R, C_p = \frac{7}{2} R, \text{ de unde}$$

$$\kappa = 1,4.$$

Deci, în cazul gazului ideal, căldurile molare și exponentul adiabatic nu depind de temperatură. Determinările experimentale au arătat că, la temperatura de 20°C, valorile acestor mărimi sînt foarte apropiate de cele teoretice (tabelul 2), dar prezintă o variație destul de pronunțată cu temperatura.

Tabelul 2

Gazul	$C_V$ cal/mol·grd	$C_p$ cal/mol·grd	$\kappa$
He	2,98	5,00	1,67
H <sub>2</sub>	4,87	6,87	1,41
O <sub>2</sub>	4,99	6,90	1,40

În fig. 37 este redată variația, într-un interval larg de temperatură, a căldurii molare la volum constant a hidrogenului; această comportare este explicată în teoria cuantică a căldurilor molare. La temperaturi înalte, valoarea căldurii molare este determinată de mișcările de translație, rotație și vibrație a moleculelor. Pe măsură ce temperatura coboară, mișcarea de vibrație și apoi (la 40 K) mișcarea de rotație încetează, sub această temperatură moleculele prezentînd doar mișcare de translație. În apropiere de zero absolut încetează orice mișcare termică, iar căldura molară tinde către zero. Energia internă a gazului real poate fi exprimată în funcție de temperatură și volum:

$$U = f(T, V).$$

Căldura molară într-un proces oarecare se calculează cu ajutorul relației:

$$C = \frac{dQ}{dT}.$$

Cu ajutorul principiului I al termodinamicii (v.), această relație devine:

$$C = \frac{dU + pdV}{dT},$$

în care, înlocuind diferențiala energiei interne

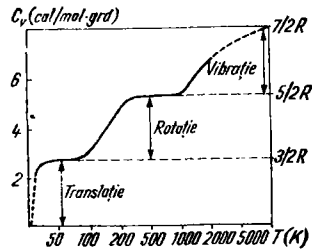


Fig. 37

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV,$$

se obține pentru căldura molară expresia:

$$C = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V + \left[ \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + p \right] \frac{dV}{dT};$$

pentru  $V = \text{const}$  rezultă căldura molară la volum constant:

$$C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V,$$

iar pentru  $p = \text{const}$  — căldura molară la presiune constantă:

$$C_p = C_V + \left[ p + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \right] \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p.$$

Mărimile care intră în această relație se pot determina experimental, cu excepția derivatei  $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T$ . Se poate arăta însă că

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p$$

și se obține:

$$C_p = C_V + T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p,$$

sau:

$$C_p - C_V = T \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p.$$

În teoria clasică a corpurilor solide, nodurile unei rețele cristaline sînt aproximativ cu oscilatori armonici, pentru descrierea mișcării cărora se folosesc trei grade de libertate. Legea echipartiției energiei atribuie, în medie, fiecărui grad de libertate energia

$$\frac{1}{2} kT, \text{ unde } k \text{ este constanta lui}$$

Boltzmann, iar  $T$  — temperatura absolută a corpului. Energia cinetică medie a oscilatorului are,

$$\text{deci, valoarea } \frac{3}{2} kT \text{ și este egală}$$

cu energia potențială medie, iar energia totală a sa este:

$$W = \frac{6}{2} kT = 3kT.$$

Energia internă a unei cantități de substanță de un atom-gram va fi egală cu:

$$U = 3N_A kT = 3RT,$$

unde  $N_A$  este numărul Avogadro; deci căldura atomică este:

$$C_V = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V = 3R.$$

Cunoscînd  $R \approx 2 \text{ cal/atom} \cdot \text{g} \cdot \text{grd}$ , rezultă formula empirică:  $C_V =$

$= 6 \text{ cal/atom} \cdot \text{g} \cdot \text{grd}$ , valoare independentă de natura substanței și de temperatură (*regula sau legea Dulong-Petit*). Tabelul 4 cuprinde valorile căldurilor atomice ale citorva substanțe la temperatura obișnuită; se observă că diamantul, siliciul, borul se abat sensibil de la valoarea impusă de regula Dulong-Petit. Pentru corpurile solide biatomice se obține valoarea  $C_V = 2 \cdot 3R \approx 12 \text{ cal/mol} \cdot \text{grd}$ , pentru cele triatomice,  $C_V = 18 \text{ cal/mol} \cdot \text{grd}$ , pentru cele tetraatomice,  $C_V = 24 \text{ cal/mol} \cdot \text{grd}$  ș.a.m.d. Aceste rezultate pot fi stabilite și pe baza *legii Joule-Kopp*, conform căreia căldura molară a unei substanțe solide compuse este egală cu suma căldurilor atomice ale elementelor componente. La temperatura obișnuită, legea Joule-Kopp este verificată în cazul multor substanțe (v. tabelul 3).

Tabelul 3

Substanța	CuO	NaCl	BaCl <sub>2</sub>
$C_V$ , în cal/mol · grd	11,3	12,1	18,6

Determinările experimentale ale căldurii molare la diferite temperaturi stabilesc nu o valoare constantă, conform teoriei, ci o anumită variație cu temperatura

Tabelul 4

Substanța	Al	C(diamant)	Cd	Si	Zn	B
$C_V$ , în cal/atom · g · grd	6,14	1,35	6,11	4,67	6,10	2,51

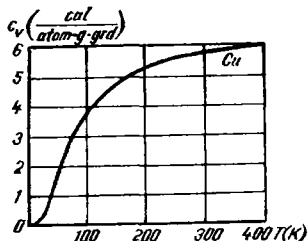


Fig. 38

(fig. 38), iar în apropiere de zero absolut căldura molară tinde să se anuleze. O teorie cuantică ce explică această variație a fost elaborată de A. Einstein. Considerând nodurile rețelei drept oscilatori armonici cuantificați și independenți, cu o singură frecvență de oscilație, Einstein stabilește formula:

$$C_V = 3R \frac{\left(\frac{\theta}{T}\right)^2 e^{\theta/T}}{(e^{\theta/T} - 1)^2},$$

unde  $\theta = \frac{h\nu}{k}$  este temperatura caracteristică, iar  $\nu$  — frecvența oscilatorilor. Formula pune în evidență dependența lui  $C_V$  de temperatură și verifică datele experimentale în cazul temperaturilor ridicate. O teorie cuantică în acord cu datele experimentale la temperaturi joase a fost emisă de P. Debye, care consideră cristallul ca fiind un sistem de oscilatori cuplați ale cărui mișcări sint cuantificate și au un întreg domeniu de frecvențe, obținind:

$$C_V = \frac{12\pi}{5} \frac{Nk}{\theta} \left(\frac{T}{\theta}\right)^3,$$

unde  $\theta = \frac{h\nu_{max}}{k}$  se numește tem-

peratură caracteristică (sau Debye),  $T \ll \theta$ , iar  $\nu_{max}$  este frecvența maximă a sistemului de oscilatori cuplați. Ambele teorii cuantice nu țin seamă de contribuția, însemnată în cazul metalelor, a mișcării electronilor la valoarea căldurii molare  $C_V$ . În apropiere de zero absolut, această contribuție tinde să se anuleze; deci rezultatul rămâne același,  $C_V$  tinzînd către zero.

**căldură redusă** v. ciclu Carnot.

**căldură sensibilă**, căldură absorbită sau cedată de un corp la variația temperaturii sale cu un grad. După cum masa corpului este egală cu un gram, un atom-gram sau un mol, căldura este specifică, atomică sau molară.

**căldură specifică (c)**, mărime fizică egală cu cantitatea de căldură necesară unității de masă a unei substanțe pentru a-și ridica temperatura cu un grad. Când transformarea sistemului considerat are loc sub volum constant, se definește **căldura specifică la volum constant**  $c_V$ . Dacă transformarea se petrece sub presiune constantă se definește **căldură specifică la presiune constantă**  $c_P$ . Între căldurile molare și cele specifice există relațiile:

$$c_V = \frac{C_V}{\mu} \quad \text{și} \quad c_P = \frac{C_P}{\mu},$$

în care  $\mu$  este masa molară a substanței respective.

**Celsius, Anders (1704—1744)**, astronom și fizician suedez. Membru al Academiei de Științe din Stockholm. Cunoscut pentru scara termometrică centezimală care îi poartă numele. V. termometrie, celulă elementară v. cristal.

**celulă fotoelectrică** v. efect fotoelectric.

**celulă Kerr** v. efect Kerr.

**centrifugă**, aparat pentru separarea componentilor de densități diferite ai unui amestec eterogen, cu ajutorul forței centrifuge. În jurul unei axe (orizontală sau verticală), un vas al aparatului cu conținutul de separat se rotește cu turații până la 60 000 rot/min (ultracentrifuge). Astfel de aparate pot fi cu sită — când se elimină lichidul dintr-o suspensie reținându-se particulele solide, sau fără sită — când se separă lichide eterogene.

**centru de forță** v. forță centrală.

**centru de greutate** v. centru de masă.

**centru de masă**, punctul în care este aplicată rezultanta forțelor de gravitație ce acționează asupra particulelor din care este alcătuit un corp. Poziția sa nu depinde de masa corpului, ci de distribuția de masă a lui. În cazul corpurilor omogene, de formă geometrică regulată (ex.: cub, sferă, cilindru, paralelipiped etc.), centrul de masă coincide cu centrul lor de simetrie. Mișcarea de translație a unui corp poate fi studiată ca o mișcare a centrului său de masă, în care este concentrată întreaga masă, și care este supus rezultantei forțelor ce acționează asupra corpului. Coordonatele de poziție ale centrului de masă sînt:

$$X_c = \frac{\sum x_i \Delta m_i}{M}, \quad Y_c = \frac{\sum y_i \Delta m_i}{M},$$

$$Z_c = \frac{\sum z_i \Delta m_i}{M},$$

în care  $x_i$ ,  $y_i$  și  $z_i$  sînt coordonatele de poziție ale elementului de masă  $\Delta m_i$  al corpului și  $M$  — masa

întregului corp; vectorul de poziție  $\rho$  al centrului de masă este dat de relația:

$$\rho = \frac{1}{M} \int r dm,$$

în care  $M$  este masa totală a corpului,  $dm$  — masa unui element de volum a cărui poziție este dată de vectorul  $r$ , integrarea efectuîndu-se asupra întregului corp. Dacă un corp se află în câmpul gravitațional terestru, forțele de gravitație elementare nu sînt altceva decît greutatețile particulelor componente, iar punctul de aplicație al rezultantei lor poartă numele de *centru de greutate*.

**Cerenkov, Pavel Alekseevici** (n. 1904), fizician sovietic. A descoperit (1934) un fenomen ce îi poartă numele (v. efect Cerenkov). Contribuții la construcția acceleratoarelor de electroni și la studiul reacțiilor fotonucleare. Premiul Nobel (1958).

**CGS** v. sistem de unități.

**Chadwick [céduic], James** (n. 1891), fizician englez. Membru al Societății Regale din Londra. Cercetări în domeniul radioactivității și fizicii nucleare. În anul 1932 a descoperit neutronul. Premiul Nobel (1935).

**chemiluminescență** v. luminescență.

**ciclotron**, accelerator ciclic rezonant (nerelativist) pentru particule grele pozitive ca: protoni, deuteroni, particule  $\alpha$  și ionii altor atomi. A fost inventat de E.O. Lawrence. Se compune (fig. 39) din două cavități în formă de jumătăți de cilindru plate vidate în interior,  $A$  și  $B$ , numite *duanți* (sau *deuri*), alimentate de la o sursă de tensiune alternativă



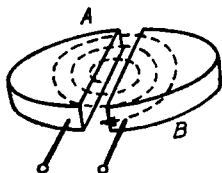


Fig. 39

(de  $10^4 - 10^5$  V) și așezate într-o incintă vidată (aprox.  $10^{-6}$  Torr); aceasta se află într-un câmp magnetic constant  $N-S$ , perpendicular pe suprafața duanților (fig. 40). Un ion generat de sursa aflată în centrul ciclotronului este accelerat în câmpul electric din spațiul dintre duanți, traiectoria sa în interiorul acestora fiind circulară, de rază din ce în ce mai mare. După scurgerea intervalului de

timp  $\Delta t = \frac{\pi m}{qB}$  (în care  $m$  este

masa ionului,  $q$  — sarcina acestuia, iar  $B$  — inducția magnetică), ionul ajunge din nou în spațiul de accelerare. Deoarece perioada de rotație a ionului nu depinde de viteza cu care se mișcă, în fiecare duant ionul accelerat rămâne același interval de timp  $\Delta t$ . Dacă polaritatea pe duanți se inversează tot în  $\Delta t$ , adică perioada de rotație a ionului coincide cu perioada generatorului de alimentare, ionul va fi din nou accelerat; astfel, condiția de rezonanță a ciclotro-

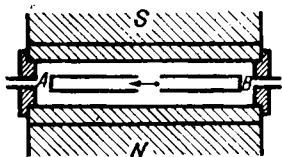


Fig. 40

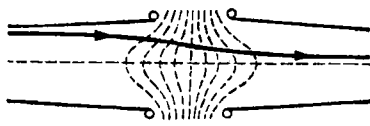


Fig. 41

nului este:  $T = T_G = \frac{2\pi m}{qB}$ .

Variația cu viteza a masei ionului putând fi neglijată, energia câpătată de acesta la sfârșitul unui ciclu de accelerare este dată de relația:  $W = \frac{p^2}{2m} = \frac{q^2 B^2 r_0^2}{2m}$ , unde

$r_0$  este raza maximă a traiectoriei. Deoarece într-o perioadă ionul trece de două ori prin spațiul dintre duanți întâlnind tensiunea de accelerare  $V_1$ , razele orbitelor variază după legea  $r = k \left( \frac{V_1}{B^2} \cdot \frac{mc}{e} \right)^{1/2} \cdot \sqrt{n}$ , unde  $n$

este numărul de treceri prin spațiul dintre duanți, iar  $k$  — o constantă numerică. Cele două câmpuri, electric și magnetic, asigură și focalizarea ionilor accelerați în ciclotron (fig. 41 și, respectiv, fig. 42). Pentru conservarea fasciculului este necesar ca amplitudinea de oscilație a secțiunii (fasciculului) să fie mai mică decât ju-

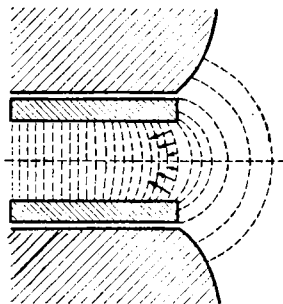


Fig. 42

mătatea înălțimii interioare a duanților. Cu creșterea razei traiectoriei, secțiunea fasciculului se micșorează, concentrându-se în jurul planului de simetrie. La începutul ciclului de accelerare, focalizarea este asigurată de cîmpul electric, iar la sfîrșit — de cîmpul magnetic. Extracția particulelor se realizează prin deflexie electrostatică, cu ajutorul unui condensator plasat de-a lungul ultimei orbite, ce produce un cîmp electric radial. Energia protonilor și a deuteronilor accelerați în cicloatroanele cu frecvență constantă atinge valoarea de 20—25 MeV, a particulelor  $\alpha$  — de 48 MeV, iar a ionilor de azot ( $N^{+++}$ ) — de 160 MeV. Este utilizat la producerea radioactivității artificiale și la studiul structurii nucleului atomic.

**ciclotron cu frecvență modulată, fazotron.**

**ciclotron de electroni, microtron.**

**ciclu**, totalitatea stărilor succesive prin care trece un sistem fizic într-o transformare ciclică, starea finală fiind identică cu cea inițială.

**ciclu Bethe v. fuziune.**

**ciclu Carnot (sau ideal)**, ciclu teoretic, reversibil, de transformări prin care trece un gaz, constînd din patru transformări dintre care, două izoterme și două adiabatice. În reprezentarea în coordonate  $p$ - $V$  a acestui ciclu (fig. 43) curbele  $1 \rightarrow 2$  și  $3 \rightarrow 4$  sînt izoterme, iar  $2 \rightarrow 3$  și  $4 \rightarrow 1$  sînt adiabate. Într-o *mașină termică* care funcționează urmînd un ciclu Carnot, o anumită masă de gaz (ideal) trece prin transformările  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ ; dacă ciclul este parcurs în sens invers, atunci mașina este *frigorifică*. În timp ce mașina termică cedează un lucru mecanic

exteriorului consumînd o cantitate de căldură, cea frigorifică cedează căldură exteriorului, consumînd un lucru mecanic. Mașina termică este în contact cu un izvor de căldură de la care primește căldură la temperatura  $T_1$ . În transformarea izotermă  $1 \rightarrow 2$  gazul se destinde, cedînd în exterior un lucru mecanic egal cu cantitatea de căldură primită (dar de semn schimbat):

$$\Delta L_{12} = -\Delta Q_{12} = -\Delta Q_1.$$

În transformarea adiabatică  $2 \rightarrow 3$ , mașina cedează un lucru mecanic  $\Delta L_{23}$ , iar în cea izotermă  $3 \rightarrow 4$  gazul este comprimat, iar mașina primește din exterior un lucru mecanic egal (în valoare absolută) cu cantitatea de căldură cedată de mașină izvorului rece, aflat la temperatura  $T_2$ :

$$\Delta L_{34} = -\Delta Q_{34} = -\Delta Q_2.$$

Apoi gazul este comprimat în transformarea adiabatică  $4 \rightarrow 1$ , mașina primind lucrul mecanic  $\Delta L_{41}$ . În decursul celor patru transformări care constituie ciclul Carnot, lucrul mecanic total schimbat de mașină cu mediul exterior:

$$\Delta L = -\Delta L_{12} - \Delta L_{23} + \Delta L_{34} + \Delta L_{41}$$

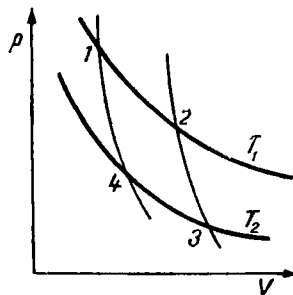


Fig. 43

este numeric egal cu aria limitată de ciclu. *Randamentul mașinii termice* se definește ca raportul dintre acest lucru mecanic și cantitatea de căldură  $\Delta Q_1$  primită de gaz de la izvorul cald:

$$\eta = \frac{\Delta L}{\Delta Q_1}.$$

Deoarece pentru cele două transformări adiabactice din cadrul ciclului  $\Delta L_{23} = \Delta L_{41}$ , prin substituirea lui  $\Delta L$  se obține:

$$\eta = \frac{-\Delta L_{12} + \Delta L_{34}}{\Delta Q_1},$$

sau:

$$\eta = \frac{\Delta Q_1 - \Delta Q_2}{\Delta Q_1}.$$

Conform acestei expresii, din întreaga cantitate de căldură primită de la izvorul cald doar o parte,  $\Delta Q_1 - \Delta Q_2$ , este transformată în lucru mecanic ( $\Delta Q_2$  fiind cedată izvorului rece). Ținând seamă de expresia lucrului mecanic într-o transformare izotermă, rezultă:

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \frac{\Delta Q_2}{\Delta Q_1} = \\ &= \frac{\frac{M}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} - \frac{M}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4}}{\frac{M}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}}. \end{aligned}$$

Din ecuația de stare a gazului ideal se cunoaște

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

și, simplificând relația precedentă, se obține expresia matematică a randamentului ciclului Carnot:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

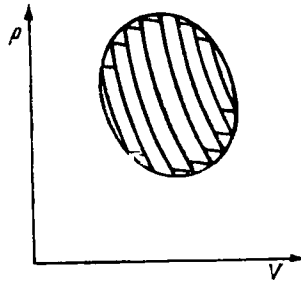


Fig. 44

Conform *teoremei Carnot*, randamentul unei mașini termice ideale, care funcționează ciclic, nu depinde de agentul termic considerat, ci numai de temperaturile  $T_1$  și  $T_2$  ale surselor de căldură. Atingerea randamentului (maxim) teoretic nu este realizabilă în practică. Din relațiile anterioare se obține:

$$\frac{\Delta Q_1}{T_1} = \frac{\Delta Q_2}{T_2},$$

sau, în general:

$$\sum \frac{\Delta Q}{T} = 0$$

Mărimea  $\frac{\Delta Q}{T}$  poartă numele de

*căldură redusă*; egalitatea exprimă faptul că pentru un ciclu Carnot reversibil suma căldurilor reduse este egală cu zero. Un ciclu reversibil oarecare poate fi divizat în cicluri Carnot reversibile infinit mici (fig. 44), pentru care suma căldurilor reduse este:

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0$$

În cazul unui ciclu ireversibil,

$$\oint \frac{dQ}{T} < 0;$$

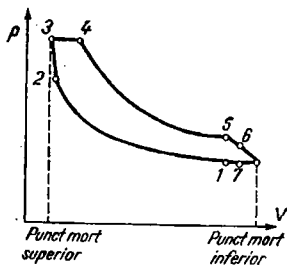


Fig. 45

deci, în general, rezultă:

$$\oint \frac{dQ}{T} \leq 0.$$

Relația din care s-a obținut căldura redusă se mai poate scrie sub forma:

$$\frac{\Delta Q_2}{\Delta Q_1} = \frac{T_2}{T_1},$$

expresie ce definește *temperatura termodinamică*; scara temperaturilor termodinamice, numită și scara Kelvin (v. termometrie), poate fi deci stabilită prin măsurarea cantităților de căldură.

**ciclu de isterezis**, ansamblu de transformări ce reprezintă variația unei mărimi caracteristice unui corp sau material cu proprietăți de isterezis magnetic, electric, mecanic etc. în funcție de o altă mărime aleasă variabilă independentă, în timpul căreia celelalte variabile independente (ex.: temperatura, presiunea) sînt menținute constante.

**ciclu Diesel**, ciclu de funcționare al unui motor cu ardere internă (în doi sau patru timpi), a cărui diagramă constă dintr-o izobară, o izocoră și două adiabatice. Combustibilul, injectat într-o masă de aer admisă în cilindrul său, se auto-

aprinde datorită temperaturii înalte (700°C) realizată prin comprimare. În sistemul de coordonate presiune  $p$  și volum  $V$  (fig. 45), ciclul motorului în patru timpi principale: 1 — sfîrșitul evacuării gazelor arse și începutul comprimării aerului proaspăt admis (deoarece, în mod teoretic, comprimarea se face fără schimb de căldură cu exteriorul, curba de comprimare 1→2 este o adiabată); 2 — începutul injectării combustibilului; 3 — sfîrșitul comprimării amestecului carburant; 4 — sfîrșitul injectării combustibilului și începutul arderii și expansiunii gazelor arse (amestecul de combustibil este injectat în mod treptat, astfel că arderea produce o dilatare izobară); 5 — sfîrșitul expansiunii și începutul evacuării gazelor arse; de la 6 la 7 are loc curățarea (baleiajul) cilindrului de gazele arse, revenindu-se la situația inițială. Lucrul mecanic furnizat de motor este egal cu aria limitată de curba închisă din diagrama  $p$ - $V$  și este transmis mecanicelor exterioare prin intermediul arborelui cotit; randamentul motorului Diesel este în jur de 40%.

**ciclu Otto**, ciclu de funcționare al unui motor în patru timpi cu explozie (aprindere prin scînteie electrică), a cărui diagramă constă din două izocore și două adiabatice. În fig. 46 este reprezentat ciclul Otto în sistemul de coordonate presiune  $p$  și volum  $V$ . În transformarea izobară 1→2 (timpul 1) are loc aspirația (admisia) amestecului carburant, în cea adiabatică 2→3 (timpul 2) se produce comprimarea acestuia, iar în transformarea izocoră 3→4 are loc aprinderea (explozia) și arderea carburantului; următoarea transformare 4→5 este adiabatică (tim-

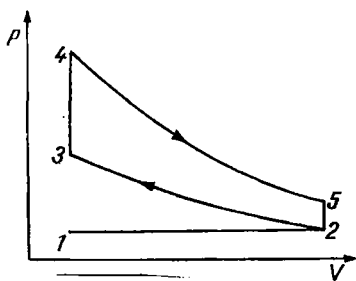


Fig. 46

pul 3), gazele arse fiind destinsse, pentru ca apoi să fie răcite în transformarea izocoră  $5 \rightarrow 2$ ; în sfârșit, în transformarea izobară  $2 \rightarrow 1$  (timpul 4) gazele arse sînt evacuate, apoi ciclul se reia. Aria cuprinsă între cele patru curbe (adiabate și izocore) este numeric egală cu lucrul mecanic transmis de motor mecanismelor exterioare prin intermediul arborelui cotit. Acest tip de motor este larg utilizat în construcția automobilelor.

**ciclu pe secundă, hertz.**

**einematică,** capitol al mecanicii care se ocupă cu studiul mișcărilor corpurilor, cercetînd traiectoriile, vitezele, accelerațiile lor etc., fără a ține seama de cauzele care produc sau modifică aceste mișcări.

**cinescop (kinescop),** tub catodic de construcție specială, folosit pentru reproducerea imaginilor în televiziune. De regulă, imaginea este observată direct pe ecranul fluorescent al tubului, dar există și cinescoape la care imaginea de pe ecranul fluorescent este proiectată pe un ecran de observație. În interiorul tubului catodic se află un tun electronic, un electrod modulator (de obicei cilindric), anodi și ecranul fluorescent. Fasci-

culul electronic accelerat produs de tunul electronic este deviat pe direcția orizontală de către dispozitivul (bobinele sau plăcile) de deflexie și parcurge („baleiază”) astfel ecranul fluorescent după linii orizontale de la stînga spre dreapta, de sus în jos. Într-un timp foarte scurt (de  $1/25$  sau  $1/30$ s) întreg ecranul este explorat în linii succesive, după care urmează o nouă explorare; pe retina ochiului observatorului se formează astfel 25 sau 30 imagini succesive (numite cadre) ale ecranului luminos care, datorită inerției fiziologice a organului vizual, dau senzația unei singure imagini. Luminanța ecranului produsă prin bombardare electronică nu va fi aceeași în orice punct, ea depinzînd de intensitatea fasciculului electronic. Modularea în intensitate a fasciculului este realizată în conformitate cu luminanța diferitelor puncte ale obiectului televizat, de către dispozitivul de modulare, aflat la stația de emisie (în fața camerei de luat vederi). În cinescop are loc operația de sinteză cadru cu cadru a imaginii, opusă operației de analiză efectuată de către iconoscop. Transmisia imaginilor între stația de emisie și cea de recepție se realizează prin unde electromagnetice (ultrascurte) modulate în amplitudine. Pentru obținerea sincronismului deplasărilor fasciculului electronic din cinescop cu deplasările fasciculului din iconoscop, împreună cu semnalul modulator se mai transmite încă două semnale: unul marchează începutul unui nou rînd orizontal, iar celălalt — începutul unui nou cadru. Cinescopul destinat obținerii imaginilor în alb-negru are un singur fascicul electronic, iar ecranul este acoperit cu o substanță luminescentă avînd un spectru de emisie apropiat de

spectrul luminii albe. Cinescopul utilizat în televiziunea în culori prezintă o construcție mai complicată, avînd trei tunuri electronice (trei fascicule electronice), iar ecranul este alcătuit dintr-un mozaic de grupuri de cite trei elemente fotosensibile punctiforme (alăturate), fiecare element generînd una dintre culorile roșu, verde sau albastru. Fasciculele electronice sînt modulate în mod independent de către semnalele corespunzătoare celor trei culori transmise de stația de emisie, unde se află obiectul (colorat). Pentru ca fiecare fascicul electronic să cadă numai pe elementele sensibile la culoarea primară „pură” de el, în fața ecranului fluorescent se află o *mască* avînd un mare număr de orificii, egal cu numărul grupurilor triunghiulare de elemente fluorescente de pe ecran.

**ciocnire 1.** Contactul brusc și de scurtă durată a două sau mai multe corpuri, urmat în general de modificarea vitezelor și a direcțiilor lor de mișcare. Într-un astfel de proces, impulsul total se conservă. Ciocnirile centrale (aceiași suport de mișcare) a două corpuri sferice pot fi: *neelastice*, cînd corpurile capătă o deformație permanentă, și *elastice*, cînd ele nu se deformează în urma ciocnirii. Considerîndu-se două bile (fig. 47) care se mișcă uniform în același sens, pe direcția ce unește centrele lor, cu masele  $m_1$  și  $m_2$  și

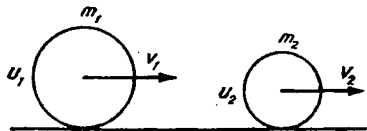


Fig. 47

vitezele  $v_1$  și  $v_2$  ( $v_1 > v_2$ ), după ciocnire acestea vor avea vitezele  $u_1$ , respectiv  $u_2$ . În cazul ciocnirii elastice, neavînd loc nici o deformare permanentă, energia cinetică totală a sistemului se conservă, de asemenea. Cele două legi de conservare se pot scrie sub forma:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2$$

și

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2},$$

de unde:

$$u_1 = 2 \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} - v_1,$$

$$u_2 = 2 \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} - v_2.$$

Raportul  $\frac{u_1 - u_2}{v_2 - v_1}$  poartă numele de

coeficient de restituire (sau de elasticitate la ciocnire,  $\epsilon$ ) și, în acest caz, este:

$$\epsilon = 1.$$

Dacă ciocnirea este *plastică*, în urma ei bilele se mișcă cu aceeași viteză  $u$ , calculabilă cu ajutorul legii conservării impulsului:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u,$$

iar coeficientul de restituire  $\epsilon =$ 

$$= \frac{v_1 - u_2}{v_2 - v_1} = 0, \text{ căci } u_1 = u_2.$$

Energia consumată pentru deformare se obține din legea de conservare a energiei,

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) u^2}{2} + \Delta W,$$

de unde:

$$\Delta W = \frac{m_1 m_2 (v_1 - v_2)^2}{2(m_1 + m_2)}$$

care, de obicei, se transformă în energie calorică.

În cazul cel mai general al ciocnirii neelastice, când energia cinetică nu se conservă, iar după ciocnire bilele au vitezele diferite  $u_1$  și  $u_2$  (ciocnire naturală),  $0 < k < 1$  și

$$\Delta W = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} (1 - k^2) (v_1 - v_2)^2.$$

2. Interacție între două particule materiale în mișcare, aflate la distanță suficient de mică una de cealaltă încât să se poată influența reciproc. Ecuațiile care exprimă legile de conservare ale impulsului și energiei sînt respectiv:

$$\begin{aligned} m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 \mathbf{v}_2 &= m_1 \mathbf{v}'_1 + m_2 \mathbf{v}'_2 \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} &= \\ &= \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} + \Delta W, \end{aligned}$$

unde  $m_1$ ,  $m_2$  sînt masele celor două particule,  $\mathbf{v}_1$ ,  $\mathbf{v}_2$  și  $\mathbf{v}'_1$ ,  $\mathbf{v}'_2$  — vitezele lor înainte și după ciocnire;  $\Delta W$  reprezintă variația energiei cinetice totale de translație datorită variației energiei interne a unuia sau a ambilor parteneri, în timpul ciocnirii. Notînd cu  $\alpha$  și  $\beta$  unghiurile dintre  $\mathbf{v}_1$ ,  $\mathbf{v}'_1$  și respectiv  $\mathbf{v}_2$ ,  $\mathbf{v}'_2$ , în cazul particular când vitezele inițiale  $\mathbf{v}_1$  și  $\mathbf{v}_2$  sînt paralele, cele două legi scrise sub formă scalară devin:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 \cos \alpha + m_2 v'_2 \cos \beta$$

$$\begin{aligned} 0 &= m_1 v'_1 \sin \alpha + m_2 v'_2 \sin \beta \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} &= \\ &= \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} + \Delta W. \end{aligned}$$

În cazul ciocnirii neelastice ( $\Delta W \neq 0$ ) pentru un unghi  $\alpha$  dat, energia cinetică totală de translație a sistemului nu poate varia cu o cantitate  $\Delta W$  mai mare decît valoarea limită:

$$\Delta W_{lim} = \frac{\mu v_r^2}{2} - \frac{m_1^2 u^2}{2\mu} \sin^2 \alpha,$$

unde  $\mu$  este masa redusă a sistemului format de cele două particule,  $u$  este viteza centrului de masă al sistemului, dată de expresia:

$$\mathbf{u} = \frac{m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 \mathbf{v}_2}{m_1 + m_2},$$

iar  $\mathbf{v}_r = \mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2$  este viteza la relativă. Se observă că pentru  $\alpha = \pi$  (ciocnire neelastică centrală)

$$\Delta W_{lim}^{max} = \frac{\mu v_r^2}{2},$$

din care rezultă că energia maximă ce poate fi pusă la dispoziție pentru schimbarea stării interne a unuia sau a ambelor particule ce interacționează este energia cinetică a mișcării lor relative. În cazul în care această valoare limită maximă este mai mică decît energia minimă necesară variației energiei interne a unui singure particule, ciocnirea nu va putea fi decît elastică. De exemplu, la ciocnirea electronului de masă  $m_1$  cu un atom de masă  $m_2$  ( $m_2 \ll m_1$ ) considerat în repaus ( $\mathbf{v}_2 = 0$ ), energia maximă rezultantă într-un pro-

ces neelastic este egală cu energia cinetică  $m_1 v_1^2/2$  a electronului (deoarece  $\mu = m_1$ , iar  $v_r = v_1$ ). La ciocnirea neelastică a doi atomi de mase aproximativ egale ( $m_1 = m_2 = m$ ),  $\mu = m/2$ , deci poate rezulta cel mult jumătate din energia cinetică a mișcării lor relative:  $\frac{1}{2} \frac{m v_1^2}{2}$ . În cazul *ciocnirii*

*elastice* ( $\Delta W = 0$ ) dintre o particulă de masă  $m_1$ , neglijabilă față de  $m_2$  (ex. electron-atom), mărimile  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $\beta$  sînt date de următoarele expresii:

$$v_1' = v_1 \left[ 1 - \frac{m_1}{m_2} (1 - \cos \alpha) \right]$$

$$v_2' = v_1 \frac{m_1}{m_2} \sqrt{2(1 - \cos \alpha)}$$

$$\text{tg } \beta = \text{tg } \alpha/2.$$

Ciocnirea elastică a particulelor de mase sensibil egale (ex. doi atomi de același tip) este caracterizată de relațiile:

$$v_1' = v_1 \cos \alpha$$

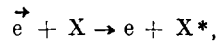
$$v_2' = v_1 \sin \alpha$$

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \alpha.$$

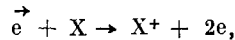
Există cazuri în care între cei doi parteneri pot avea loc atât procese elastice cît și neelastice. Astfel, electronii rapizi pot interacționa cu atomii și moleculele fie elastic, fie neelastic (la excitare și ionizare), în timp ce între doi electroni nu pot avea loc decît ciocniri elastice. În cazul unui ansamblu de particule (ex. un gaz atomic), studiul ciocnirilor este cuprins în mecanica statistică, în care se introduce noțiunea de secțiune eficace (v.). În teoria clasică a ciocnirilor, fiecare particulă are o traiectorie bine determinată, dată

de legile mecanicii clasice, coordonată și impulsul său avînd simultan valori determinate cu precizie. În teoria cuantică a ciocnirilor, momentul impulsului este cuantificat, iar problema de bază este determinarea probabilității ca o particulă să aibă, după ciocnire, anumite valori pentru impulsul și energia sau coordonatele sale.

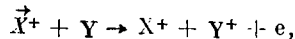
**ciocnire neelastică de genul întii** (sau **directă**), ciocnire (2) neelastică ce se caracterizează prin schimbarea stării cuantice a cel puțin uneia dintre particulele ce interacționează în procesul de ciocnire, în urma căreia crește energia internă a acestora:  $W_{\text{final}} - W_{\text{inițial}} > 0$ . Un exemplu de astfel de ciocnire este *excitarea* unui atom neutru X prin ciocnire electronică:



unde  $X^*$  este atomul excitat de către electronul rapid  $\vec{e}$ , iar  $e$  — electronul lent, după ciocnire. Alte exemple sînt: *ionizarea* prin ciocnire electronică



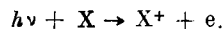
prin ciocnire cu ioni pozitivi



unde Y este particula neutră ciocnită de ionul rapid  $\vec{X}^+$ ; *fotoexcitarea*



și *fotoionizarea*

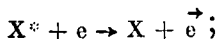


**ciocnire neelastică de genul al doilea**, ciocnire (2) neelastică în urma căreia o parte din energia internă a particulei țintă se transformă în energie cinetică și



internă a particulei proiectil. De exemplu, la ciocnirea dintre un atom sau o moleculă excitată  $X^*$  și un electron  $e$ , energia de excita-re se transformă în energie cine-

tică a electronului  $\vec{e}$ , iar schema interacției dintre aceste două par-ticule este:



o astfel de ciocnire, în urma căreia energia cinetică a electronului crește, poartă numele de *ciocnire sup-raelastică*. La ciocnirea între două molecule sau doi atomi, energia de excita-re a uneia din particule se poate transforma în energie cine-tică, de excita-re (a nivelelor elec-tronice, de vibrație sau de rota-ție), de ionizare sau de disocieră, a celeilalte particule. O consecință a ciocnirilor de acest gen, cînd ni-velul de excita-re a unei particule dintr-un amestec de două gaze este superior unui nivel de excita-re a celeilalte particule din amestec, este apariția fenomenului de *fluorescență sensibilizată*. Feno-menul de micșorare a potențialulu-i de aprindere a descărcării în-tr-un gaz, dacă în spațiul de des-cărcare sînt prezente urme ale unui alt gaz avînd energia de ionizare mai mică decît (sau egală cu) e-nergia de excita-re a unui nivel energetic (de obicei metastabil) al gazului de bază, poartă numele de *efect Penning*. Ciocnirile de genul II duc la creșterea numărului de purtători de sarcină din spațiul de descărcare și, deci, la creșterea co-eficientului de ionizare  $\alpha$ , aceasta producînd micșorarea potențialului de aprindere  $V_{apr}$  a descărcării, conform relației:

$$V_{apr} = \frac{E}{\alpha} \ln \left( 1 + \frac{1}{\gamma} \right),$$

unde  $E$  este intensitatea cîmpului electric, iar  $\gamma$  — randamentul elec-tronic al catodului. Astfel, poten-țialul de aprindere în neon (cu ni-velul metastabil  $V_{met} = 16,5$  V) se micșorează în prezența unor urme de mercur ( $V_{ionizare} = 10,4$  V) sau argon ( $V_{ionizare} = 15,7$  V). V. emisie secundară.

**Ciorăscu, Florin** (n. 1915), fizici-an român. M. coresp. al Acad. Cercetări în domeniile metrologiei radiațiilor și fizicii corpului solid.

**circuit electric**, sistem de medii prin care poate circula curentul electric furnizat de o sursă de alimenta-re (v. legea Ohm și legile Kirchhoff). *Circuitul electric în curent alternativ* constă dintr-un sistem de condensatori, bobine și rezistențe, fiind capabil să între-țină oscilații ale curentului elec-tric. În *circuitul serie RLC* (fig. 48)

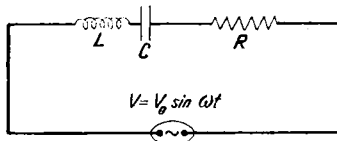


Fig. 48

sînt legate în serie o rezistență (ohmică)  $R$ , o inductanță  $L$  și o capacitate  $C$ . Dacă la capetele acestui circuit se aplică o tensiune alternativă  $V = V_0 \sin \omega t$ , conform legii a doua a lui Kirchhoff rezultă:

$$IR + VC + L \frac{dI}{dt} = V_0 \sin \omega t.$$

$$CV_C = Q, \frac{dQ}{dt} = I = C \frac{dV_C}{dt}$$

$$\text{și } \frac{dI}{dt} = C \frac{d^2V_C}{dt^2}.$$

Ecuția diferențială a circuitului  

$$L \frac{d^2 I}{dt^2} + R \frac{dI}{dt} + \frac{I}{C} = V_0 \omega \cos \omega t$$
 are soluția:

$$I = \frac{V_0 \sin(\omega t - \varphi)}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{V}{Z} \sin(\omega t - \varphi),$$

$Z$  fiind impedanța circuitului. Din această expresie se observă că între intensitatea  $I$  a curentului ce trece prin circuit și tensiunea aplicată la capetele lui există un defazaj  $\varphi$ , a cărui valoare este

$$\text{dată de relația: } \operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{\omega L - \frac{1}{\omega C}}.$$

Intensitatea este maximă pentru

$$Z = R, \text{ atunci cînd } \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C},$$

adică perioada curentului este  $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$  (formula Thomson); în cazul în care  $R \rightarrow 0$ , oscilațiile curentului sînt practic neamortizate iar circuitul se numește *oscilant*. Căderile de tensiune produse de fiecare element al circuitului —  $V_R$ ,  $V_C$  și  $V_L$  — sînt în fază, defazate cu  $\frac{\pi}{2}$  în urma și, respectiv, înaintea curentului de intensitate  $I$ ;

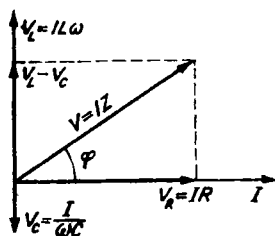


Fig. 49

reprezentarea lor vectorială este redată în fig. 49.

**Cișman, Alexandru** (1897—1967), fizician român, profesor la universitatea din Iași și din Timișoara. M. coresp. al Acad. Cercetări de feromagnetism, radiotehnică, electricitate.

**cîmp**, regiune din spațiu caracterizată în fiecare punct de o mărime scalară (*cîmp scalar*) sau de una vectorială (*cîmp vectorial*).

**cîmp acustic**, regiune a spațiului în care se propagă unde acustice. Dacă undele acustice sînt audibile (sau sonore) cîmpul se numește *cîmp sonor*.

**cîmp coercitiv** v. *isterezis magnetic*.

**cîmp de forțe**, cîmp vectorial a cărui stare locală și instanțaneu este caracterizată de forțe care acționează asupra punctelor materiale.

**cîmp electric**, cîmp vectorial purtător material al interacției dintre sarcinile electrice, caracterizat în fiecare punct de intensitatea cîmpului electric. Pentru a pune în evidență cîmpul electric, este folosită o altă sarcină punctiformă ce nu influențează distribuția de sarcină a cîmpului. Prin convenție, s-a stabilit ca sens al cîmpului într-un punct dat — sensul în care s-ar deplasa unitatea de sarcină pozitivă. Deci liniile de cîmp electric intră în sarcinile negative și ies din cele pozitive. V. *dielectric*.

**cîmp electromagnetic**, formă a materiei care prezintă o anumită continuitate a distribuției în spațiu, caracterizată printr-un cîmp electric și unul magnetic variabile în timp, care se condiționează reciproc și se propagă cu viteza lumii.

nii. În fiecare punct al câmpului, asupra corpurilor încărcate sau polarizate electric, polarizate magnetic sau prin care circulă curent electric, acționează forțele și cupluri de forțe determinate de valorile celor patru mărimi vectoriale. V. ecuații Maxwell, undă electromagnetă.

**cimp geomagnetic v. cimp magnetic.**

**cimp gravitațional (sau gravitic), cimp vectorial** ce apare în jurul unui corp material; în raza sa de acțiune, asupra oricărei mase acționează forțe îndreptate spre centrul de masă al corpului, conform legii atracției universale. Cîmpul gravitațional creat de Pămînt poartă numele de *cimp gravitațional terestru*. Fiecare punct al unui cimp gravitațional este caracterizat de intensitatea  $\mathbf{H}$ , ce reprezintă forța care acționează asupra unui corp de masă egală cu unitatea:

$$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{F}}{m} = G \frac{M}{r^2} \cdot \frac{\mathbf{r}}{r}$$

unde  $M$  este masa corpului ce creează cîmpul,  $r$  — distanța (orientată) dintre masele  $M$  și  $m$ , iar  $G$  — constanta atracției universale. Dacă se consideră cîmpul gravitațional al Pămîntului, atunci

$$H = G \frac{M_P}{(R + h)^2} = g,$$

unde  $R$  este raza Pămîntului,  $M_P$  — masa lui,  $h$  — înălțimea la care se află punctul considerat și  $g$  — accelerația gravitațională în acel punct. *Potențialul gravitațional* al unui punct este numeric egal cu lucrul mecanic necesar pentru a deplasa un corp de masă egală cu unitatea din acel punct pînă la infinit. Considerînd o deplasare elementară  $dr$  în direcția liniilor de cîmp,

$dV = \mathbf{H}d\mathbf{r} = G \frac{M}{r} dr$ ; potențialul este

$$\text{deci: } V = \int_r^\infty G \frac{M}{r^2} dr = G \frac{M}{r}.$$

Lucrul mecanic efectuat pentru deplasarea unei mase  $m$  între două puncte, de vectori de poziție  $\mathbf{r}_1$  și  $\mathbf{r}_2$  este:

$$L = \int_{r_1}^{r_2} m\mathbf{H}d\mathbf{r} = m(V_1 - V_2).$$

Dacă  $r_1$  este raza Pămîntului și  $r_2 = r_1 + h$  ( $h \ll R_P$ ),  $L = mgh$  și reprezintă energia potențială a corpului în cîmpul gravitațional terestru.

**cimp magnetic, cimp vectorial** caracterizat în fiecare punct al său prin forțe care acționează asupra magneților, conductorilor parcurși de curent electric sau particulelor încărcate electric în mișcare, valoarea acestor forțe fiind determinată de intensitatea cîmpului magnetic. Punerea în evidență a cîmpului magnetic al curenților (H.C. Oersted, 1820) poate fi făcută dacă se așază un ac magnetic în apropierea unui conductor prin care trece un curent electric; el se va orienta pe direcție perpendiculară conductorului. Liniile de cîmp magnetic creat de curențul care trece prin conductor pot fi materializate dacă se presară pilitură de fier pe o suprafață netedă și perpendiculară pe conductor; aceasta se va distribui sub formă de cercuri concentrice cu centrul situat în punctul de intersecție al suprafeței cu conductorul. Sensul liniilor de cîmp magnetic coincide cu sensul de rotație al unui burghiu ce ar înainta în sensul curențului (*regula burghiului*); ele se îndesesc în apropierea firului conductor unde cîmpul magnetic este mai intens. Cîmpul magnetic creat

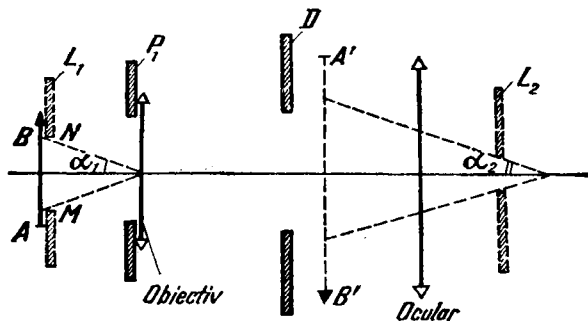


Fig. 50

de Pământ, ce se comportă ca un magnet permanent uriaș, poartă numele de *cîmp geomagnetic*.

**cîmp mezonic** v. mezon.

**cîmp optic**, unghiul sub care se vede o porțiune ( $MN$ ) a obiectului ( $AB$ ) din centrul pupilei de intrare ( $P_1$ ) al unui instrument optic ( $2\alpha_1$  — fig. 50). De regulă, cîmpul optic este delimitat de o diafragmă de cîmp  $D$ , astfel așezată, încît obiectivul instrumentului să formeze imaginea reală a ei (numită *lucarnă de intrare* —  $L_1$ ) chiar în planul obiectului. Dacă lucarna de intrare nu coincide cu planul obiectivului, cîmpul optic nu este net conturat și se numește *cîmp optic mijlociu*. Imaginea diafragmei de cîmp formată de ocularul instrumentului se numește *lucarnă de ieșire* ( $L_2$ ). Ea delimitează o anumită porțiune din imaginea  $A'B'$  formată pe obiectiv. Din această cauză, unghiul  $2\alpha_2$  sub care se vede lucarna de ieșire a instrumentului din poziția pupilei de ieșire  $P_2$  se numește *cîmp optic aparent*.

**cîmp sonor** v. cîmp acustic.

**Clapeyron** [clapeîrō], **Emile** (1799—1864), fizician și inginer francez. Membru al Academiei de

Științe din Paris. A relevat importanța ideilor lui S. Carnot, referitoare la funcționarea mașinilor termice, și a demonstrat o formulă (care-i poartă numele) ce se aplică în transformările de fază de speța întâi.

**clasă cristalografică** v. cristal.

**Clausius, Rudolf** (1822—1888), fizician german. Unul dintre fondatorii teoriei cinetice a gazelor. Contribuție importantă în stabilirea principiului al doilea al termodinamicii, introducînd în 1865 noțiunea de entropie.

**Coandă, Henri** (n. 1886), inginer și inventator român. Membru al Academiei R.S.R. A construit primul avion cu reacție (dec. 1910). În domeniul aerodinamicii, a descoperit în 1910 un efect (care îi poartă numele) cu importante aplicații practice în multe domenii ale tehnicii.

**coardă (vibrantă)**, corp solid filiform, perfect elastic, care poate vibra longitudinal sau transversal, formînd prin reflexie unde acustice staționare ce se propagă și în mediul înconjurător. Dacă coarda este fixată la ambele capete, viteza de propagare a undelor prin ea este:

$$v = \sqrt{\frac{T}{m}} = \frac{2}{d} \sqrt{\frac{T}{\pi \rho}},$$

în care  $T$  este tensiunea aplicată coardei,  $m$  — masa unității de lungime,  $d$  — diametrul și  $\rho$  — densitatea coardei. Frecvența undelor staționare transversale ce se formează în coardă este dată de relația:

$$v_n = n \frac{v}{2L},$$

unde  $L$  este lungimea ei și  $n = 1, 2, 3, \dots$  — ordinul armonicii considerate. Pentru  $n = 1$ , se obține sunetul fundamental. Coardele constituie elemente de bază pentru o categorie întreagă de instrumente muzicale.

**coeficient**, mărime ce caracterizează o anumită proprietate a unui sistem fizic, în condiții determinate.

**coeficient aerodinamic** v. rezistență aerodinamică.

**coeficient de absorbție (liniară,  $k$ )**, inversul distanței parcurse de o radiație printr-un anumit mediu a cărei intensitate scade de  $e$  ori. Notînd cu  $I_0$  și  $I$  intensitățile radiației înainte și după parcurgerea unei distanțe  $x$  prin mediul absorbant, coeficientul de absorbție se definește prin relația:

$$k = \frac{1}{x} \ln \frac{I_0}{I}.$$

În SI se măsoară în unu pe metru. V. absorbție (3).

**coeficient de amortizare** v. oscilație amortizantă.

**coeficient de atenuare** v. atenuare.

**coeficient de compresiune ( $\kappa$ )**, coeficient egal cu limita raportului dintre micșorarea relativă a volu-

mului  $V$  al unui corp și creșterea presiunii  $p$ , cînd aceasta din urmă tinde către zero:

$$\kappa = - \frac{1}{V} \frac{dV}{dp}.$$

Are valoare mare în cazul corpurilor gazoase și extrem mică — în cazul celor lichide și, mai ales, solide. După cum transformarea în timpul căreia se produce variația volumului este adiabatică, izotermă sau politropă, coeficientul poate fi de compresiune adiabatică, izotermă sau, respectiv, politropă. În SI se măsoară în metri pătrați pe newton.

**coeficient de conductibilitate termică** v. conductibilitate termică.

**coeficient de contracție transversală**, coeficient Poisson.

**coeficient de conversie internă** v. conversie internă.

**coeficient de difuzie** v. difuzie.

**coeficient de dilatare liniară (sau dilativitate liniară,  $\alpha$ )**, coeficient egal cu limita raportului dintre creșterea relativă a lungimii  $L$  a unui corp aflat la o presiune  $p$  constantă și variația temperaturii sale  $T$ , cînd aceasta din urmă tinde către zero:

$$\alpha = \frac{1}{L} \left( \frac{\partial L}{\partial T} \right)_p.$$

Unitatea de măsură în SI este unu pe kelvin. V. dilatare.

**coeficient de dilatare volumică (sau dilativitate volumică,  $\gamma$ )**, coeficient egal cu limita raportului dintre creșterea relativă a volumului  $V$  al unui corp aflat la o presiune  $p$  constantă și variația temperaturii sale  $T$ , cînd aceasta din urmă tinde către zero:

$$\gamma = \frac{1}{V} \left( \frac{V}{T} \right)_p.$$

Unitatea de măsură în SI este unu pe kelvin.

**coeficient de elasticitate ( $k$ )**, constantă de material numeric egală cu alungirea specifică  $\frac{\Delta l}{l}$  a unei bare, produsă sub acțiunea unui efort unitar  $\frac{F}{S}$  egal cu unitatea.

Unitatea de măsură în SI este metrul pătrat pe newton. V. deformație elastică.

**coeficient de elasticitate la ciocnire v. ciocnire (1).**

**coeficient de emisie secundară v. emisie secundară.**

**coeficient de extincție v. extincție.**

**coeficient de forfecare ( $n$ )**, constantă de material numeric egală cu unghiul de forfecare produs sub acțiunea unui efort unitar de forfecare egal cu unitatea. În SI se măsoară în metri pătrați pe newton. V. deformație elastică.

**coeficient de frecare v. frecare.**

**coeficient de inducție mutuală v. inductanță.**

**coeficient de ionizare ( $\alpha$  sau  $\beta$ )**, numărul mediu de ionizări produse de un electron (sau ion pozitiv) pe unitatea de parcurs, în mișcarea sa printr-un gaz sub acțiunea unui câmp electric. Dacă  $n$  este numărul de electroni ce străbat un strat de gaz de grosime  $dx$ , producând  $dn$  ionizări,

$$\alpha = \frac{dn}{ndx}.$$

În câmpuri electrice uniforme,  $\alpha$  este constant de-a lungul traiectoriei, iar în câmpuri neuniforme, este o funcție de  $x$ , astfel că densitatea de curent la capătul unei distanțe  $d$  va fi:

$$j_d = j_0 e^{\int_0^d \alpha(x) dx}.$$

Coeficienții de ionizare  $\alpha$  și  $\beta$  definiți pentru un electron și, respectiv, un ion pozitiv poartă numele de coeficienții de ionizare în volum Townsend. V. descărcare Townsend.

**coeficient de înnegrire v. corp cenușiu.**

**coeficient de recombinare v. efect fotoelectric intern.**

**coeficient de reflexie acustică v. reflexie acustică.**

**coeficient de restituire v. ciocnire (1).**

**coeficient de siguranță ( $c$ )**, mărime egală cu raportul dintre rezistența la rupere (sau la curgere) a unui material casant (sau plastic) și rezistența admisibilă a materialului în anumite condiții. Depinde de calitatea materialului, de felul solicitărilor la care este supus, de scopul și durata utilizării sale.

**coeficient de stabilitate v. echilibru.**

**coeficient de transmisie acustică v. refracție acustică.**

**coeficient de viscozitate v. viscozitate.**

**coeficient Einstein v. emisie stimulată.**

**coeficient masic v. radiație X.**

**coeficient parazit v. sistem de unități.**

**coeficient (sau constantă) Poisson** (sau de contracție transversală,  $\mu$ ), coeficient egal cu raportul dintre contracția relativă  $\frac{\Delta d}{d}$  a unei bare supuse unei deformări elastice și alungirea ei relativă  $\frac{\Delta l}{l}$ :

$$\mu = \frac{\Delta d/d}{\Delta l/l}.$$

Este o mărime adimensională ce variază între 0,13 și 0,5.

**coeficient termic al presiunii** ( $\beta$ ), coeficient exprimat prin variația relativă a presiunii  $p$  a unui gaz cu temperatura  $T$  (la volum  $V$  constant):

$$\beta = \frac{1}{p} \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V.$$

În SI se măsoară în unu pe kelvin.

**coeficienți viriali** v. gaz real.

**coerență**, proprietate a undelor de a avea aceeași lungime de undă și o diferență de fază constantă în timp. Fasciculele alcătuite din acest fel de unde poartă numele de *fascicule coerente*, iar sursele de la care provin — *surse coerente*. La suprapunerea undelor coerente ia naștere fenomenul de interferență staționară.

**coeziune**, atracție care se manifestă între moleculele (de același fel) ale unui corp solid, lichid sau gazos, opunându-se fragmentării sale.

**colector** v. tranzistor.

**colimator**, dispozitiv optic ce intră în construcția spectrografelor, spectroscopelor și goniometrelor, cu ajutorul cărora pot fi obținute fascicule de raze paralele. Este alcătuit (fig. 51) dintr-un sistem optic convergent (deseori, o lentilă



Fig. 51

convergentă  $L$ ) și o fantă  $F$  circulară sau dreptunghiulară așezată pe axa optică principală și iluminată de la un izvor  $S$ . Planul fantei este normal pe axa optică, iar distanța dintre ea și lentilă este reglabilă, în scopul egalării sale cu distanța focală a lentilei.

**coloană pozitivă**, masă de gaz ionizat ce face legătura între regiunile catodice și cele anodice ale descărcării electrice luminescente; ocupă regiunea dintre spațiul întunecos Faraday și căderea anodică. Este utilizată ca izvor luminos, iar pentru producerea și studiul ei se folosesc de obicei tuburi cilindrice lungi. La presiuni mici coloana se poate prezenta sub două forme: *omogenă* sau *stratificată*. Cea stratificată se prezintă sub formă de straturi staționare sau în mișcare și are proprietăți electrice și luminoase ce variază de-a lungul axei tubului de descărcare. În coloana pozitivă omogenă concentrația electronilor este aproximativ egală cu cea a ionilor pozitivi  $n_e \approx n_p$ , iar temperatura electronilor  $T_e$  este mult mai mare decât a gazului neutru  $T_g$  ( $T_e \gg T_g$ ). Ionizarea gazului din coloana pozitivă este întreținută de către ciocnirile electronilor cu atomii gazului. Componenta radială a cimpului electric este legată de deplasarea spre pereți a ionilor pozitivi și electronilor (difuzie ambipolară), care duce la formarea unui strat de sarcină spațială negativă lângă perețele izolator al tubului. Energia electrică  $W$ , consumată pe unitatea de lungime a coloanei, se transformă în energie radiantă  $W_r$  emi-

să de unitatea de lungime, în căldură  $Q_V$  disipată în volumul descărcării și în căldură  $Q_p$  disipată la pereți:

$$W = W_r + Q_V + Q_p.$$

Cu creșterea presiunii, temperatura gazului ca și cea a ionilor pozitivi crește, tinzînd să devină egală cu temperatura electronilor; deci, la presiune înaltă, coloana pozitivă tinde către echilibrul termic, îndepărtîndu-se de pereți și devenind filiformă.

**colorimetrie**, metodă de analiză cantitativă a substanțelor colorate în soluții, bazată pe legea Beer (v. extincție). Notînd cu  $I_0$  intensitatea luminii incidente, iar cu  $I_1$  și  $I_2$  intensitățile după ce lumina a străbătut distanțele  $x_1$  și  $x_2$  prin soluțiile de concentrații  $c_1$  și  $c_2$  ale substanței date, caracterizată prin coeficientul de extincție  $\epsilon$ , se obține:

$$I_1 = I_0 e^{-\epsilon c_1 x_1},$$

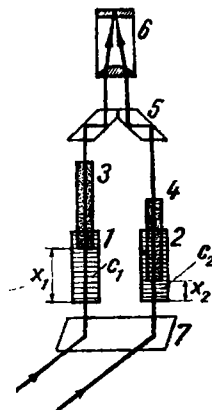
$$I_2 = I_0 e^{-\epsilon c_2 x_2};$$

dacă  $I_1 = I_2$ , rezultă:

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{c_1}{c_2}.$$

Cu ajutorul **colorimetrului** (fig. 52) se pot determina concentrațiile soluțiilor prin măsurarea distanțelor  $x_1$  și  $x_2$ , folosind relația precedentă. În figură, 1 și 2 sînt cuvele cu soluții de concentrații  $c_1$  și  $c_2$ . Corpurile de sticlă transparentă 3 și 4 delimitează straturile  $x_1$  și  $x_2$  străbătute de lumina reflectată difuz de suprafața mată 7. Cele două fascicule sînt aduse în ochiul 6 cu ajutorul unei prisme cu reflexie totală 5. Observatorul va vedea două plaje luminoase adiacente; prin deplasarea prismelor 3 și 4 se realizează egalitatea stră-

Fig. 52



lucirilor celor două plaje. Folosind o soluție etalon de concentrație cunoscută, formula obținută mai sus permite determinarea celeilalte concentrații.

**coma**, aberație geometrică a unui sistem optic, constînd în formarea unei imagini în formă de cometă pentru un obiect punctiform, depărtat de axa optică.

**complanță** v. oscilație amortizantă.

**compresibilitate**, proprietate a corpurilor de a-și micșora volumul la creșterea presiunii exterioare.

**compresiune**, proces de micșorare a volumului unui corp sub acțiunea unor forțe sau presiuni exterioare. V. coeficient de compresiune, deformație elastică. Sin. *comprimare*.

**concentrație (c)**, mărime ce caracterizează soluțiile (sau amestecurile), egală cu raportul dintre cantitatea (masa, volumul, numărul de molecule etc.) de component și cea de solvent sau de soluție (amestec); se exprimă, de obicei, în procente.



**concordanță de fază** v. oscilație.

**condensare**, transformare de fază de speța întâi în urma căreia un corp trece din stare gazoasă în stare lichidă, prin coborîrea temperaturii sau prin comprimare.

**condensator (electric)**, sistem de doi conductori (*armături*) separați printr-un dielectric, avînd capacitatea de a înmagazina o anumită cantitate de electricitate. Este folosit ca acumulator de sarcină electrică sau ca element principal al circuitelor de curent alternativ, iar caracteristica sa esențială este capacitatea electrică (v.). După forma armăturilor sale, condensatorul poate fi plan, sferic sau cilindric. *Condensatorul plan* este format din două plăci plan-paralele aflate la o distanță  $d$  mult mai mică față de dimensiunile lor liniare; notînd cu  $S$  suprafața uneia dintre ele, capacitatea electrică a condensatorului este:

$$C = \frac{\varepsilon S}{d},$$

$\varepsilon$  fiind permitivitatea mediului dintre armăturile sale. *Condensatorul sferic*, cu armături sferice concenrice de raze  $r_1$  și  $r_2$  ( $r_1 < r_2$ ), are capacitatea electrică dată de relația:

$$C = \frac{4\pi\varepsilon r_1 r_2}{r_2 - r_1}.$$

*Condensatorul cilindric*, alcătuit din doi cilindri coaxiali de raze  $r_1$  și  $r_2$  ( $r_1 < r_2$ ), are capacitatea electrică:

$$C = \frac{2\pi\varepsilon l}{\ln \frac{r_2}{r_1}},$$

unde  $l$  este lungimea celor doi cilindri. *Gruparea* a trei sau a

Fig. 53

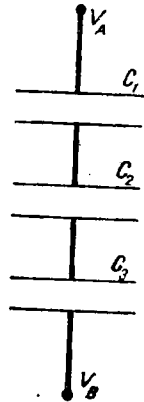
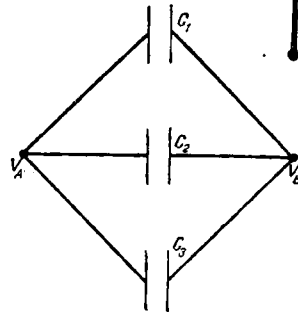


Fig. 54



mai multor condensatori se poate face fie *în paralel* (sau *în suprafață* — fig. 53), fie *în serie* (sau *în cascadă* — fig. 54). În cazul grupării în paralel a  $n$  condensatori ( $C_1 \neq C_2 \neq \dots \neq C_n$ ), tensiunea electrică aplicată fiecăruia dintre ei este aceeași  $V_A - V_B$ , dar sarcinile electrice pe armături diferă:  $Q_1 \neq Q_2 \neq Q_3 \dots \neq Q_n$ ; sarcina acumulată de întregul sistem este:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = (V_A - V_B)(C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n).$$

Ținînd seama că  $Q = C(V_A - V_B)$ , capacitatea echivalentă a grupului de condensatori legați în paralel este:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n.$$

În cazul grupării în serie, cei  $n$  condensatori se încarcă cu cantități egale de electricitate  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n = Q$ , iar tensiunea electrică  $V_A - V_B$  aplicată întregului montaj este egală cu suma diferențelor de potențial ale fiecărui condensator în parte:

$$Q \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \right) = \\ = \frac{Q}{C} = V_A - V_B.$$

Deci, capacitatea echivalentă  $C$  a grupării în serie este dată de relația:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

Dacă se aplică unui condensator tensiunea variabilă în timp  $V = V_0 \sin \omega t$  cu pulsația  $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$  (unde  $\nu$  și  $T$  sînt frecvența și, respectiv, perioada tensiunii), cantitatea de electricitate înmagazinată de aceasta este  $Q = CV = CV_0 \sin \omega t$ , iar intensitatea curentului ce trece prin circuit va fi:

$$I = \frac{dQ}{dt} = CV_0 \omega \cos \omega t = \\ = I_0 \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right).$$

Deci, intensitatea curentului prin condensator este în avans (de fază) față de tensiune cu  $\frac{\pi}{2}$ . Mărimea  $I_0$  este amplitudinea intensității curentului, egală cu:  $I_0 = CV_0 \omega = \frac{V_0}{X_C}$  — unde  $X_C$  este reactanța capacitivă.

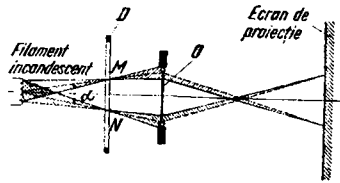


Fig. 55

condensor, sistem optic convergent, avînd rolul de a concentra într-un punct un fascicul de lumină cu secțiune cit mai mare. Este alcătuit din mai multe lentile convergente. Se folosește ca dispozitiv auxiliar mai ales la microscopie și în aparatele de proiectie. În figurile alăturate este ilustrat rolul condensatorului la un aparat de proiectie pentru diapozitive. În absența acestuia (fig. 55), obiectivul  $O$  al aparatului poate proiecta pe un ecran numai regiunea diapozitivului  $D$  cuprinsă între punctele  $M$  și  $N$ ; introducerea condensatorului (fig. 56) permite proiectia unei regiuni mult mai întinse, cuprinsă între punctele  $M'$  și  $N'$ . În plus deschiderea  $\alpha'$  a fasciculului de lumină util este mai mare decît deschiderea  $\alpha$  din primul caz.

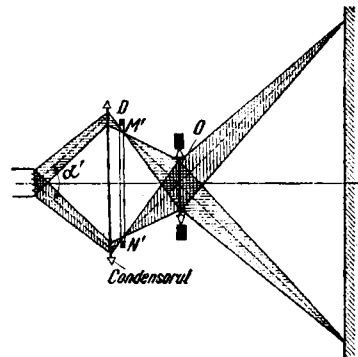


Fig. 56

condiția Abbe a sinusurilor v. aplanetism, mărime unghiulară.

condiția Wideröe v. betatron.

condiție de omogenitate v. sistem de unități.

condiții fizice normale, condiții în care se află corpurile cind presiunea și temperatura au valorile  $1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$  și, respectiv,  $273,15 \text{ K}$ .

conductanță ( $G$ ), mărime definită în curent continuu ca fiind egală cu inversul rezistenței și, în curent alternativ, ca produs dintre admitanță și factorul de putere. Unitatea de măsură în SI este siemensul denumit, uneori, unu pe ohm (al cărui simbol este mho).

conductibilitate electrică, proprietate a unor corpuri de a fi străbătute de curent electric sub acțiunea unei tensiuni electrice continue aplicate din exterior. V. conductivitate.

conductibilitate termică, proprietate a corpurilor de a mijloci transportul de căldură de la o regiune cu temperatură ridicată spre o regiune cu temperatură coborâtă. Dacă se consideră un corp în masa căruia, de-a lungul direcției  $x$ , există gradientul de temperatură  $\frac{\partial T}{\partial x}$ , fluxul de căldură prin suprafața transversală egală cu o unitate este dat de relația:

$$q = - \kappa \frac{\partial T}{\partial x},$$

unde  $\kappa$  este coeficientul de conductibilitate termică (sau conductivitatea termică), o mărime care depinde de temperatura și natura corpului. În SI conductivitatea termică se măsoară în wați pe metru-kelvin, iar în sisteme tolerate —

în  $\text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{grad}^{-1}$  și  $\text{cal} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{grad}^{-1}$ . Semnul minus în membrul drept al ecuației indică faptul că transportul de căldură are loc în sensul descreșterii temperaturii.

În cazul gazelor, fenomenul de conductibilitate termică constă dintr-un transport de căldură (fără transport de masă) de la un strat cu temperatura ridicată la un strat cu temperatura coborâtă. Fenomenul se supune legii Fourier, potrivit căreia cantitatea de căldură  $dQ$  transportată este proporțională cu suprafața  $dS$ , prin care are loc transportul, cu gradientul de temperatură  $\frac{dT}{dx}$  și cu intervalul de timp considerat  $dt$ :

$$dQ = - \kappa \frac{\partial T}{\partial x} dS dt.$$

Fenomenul de conductibilitate termică se supune relației stabilite de teoria cinctico-moleculară a gazelor:

$$dQ = - \frac{1}{3} n \bar{v} \bar{\lambda} \frac{i}{2} k \frac{\partial T}{\partial x} dS dt,$$

unde  $n$  este concentrația moleculelor, aproximativ aceeași în regiunile cu temperaturi apropiate,  $k$  — constanta Boltzmann,  $i$  — numărul gradelor de libertate ale moleculelor. Știind că  $\frac{nm}{Nm} \cdot \frac{i}{2} kN = \rho c_V$ ,

unde  $c_V$  este căldura specifică la volum constant,  $\rho$  — densitatea, iar  $m$  — masa moleculară, se ajunge la relația:

$$dQ = - \frac{1}{3} \rho \bar{v} \bar{\lambda} c_V \frac{\partial T}{\partial x} dS dt.$$

Confruntarea relațiilor precedente conduce la următoarea expresie a coeficientului de conductibilitate termică:

$$\alpha = \frac{1}{3} \rho \bar{v} \bar{\lambda} c_V.$$

Ținînd seamă de faptul că  $\rho$  este direct proporțional, iar  $\bar{\lambda}$  este invers proporțional cu presiunea, rezultă că  $\alpha$  nu depinde de presiune. În realitate însă, la presiuni mici (sub 1 Torr), cînd drumul liber mediu al moleculelor devine comparabil cu dimensiunile recipientului în care se găsește gazul,  $\alpha$  depinde de presiune. Se pot deduce relațiile de legătură dintre acest coeficient și coeficienții de viscozitate  $\eta$  și de difuzie  $D$ :

$$\alpha = \eta c_V = \rho c_V D.$$

Aceste relații sînt valabile doar în primă aproximație și nu sînt verificate cu precizie de experiență; pentru acordul cu datele experimentale, relația  $\frac{\alpha}{\eta} = c_V$  se scrie:

$$\frac{\alpha}{\eta} = c_V \text{ se scrie: } \frac{\alpha}{\eta} = k' c_V,$$

$$\text{unde } k' = \begin{cases} 2,50 - \text{pentru gaze monoatomice} \\ 1,90 - \text{pentru gaze biatomice.} \end{cases}$$

Conductibilitatea termică a corpurilor solide este asigurată pe de-o parte de fononi și de electronii liberi pe de alta. Primul mecanism este predominant pentru dielectrice și semiconductori, iar cel de al doilea — pentru metale. Dacă fononii sînt considerați ca particule ale unui gaz ideal, conductivitatea termică are expresia:

$$\alpha_f = \frac{1}{3} c_f \bar{v}_f \bar{\lambda}_f,$$

unde  $c_f$ ,  $v_f$ ,  $\bar{\lambda}_f$  sînt căldura specifică, viteza medie și, respectiv, drumul liber mediu al fononilor. Deoarece aceste mărimi depind de temperatură, coeficientul de con-

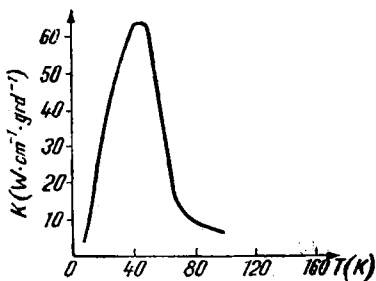


Fig. 57

ductibilitate termică  $\alpha_f$  va depinde de rîndul său de temperatură. În fig. 57 este reprezentată dependența de temperatură a coeficientului  $K$  de conductibilitate termică al unui material dielectric — oxidul de aluminiu ( $Al_2O_3$ ). Se observă că, la scăderea temperaturii, coeficientul crește mai întîi pînă la valoarea  $60 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{grad}^{-1}$ , în dreptul temperaturii de 50 K ca apoi să scadă, tinzînd către zero în apropiere de zero absolut. Dacă electronii liberi sînt asimilați cu moleculele unui gaz ideal, atunci coeficientul de conductibilitate termică are expresia:

$$\alpha_e = \frac{1}{3} c_e \bar{v}_e \bar{\lambda}_e,$$

unde  $c_e$ ,  $\bar{v}_e$ ,  $\bar{\lambda}_e$  sînt căldura specifică, viteza medie și, respectiv, drumul liber mediu al electronilor. Toate aceste mărimi depind de temperatură și, implicit, va depinde de temperatură și  $\alpha_e$ . În cazul metalelor, deși în general  $\alpha_e \gg \alpha_f$ , pentru anumite intervale de temperatură, cele două mărimi pot deveni comparabile. În fig. 58 este reprezentată conductivitatea termică  $K$  a cuprului în funcție de temperatură. Se observă

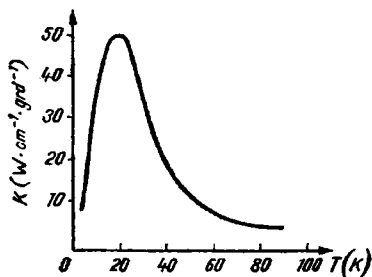


Fig. 58

că, la scăderea temperaturii, această crește până la valoarea de  $50 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{grad}^{-1}$ , iar apoi scade, tinzând către zero când temperatura metalului se apropie de zero absolut. În tabelul 5 sînt date valorile conductivității termice la temperatura camerei, pentru cîteva corpuri cristaline metalice și dielectrice. Se observă că substanțele cristaline (ultimele patru), care au proprietăți dielectrice, au valori aproape cu două ordine de mărime mai mici decît metalele (primele patru din tabelul 5).

Tabelul 5

Substanța	$\kappa$ , in $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Al	$2,25 \cdot 10^{-2}$
Au	$3,05 \cdot 10^{-2}$
Cu	$3,93 \cdot 10^{-2}$
Ag	$4,18 \cdot 10^{-2}$
KF	$0,071 \cdot 10^{-2}$
NaCl	$0,071 \cdot 10^{-2}$
KCl	$0,071 \cdot 10^{-2}$
CaF <sub>2</sub>	$0,12 \cdot 10^{-2}$

**conductivitate (electrică,  $\sigma$ )**, mărimile ce caracterizează conductibilitatea electrică a corpurilor, egală

cu inversul rezistivității. În SI se măsoară în unu pe ohm-metru.

**conductivitate (electrică) diferențială v. efect Gunn.**

**conductivitate termică v. conductibilitate termică.**

**conductor (electric)**, corp caracterizat de o rezistență electrică mică, prin care poate trece un curent electric de conducție. V. corp solid.

**conductor de lumină**, fir cilindric (fig. 59) de sticlă sau fascicul de fire, prin care lumina poate trece de la un capăt la altul datorită reflexiilor totale repetate pe pereții laterali. Dacă razele cad pe suprafața interioară sub unghiuri de incidență mai mici decît unghiul limită sticlă-aer, reflexia totală nu are loc, iar intensitatea fascicului luminos scade. Aceste unghiuri pot fi micșorate prin învelirea firului cu o peliculă de sticlă cu indicele de refracție mai mic decît al sticlei din care este confecționat tubul. Este folosit la transmiterea directă a luminii și imaginilor din sau către spații greu accesibile. Fiecare fir component al unui fascicul de conductori transmite imaginea unei mici porțiuni, de aprox. 0,05 – 0,15 mm diametru, a suprafeței obiectului cercetat. Producerea fenomenului de difuzie a luminii fiind evitată, imaginea întreagă este foarte clară și precisă.



Fig. 59

**conducție**, fenomenul transmiterii căldurii sau curentului electric prin corpuri, ca rezultat al deplasării

ordonate, relativă la mediul considerat, a unor particule microscopice (ex. molecule, atomi, electroni).

**constantă a rețelei cristaline** v. cristal.

**constantă Cotton-Mouton** v. efect Cotton-Mouton.

**constantă de dezintegrare** v. dezintegrare.

**constantă de ecranare** v. radiație.

**constantă de frecvență** v. piezoelectricitate.

**constantă de timp** v. oscilație amortizată.

**constantă dielectrică** v. permitivitate.

**constantă elastică** v. forță elastică.

**constantă Fermi** v. particulă elementară.

**constantă fizică universală**, mărime fizică a cărei valoare nu depinde decât de sistemul de unități în care este exprimată. Cele mai frecvent utilizate constante sînt cuprinse în tabelul 6.

**constantă fotoelastică** v. fotoelasticitate.

**constantă Hall** v. efect Hall.

**constantă Kerr** v. efect Kerr.

**constantă Planck** (sau **cuantă de acțiune**,  $h$ ), constantă fizică universală ce caracterizează legătura dintre proprietățile ondulatorii și cele corpusculare ale sistemelor fizice, factor de proporționalitate între energia  $\varepsilon$  a unei cuante și frecvența  $\nu$  a radiației respective:

$$\varepsilon = h\nu.$$

**constantă Poisson**, coeficient Poisson.

**constantă radioactivă** v. dezintegrare.

**constantă solară** v. iluminare energetică.

**constantă specifică a gazelor** v. gaz ideal.

**constantă Sutherland** v. teoria cinetică a gazelor.

**constantă Verdet** v. polarizare a luminii.

**Constantinescu, George** (1881 — 1965), inginer și inventator român, stabilit în Anglia. Creatorul sonicității (1916). Numeroase invenții (mașini și dispozitive) în cele mai diverse domenii ale tehnicii.

**constringență** (sau **numărul Abbe**,  $v$ ), mărime ce caracterizează un mediu optic transparent, din punctul de vedere al indicilor săi de refracție pentru radiațiile de culoare roșie și albastră ale hidrogenului și de culoare galbenă a sodiului. Este egală cu inversul puterii dispersive (v. aberație).

**construcția Fresnel**, metodă grafică de aflare a amplitudinii și a fazei inițiale a mișcării rezultate din compunerea a două oscilații armonice pe aceeași direcție. Considerînd două oscilații de ecuații:

$$x_1 = a_1 \sin(\omega t + \varphi_1) \text{ și} \\ x_2 = a_2 \sin(\omega t + \varphi_2),$$

se observă că aceste ecuații exprimă și proiecțiile pe axa  $Ox$  a vectorilor  $OM_1$  și  $OM_2$  de modul  $a_1$ , respectiv  $a_2$ , ce se rotesc cu viteza unghiulară  $\omega$  și au pozițiile inițiale  $OM_{01}$  și  $OM_{02}$  (caracterizate de unghiurile  $\varphi_1$  și  $\varphi_2$  — fig. 60). Cum vectorii  $OM_1$  și  $OM_2$  se rotesc cu aceeași viteză unghiulară, paralelogramul  $OM_1MM_2$  se va roti fără deformare și  $x = x_1 + x_2 = a \sin(\omega t + \varphi)$ , unde  $a$  este modulul vectorului:

Tabelul 6

Nr.	Constanta	Simbolul	Valoarea. în SI
1	Constanta gravitațională	$G_{,h}$	$6,670(15) \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
2	Accelerația gravitațională normală	$g_n$	$9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
3	Volumul kilomolar normal al gazului ideal	$V_0$	$22,413(6) \text{ m}^3 \cdot \text{kmol}^{-1}$
4	Numărul Avogadro	$N_A$	$6,02252(28) \cdot 10^{23} \text{ kmol}^{-1}$
5	Constanta universală a gazelor	$R$	$8,31433(12) \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kmol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
6	Constanta Boltzmann	$k$	$1,38054(18) \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
7	Viteza luminii în vid	$c$	$2,997925(3) \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
8	Constanta (sau numărul) Faraday	$F$	$9,64870(16) \cdot 10^7 \text{ C} \cdot \text{kmol}^{-1}$
9	Sarcina electronului	$e$	$1,60210(7) \cdot 10^{-19} \text{ C}$
10	Unitatea atomică de masă	$u$	$1,66043(7) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
11	Permitivitatea vidului	$\epsilon_0$	$8,854304 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$
12	Permeabilitatea vidului	$\mu_0$	$1,256637 \cdot 10^{-6} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$
13	Viteza sunetului în aer uscat ( $t = 0^\circ\text{C}$ )	$c$	$331,36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
14	Masa de repaus a electronului	$m_e$	$0,91091(4) \cdot 10^{-30} \text{ kg}$
15	Masa de repaus a protonului	$m_p$	$1,67252(8) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
16	Masa de repaus a neutronului	$m_n$	$1,67482(8) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
17	Constanta Planck	$h$	$6,6256(5) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Nr.	Constanta	Simbolul	Valoarea, in SI
18	Lungimea de undă Compton: a electronului a protonului a neutronului	$\lambda_C$ $\lambda_{C_p}$ $\lambda_{C_n}$	$2,42621(6) \cdot 10^{-12}$ m $1,32140(4) \cdot 10^{-15}$ m $1,31959 \cdot 10^{-15}$ m
19	Constanta Rydberg	$R_\infty$	$1,0973731(3) \cdot 10^7$ m <sup>-1</sup>
20	Raza Bohr	$a_0$	$0,529167(7) \cdot 10^{-10}$ m
21	Raza electronului	$r_e$	$2,81777(11) \cdot 10^{-15}$ m
22	Magnetonul Bohr-Procopiu	$\mu_B$	$0,92732(6) \cdot 10^{-23}$ J · T <sup>-1</sup>
23	Magnetonul nuclear	$\mu_N$	$0,50505(4) \cdot 10^{-26}$ J · T <sup>-1</sup>
24	Momentul magnetic al electronului	$\mu_e$	$0,92837 \cdot 10^{-23}$ J · T <sup>-1</sup>
25	Momentul magnetic al protonului	$\mu_p$	$1,41049(13) \cdot 10^{-26}$ J · T <sup>-1</sup>
26	Factorul giromagnetic al protonului	$\gamma$	$2,67519(2) \cdot 10^8$ s <sup>-1</sup> · T <sup>-1</sup>
27	Prima constantă a radiației	$c_1$	$3,7415(3) \cdot 10^{-16}$ W · m <sup>2</sup>
28	A doua constantă a radiației	$c_2$	$1,43879(19) \cdot 10^{-2}$ m · K
29	Constanta deplasării Wien	$b$	$2,8978 \cdot 10^{-3}$ m · K
30	Constanta Stefan-Boltzmann	$\sigma$	$5,6697(29) \cdot 10^{-8}$ W · m <sup>-2</sup> · K <sup>-1</sup>
31	Sarcina specifică a electronului	$\frac{e}{m}$	$1,758796(19) \cdot 10^{11}$ C · kg <sup>-1</sup>
32	Constanta structurii fine	$\alpha$	7,29720(10)
33	Secțiunea de ciocnire Thomson		$6,6516(15) \cdot 10^{-29}$ m <sup>2</sup>



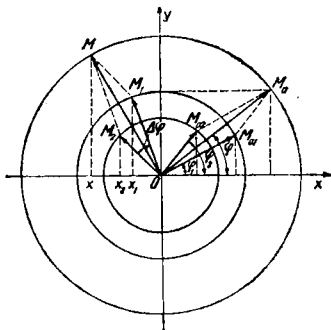


Fig. 60

$$OM = OM_1 + OM_2,$$

iar  $\varphi$  — unghiul ce caracterizează poziția sa inițială. Se poate vedea grafic că valorile mărimilor  $a$  și  $\varphi$  coincid cu cele calculate analitic. Această metodă are avantajul de a fi ușor aplicabilă în cazul compunerii mai multor oscilații liniare, unde metoda analitică este mai dificilă. V. oscilație.

continuitate v. ecuația de continuitate.

contor de particule, dispozitiv cu ajutorul căruia se pot înregistra și număra particulele elementare prezente în mediul ambiant. În majoritatea cazurilor se bazează pe efectul de ionizare produs de particule și este constituit dintr-un condensator cilindric aflat într-o încăntă umplută cu diferite gaze la presiune joasă; armăturile condensatorului (un cilindru metalic cu raza de aprox. 1 cm — catodul și un fir subțire central — anodul) sînt conectate la o tensiune electrică continuă.

contor de particule Cerenkov, contor de particule bazat pe măsurarea radiației Cerenkov ce apare

la trecerea unei particule încărcate printr-un mediu în care viteza luminii este mai mică decît viteza particulei. Determinînd intensitatea acestei radiații în funcție de unghiul de emisie, se poate afla energia particulei. V. efect Cerenkov.

contor de particule cu scintilație, contor de particule bazat pe înregistrarea radiației de fluorescență, emisă la trecerea unei particule ionizante prin anumite substanțe. Scinteierile luminoase produse de un flux de particule incident sînt amplificate prin plasarea materialului scintilator  $S$  în fața fotocatodului  $F$  al unui fotomultiplicator (fig. 61). Acest material se compune din sulfură de zinc  $ZnS(Ag)$  sau  $ZnS(Cu)$  — pentru particulele alfa, cristale de iodură de sodiu  $NaI(Tl)$  transparente — pentru raze gama și particule beta foarte energice, precum și din substanțe organice ca naftalină, antracen, fie sub formă de cristale, fie introduse în mase plastice transparente. La trecerea unei particule rapide prin scintilator, se emit scintilații care ajung pe fotocatod și extrag din acesta fotoelectroni și, după o amplificare repetată în interiorul aparatului, produc scăderea bruscă a tensiunii anodice. După scurgerea electronilor de pe anodul  $A$  prin rezistența  $R_a$ , tensiunea își recapătă valoarea inițială. Deci, la capetele rezistenței  $R_a$  apare un impuls de tensiune care, preamplificat, poate fi analizat cu o instalație electronică. Întrucît atît fotomultiplicatorul cît și instalația electronică de analizat ating timpi de rezoluție de ordinul  $10^{-8}$  —  $10^{-9}$ s, contoarele cu scintilație dau posibilitatea să se înregistreze particule ce se succed la un interval de timp de acest ordin de mărime. Numărul de cuante emi-

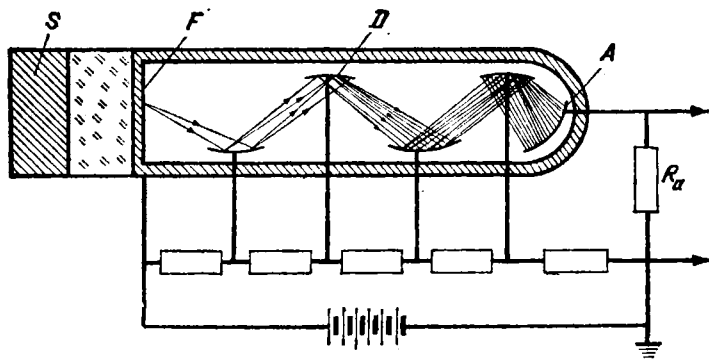


Fig. 61

se de scintilator la o particulă incidentă, precum și mărimea impulsului pe  $R_A$  depind de energia acesteia, astfel de contoare putînd fi utilizați și pentru măsurarea energiei particulelor. Datorită faptului că scintilatorii sînt substanțe solide sau lichide — în care parcursul particulei incidente este mai mic decît într-un mediu gazos, contoarele cu scintilație sînt preferate camerei de ionizare și contorului proporțional.

contor de particule Geiger-Müller, contor de particule utilizat pentru înregistrarea radiațiilor beta sau gama, în care intensitatea curentului de ionizare este determinată de mărimea tensiunii dintre electrozi, de forma acestora, de natura și presiunea gazului de umplere și de alte caracteristici constructive, iar nu de numărul de ioni primari formați. Astfel de contoare se folosesc pentru numărarea particulelor, dar nu și pentru determinarea energiei lor. Mărimea impulsului produs de acesta este cuprinsă între 0,1 și 10 V.

Timpul în care această diferență de potențial atinge valoarea zero (cca.  $10^{-4}$ s), în care contorul nu reacționează la o altă particulă, se numește *timp de lucru* (sau *timp morți*) și este determinat de viteza de deplasare a ionilor pozitivi spre catod. În funcție de genul particulelor înregistrate, există *contoare beta* (fig. 62) și *contoare gama* (fig. 63). Curba ce reprezintă dependența numărului  $R$  de impulsuri produse în unitatea de timp

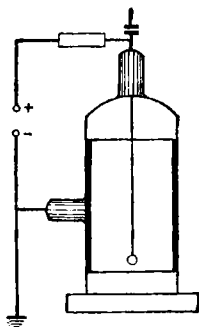


Fig. 62

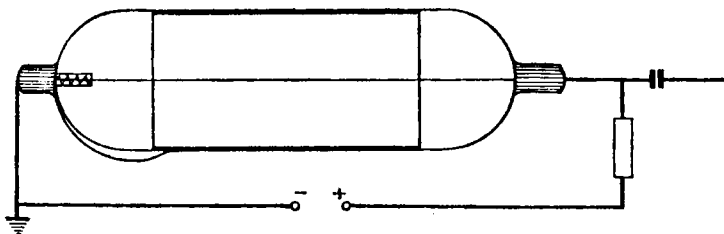


Fig. 63

de tensiunea aplicată constituie *caracteristica de lucru* a contorului și este redată în fig. 64. Palierul acestuia este cuprins între  $V_1$  și  $V_2$ ; înclinarea sa față de axa  $V$  caracterizează stabilitatea contorului în timpul funcționării și este o măsură a calității sale. Pentru contoarele bune, panta relativă a palierului  $\frac{R_2 - R_1}{V_2 - V_1}$  este extrem de mică.

După tipul constructiv, contoarele Geiger-Müller pot fi cu extincție exterioară sau cu autoextincție, mecanismul de funcționare al acestora fiind diferit. În cazul *contoarelor cu extincție exterioară* ionii și electrozii proveniți din ionizarea primară și accelerați de câmpul dintre electrozii contorului produc ionizări secundare și excitarea atomilor și moleculelor gazului; prin dezexcitarea

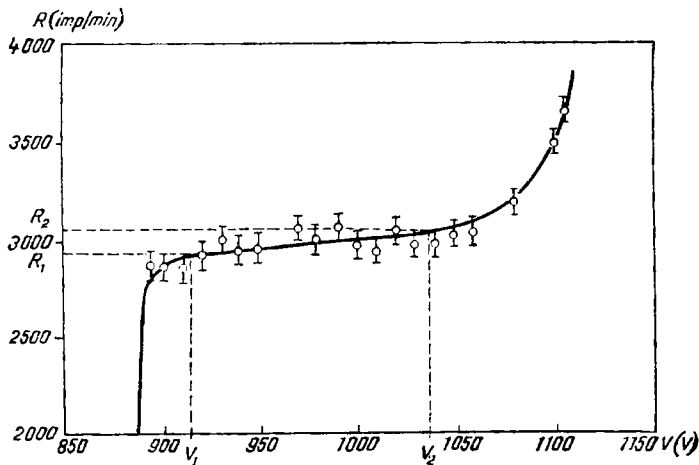


Fig. 64

acestora, se emit fotoni ce duc la fotoionizarea altor atomi sau molecule. Pentru întreruperea descărcării, este necesară scăderea tensiunii contorului, care poate fi realizată prin introducerea în circuitul catodului a unei rezistențe de ordinul  $10^6 \Omega$ . Impulsul de curent creat se transformă într-un impuls de tensiune care micșorează rapid câmpul dintre electrozi, întrerupând astfel descărcarea și pregătind contorul pentru o nouă înregistrare. *Contorul cu autoextincție* conține în volumul său de lucru un amestec de gaz nobil (argon 10%) cu vapori de alcool etilic la o presiune de aprox. 100 Torr. Ionii primari accelerați ionizează și excită atomii de argon și moleculele de alcool. Prin dezexcitarea atomilor de argon se emit fotoni cu energie mai mare de 11,5 eV, care disociază parțial moleculele de alcool. Acest fapt duce la extincția descărcării în special în vecinătatea catodului; norul de ioni pozitivi astfel format duce la micșorarea locală a cimpului electric, iar descărcarea se întrerupe.

**contor de particule proporțional**, contor de particule, în care amplitudinea impulsului de tensiune produs de o particulă încărcată este direct proporțională cu numărul de ionizări produse de aceasta. În principiu, se bazează pe faptul că, prin aplicarea unei diferențe de potențial pe electrozii unei camere de ionizare astfel încât să apară electroni secundari la trecerea unei particule ionizante, numărul total de ioni se amplifică de aprox.  $10^4$  ori, rămânând proporțional cu numărul de ioni primari formați. Un asemenea contor poate fi utilizat atât pentru numărarea particulelor cât și pentru deter-

minarea energiei lor; are avantajul că nu prezintă timpi morți.

**contor electric**, aparat folosit pentru măsurarea sarcinii sau a energiei electrice în curent continuu ori în curent alternativ. Tipul cel mai des utilizat este *contorul electromecanic* prevăzut cu un sistem mobil rotațional, al cărui număr de rotații este direct proporțional cu cantitatea de electricitate ce străbate circuitul sau cu energia electrică disipată: prin totalizarea numărului de rotații efectuate într-un interval de timp cu ajutorul unui dispozitiv integrator și printr-o etalonare corespunzătoare, mărimea de măsurat va fi obținută în unitățile de măsură adoptate.

**contractie** (sau **contractare**), micșorare a volumului unui corp ca urmare a unor procese fizico-chimice care însoțesc răcirea, schimbarea stării de agregare, cristalizarea etc.

**contractie a spațiului** v. transformări Lorentz.

**convecție**, fenomenul transmiterii căldurii sau curentului electric în interiorul corpurilor fluide prin intermediul deplasării dirijate, de ansamblu, a particulelor acestora.

**convergență 1**. Proprietate a unui fascicul de unde sau de particule de a trece printr-un singur punct din spațiu. Se realizează de obicei cu dioptri, lentile sau alte sisteme convergente.

**2**. Mărime inversă distanței focale:

$$C = \frac{1}{f}.$$

Unitatea de măsură în SI este dioptria. Convergența unei lentile este considerată pozitivă sau

negativă, după cum lentila este convergentă sau divergentă.

**conversie internă**, proces în care energia eliberată în urma unei tranziții nucleare este transmisă direct (nu prin mijlocirea unei cuante gama) unuiia dintre electronii învelișului exterior, ducând la ionizarea atomului. Pentru calculul probabilității de cedare a energiei de excitație a nucleului prin conversie internă, procesul este considerat ca având loc în două etape: emisia cuantei  $\gamma$  de către nucleu și absorbția acesteia de către un electron al atomului. Raportul dintre probabilitatea extracției unui electron de pe pătura  $K$  din atom prin conversie internă  $\lambda_K$  și cea a emisieii cuantei  $\gamma$ , în același interval de timp  $\lambda_\gamma$ , poartă numele de *coeficient parțial de conversie internă* ( $W_K$ ). În mod analog se introduc coeficienții parțiali de conversie internă pentru electronii emiși din păturile  $L, M$  etc.:  $W_K = \frac{\lambda_K}{\lambda_\gamma}$ ;  $W_L =$

$= \frac{\lambda_L}{\lambda_\gamma}$ ;  $W_M = \frac{\lambda_M}{\lambda_\gamma}$ ; ... *Coeficientul de conversie internă* este egal cu suma coeficienților parțiali:

$$W = \frac{\lambda_e}{\lambda_\gamma} = W_K + W_L + W_M + \dots$$

Cînd la o tranziție nucleară se emite o energie mai mare decît energia de repausa electronului și pozitronului generați, are loc conversia internă cu crearea de perechi electron-pozitron.

**convertizor** (sau **generator**) **termionic**, instalație pentru transformarea directă a energiei termice în energie electrică. Constă dintr-un tub de descărcare (fig. 65) umplut cu un gaz la presiune joasă, care are un catod incandescent, emițător de electroni (*emitor*) și un anod rece (*colector*).

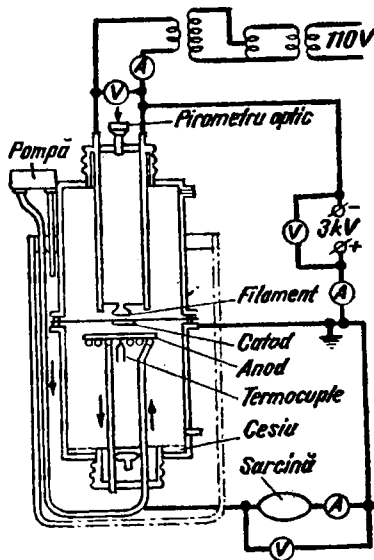


Fig. 65

Căldura cedată catodului de către sursa termică poate ridica energia unui număr de electroni pînă la valori suficient de mari, astfel încît aceștia să poată învinge lucrul mecanic de ieșire de la suprafața catodului și bariera de sarcină spațială negativă a norului electronic și să ajungă la colector. Dacă lucrul mecanic de ieșire a electronilor de pe suprafața anodului este mai mic decît cel al electronilor de pe suprafața catodului, o parte din energia potențială a electronilor poate servi la deplasarea lor printr-o rezistență înseriată în circuit. În felul acesta, convertizorul poate produce un lucru mecanic util, funcționînd ca o mașină termică, al cărui fluid de lucru este gazul electronic; el transformă energia mișcării termice dezordonate a electronilor în energie a mișcării lor ordonate

(a curentului electric). Fiind o trecere de la o stare cu probabilitate mai mare la alta cu probabilitate mai mică, transformarea completă a energiei mișcării dezordonate în energie electrică este imposibilă. Convertizorul are însă avantajul că, neavând piese mobile, randamentul său mecanic este de 100%. Temperatura de lucru  $T_{em}$  a emitorului (care constituie sursa caldă a ciclului Carnot) fiind destul de mare (1 000—2 500°C), randamentul teoretic  $\eta = 1 - \frac{T_c}{T_{em}}$

este destul de ridicat (aprox. 70%),  $T_c$  fiind temperatura colectorului. În plus, raportul dintre puterea furnizată și greutate depășește pe cel al surselor obișnuite de energie electrică. După metoda utilizată pentru reducerea sarcinii spațiale dintre catod și colector, convertizorii termoionici se împart în convertizori cu vid, cu neutralizare ionică, cu plasmă și triode magnetice. V. generator magneto-hidrodinamic.

**convertor de imagini infraroșii** (sau **electrooptic**), dispozitiv electromagnetic cu ajutorul căruia pot fi obținute imagini vizibile ale unor corpuri aflate în întuneric, bazat pe proprietatea acestora de a emite radiații la orice temperatură superioară lui zero absolut. În fig. 66 este redată schema sa de principiu; obiectul  $AB$  aflat în întuneric emite radiații infraroșii pe

care lentila pentru infraroșu  $L_1$  le proiectează pe ecranul special  $E_1$  (fotocatod), formînd o imagine  $A_1B_1$  (invizibilă). Electronii, smulși din ecran de către radiațiile infraroșii prin efect fotoelectric, sînt accelerați în cîmpul electric creat de sursa de tensiune  $V$ , către ecranul luminescent  $E_2$  (anod). Prin electroluminescență ei vor produce pe suprafața acestuia zone luminoase care constituie imaginea  $A_2B_2$  vizibilă, răsturnată, a obiectului  $AB$ . Pentru redresarea imaginii, se folosește o lentilă  $L_2$ . Imaginea finală poate fi examinată direct, cu ochiul, sau fotografiată. Dacă obiectul  $AB$  nu emite suficient de intens în infraroșu, el poate fi iradiat cu ajutorul unui proiector de radiații infraroșii.

**coordonate**, numere ce precizează poziția unui punct față de un anumit sistem de referință.

**coordonate generalizate** (sau **lan-grangiene**,  $q_i$ ), sistem de parametri (variabili în timp) ce determină complet (în mod univoc) configurația unui sistem de puncte materiale. De exemplu, un sistem de două puncte materiale poate fi caracterizat prin șase coordonate de poziție carteziene, cîte trei pentru fiecare punct material, sau prin trei coordonate carteziene ale centrului de inerție al sistemului, distanța dintre particule și două unghiuri — care determină dreapta ce unește cele două particule.

**corespondență v.** principiul corespondenței.

**coroană v.** descărcare în coroană.

**corp cenușiu**, corp al cărui factor spectral de absorbție este subunitar, același pentru orice lungime de undă. În natură nu există cor-

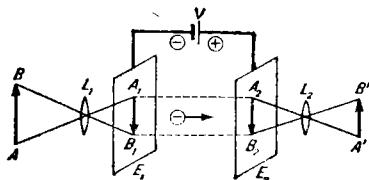


Fig. 66

Tabelul 7

$T$ , în $K$	1 500			3 500
Substanța	wolfram	fier	cărbune	wolfram
$K$	0,15	0,11	0,52	0,34

puri care să fie cenușii pentru toate lungimile de undă ale radiației termice, ci numai pentru intervale spectrale limitate (de ex. flacăra hidrocarburilor). Curba distribuției spectrale a emitanței energetice în cazul unui corp cenușiu (fig. 67) este asemănătoare celei corespunzătoare corpului negru aflat la aceeași temperatură; deosebirea constă în faptul că, pentru toate lungimile de undă, valoarea densității spectrale a emitanței ( $m_\lambda$ ) este mai mică la corpurile cenușii. Pentru corpurile reale, care nu sînt nici negre nici cenușii, factorul spectral de absorbție este subunitar dar depinde de lungimea de undă, de temperatură, de starea de polarizare a radiației și de unghiul de incidență, iar emitanța energetică este proporțională cu puterea a patra a temperaturii absolute  $T$ , conform legii Stefan-Boltzmann (v. corp negru) modificată:

$$M = K \sigma T^4,$$

unde  $K$  este o mărime a cărei valoare depinde de natura și de temperatura corpului (v. tabelul 7), numită *coeficient de înnegrire*.

**corp negru (sau radiator integral)**, corp ce absoarbe complet radiațiile electromagnetice incidente, factorul său spectral de absorbție fiind egal cu unitatea, pentru orice lun-

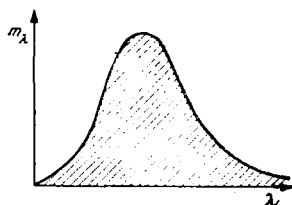


Fig. 67

gime de undă. Această comportare este ideală și doar un mic număr de corpuri reale prezintă caracteristici apropiate (ex. negrul de platină și negrul de fum). Conform legii Kirchhoff (v. radiație termică), densitatea spectrală a emitanței energetice este:

$$m_\nu = f(\nu, T); \quad m_\lambda = f(\lambda, T).$$

Stabilirea formei matematice a funcției  $f(\nu, T)$  sau  $f(\lambda, T)$  a constituit problema centrală a teoriei radiației corpului negru. Din punct de vedere experimental, un corp cu proprietăți foarte apropiate de cele ale corpului negru poate fi un orificiu practic în peretele unei cavități opace în care radiația termică se găsește la echilibru (fig. 68); după reflexii multiple (cu absorbții parțiale), o radiație care pătrunde printr-un orificiu în interiorul cavității este practic complet absorbită înainte de a părăsi incinta prin același

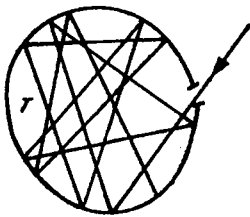


Fig. 68

orificiu. Factorul spectral de absorbție al unui astfel de orificiu se apropie foarte mult de unitate și, în același timp, puterea sa de emisie spectrală este apropiată de cea a corpului negru. Astfel de orificii sînt, în practică, deschiderile cuptoarelor de topit metale. Schema de principiu a unui alt dispozitiv pentru realizarea corpului negru este redată în fig. 69. Radiația din incinta  $T$  ajunge în exterior după ce a trecut printr-un șir de fante care nu permite decât radiației termice de echilibru să părăsească incinta. Folosind o construcție de genul celor descrise, se poate ridica experimental curba dependenței densității spectrale a emitanței energetice  $m_\lambda$  de lungimea de undă  $\lambda$ , pentru o temperatură dată (fig. 71). Se observă că, la temperaturi ridicate, maximum curbei este mai pronunțat și mai deplasat spre lungimi de undă mici decât pentru temperaturi mai coborîte.

Bazîndu-se pe termodinamica clasică și pe legea echipartiției energiei, W.S. Rayleigh și T. Jeans au obținut o formulă teoretică (formula Rayleigh-Jeans) pentru

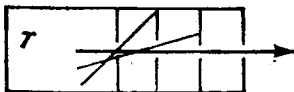


Fig. 69

densitatea spectrală a emitanței energetice a corpului negru:

$$m_\nu = \frac{2\pi\nu^3}{c^3} kT$$

sau

$$m_\lambda = \frac{2\pi c}{\lambda^4} kT,$$

în care  $k$  este constanta Boltzmann, iar  $c$  — viteza luminii. Variația acestei mărimi în funcție de lungimea de undă este notată cu  $R-J$  (fig. 70). Relația conduce la

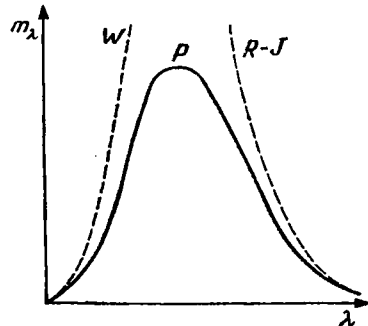


Fig. 70

rezultate care verifică datele experimentale pentru frecvențe mici (lungimi de undă mari), dar sînt eronate pentru frecvențe mari (*catastrofa ultravioletă*); potrivit acestei formule, emitanța integrală a corpului negru ar fi infinită, ceea ce este infirmat de experiență. Pornind tot de la principiile termodinamicii clasice, W. Wien a dat o altă formulă (formula Wien) pentru densitatea spectrală a emitanței corpului negru:

$$m_\nu = c_1 \nu^3 e^{-\frac{\nu}{T} c_2}$$



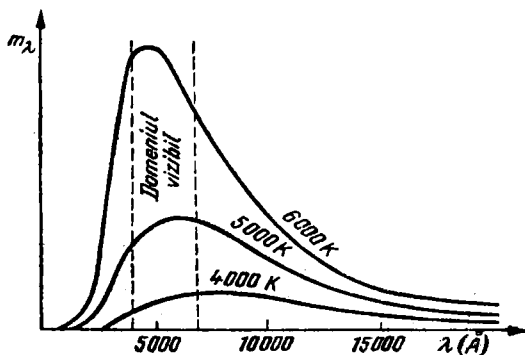


Fig. 71

sau

$$m_{\lambda} = \frac{c_1}{\lambda^5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T}},$$

unde  $c_1$  și  $c_2$  sînt constante universale (v. tabelul 6); iar  $c_1 = c^4 c_1$  și  $c_2 = cc_2$ ; reprezentarea grafică a acesteia este notată cu  $W$ . Această formulă verifică datele experimentale pentru frecvențe mari (lungimi de undă mici) dar, la fel cu formula precedentă, dă pentru emitanța integrală valori infinite. Studiind radiația termică, M. Planck a introdus ipoteza cuantelor de energie; considerînd că între atomii corpurilor din cavitatea vidată și radiația termică schimbul de energie are loc în cantități discrete, denumite cuante de energie, a stabilit pentru densitatea spectrală a emitanței o formulă (*formula Planck*) de forma:

$$m_{\nu} = \frac{2\pi h}{c^2} \cdot \frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

sau

$$m_{\lambda} = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1},$$

unde  $h$  este constanta Planck. Aceasta este reprezentată pe grafic prin curba  $P$  și verifică cel mai bine datele experimentale. Studiarea corpurilor a căror comportare se apropie mai mult sau mai puțin de corpul negru a permis, pe baza termodinamicii clasice, stabilirea *legilor corpului negru*. Acestea sînt: *legea Stefan-Boltzmann*, *legea deplasării Wien* și *legea dependenței densității spectrale a emitanței energetice maxime cu temperatura*. *Legea Stefan-Boltzmann* stabilește legătura dintre emitanța energetică integrală a corpului negru și temperatura lui absolută:

$$M = \sigma T^4,$$

unde  $\sigma$  este constanta universală Stefan-Boltzmann. Într-o reprezentare grafică, emitanța integrală reprezintă aria cuprinsă între curba densității spectrale a emitanței

$m_\lambda$  și axa lungimilor de undă  $\lambda$  (v. fig. 67). *Legea deplasării Wien* stabilește legătura între temperatura corpului negru și lungimea de undă din dreptul maximului densității spectrale a emitanței  $m_{\lambda_{max}}$  (v. fig. 71):

$$T\lambda_{max} = b,$$

în care  $b$  este o constantă fizică universală. Această lege se aplică în scopul determinării temperaturii corpurilor a căror distribuție spectrală a densității (spectrale a) emitanței se apropie de cea a corpului negru. Dacă se determină experimental lungimea de undă corespunzătoare maximului acesteia și se calculează temperatura corpului, valoarea, astfel calculată, poartă numele de temperatură de culoare. Pe măsură ce temperatura corpului crește, lungimea de undă corespunzătoare maximului se micșorează. Dependența densității spectrale a emitanței maxime de temperatură se exprimă prin relația:

$$m_{\lambda_{max}} = C_2 T^5,$$

unde  $C_2 = 1,301 \cdot 10^{-25} W/m^{-3} \cdot \text{grad}^{-5}$  este o constantă. Când proprietățile corpurilor se depărtează sensibil de cele ale corpului negru, atunci legilor de mai sus este necesar să li se aducă corecții. V. corp cenușiu.

**corp solid**, corp aflat într-o stare de agregare caracterizată printr-o coeziune însemnată și rezistență mare la deformații mecanice. Structura energetică a corpurilor solide cristaline a fost analizată cu ajutorul mecanicii cuantice studiindu-se comportarea electronului de valență în potențialul electric periodic al rețelei acestora; astfel, a fost stabilit caracterul de bandă al structurii lor. În cazul unei rețele unidimensionale (un lanț de atomi aflați la

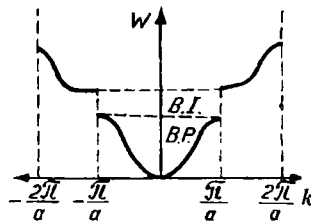


Fig. 72

distanțe egale), structura de bandă este reprezentată în fig. 72. Se observă că energia  $W$  a electronului variază continuu cu numărul de undă  $k$  în intervalele  $(0, \frac{\pi}{a})$ ,  $(-\frac{\pi}{a}, 0)$ ;  $(\frac{\pi}{a}, \frac{2\pi}{a})$ ,  $(-\frac{2\pi}{a}, -\frac{\pi}{a})$  etc., unde  $a$  este constanta rețelei cristaline (adică distanța dintre doi atomi vecini ai lanțului unidimensional); aceste intervale constituie *benzile* (sau *zonele*) de energie permise B.P. De asemenea, se constată că în dreptul valorilor numărului de undă de  $-\frac{\pi}{a}, \frac{\pi}{a}, -\frac{2\pi}{a}, \frac{2\pi}{a}$  etc., energia  $W$  prezintă salturi; intervalele corespunzătoare acestor salturi formează *benzile* (sau *zonele*) de energie interzise B.I. Domeniile de variație a numărului de undă pentru care energia  $W$  este o funcție continuă de  $k$  poartă numele de *zone Brillouin*; astfel, intervalul  $(-\frac{\pi}{a}, \frac{\pi}{a})$  constituie prima zonă Brillouin, intervalele  $-\frac{2\pi}{a} < k < -\frac{\pi}{a}$  și  $\frac{\pi}{a} < k < \frac{2\pi}{a}$  — a doua zonă Brillouin etc. În cazul cristalului tridimensional, reprezentarea din figură rămâne în esență valabilă, înălțimea benzilor de energie variind pentru dife-

rite direcții în interiorul cristallului. Pentru caracterizarea acestor cristale, se construiește tabloul zonelor Brillouin, care conține suprafețele de egală energie înfilnite în diferite structuri cristalline.

Criteriul empiric folosit pentru clasificarea corpurilor solide îl constituie conductivitatea lor; după intervalul de valori în care este cuprinsă aceasta, se disting următoarele clase de substanțe: —conductori  $\sigma = 10^6 \dots 10^8 \Omega^{-1} m^{-1}$  — semiconductori

$\sigma = 10^6 \dots 10^{-8} \Omega^{-1} m^{-1}$  —dielectrici  $\sigma < 10^{-8} \Omega^{-1} m^{-1}$ .

Deosebirile electrice ale celor trei tipuri de substanțe pot fi interpretate pe baza structurii lor energetice (de bandă), care diferă de la un tip la altul. În fig. 73, *a* este reprezentată structura de bandă a unui metal monovalent (ex. Li, Na etc.). În primă aproximație, benzile permise pot fi considerate continue; în realitate ele constau dintr-un număr mare (egal cu numărul de atomi din metal) de nivele energetice foarte apropiate. Proprietatea de a fi un bun conducător electric a acestuia se explică prin aceea că banda permisă (sau de conducție) *I* este ocupată numai în parte de electroni. Când pe metal se aplică un câmp electric, electronii din porțiunea ocupată (hașurată pe figură) trec în partea liberă a benzii *I*. Electronii benzii permise *2*, cu toate nivelele completate, nu pot participa la conducția curentului. Benzile *1* și *2* sînt separate printr-o bandă interzisă. În fig. 73, *b* este reprezentată structura de bandă a metalelor bivalente (ex.: Zn, Cd etc.). Întrucît cele două benzi de energie permise se întrepătrund, banda *1* (de conducție) primește electroni de pe banda *2*

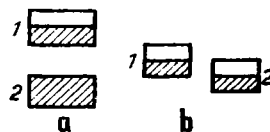


Fig. 73

(de valență), iar la conducția curentului electric participă, pe de o parte, electronii din banda de conducție și, pe de altă parte, golurile din banda de valență. În fig. 74 este reprezentată structura de bandă a izolatoarelor (sau dielectricilor). La 0 K, banda de conducție *B.C.* este lipsită complet de electroni, în timp ce banda de valență *B.V.* este complet ocupată; lărgimea benzii interzise *B.I.*, aflată între benzile permise, este mai mare de 3 eV. Absorbînd radiație termică, numai un număr mic de electroni trec din zona de valență în zona de conducție la temperaturi superioare lui zero absolut, ceea ce explică valoarea mică a conductivității izolatoarelor. În fig. 75 este reprezentată structura de bandă a semiconductoarelor (*v.*) care este asemănătoare celei a izolatoarelor, deosebirea constînd în aceea că lărgimea benzii interzise este mai mică de 3 eV. Semiconductorii intrinseci nu prezintă interes practic, conductivitatea lor fiind mică;

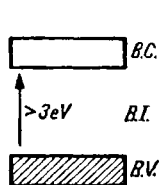


Fig. 74

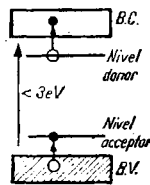


Fig. 75

ea poate fi mărită prin operația de dopaj. Semiconductorii extrinseci conțin în zona interzisă nivele energetice aparținând atomilor de impuritate.

Specificul mișcării electronului în corpul solid impune introducerea unei alte mase diferite de a sa, numită *masă efectivă* ( $m^*$  sau  $m_n$ , în general, un tensor de ordinul doi) care se calculează cu ajutorul relației:

$$\frac{1}{m^*} = \frac{1}{\hbar^2} \text{grad}_k \text{grad}_k W(k),$$

unde  $\hbar$  este constanta Planck, iar  $W(k)$  — energia electronului exprimată în funcție de numărul de undă  $k$ . Deoarece într-o zonă permisă (v. fig. 72) curba energiei, reprezentată în funcție de numărul de undă, are concavitatea în sus pentru valori mici, apoi trece printr-un punct de inflexiune pentru ca, la valori mari, să-și inverseze concavitatea, masa efectivă (care este dată de derivata a doua a energiei în raport cu numărul

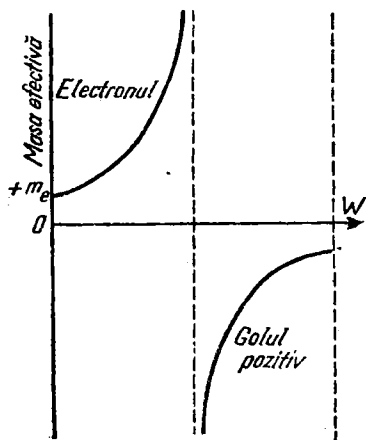


Fig. 76

Tabelul 8

Substanța	Masa efectivă, în $m_e$
Ge	$m_n = 0,082$
	$m_p = 0,3$
Si	$m_n = 0,19$
	$m_p = 0,2$
InAs	$m_n = 0,03$

de undă) are valori pozitive (în partea inferioară a zonei), valori infinite (în punctul de inflexiune) și valori negative (în partea superioară). Variația masei efective cu energia este reprezentată în fig. 76. Purtătorii de sarcină cu valori negative ale masei efective (notată  $m_p$ ) sînt golurile (numite și *lacune*) în care lipsesc electronii, care se comportă în câmpul electric ca sarcini electrice pozitive. În tabelul 8 sînt redate valorile maselor efective ale electronilor și golurilor din câteva substanțe semiconductoare, exprimate în funcție de masa  $m_e$  a electronului liber. Aceste mase efective aparțin electronilor din zona de conducție și golurilor din zona de valență.

corp termometric v. termometru.

corpuseul, particulă.

cosmotron, sincrofazon.

coulomb (C), unitate de măsură a sarcinii electrice în SI, egală cu cantitatea de electricitate transportată printr-un conductor în timp de o secundă, de un curent electric continuu constant, cu intensitatea de un amper.

covolum v. gaz real.

creare (sau generare) de perechi, fenomenul transformării unui foton într-o pereche particulă-antiparticulă. Pentru a putea avea loc,

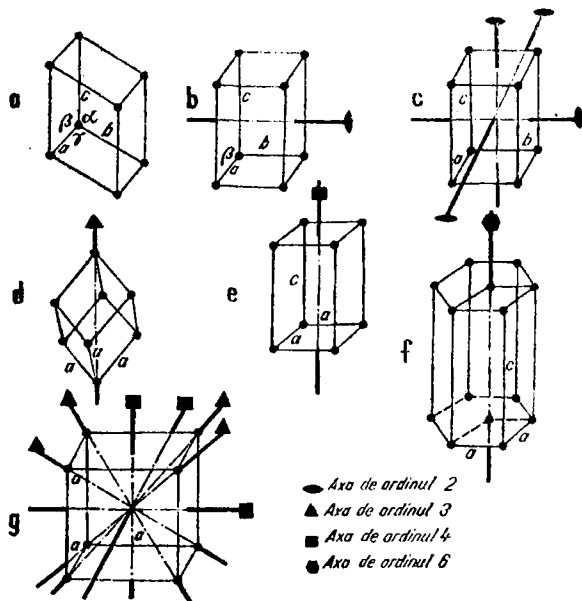


Fig. 77

energia  $h\nu$  a fotonului trebuie să fie cel puțin egală cu energia de repaus a celor două particule:  $h\nu \geq 2mc^2$  (unde  $m$  este masa de repaus a unei particule, iar  $c$  — viteza luminii), excesul de energie fiind preluat de acestea sub formă de energie cinetică. De exemplu, lungimea de undă maximă a fotonului capabil să genereze o pereche electron-positron este de 0,012 Å. Excesul de impuls este cedat particulelor mediului sub forma unei cuante gama; de aceea, procesul se produce numai în interiorul corpurilor. V. anihilare.

**crystal**, corp solid omogen și anizotrop, de formă poliedrică regulată, constituit din particule situate în nodurile unei rețele tridimensionale; proprietățile sale se

repetă periodic în trei direcții din spațiu. După cum particulele aflate în nodurile rețelei sînt atomi, ioni sau molecule, rețeaua cristalină poate fi *atomică*, *ionică* sau *moleculară*. Pentru caracterizarea cristalelor sînt necesare noțiunile de: *celulă elementară*, definită ca cel mai mic poliedru care, dacă este repetat periodic în trei direcții independente (muchiile sale), poate reproduce întreaga rețea cristalină; *axe cristalografice* — direcțiile muchiilor celulei elementare; *constanta rețelei* — una dintre muchiile celulei elementare. Ca elemente geometrice de bază la clasificarea cristalelor, se iau în considerare muchiile  $a$ ,  $b$  și  $c$  ale celulei elementare și unghiurile  $\alpha$ ,  $\beta$  și  $\gamma$  pe care acestea le fac între ele. Date utile pentru o ast-

fel de clasificare le oferă mineralogia clasică precum și studiile cu radiație X (v.), cu neutroni și electronografice ale cristalelor. Au fost stabilite astfel șapte sisteme cristalografice (fig. 77, a-g):

- a) *triclinic*, cu  $a \neq b \neq c$   
și  $\alpha \neq \beta \neq \gamma$ ;  
b) *monoclinic*, cu  $a \neq b \neq c$ ,  
și  $\alpha = \beta = 90^\circ$ ,  $\gamma \neq 90^\circ$ ;  
c) *rombic*, cu  $a \neq b \neq c$   
și  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ;  
d) *trigonal* (sau *romboedric*),  
cu  $a = b = c$  și  $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$ ;  
e) *tetragonal* (sau *pătratic*),  
cu  $a = b \neq c$  și  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ;  
f) *hexagonal*, cu  $a = b \neq c$   
și  $\alpha = \beta = 90^\circ$ ,  $\gamma = 120^\circ$ ;  
g) *cubic*, cu  $a = b = c$   
și  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ .

În fig. 77 sînt reprezentate, de asemenea (cu linie-punct), și *axele de simetrie* ale celulei elementare aparținînd unui anumit sistem, precum și *ordinea* lor; acestea din urmă indică de cite ori celula coincide cu ea însăși în cursul unei rotații complete (de  $360^\circ$ ) în jurul axei de simetrie. Sistemele cristalografice mai des întîlnite sînt cubic, hexagonal și tetragonal. Cîteva exemple de cristale care aparțin acestor trei sisteme sînt cuprinse în tabelul 9.

Între particulele ce alcătuiesc cris-

talele se stabilesc *legături chimice* puternice, care explică proprietatea lor de a-și conserva forma și structura. Aceste legături pot fi: ionice, covalente, metalice și Van der Waals. *Legătura ionică* (sau *electrovalentă*) ia naștere prin atracția coulombiană a ionilor cu sarcini electrice de semne opuse. Un exemplu de astfel de legătură este cea din molecula clorurii de sodiu (NaCl). În rețeaua cristalină ionică a NaCl care aparține sistemului cubic, un ion de  $\text{Cl}^-$  este înconjurat de ioni de  $\text{Na}^+$  și reciproc. Interacția electrostatică dintre ionii de  $\text{Cl}^-$  și  $\text{Na}^+$  asigură stabilitatea cristalului de NaCl. *Legătura covalentă* se stabilește între atomi ca rezultat al punerii în comun a electronilor de valență ai lor și asigură cristalului o stabilitate deosebită. Duritatea deosebită a cristalelor de diamant, germaniu, siliciu etc. (cu rețea atomică) se datorește legăturilor covalente puternice, direcționate în spațiu, stabilite între atomii lor constituenți. *Legătura metalică* ia naștere în metale cu rețea atomică, prin punerea în comun a electronilor de valență ai tuturor atomilor ce compun cristalul; interacția acestor electroni cu nodurile încărcate pozitiv ale rețelei face ca această legătură să prezinte

Tabelul 9

Cristalul	Sistemul (și tipul) cristalografic	Constanta rețelei Å	
		a(=b)	c
Siliciu (Si)	cubic (tip diamant)	5,43	
Germaniu (Ge)	cubic (tip diamant)	5,62	
Oxid de zinc (ZnO)	hexagonal (tip wurtzit)	3,24	5,18
Sulfură de cupru (CuS)	hexagonal	3,89	6,68
	tetragonal	3,59	

o mare stabilitate. *Legătura Van der Waals* este o legătură de stabilitate mică, determinată de interacția între molecule datorată forțelor Van der Waals; se întâlnește, de exemplu, în cazul sulfului cristalizat (cu rețea moleculară). În unele cristale pot coexista două tipuri de legături; de exemplu, în cristale de CdS, ZnS, ZnSe, ZnTe, între atomi se stabilesc simultan legăturile ionice și covalente.

**cristalizare**, formare a unor cristale naturale sau artificiale în interiorul unui lichid sau al unui gaz, în urma unor procese de vaporizare, evaporare, solidificare sau sublimare. V. epitaxie.

**cristalografie**, disciplină care se ocupă cu studiul structurii cristalelor și al transformărilor acestora sub acțiunea diversilor factori fizici. Cercetează forma, clasificarea și morfologia (*cristalografia geometrică*) sau proprietățile fizice ale substanțelor cristaline (*cristalografia fizică*); *cristalografia optică* studiază proprietățile optice ale cristalelor.

**croma** v. culoare.

**cromatism** v. aberație.

**cuadratură** v. oscilație.

**cuantă**, unitate a unei mărimi fizice care poate lua doar valori egale cu multipli întregi ai acestei unități. Constituie unitatea structurală de bază a câmpurilor fizice (ex. fotonul — pentru câmpul electromagnetic, gravitonul — pentru câmpul gravitațional, mezonul — pentru câmpul mezononic etc.).

**cuantă de acțiune**, constanta Planck.

**cuantă de energie**, cantitate finită de energie care poate fi absorbită

sau emisă de un sistem atomic sau nuclear. De exemplu, modificarea configurației electronice a atomilor și moleculelor poate avea loc numai printr-o variație definită a energiei lor (de ordinul  $10^{-12}$  erg), corespunzătoare anumitor stări energetice staționare; astfel, la excitarea sau dezexcitarea unui atom sau a unei molecule, sistemul respectiv absoarbe sau emite o cantitate de energie.

**cuantificare**, procedeu al mecanicii cuantice, constând în impunerea condiției ca mărimile fizice (ex. energie, moment cinetic, impuls) ce caracterizează sistemele de particule elementare să ia doar anumite valori discrete.

**cuantificare a orbitelor** v. model atomic.

**cub Lummer-Brodhun** v. fotometru.

**culoare**, proprietate a energiei radiante de a permite ochiului să deosebească între ele două porțiuni vecine, identice și egal iluminate, ale unei suprafețe omogene; dacă cele două porțiuni nu apar distincte, ele au aceeași culoare. Senzația de culoare ia naștere ca urmare a acțiunii radiațiilor electromagnetice asupra conurilor retiniene; bastonașele nu disting, practic, culorile, deși au o sensibilitate mai mare decât conurile în regiunea albastru-violet. Prin capacitatea sa de a percepe culorile, ochiul prezintă proprietatea de a transmite creierului, pe lângă informații asupra energiei radiației electromagnetice, și informații asupra lungimii de undă a acesteia (v. vedere). Trezirea de la o culoare la alta se face în mod continuu, printr-o infinitate de nuanțe de roșu, portocaliu, verde, albastru, indigo și violet. Aceste șapte domenii de

culoare, care apar la descompunerea luminii albe a Soarelui printr-o prismă, sînt cuprinse aproximativ între limitele:

Domeniul de culoare	$\lambda$ , în Å
Roșu	6 100—7 000
Portocaliu	5 900—6 100
Galben	5 700—5 900
Verde	5 000—5 700
Albastru	4 500—5 000
Indigo } Violet }	4 000—4 500

Domenii spectrale înguste pot fi obținute cu un spectroscop sau cu un monocromator.

Culoarea este caracterizată prin nuanță, puritate și strălucire. *Nuanța* este dată de lungimea de undă a radiației. De obicei, spectrul vizibil, așezat pe o suprafață circulară — cercul culorilor, se împarte în 5 nuanțe principale *R* (roșu), *Y* (galben), *G* (verde), *B* (albastru), *P* (purpură) și 5 nuanțe intermediare *YR*, *GY*, *BG*, *PB*, *RP*, fiecare din ele fiind divizate în 10 intervale; se pot lua însă intervale și mai mici. *Puritatea* (sau *saturația*), numită și *croma*, este determinată de raportul cantităților de culoare spectrală și culoarea albă conținute în culoarea dată. Culorile spectrale, neamestecate cu altă culoare, se numesc *pure* sau *saturate* și au gradul de puritate egal cu unitatea. Diferitele culori nesaturate se obțin amestecînd, în diferite cantități, o culoare spectrală cu o culoare albă. *Strălucirea* (v. luminanță) sau *valoarea* este determinată de energia radiantă a corpului emițător și de sensibilitatea spectrală a ochiului (v. flux luminos). *Ames-*

*tecul culorilor* se poate face aditiv sau substractiv. De exemplu, amestecul *aditiv* a trei culori, roșu, indigo și verde, poate fi realizat proiectînd pe un ecran lumina de la trei aparate de proiecție înzestrate cu filtrele corespunzătoare. Amestecul *substractiv* al culorilor de mai sus se poate realiza așezînd în calea luminii albe unul sau mai multe filtre colorate. Acestea vor „extrage” radiațiile de anumite lungimi de undă, lumina transmisă fiind un amestec al radiațiilor neabsorbite. Amestecul culorilor în pictură este substractiv. Două culori care, amestecate aditiv în proporții corespunzătoare dau lumina albă, se numesc *culori complementare*. Orice grup de trei culori care, amestecate în diferite cantități, pot da orice altă culoare, dar amestecînd două dintre ele nu poate fi obținută cea de a treia, se numesc *culori primare*. Un caz particular al culorilor primare este grupul *culorilor fundamentale*, alese convențional pentru obținerea oricărei culori prin amestec aditiv. În fizică aceste trei culori fundamentale sînt: roșul (*R*) avînd lungimea de undă  $\lambda = 7\,000\text{ Å}$ , un verde-galben (*G*) cu  $\lambda = 5\,461\text{ Å}$  și un albastru-indigo (*B*) cu  $\lambda = 4\,358\text{ Å}$ . Culorile complementare acestora sînt:

roșu + albastru = violet  
galben + albastru = verde  
galben + roșu = portocaliu.

**cuplaj elastic**, ansamblu de două sau mai multe sisteme mecanice oscilante, legate între ele prin elemente mecanice care le permit să se influențeze reciproc. Un exemplu de astfel de cuplaj îl constituie două sisteme oscilante de mase  $m_1$  și  $m_2$  și constante elastice  $k_{10}$  și  $k_{20}$ , legate prin intermediul unui resort de constantă  $k_{12}$  (fig. 78);



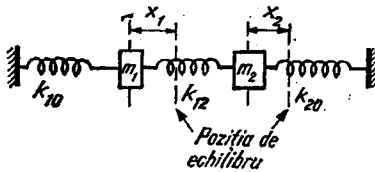


Fig. 78

dacă sistemul oscilează neamortizat, mișcarea sa este descrisă de ecuațiile:

$$m_1 \ddot{x}_1 + k_{10} x_1 + k_{12} (x_1 - x_2) = 0$$

$$m_2 \ddot{x}_2 + k_{20} x_2 + k_{12} (x_2 - x_1) = 0,$$

sau, notînd:  $k_1 = k_{10} + k_{12}$  și  $k_2 = k_{20} + k_{12}$ , rezultă:

$$m_1 \ddot{x}_1 + k_1 x_1 - k_{12} x_2 = 0$$

$$m_2 \ddot{x}_2 + k_2 x_2 - k_{12} x_1 = 0.$$

Admițînd că oscilația rezultantă este simplă, ambele sisteme vor oscila cu aceeași pulsație, iar soluțiile sistemului de ecuații sînt:

$$x_1 = C_1 e^{i\omega t} \text{ și } x_2 = C_2 e^{i\omega t}.$$

Substituirea acestor soluții în sistem conduce la ecuația de condiție:

$$m_1 m_2 \omega^4 - (m_1 k_2 + m_2 k_1) \omega^2 + k_1 k_2 - k_{12}^2 = 0.$$

Cu notațiile:  $\frac{k_1}{m_1} = \omega_1^2$ ,  $\frac{k_2}{m_2} = \omega_2^2$ ,

$\frac{k_{12}}{k_1 k_2} = \mu^2$  — în care  $\omega_1$  și  $\omega_2$  sînt pulsațiile proprii independente ale sistemelor, iar  $\mu$  este *factorul de cuplaj* — ecuația astfel obținută are soluțiile:

$$\omega = \left[ \frac{1}{2} (\omega_1^2 + \omega_2^2) \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\omega_1^2 - \omega_2^2)^2 + 4\mu^2 \omega_1^2 \omega_2^2} \right]^{1/2}$$

ce reprezintă pulsațiile sistemului cuplat. Rădăcina  $\omega_+$  (corespun-

zătoare semnelui plus în fața radicalului) este mai mare, în timp ce rădăcina  $\omega_-$  este, respectiv, mai mică — decît fiecare dintre  $\omega_1$  și  $\omega_2$ . După valoarea lui  $\mu$ , se întîlnesc trei cazuri:

a) cuplaj nul ( $\mu = 0$ ) — sistemele oscilează independent iar soluțiile ecuației sînt  $\omega_1$  și  $\omega_2$ ;  
b) cuplaj slab ( $\mu$  mic) — radicalul se poate dezvolta în serie și soluțiile au valorile:

$$\omega_+ \approx \omega_1 \left[ 1 + \frac{\mu^2 \omega_2^2}{\omega_1^2 - \omega_2^2} \right]^{1/2}$$

$$\omega_- \approx \omega_1 \left[ 1 - \frac{\mu^2 \omega_1^2}{\omega_1^2 - \omega_2^2} \right]^{1/2};$$

c) cuplaj puternic ( $\mu = 1$ ) — soluțiile ecuației sînt:

$$\omega_+ = (\omega_1^2 + \omega_2^2)^{1/2}, \quad \omega_- = 0.$$

Soluțiile sistemului de ecuații pot fi puse sub forma:

$$x_1 = A \sin(\omega_+ t + \varphi_1) + B \sin(\omega_- t + \varphi_2),$$

$$x_2 = A \sin(\omega_+ t + \varphi_1) - B \sin(\omega_- t + \varphi_2)$$

și reprezintă modurile normale de oscilație ale sistemului. V. oscilație.

**cuplaj j-j v. model atomic, spin.**

**cuplaj Russel-Sanders v. model atomic, spin.**

**cuplaj spin-orbită v. model atomic, spin.**

**cuplu de forțe**, sistem de două forțe  $F$  paralele, egale și de sens contrar, care nu au același suport. Mărima fizică ce îl caracterizează este *momentul cuplului de forțe*  $M$ ; acesta este un vector perpendicular pe planul celor două forțe, avînd modulul egal cu produsul dintre mărimea uneia din ele și distanța  $d$

dintre suportii forțelor (indiferent de punctul în care este calculat), sensul său fiind dat de regula burghiului (fig. 79).

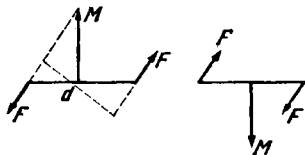


Fig. 79

**curbă balistică** v. aruncare în câmp gravitațional.

**curbă critică** v. gaz real.

**curbă de inversie** v. efect Joule-Thomson.

**curbă de innegrire** v. sensitometrică.

**curbă izocromatică**, locul geometric al punctelor de pe suprafața unui cristal, pentru care diferența de drum a razelor ce interferă este aceeași. În același fel se definesc și *suprafețele izocromatice*. În cazul unui cristal uniax, suprafața izocromatică poate fi aproximată cu un hiperboloid de rotație, a cărei axă coincide cu axa cristalului.

**curbă Paschen** v. legea Paschen.

**curbă Schmidt** v. moment nuclear.

**curbă sensitometrică** v. sensitometrică.

**curbă tautocronă** v. tautocronism.

**curent (de fluid)**, masă de fluid aflat în mișcare, a cărei secțiune transversală este mult mai mică

decît lungimea pe care se produce deplasarea. V. linie de curent.

**curent electric** 1. Deplasarea sarcinilor electrice într-o anumită direcție, sub acțiunea unui câmp electric. O caracteristică de bază, utilă în aplicații tehnice, a curentului electric o constituie transportul de energie. Prin transformarea energiei electrice în alte forme de energie, curentul electric poate produce efecte calorice (v. legea Joule-Lenz), chimice (v. electroliză), luminoase (v. descărcare electrică), electromagnetice (v. electromagnet) etc. *Sensul convențional* al curentului, adoptat de la construirea primelor pile electrice (cînd nu era cunoscut mecanismul conductibilității metalelor), este sensul de mișcare a particulelor pozitive, opus celui de mișcare a electronilor. Curentul electric este caracterizat de intensitatea curentului electric și de densitatea de curent. După natura particulelor încărcate, curentul electric poate fi: de conducție, de convecție, de deplasare, de polarizație sau molecular. Deplasarea dirijată a sarcinilor elementare (electronii) sau a particulelor microscopice încărcate electric constituie *curentul electric de convecție*. După natura particulelor în mișcare (numite *purtători de sarcină*), există *curent ionic*, *electronic* sau *lacunar (de goluri)*. *Curentul electric de convecție* constă în deplasarea dirijată, relativă la mediul considerat, a unor sisteme de particule încărcate electric. *Curentul de deplasare* este denumirea dată oricărui flux electric variabil în timp, capabil să producă un câmp magnetic rotațional. Deplasarea relativă a purtătorilor de sarcină legați, care duce la polarizarea electrică a corpurilor, se numește *curent electric*

de polarizație. Curentul molecular (sau amperian) constă în mișcarea pe orbite închise, de dimensiuni submoleculare, sau rotația în jurul axelor proprii a particulelor elementare încărcate electric.

2. Intensitate a curentului electric (1).

**curent electric continuu**, curent electric a cărui intensitate (și sens) nu variază în timp.

**curent electric alternativ**, curent electric a cărui intensitate își schimbă sensul în mod periodic, atingând valori maxime egale, într-un sens și în altul. În general, sînt utilizați curenți alternativi, a căror intensitate (fig. 80) variază după legea:

$$I = I_0 \sin(\omega t + \varphi_0),$$

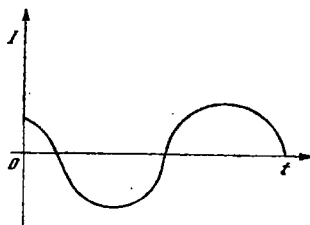


Fig. 80

unde  $\omega$  este pulsația,  $\varphi_0$  — faza inițială,  $I_0$  — amplitudinea curentului. Intensitatea oricărui curent alternativ se poate descompune într-o sumă de termeni, avînd forma de mai sus.

**curenți electrici Foucault (sau turbionari)**, curenți electrici de conducție care iau naștere prin inducție în conductorii situați într-un câmp magnetic variabil. Formarea lor duce la pierderi de energie prin efect Joule-Lenz, deci la micșorarea randamentului instalației electrice. De aceea, în scopul micșorării acestor pierderi, miezurile circuitelor magnetice (ex.: la mașini

electrice, transformatoare etc.) se confecționează din tole subțiri, izolate între ele.

**curgere**, mișcare de ansamblu a unei cantități de fluid printr-un spațiu închis. Curgerea unui fluid viscos printr-un tub, astfel încît liniile de curent rămîn paralele între ele și cu axa tubului, se numește *laminară* și are loc pentru numărul Reynolds  $Re < 2\ 400$ . Dacă în timpul curgerii liniile de curent nu mai sînt paralele cu axa tubului și între ele, iar în interiorul fluidului se formează vârtejuri (sau turbioane), curgerea se numește *turbionară*; ea se produce pentru  $Re > 2\ 400$ .

**curgere staționară v. debit.**

**curle (Ci)**, unitate de măsură a activității radioizotopilor, egală cu  $3,7 \cdot 10^{10}$  dezintegrări pe secundă (ce reprezintă activitatea unei mase de radiu) de 1 g.

**Curie [cūri], Pierre (1859—1906)**, fizician francez. Membru al Academiei de Științe din Paris. A efectuat cercetări în domeniul cristalelor, al magnetismului și al radioactivității. A descoperit fenomenul de piezoelectricitate (1880) și a elaborat o serie de lucrări cu privire la simetria cristalelor. Împreună cu soția sa, Maria Skłodowska, a descoperit elementele radiu și poloniu (1898) și a cercetat radioactivitatea acestora. Premiul Nobel (1903).

**Curie-Sklódowska [cūri sclodófska], Maria (1867—1934)**, fiziciană și chimistă franceză de origine poloneză. Membră a Academiei de Științe din Paris. Împreună cu soțul său, Pierre Curie, a separat radiul dintr-un minereu de uraniu și a descoperit poloniul. Premiul Nobel pentru fizică (1903) și pentru chimie (1911).

# D

**debit** (masic,  $Q_m$  sau volumic,  $Q_V$ ), mărime fizică ce reprezintă cantitatea (masă sau volum) de fluid sau material mărunț care străbate o secțiune transversală în unitatea de timp. În cazul curgerii unui fluid printr-o conductă de secțiune variabilă (fig. 81), pentru diferite porțiuni ale acesteia debitul volumic este dat de relația:

$$Q_V = Sv,$$

în care  $S$  este secțiunea transversală a conductei, iar  $v$  — viteza fluidului, în general variabilă în timp. Dacă valoarea sa rămâne constantă în timp, adică  $S_1v_1 = S_2v_2$ , curgerea fluidului este staționară. Debitul se măsoară în kilograme pe secundă, respectiv în metri cubi pe secundă.

**debye** (D), unitate de măsură a momentului electric al microparticulelor. Relația de echivalență cu unitatea corespunzătoare din SI este:

$$1 \text{ D} = 3,33564 \cdot 10^{-30} \text{ C}\cdot\text{m}.$$

**Debye** [dəbái], Peter (1884—1966), fizician și chimist german de origine olandeză, stabilit în S.U.A. A cercetat structura cristalelor cu ajutorul radiației X și a dezvoltat teoria electrolitelor tari. A elaborat teoria dipolilor moleculari în domeniul fizicii dielectricilor și teoria cuantică a căldurii specifice a cristalelor. Premiul Nobel pentru chimie (1936).

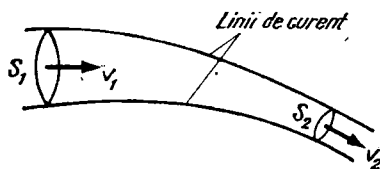


Fig. 81

**decelerație** v. mișcare mecanică.

**decibel** (dB) 1. Unitate de măsură a nivelului de presiune acustică. Reprezintă nivelul presiunii acustice al cărei raport față de pragul convențional de presiune acustică de  $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ , luat ca nivel zero, are logaritmul zecimal înmulțit cu 20 egal cu unitatea. 2. Unitate de măsură frecvent utilizată în electronică și telecomunicații, a nivelului de transmisiune, a atenuării și amplificării. V. neper.

**decrement** logaritm v. oscilație amortizată.

**defazaj** v. oscilație.

**defect de masă** ( $\Delta$ ) 1. Diferența dintre masa  $M$  a nucleului unui element (măsurată în unități atomice de masă) și numărul său de masă  $A$ :

$$\Delta = M - A.$$

Apariția sa este determinată de existența forțelor nucleare care, în momentul formării nucleului, duc la eliberarea unei energii egale cu

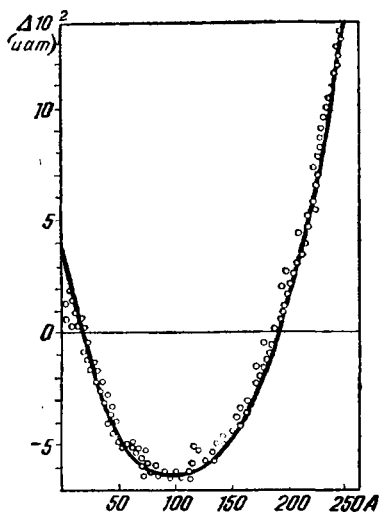


Fig. 82

energia de legătură a particulelor constituente. Defectul de masă este pozitiv pentru elementele ușoare, negativ pentru elementele al căror număr de ordine este cuprins între  $Z = 10$  (Ne) până la  $Z = 72$  (Hf) inclusiv, și din nou pozitiv până la sfârșitul sistemului periodic (fig. 82). El poate fi determinat experimental pentru diferiți izotopi ai unui element cu precizii diferite, erorile crescând cu creșterea numărului de masă. O mărime mai puțin supusă erorilor, introdusă în scopul determinării energiei de legătură, este fracția de îngrămădire.

2. Diferența dintre suma maselor particulelor (ex.  $A$  și  $a$ ) intrate într-o reacție și suma maselor particulelor (ex.  $B$  și  $b$ ) rezultate:

$$\Delta = (M_A + M_a) - (M_B + M_b).$$

**defect în cristal**, abatere a rețelei cristaline de la configurația ei

ideală (v. cristal). Se disting următoarele tipuri de defecte în cristal: electronii liberi și golurile, excitonii, fotonii, fononii, atomii de impuritate (v. semiconductor), defectele tip Frenkel și Schottky, dislocațiile, particulele nucleare care străbat cristalul. Prin mișcarea lor, *electronii liberi* produc deformarea rețelei cristaline; ei constituie astfel centre de împrăștiere a altorsarcini electrice, precum și a fotonilor și fononilor. În mod analog se comportă și golurile, care sînt însă sarcini pozitive. *Fotonii* pot fi considerați ca defecte numai atunci cînd la traversarea cristalului provoacă transformări ale acestuia. Un astfel de foton există ca atare un timp limitat pentru că el este repede absorbit, energia sa fiind preluată fie de o fonon sau de un exciton, fie de o pereche electron liber-gol pozitiv. *Defectul de tip Schottky* constă în necompletarea unui nod al rețelei ducînd la formarea unui *gol* (numit *vacanță*), atomul care ar trebui să aparțină acestui nod fiind deplasat către suprafața solidului (fig. 83). *Defectul de tip Frenkel* constă în deplasarea unui atom din nodul

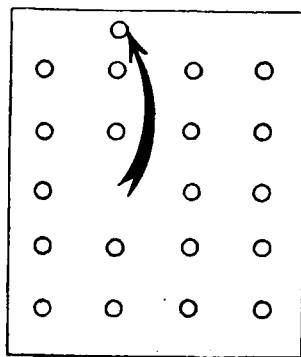


Fig. 83

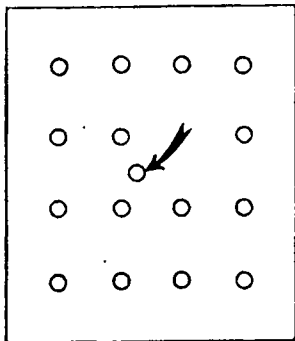


Fig. 84

în care se află, spre spațiul (interstițiul) dintre alte noduri (fig. 84).

**defectoscopie**, examinarea cu diferite mijloace nedistructive a diferitelor piese și materiale, în scopul obținerii de informații în legătură cu discontinuitățile proprietăților fizice ale acestora (fisuri, goluri etc.). Cuprinde următoarele ramuri:

— *defectoscopia cu radiații gama*, în care radiația  $\gamma$  a unui radioizotop (ex.  $^{60}\text{Co}$ ) impresionează o placă fotografică sau un ecran fluorescent după ce a străbătut obiectul examinat, punând astfel în evidență neomogenitățile acestuia;

— *defectoscopia cu radiații X*, frecvent utilizată, oferă atât o metodă fotografică de cercetare (examinare radiografică) cât și o metodă directă de observare, pe un ecran fluorescent (examinare radioscopică), a imaginii obiectului studiat; fasciculele de raze X care au străbătut straturi de grosimi diferite au diferite intensități și impresionează în mod diferențiat placa sau ecranul utilizat;

— *defectoscopia cu ultrasunete*, prin care se pot depista neomogenitățile structurale determinând variațiile

intensității undelor ultrasonore reflectate sau a celor transmise;

— *defectoscopia cu neutroni*, utilizată în studiul structurii obiectelor de mari dimensiuni, pentru localizarea defectelor situate în profunzime; variația intensității fluxului de neutroni transmis este un indicu asupra neomogenității obiectului examinat;

— *defectoscopia electromagnetică*, folosită pentru descoperirea defectelor de suprafață (sau de mică adâncime) a obiectelor feromagnetice, prin plasarea acestora într-un câmp electromagnetic și acoperirea lor cu o emulsie de pulbere de fier în petrol; aglomerarea pulberii de fier în anumite regiuni indică prezența defectelor.

**deficit higrometric** (sau de saturatie) v. higrometrie.

**deflector**, dispozitiv ce creează un câmp electric sau magnetic, utilizat în scopul devierii (*deflexiei*) traiectoriilor particulelor încărcate într-un accelerator sau a fascicului de electroni într-un tub catodic.

**deflexie** v. deflector.

**deformație elastică**, deformație a unui corp care se anulează odată cu cauza (forță sau tensiune) ce a produs-o.

O bară de lungime  $l$ , secțiune  $S$  supusă unei forțe de întindere  $F$  suferă o *deformație de întindere*

relativă  $\frac{\Delta l}{l}$  proporțională cu efor-

tul unitar de întindere:

$$\frac{\Delta l}{l} = k \frac{F}{S} = \frac{1}{E} \frac{F}{S},$$

în care  $k$  este coeficientul de elasticitate ce depinde de natura materialului, iar  $E$  — modulul de elasticitate. Energia potențială a barei deformată are expresia:

$$E_p = \frac{1}{2} \frac{ES}{l} \Delta l^2.$$

Un corp de volum  $V$  supus unei presiuni  $p$  uniforme pe toate fețele sale (fig. 86) suferă o *deformație de comprimare*, adică o variație relativă de volum  $\frac{\Delta V}{V}$  proporțională cu presiunea  $p$ :

$$\frac{\Delta V}{V} = -k'p = -\frac{1}{\alpha} p,$$

semnul „-“ arătînd că volumul scade atunci cînd presiunea crește;  $k'$  este coeficientul de compresiune ce depinde de natura corpului, iar  $\alpha$  — modulul de compresibilitate. O grindă elastică  $G$ , fixată la un capăt și supusă unei forțe transversale  $F$  (fig. 85), suferă o *deformație de încovoiere*, săgeata  $s$  fiind dată de relația:

$$s = c \frac{1}{E} \frac{Fl}{S},$$

în care  $E$  este modulul de elasticitate,  $l$  — lungimea și  $S$  — secțiunea barei, iar  $c$  — un coeficient ce depinde de profilul secțiunii. O bară cilindrică, încastrată la un capăt și supusă unui cuplu de forțe la celălalt, suferă o *deformație de răsucire* (prin torsiune) de un unghi

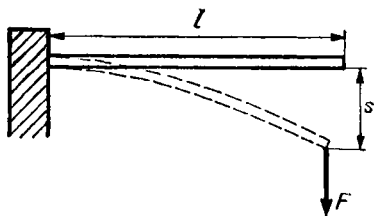


Fig. 85

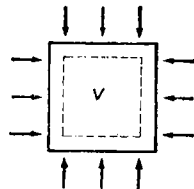


Fig. 86

$$\varphi = \frac{2}{\pi G r^4} M l,$$

în care  $r$  este raza barei,  $l$  — lungimea ei,  $M$  — momentul cuplului ce produce torsiunea, iar  $G$  — modulul de forfecare.

*Deformația de forfecare* se produce sub acțiunea unei forțe  $F_t$  tangentă la suprafața asupra căreia acționează și constă în alunecarea straturilor corpului unele peste altele, paralel cu ele înseși. Unghiul de forfecare  $\Psi \approx \frac{bb'}{ab} = \frac{bb'}{d}$

(fig. 87) este dat de expresia:

$$\Psi = n \frac{F_t}{S} = n \tau = \frac{1}{G} \tau,$$

în care  $S$  este secțiunea corpului,  $n$  — coeficientul de forfecare,  $\tau$  — efortul unitar de forfecare, iar  $G$  — modulul de forfecare.

*deformație plastică (sau neelastică)*, deformație a unui corp ce se

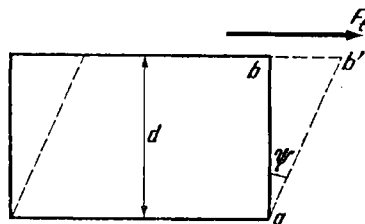


Fig. 87

menține parțial (sau total) și după înlăturarea cauzei care a produs-o.

**degenerescență** v. nivel energetic.

**demagnetizare**, procesul de trecere a unui corp din starea de magnetizare în stare magnetică neutră, în care atît inducția magnetică cît și magnetizația sînt nule. Poate avea loc fie prin introducerea materialului magnetizat într-un cîmp magnetic de sens contrar (produs de un curent electric), fie prin încălzirea materialului la o temperatură superioară punctului Curie. La magneții permanenți, demagnetizarea poate să apară ca o consecință a unui proces de îmbătrînire a materialului.

**Democrit** (c. 460—370 î.e.n.), filozof grec. Fondator al concepției atomiste. După Democrit, corpurile materiale sînt alcătuite din particule indivizibile (atomi), separate prin vid, iar diversitatea fenomenelor și corpurilor din natură se explică prin aceea că atomii diferă între ei ca formă și mărime, avînd proprietatea de a intra în combinații diverse.

**demodulație**, proces de obținere a semnalului modulator al unei oscilații modulate (în amplitudine, în fază sau în frecvență). Este operația inversă modulației.

**densimetru** v. areometru.

**densitate** (masă specifică sau volumică,  $\rho$ ), mărime egală cu limita raportului dintre masa  $\Delta m$  a unui element de volum  $\Delta V$  al unui corp și elementul de volum, cînd acesta din urmă tinde către zero:

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{dm}{dV}.$$

Raportul dintre masa  $m$  și volumul  $V$  al unui corp neomogen

reprezintă *densitatea medie*. În cazul unui corp omogen, densitatea este numeric egală cu masa unității de volum. Depinde de natura corpurilor și variază cu temperatura, iar în cazul gazelor, în mod sensibil și cu presiunea acestora. Dacă  $\rho_0$  este densitatea unui corp la  $0^\circ\text{C}$ , densitatea sa la temperatura  $t$  este în primă aproximație:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \alpha t},$$

unde  $\alpha$  este coeficientul de dilatare în volum. Densitatea se măsoară în kilograme pe metru cub (în SI) sau în unități tolerate  $\text{g/cm}^3$ . Uneori se utilizează *densitatea relativă*  $\rho_r$ , definită ca raportul între densitatea substanței date și densitatea unei substanțe de referință  $\rho_0$ :

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_0}.$$

Substanțele de referință sînt, în cazul corpurilor lichide, apa — la  $277,16\text{ K}$  și presiune atmosferică normală, iar pentru gaze, aerul — în condiții fizice normale.

**densitate a fluxului de energie radiantă**, intensitate de radiație.

**densitate a stărilor cuantice** [ $N(W)$ ], mărime egală cu numărul stărilor cuantice energetice ce revin intervalului unitate de energie (în jurul valorii  $W$  a energiei din unitatea de volum). Poate fi stabilită cu ajutorul relațiilor de nedeterminare Heisenberg și a principiului excluziunii, avînd expresia:

$$N(W) = \frac{4\pi m (2mW)^{1/2}}{h^3},$$

unde  $m$  este masa electronului, iar  $h$  — constanta Planck. Cu ajutorul acestei mărimi și al funcției de distribuție Fermi-Dirac, se poate



calcula numărul electronilor cu energia cuprinsă într-un interval dat, precum și energia medie a electronilor din metal. V. statistică.

**densitate de curent ( $j$ )**, mărime vectorială locală și instantanee ce caracterizează curentul produs de sarcinile electrice în mișcare, al cărei flux printr-o suprafață închisă  $S$  de arie  $A$  este egal cu intensitatea  $I$  a curentului electric ce trece prin acea suprafață:

$$I = \int_A \mathbf{j} \cdot d\mathbf{S},$$

în care  $d\mathbf{S} = \mathbf{n}dS$ ,  $\mathbf{n}$  fiind versorul normalei. Dacă curentul electric este uniform repartizat, densitatea de curent este constantă și numeric egală cu sarcina electrică ce străbate unitatea de suprafață transversală  $S_n$  în unitatea de timp, sau:

$$j = \frac{I}{S_n}.$$

După natura curentului electric, densitatea poate fi de conducție, de convecție sau de deplasare. Se măsoară în amperi pe metru pătrat.

**densitate de energie (energie specifică sau volumică,  $w$ )**, mărime egală cu limita raportului dintre cantitatea de energie  $\Delta W$  existentă într-un element de volum  $\Delta V$  al unui corp și elementul de volum, când acesta din urmă tinde către zero:

$$w = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta V} = \frac{dW}{dV}.$$

În cazul unei repartizări uniforme a energiei,  $w$  are o valoare constantă și este numeric egală cu raportul dintre energia  $W$  și volumul  $V$  ale mediului considerat. Unitatea de măsură în SI este

joule-ul pe metru cub. Pentru caracterizarea distribuției superficiale și a celei liniare a energiei corpurilor, se definesc în mod analog densitățile *superficială* și, respectiv, *liniară* de energie.

**densitate de probabilitate v. funcție de undă.**

**densitate de sarcină (sarcină specifică sau volumică,  $\rho$ )**, mărime egală cu limita raportului dintre sarcina electrică  $\Delta q$  a elementului de volum  $\Delta V$  al unui corp și elementul de volum, când acesta din urmă tinde către zero:

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{dq}{dV}.$$

În SI se măsoară în coulombi pe metru cub. În mod analog, se definesc (pentru un element de suprafață sau unul de lungime) densitățile *superficială* și, respectiv, *liniară* de sarcină.

**densitate optică v. extincție.**

**densitometru**, aparat de măsurat densitatea optică a materialelor fotografice. Funcționează pe principiul fotometrelor, permițând măsurarea cu mare precizie a intensităților radiației incidente pe eșantionul fotografic și radiației transmise (*densitometru cu transmisie*) sau reflectate (*densitometru cu reflexie*).

Există densitometre vizuale și densitometre cu celulă fotoelectrică. Densitometrele pentru pelicule colorate conțin și un monocromator sau un set de filtre monocromatice. V. sensitometrie.

**deplasare electrică, inducție electrică.**

**deplasare izotopică v. spectru (4).**

**deplasare radioactivă v. reguli de deplasare.**

deplasare spre roșu, efect de creștere aparentă a lungimii de undă a luminii emise de către o sursă care se îndepărtează de observator, față de lungimea de undă corespunzătoare sursei în repaus relativ (față de acesta). Poate fi explicat ca o consecință directă a efectului Doppler. Deplasarea liniilor spectrale spre roșu, când distanța relativă crește, sau spre violet, când distanța relativă descrește, constituie un mijloc de investigație atât la scară atomică și nucleară, cât și la scară astronomică. Fenomenul a fost descoperit, între 1925 și 1929, de astronomii americani V.M. Slipher și E.P. Hubble.

deplasare Wien v. corp negru.

depolarizare 1. Micșorare, în urma unor anumite fenomene (ex. împrăștiate), a gradului de polarizare a luminii.

2. Proces prin care un material sau un corp, polarizate electric, trec în starea în care atât inducția electrică cât și polarizația electrică sînt micșorate (uneori pînă la zero).

descărcare electrică, fenomen de trecere a curentului electric printr-un dielectric, sub acțiunea unui cîmp electric extern. În condiții ideale, gazele sînt perfect izolante, deoarece nu conțin purtători de sarcini electrice liberi (electroni sau ioni). Gazele reale conțin însă întotdeauna un mic număr de purtători în unitatea de volum, deci conduc curentul electric, datorită unei ionizări naturale sub acțiunea unor agenți permanenți ca: radiația cosmică, radioactivitatea Pămîntului, radioactivitatea elementelor raniu și toriu din atmosferă; astfel, conductivitatea aerului atmosferic din vecinătatea suprafeței Pămîntului este de ordinul  $10^{-14} \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ . Un gaz poate

fi îmbogățit în sarcini electrice libere și pe cale artificială, trimițînd asupra sa un fascicul de raze X sau alte radiații ionizante, introducînd în volumul său un filament încălzit care emite electroni sau ioni pozitivi, încălzindu-l la temperaturi suficient de înalte etc.

Dacă între doi electrozi, aflați într-un gaz oarecare, se aplică o tensiune electrică  $U$ , ionii pozitivi și negativi și electronii pot fi sustrași parțial sau total de la mișcarea lor dezordonată și antrenați către electrozii corespunzători (sarcinile pozitive către catod, cele negative către anod), astfel că un instrument sensibil, inserat în circuit, va indica trecerea unui curent electric. Pentru cîmpuri electrice  $E$  nu prea mari, mișcarea ionilor către electrozi poate deveni uniformă, cu vitezele  $v_n$  (pentru ionii negativi) și  $v_p$  (pentru ionii pozitivi) constante și proporționale cu intensitatea cîmpului electric:  $v_n = \mu_n E$ ,  $v_p = \mu_p E$  (unde  $\mu_n$  și  $\mu_p$  sînt *mobilitățile* ionilor). Dacă  $e$  este valoarea sarcinii purtate de fiecare ion, iar  $n$  — concentrația ionilor pozitivi (egală cu cea a ionilor negativi), atunci intensitatea  $I$  a curentului electric din circuit este:

$$I = en(\mu_p + \mu_n)SE,$$

unde  $S$  este aria electrozilor plan-paraleli folosiți. Dacă  $l$  este distanța dintre electrozi, atunci  $E = \frac{U}{l}$  și, notînd  $\rho = 1/en(\mu_p + \mu_n)$ , expresia de mai sus a intensității curentului poate fi scrisă sub forma:

$$I = \frac{U}{\rho \frac{l}{S}},$$

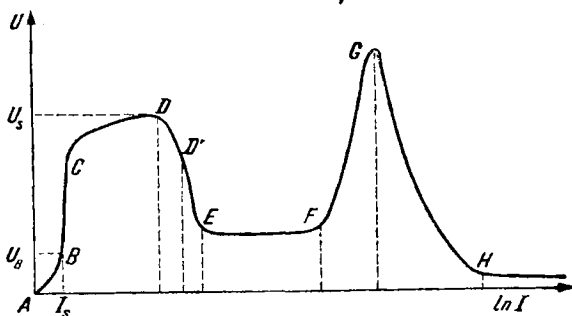


Fig. 88

care este legea Ohm pentru porțiunea de circuit de lungime  $l$  reprezentată prin spațiul gazos, ionizat, dintre cei doi electrozi plan-paraleli. Expresia  $e_n(\mu_p + \mu_n)$  reprezintă conductivitatea electrică a gazului. Dacă valoarea intensității cîmpului electric nu este prea mare, aceasta rămîne constantă (independentă de  $E$  sau de  $U$ ) și, prin urmare, intensitatea curentului  $I$  (fig. 88) crește liniar cu creșterea tensiunii  $U$  aplicată între electrozi (porțiunea  $AB$ ). De la o anumită valoare a tensiunii ( $U_B$ ), cîmpul electric dintre electrozi poate deveni destul de intens, astfel încît toți ionii formați în unitatea de timp în volumul gazului să fie captați de electrozi. Pentru tensiuni mai mari decît  $U_B$ ,  $I$  nu mai poate crește și păstrează o valoare constantă, numită intensitate de saturație ( $I_s$ ). Continuînd creșterea tensiunii, la un moment dat, este atinsă (în  $C$ ) o valoare deasupra căreia curentul începe din nou să crească, de această dată destul de brusc. Dacă rezistența aflată în circuitul exterior nu este prea mică, se poate obține o porțiune  $CD$  a caracteristicii, corespunzătoare unei descărcări de tip Townsend destul

de bine stabilizată. Mărind în continuare tensiunea aplicată între electrozi, se ajunge la o anumită valoare  $U_S$  de la care creșterea curentului este însoțită de o scădere bruscă a diferenței de potențial dintre electrozi, iar intervalul de descărcare devine luminos. Tensiunea  $U_S$  poartă numele de potențial de aprindere (de străpungere sau disruptiv). Descărcarea corespunzătoare porțiunii  $DE$  (cu pantă negativă) a caracteristicii se numește descărcare luminescentă sub-normală. Această regiune este foarte greu de stabilizat, mai ales în partea ei superioară, în apropierea punctului  $D$ , și, dacă nu sînt luate precauții speciale, descărcarea trece aproape instantaneu în regimul de descărcare luminescentă normală, reprezentat prin porțiunea  $EF$  a caracteristicii, unde tensiunea între electrozi rămîne constantă la variația curentului. Dacă electrozii descărcării au virfuri foarte ascuțite, dînd posibilitatea apariției unor intensități locale mari ale cîmpurilor electrice, iar în circuitul exterior există o rezistență suficient de mare, în jurul acestor virfuri se poate dezvolta o descărcare în coroană ca un stadiu inițial al descărcării

luminescente (v.). În acest caz, descărcarea subnormală corespunde regiunii  $D'E$  a caracteristicii. În descărcarea normală, suprafața catodului este numai parțial acoperită de descărcare, creșterea curentului fiind însoțită de creșterea ariei luminoase ce acoperă catodul, astfel că densitatea de curent rămâne constantă, purtând numele de densitate normală de curent. Cu creșterea curentului (prin micșorarea rezistenței circuitului exterior descărcării) porțiunea luminoasă ajunge să acopere întreaga suprafață a catodului; densitatea de curent nu mai rămâne constantă, ci crește, crescând totodată și tensiunea dintre electrozi. Acesta este un nou regim de descărcare, numit *descărcare luminescentă anormală*, fiind reprezentat prin porțiunea  $FG$  (cu pantă pozitivă) a caracteristicii. Dacă tensiunea și curentul sînt destul de mari (punctul  $G$  al caracteristicii), bombardamentul ionic al catodului poate deveni atît de intens, încît catodul se încălzește pînă la incandescență, ceea ce duce la apariția unei puternice emisii termoelectronice din catod și astfel la un regim de tranziție  $GH$  către o altă formă de descărcare, arcul electric (dincolo de  $H$ ). Cît timp tensiunea  $U$  este mai mică decît cea de aprindere  $U_s$ , agenții ionizanți externi au rol principal, suprimarea lor ducînd la anularea curentului electric. În acest domeniu al tensiunilor, descărcarea se produce atît timp cît există factorul ionizant extern care o întreține, fiind numită *descărcare întreținută* (sau *neautonomă*). După aprindere însă, factorul ionizant poate fi îndepărtat, căci descărcarea se poate autoîntreține datorită proceselor elementare din volumul său și de la electrozi, devenind astfel *independentă* (sau *autonomă*). Dintre descărcările realizate în

curent alternativ, cele de înaltă frecvență au avantajul că pot fi produse și cu electrozi exteriori tubului de descărcare (descărcări fără electrozi sau inelare). În general, astfel de descărcări pot fi: în coroană, în arc, în scîncie, în torță etc.

**descărcare în camera toroidală**, descărcare electrică fără electrozi, realizată într-un spațiu vidat mărginit de o suprafață în formă de tor. Camera toroidală este confecționată din materiale izolante (sticlă, porțelan, cuarț) sau din metale (mai ales în instalațiile moderne, de dimensiuni mari). Camerele cu pereți metalici se pot compune fie dintr-o serie de secțiuni inelare, izolate între ele, fie dintr-un tor continuu. Metalul folosit este, de obicei, un oțel special inoxidabil, fără proprietăți feromagnetice. Este utilizată în scopul studierii proprietăților plasmelor fierbinți, absența electrozilor conferind acestei descărcări calități superioare față de descărcările rectilini cu electrozi; sînt astfel înlăturate o serie de neajunsuri ca: pierderile de energie datorate încălzirii puternice a electrozilor, impurificarea gazului din incintă în urma contactului plasmă cu electrozii

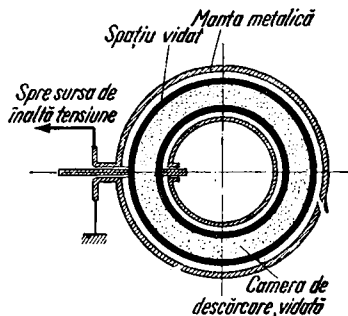


Fig. 89

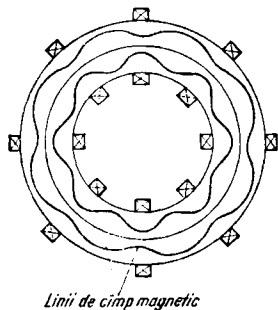


Fig. 90

(datorată evaporării sau pulverizării lor) etc. Curentul de descărcare prin gazul care umple camera toroidală este excitat pe cale inductivă cu ajutorul unor înfășurări primare din jurul torului, străbătute de un curent electric foarte intens provenit, de regulă, de la o baterie de condensatori de mare capacitate (fig. 89). Aprinderea descărcării în camera toroidală se face fie cu ajutorul tensiunii induse, fie prin alte mijloace, cum ar fi aprinderea preliminară a unei descărcări auxiliare de înaltă frecvență. Pentru a mări stabilitatea șnurului de plasmă în regiunea axială a camerei toroidale, pe pereții camerei se montează o serie de bobine care creează o anumită neuniformitate a liniilor de câmp magnetic, dându-le un aspect ondulat (fig. 90). Camera toroidală cu astfel de câmp se mai numește *tor gofrat*. Instalația în care camera toroidală este răsucită în formă de opt se numește *stelator* (v. capcană magnetică).

**descărcare în coroană** (sau **efect corona**), descărcare electrică autonomă ce ia naștere în jurul electrozilor cu rază de curbură foarte mică, cum ar fi electrozii

sub formă de vîrf ascuțit, de fir cilindric foarte subțire etc., cînd intensitatea impulsului electric de la suprafața lor depășește o anumită valoare. Astfel, de exemplu, dacă se aplică o diferență de potențial între doi electrozi, unul sub formă de vîrf ascuțit, iar celălalt de placă, în jurul vîrfului se va forma o mică regiune luminoasă — descărcarea în coroană — înainte ca tensiunea dintre electrozi să atingă valoarea potențialului de străpungere a spațiului gazos vîrf-placă. Această descărcare se datorește cîmpului electric foarte intens din vecinătatea electrodului cu rază mică de curbură (vîrf), care duce atît la ionizarea gazului din acea regiune și deci la apariția de sarcini electrice libere în spațiul dintre electrozi, cît și la excitarea lui, ceea ce face ca acea regiune să devină luminoasă. În cazul în care coroana se formează în jurul unui singur electrod, descărcarea se numește *unipolară* (*pozitivă* sau *negativă* — după cum acesta este pozitiv sau negativ); dacă ambii electrozi sînt vîrfuri (sau, în general, au raze mici de curbură), pe fiecare din ei formîndu-se cite o coroană, descărcarea se numește *dipolară*. În spațiul exterior regiunii luminoase, cîmpul electric are o valoare mult mai mică, ceea ce face ca purtătorii de sarcină să se deplaseze cu o viteză inferioară, fără să producă excitări și ionizări prin ciocniri. Datorită faptului că descărcările corona pot apare, uneori destul de ușor, în jurul conductorilor de înaltă tensiune, înlăturarea lor în aceste cazuri este deosebit de importantă, pentru a nu se produce pierderi de putere prin „surgeri corona” și deteriorări ale unor piese. Efectul corona are însă și utilizări tehnice, cum ar fi la separatoarele de pulberi (electrofiltru).

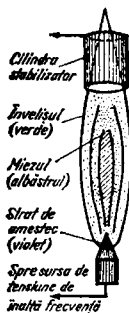


Fig. 91

**descărcare în torță**, descărcare electrică în câmp alternativ de înaltă frecvență, produsă în aer sau într-un gaz oarecare aflat la presiunea atmosferică, având forma unei flăcări de luminare (fig. 91) fixată într-un punct al circuitului în care se află un ventru al tensiunii alternative. În mod obișnuit, torța se dezvoltă la frecvențe de ordinul  $10^7$ — $10^8$  Hz, având puteri de ordinul sutelor de wați. Lungimea ei depinde, proporțional, de amplitudinea potențialului electric în punctul de fixare. Este folosită în spectroscopie ca sursă spectrală. Temperatura ei, cuprinsă între aprox. 3 500 și 4 500 K, poate fi variată prin modificarea puterii și frecvenței generatorului de tensiune. Cea mai mare temperatură este în regiunea centrală a torței, numită miezul descărcării.

**descărcare luminescentă**, descărcare electrică autonomă în gaze, care prezintă zone luminoase caracteristice. Aceste zone sînt vizibil distincte mai ales în cazul descărcărilor luminescente la care presiunea gazului din spațiul descărcării este joasă, de ordinul  $10^{-1}$ — $10^{-2}$  Torr, intensitatea curentului (pentru suprafața catodului de ordinul  $1 \text{ cm}^2$ ) — de

$10^{-2}$ — $1 \text{ mA}$ , tensiunea de ardere fiind de cîteva sute de volți. Colorațiunile și luminozitatea diferitelor zone luminoase depind de natura gazului folosit și de condițiile de ardere, dar succesiunea lor, în orice descărcare luminescentă în curent continuu, este aceeași. Astfel, există în primul rînd un spațiu întunecos foarte îngust (uneori inobservabil) din fața catodului numit *spațiul întunecos Aston*, care separă suprafața catodului de o regiune luminoasă, de asemenea foarte îngustă, numită *lumina catodică* (sau pelicula catodică luminescentă); urmează un nou spațiu întunecos, numit *spațiul întunecos Crookes* (sau *Hittorf*) sau *primul spațiu întunecos catodic*. De fapt, în acest spațiu există o anumită luminozitate a gazului care este foarte slabă și, de aceea, el apare întunecat față de regiunile vecine. Regiunea, cea mai luminoasă zonă a descărcării, numită *lumina negativă*, urmează după spațiul întunecos catodic, fiind net delimitată. Luminozitatea ei este maximă în regiunea mijlocie, scăzînd apoi difuz către anod. Următoarea zonă, de luminozitate foarte slabă, este *spațiul întunecos Faraday* a cărui lungime este proporțională cu diametrul tubului de descărcare, fiind în general mai mare decît lungimea luminii negative. Urmează apoi *coloana pozitivă*, ce ocupă întreaga regiune dintre spațiul întunecos Faraday și părțile anodice ale descărcării. Concentrația ionilor pozitivi în coloana pozitivă este aprox. egală cu concentrația electronilor. Ea apare fie ca o coloană de strălucire uniformă, fie stratificată ca o succesiune de straturi mai luminoase și mai puțin luminoase (întunecoase). Părțile anodice ale descărcării sînt: *spațiul întunecos anodic*, de grosime foarte mică (doar la presiuni foarte joase, de ordinul  $10^{-3}$  Torr,

poate avea o grosime apreciabilă), și lumina anodică, ce urmează acestui spațiu și este în contact direct cu suprafața anodului.

În mecanismul de autoîntreținere al descărcării luminescente, rolul esențial îl au părțile catodice și mai ales spațiul întunecos catodic și lumina negativă. Electronii ce părăsesc suprafața catodului cu o energie de câțiva electronvolți sînt puternic accelerați de cîmpul electric din fața catodului, astfel că, pe o distanță foarte mică, energia lor cinetică devine egală cu cea corespunzătoare maximului funcției de excitație a atomilor. Ca urmare a excitărilor prin ciocniri electronice, se formează astfel primul strat luminos — lumina catodică. După ce au pierdut aproape întreaga energie prin excitație, electronii sînt din nou accelerați pînă la viteze foarte mari, pentru care probabilitatea de excitație este mică, iar cea de ionizare devine însemnată; apar noi purtători de sarcină, împreună cu un mare număr de atomi excitați, formîndu-se astfel lumina negativă. Electronii proveniți din suprafața catodului și, eventual, din spațiul întunecos (mai ales în regim normal) întretin o puternică ionizare și excitație în zona luminii negative, iar ionii pozitivi și fotonii din lumina negativă ce cad pe catod contribuie la menținerea unor procese de emisie electronică secundară, suficiente pentru autoîntreținerea descărcării. Dependența dintre densitatea de curent  $j$ , presiunea gazului  $p$ , căderea de tensiune catodică  $V_c$  și grosimea spațiului întunecos catodic  $d$ , este de forma:

$$\frac{j}{p^2} = K \frac{V_c^{3/2}}{(pd)^{5/2}},$$

unde constanta de proporționalitate  $K$  depinde de natura gazului

folosit, precum și de numărul ionizărilor efectuate de electroni în spațiul întunecos catodic. În regim normal acest număr este însemnat, deoarece grosimea spațiului întunecos  $d$  este mult mai mare decît drumul liber mediu de ionizare. În regim anormal,  $d$  este mult mai mic decît drumul liber mediu de ionizare și, ca urmare, în spațiul întunecos catodic nu au loc, practic, ionizări. Dacă descărcarea luminescentă anormală este realizată într-un gaz monoatomic (He, Ne, A, Kr, Xe), această constantă are forma:

$$K = \left( \frac{2q}{\pi m \sigma} \right)^{1/2},$$

în care  $q$  este sarcina ionului pozitiv,  $m$  — masa sa, iar  $\sigma$  — secțiunea eficace pentru procesul transferului de electron de la atomul neutru la ionul pozitiv, atunci cînd aceștia interacționează. Mărimile:  $j/p^2$ ,  $V_c$ ,  $pd$  poartă numele de parametri de similitudine.

descărcare Townsend, descărcare electrică în gaze, de tranziție între descărcarea obscură, neautonomă, și descărcarea luminescentă, autonomă. Intensitatea curentului de descărcare este atît de mică, încît deformarea cîmpului electrostatic dintre electrozi provocată de sarcina spațială poate fi, practic, neglijabilă. Dacă, de pe unitatea de arie a catodului, pleacă într-o secundă  $n_0$  electroni (primari), aceștia vor produce ionizarea atomilor întîlniți eliberînd noi electroni (secundari). Electronii secundari pot produce, la rîndul lor, electroni terțiari ș.a.m.d., formîndu-se astfel o avalanșă (*lavină*) de electroni ce se îndreaptă spre anod și una de ioni pozitivi ce se îndreaptă spre catod. Dacă numărul electronilor smuși din catod de către ioni pozitivi ai unei ava-

lanșe (precum și de către fotoni, atomii metastabili, atomii neutri rapizi etc. corespunzători) nu este suficient pentru ca, prin ionizări în volum, să reproducă numărul de ioni pozitivi, fotoni etc. (care să extragă din nou  $n_0$  electroni din catod), după încetarea ionizării exterioare, descărcarea se stinge (descărcare *intreținută*). Descărcarea este *autonomă* (*neintreținută*) dacă fiecare avalanșă electronică va fi urmată de extragerea din catod a unui număr de electroni egal cu cel care a provocat avalanșa. Această *condiție de staționaritate* a descărcării se exprimă prin relația:

$$\gamma(e^{\alpha d} - 1) = 1,$$

unde  $\alpha$  este numărul mediu de ionizări produse de un electron pe unitatea de parcurs, în direcția câmpului electric (coeficientul de ionizare în volum Townsend),  $\gamma$  — numărul mediu de electroni extrași din catod ca urmare a incidenței unui ion pozitiv, unui foton, unui atom metastabil sau unui atom neutru rapid, iar  $d$  — distanța dintre electrozii plan-paraleli ai descărcării.

**deschidere**, valoarea maximă a unei mărimi (liniare, unghiulare etc.) ce caracterizează extensia transversală a unei treceri pentru particule sau unde. Sin. *apertură*.

**deschidere numerică** v. putere separatoare.

**deschidere relativă** v. aparat fotografic.

**desorbție** v. adsorbție.

**destindere**, detentă.

**desublimare**, trecerea unui corp din faza gazoasă în faza solidă. Este transformarea de fază inversă sublimării.

**detector (de particule)**, aparat folosit la determinarea cantității sau tipului de radiații dintr-un mediu. Funcționează ca un transductor, transformând energia cinetică a particulelor incidente în energie electrică, ce poate fi ușor măsurată.

**detector cu cristal**, detector bazat pe modificarea conductibilității electrice a unui cristal la trecerea unei particule, datorită excitării atomilor componenți. Este format dintr-un cristal situat între doi electrozi (fig. 92) între care se

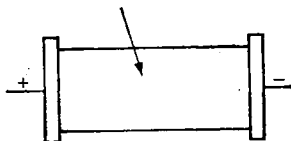


Fig. 92

aplică o diferență de potențial. Electronii liberi, produși de particula încărcată pătrunsă în cristal, trec în zona de conducție deplasându-se spre anod, iar golurile (pozitive) se îndreaptă către catod. Sarcinile ajunse pe electrozi produc un impuls de tensiune care, după amplificare, poate fi înregistrat. Pentru ca o parte din purtătorii de sarcină să nu fie captați de către defectele rețelei cristaline, se utilizează cristale cât mai pure și cu defecte minime, condiții pe care le satisfac diamantul, sulfura de zinc și sulful. Durata de viață a purtătorilor de sarcină determină și durata impulsului, care este de  $10^{-8}$ — $10^{-6}$  s. Mărimea impulsului întrece pe aceea din detectorul cu scînteii, întrucît energia de formare a unei perechi electron-gol într-un cristal este mai mică decît energia de formare a unei perechi de ioni în gaze. Numărul de astfel de perechi create de particula inci-



dentă este proporțional cu energia ei, ceea ce face ca acești detectori să fie folosiți în spectrometrele de masă. Un tip special de detector este detectorul cu semiconductor (ex. fosfură de galiu, sulfură de cadmiu, carbură de siliciu). De asemenea, se construiesc detectori cu joncțiuni semiconductoare care detectează particula ionizată în regiunea unde are loc schimbarea tipului de conducție. Durata impulsului prin joncțiune este de ordinul  $10^{-9}$  s, ceea ce permite utilizarea lor la studiul proceselor nucleare rapide. Alte avantaje, ce le recomandă pentru o utilizare din ce în ce mai mare, sînt dimensiunile mici (putînd fi introduse direct în camera vidată unde are loc reacția) și o bună rezoluție pentru determinarea spectrului energetic al diferitelor radiații.

**detector cu scînteii**, detector format din doi electrozi perfect paraleli și foarte apropiați, situați la o diferență de potențial suficient de mare, între care, la trecerea particulelor ionizante, au loc descărcări sub formă de scînteii. Catodul este format din mai multe plăci semicilindrice din material inoxidabil lustruit, iar anodul — dintr-un număr de fire de wolfram subțiri ( $\Phi = 0,1 \dots 1$  mm) perfect centrate pe axele semicilindrilor, conectate la un inel de cupru. Dacă prin regiunea dintre firele anodului și catod trece o particulă ionizantă, descărcarea se declanșează, conducînd la apariția unui impuls de tensiune ce se poate măsura. Timpul în care electronii primari ajung în vecinătatea firului unde cîmpul electric este intens, și apar ionizările secundare, determină momentul de apariție a descărcării. Inerția detectorului cu scînteii este de  $10^{-7}$  s (mai mică decît timpul mort

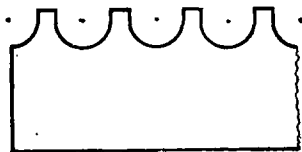


Fig. 93

al contorului Geiger-Müller), iar frontul impulsului se întinde pe o durată ce nu depășește  $10^{-8}$  s. Întrucît durata impulsului format este lungă, se utilizează un sistem de extincție exterior. Pentru mărirea sensibilității, se construiesc detectori avînd camere multifilare cu un număr mare de fire anodice și semicilindri catodici (fig. 93). Detectorii cu scînteii sînt sensibili la particule cu putere de ionizare specifică mare ca: protoni, particule  $\alpha$  etc. Pentru micșorarea inerției detectorului, s-a recurs la folosirea a două plăci metalice plan-paralele foarte apropiate; în acest fel timpul de declanșare a descărcării coboară la  $10^{-10}$  s.

**deteție**, demodulația oscilațiilor de înaltă frecvență modulate în amplitudine.

**detentă** (sau **destindere**), proces fizic în care are loc mărirea bruscă a volumului ocupat de un vas. V. efect Joule-Kelvin.

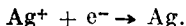
**deu** v. ciclotron.

**deuteriu**, izotop al hidrogenului, avînd nucleul format dintr-un proton și un neutron. Poate fi obținut prin distilarea fracționată a hidrogenului lichid sau prin electroliza apei grele. În tehnica nucleară este folosit drept combustibil termonuclear.

**deuteron**, nucleul elementului deuteriu; format dintr-un proton și un neutron, constituie o particulă-proiectil pentru bombardarea

altor nuclee și la obținerea neutronilor rapizi în acceleratoarele de particule. A fost identificat (1931) în spectrul optic obținut la evaporarea heliului lichid. Sin. *deuton*.

**developare**, proces de transformare a imaginii fotografice latente în imagine vizibilă, constând dintr-o reacție de reducere a ionilor de argint, din emulsia care a fost expusă, la argint metallic. Se realizează de obicei prin introducerea filmului, plăcii sau hîrtiei fotografice într-o soluție, numită *revelator*, care conține un agent reductător, numit *developator*. Acesta din urmă pune în libertate electronii  $e^-$  necesari pentru producerea reacției de reducere a ionilor de argint:



Soluția revelatoare reduce numai sărurile de argint impregnate de lumină, lăsînd intacte regiunile din emulsie ce conțin săruri neimpregnate. De regulă, ea conține patru feluri de substanțe chimice:

— developatorul;  
— substanțe de activare cum sînt carbonatul de sodiu, boraxul, hidroxidul de sodiu (foarte rar) etc., care au rolul de a înmuia gelatina emulsiei, ușurînd astfel pătrunderea developatorului la sărurile de argint;

— substanțe conservante (ca sulfitul de sodiu), care frînează reacțiile de combinare a developatorului cu oxigenul (din apă și din aer), împiedicînd astfel deteriorarea soluției revelatoare;

— substanțe activate (ca bromura de potasiu), avînd rolul de a împiedica developatorul să acționeze asupra granulelor de argint neimpregnate.

Pentru oprirea bruscă, la momentul potrivit, a procesului de developare, se folosește o baie cu acid

acetic glacial sau metabisulfid de potasiu, cu rolul de a neutraliza developatorul. După relevarea imaginii, emulsia este introdusă într-o baie cu fixator. Aceasta este o soluție ce conține tiosulfat de sodiu (numit, uneori, hiposulfid), cu adaos de metabisulfid de potasiu sau sulfid de sodiu. Fixatorul acționează asupra sărurilor de argint insolubile, reducîndu-le la săruri de argint solubile, care pot fi apoi antrenate în apa de spălare.

**dezexcitare**, revenire a unui sistem atomic sau nuclear dintr-o stare energetică superioară (stării fundamentale) într-o stare energetică inferioară. Dezexcitarea poate fi radiativă sau neradiativă. În primul caz, energia de dezexcitare este emisă sub forma unei cuante de radiație electromagnetică  $h\nu = E_2 - E_1$  ( $E_2$  și  $E_1$  fiind energia superioară și, respectiv, inferioară,  $\nu$  — frecvența radiației și  $h$  — constanta Planck). În al doilea caz, ea este cedată particulelor înconjurătoare, putînd conduce la încălzirea mediului. Cînd dezexcitarea se produce fără a fi influențată din exterior, după un anumit timp de viață medie a stării excitate, ea se numește *spontană*, iar cînd se produce după un timp mai scurt decît viața medie a stării excitate (datorită unor factori exteriori ca: interacțiunea rezonantă cu un foton, ciocnire electronică etc.), se numește *indusă* (*forțată sau stimulată*).

**dezintegrare**, transformare spontană a nucleului atomic, în urma căreia din interiorul acestuia sînt expulzate diferite particule nucleare. Acest fenomen se supune unei legi statistice ce permite calculul numărului  $N$  de nuclee radioactive rămase nedezintegrate la momentul  $t$ :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t},$$

unde  $\lambda$  este *constanta radioactivă* (sau *de dezintegrare*), reprezentînd probabilitatea de dezintegrare în unitatea de timp, dată de relația:

$$\lambda = -\frac{1}{N} \frac{dN}{dt}, \text{ iar } N_0 - \text{numărul de}$$

nuclee nedezintegrate la momentul  $t = 0$ . Un radionuclid există un anumit timp mediu pînă la dezintegrarea sa, numit *viață medie*, dat de relația:  $\tau = \frac{1}{\lambda}$ ;

stabilitatea unui radionuclid este de asemenea caracterizată de timpul de înjumătățire. Activitatea  $\Lambda$  a radionuclidului fiind dată de relația  $\Lambda = \lambda N(t)$ , va respecta o lege de variație în timp asemănătoare:  $\Lambda = \Lambda_0 e^{-\lambda t}$ , unde  $\Lambda_0$  este activitatea radionuclidului la momentul inițial. În unele cazuri, o specie atomică  $A$  (de constantă radioactivă  $\lambda_1$ ) trece prin dezintegrare într-o altă specie radioactivă  $B$  (de constantă radioactivă  $\lambda_2$ ), iar aceasta din urmă se transformă într-o specie stabilă (a cărei viață medie este practic infinită):  $A \rightarrow B \rightarrow C$ . Legea care dă numărul de nuclee din specia  $B$  existente la momentul  $t$  în stare nedezintegrată (în ipoteza că la momentul inițial au existat  $N_{10}$  nuclee din specia  $A$ ) are următoarea formă:

$$N_2(t) = \frac{\lambda_1 N_{10}}{\lambda_2 - \lambda_1} [e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}].$$

Numărul de nuclee radioactive din specia  $B$  se acumulează în timp pînă la o valoare maximă, după care scade; intervalul de timp scurs pînă la atingerea acestui maxim este:  $t_{max} = \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} \ln \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$ . În funcție de raportul constantelor de dezintegrare  $\lambda_1$  și  $\lambda_2$  sînt posibile trei cazuri:

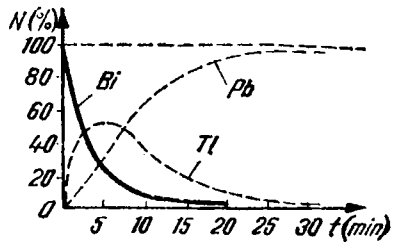
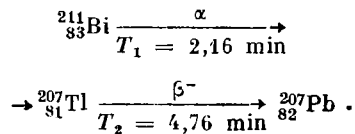


Fig. 94

a) radionuclidul derivat are constanta de dezintegrare mai mică decît a celui generator:  $\lambda_2 < \lambda_1$  (sau  $T_2 > T_1$ ). Ex.:



Dependența de timp a numărului de atomi ai celor trei specii izotopice este arătată în fig. 94; se observă că, pentru  $t > t_{max}$ ,  $N_2(t) > N_1(t)$ . Primul radionuclid dispare practic repede din amestec, după un anumit interval de timp  $e^{-\lambda_1 t}$  devenind neglijabil față de  $e^{-\lambda_2 t}$ ; deci, cunoscînd:

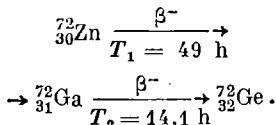
$$N_2(t) = \frac{\lambda_1 N_{10}}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{-\lambda_2 t},$$

rezultă:

$$\frac{N_2(t)}{N_1(t)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{-(\lambda_1 - \lambda_2)t},$$

care tinde către  $\infty$  în același timp cu  $t$ .

b) radionuclidul generator are constanta de dezintegrare mai mică decît a celui derivat:  $\lambda_1 < \lambda_2$  (sau  $T_1 > T_2$ ). Ex.:



Dependența de timp a numărului de atomi din fiecare specie nucleară este arătată în fig. 95. În acest caz, pentru orice  $t > t_{max}$ ,  $N_2(t) < < N_1(t)$ , deci în amestec vor exista tot timpul ambele radionuclее. Deoarece  $\lambda_1 < \lambda_2$ , după un anumit interval de timp suficient de mare ( $t \gg \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1}$ ),  $e^{-\lambda_2 t}$  devine neglijabil față de  $e^{-\lambda_1 t}$ , rezultând:

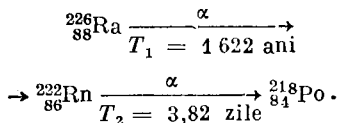
$$N_2(t) \cong \frac{\lambda_1 N_{10} e^{-\lambda_1 t}}{\lambda_2 - \lambda_1};$$

adică, începînd din acel moment, a doua substanță radioactivă se supune legii de dezintegrare a substanței generatoare, iar între ele există un raport constant:

$$\begin{aligned}
 \frac{N_2(t)}{N_1(t)} &= \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \\
 &= \text{const (fig. 96)}.
 \end{aligned}$$

Astfel, între cele două nuclide, derivat și generator, se stabilește un echilibru numit *tranzient* (sau de *regim*).

c) constanta de dezintegrare a radionuclidului generator este mult mai mică față de constanta de dezintegrare a radionuclidului derivat:  $\lambda_1 \ll \lambda_2$  (sau  $T_1 \gg T_2$ ). Ex.:



Întrucît  $T_1 \gg T_2$ , numărul de radionuclizi din prima specie rămîne practic constant în timp:  $N_1(t) = = N_{01} e^{-\lambda_1 t} \approx \text{const}$ . De asemenea,

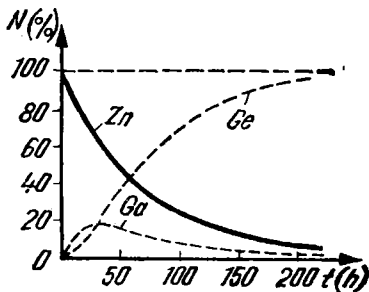


Fig. 95

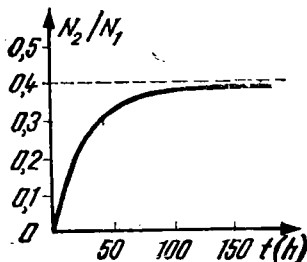


Fig. 96

termenul ce conține  $e^{-\lambda_2 t}$  este neglijabil față de  $e^{-\lambda_1 t}$  și, deci,

$$N_2(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} N_{01} e^{-\lambda_1 t}; \text{ rezultă:}$$

$$\frac{N_2(t)}{N_1(t)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{T_2}{T_1} = \text{const.}$$

De la acea valoare a timpului pentru care exponențiala  $e^{-\lambda_2 t}$  este neglijabilă, numărul radionuclizilor derivați rămîne constant cît timp se poate considera constant numărul de radionuclizi generatori. În aceste condiții, între cele două specii de nuclizi radioactivi se stabilește un echilibru numit *secular* (sau *radioactiv*):

$$\frac{N_2(t)}{N_1(t)} = \frac{N_{2\infty}}{N_{01}} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{T_2}{T_1} = \text{const.}$$

Cantitatea maximă de radionuclee din a doua specie ce se poate acumula în acest caz poartă numele de *cantitate de echilibru secular* ( $N_{2\infty}$ ). Practic, această valoare este atinsă pentru  $t = 10 T_2$  (teoretic, pentru  $t = \infty$ ). Dacă, după realizarea echilibrului radioactiv cantitatea de radionuclizi derivați este îndepărtată, acestea încep imediat să se dezintegreze după legea:

$N_2(t) = N_{2\infty} e^{-\lambda_2 t}$ ; în amestec, radionuclizii derivați se acumulează după legea  $N_2(t) = N_{2\infty}(1 - e^{-\lambda_2 t})$ . Se observă (fig. 97) că, în orice

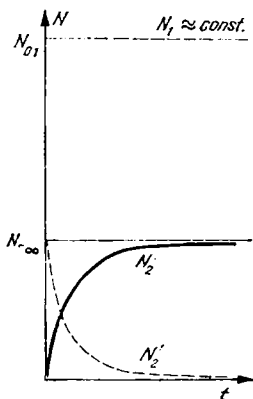


Fig. 97

moment, aceste cantități sînt complementare:  $N_2(t) + N_2'(t) = N_{2\infty}$ . În procesele de dezintegrare, diferența dintre masa radionuclidului inițial și a nuclidului derivat corespunde energiei cinetice a particulelor emise (la dezintegrarea alfa), energiei cinetice a particulelor emise plus energia neutrinelui (la dezintegrarea beta) sau cuantei de energie a radiației X emise plus energia neutrinelui (la captura K).

dezintegrare alfa, dezintegrare în-

soțită de emisia particulelor alfa. Stabilitatea mare a acestor particule (ele constituind nucleee dublu-magice) explică expulzarea lor din nucleu și nu a nucleonilor separați. În mecanica cuantică, dezintegrarea  $\alpha$  este analizată ca o trecere a acestor particule prin bariera de potențial a nucleului (v. efect tunel). Particula  $\alpha$  nu există în nucleu, ci se formează în procesul dezintegrării prin întîlnirea a doi protoni și doi neutroni ce se mișcă în nucleu, după care, într-un interval de timp suficient de mic, părăsește nucleul radioizotopului. Asupra particulei  $\alpha$ , „formată” în nucleu acționează restul nucleonilor prin forțe nucleare de atracție, la care se adaugă forțele electrostatice de respingere ale protonilor. Părăsind domeniul de acțiune al forțelor nucleare, asupra particulei  $\alpha$  acționează numai forțele electrostatice de respingere care îi imprimă o energie cinetică. Pentru producerea acestui tip de dezintegrare trebuie îndeplinită condiția:

$$M(A, Z) > M(A - 4, Z - 2) + M(4, 2),$$

unde  $M(A, Z)$  este masa nucleului inițial,  $M(A - 4, Z - 2)$  — masa nucleului final, iar  $M(4, 2)$  — masa particulei  $\alpha$  ( $A$  și  $Z$  fiind numărul de masă și, respectiv, numărul atomic al elementului considerat); exprimată cu ajutorul defectului de masă, condiția devine:

$$\Delta(A, Z) - \Delta(A - 4, Z - 2) > \Delta(4, 2).$$

Examinînd dependența lui  $\Delta$  de  $A$ , se observă că pentru  $A < 120$  defectul de masă scade cu  $A$  și, deci, condiția de mai sus nu poate fi îndeplinită. Pentru  $A > 120$ , defectul de masă crește cu  $A$  și, deci, condiția poate fi satisfăcută pentru perechi de nucleee ale căror numere de masă diferă cu patru unități și

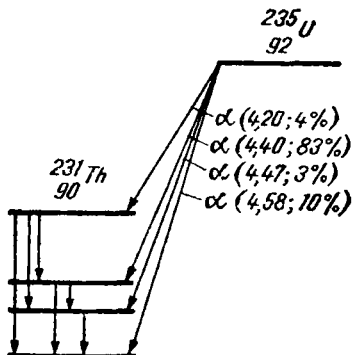


Fig. 98

numere atomice — cu două unități. Practic, se constată că pînă la  $A = 200$  ( $Z = 83$ ) există numai cîțiva izotopi  $\alpha$ -activi, avînd timpi de înjumătățire foarte mari ( $^{144}_{60}\text{Nd} - T = 5 \cdot 10^{15}$  ani,  $^{147}_{62}\text{Sm} - T = 1,25 \cdot 10^{11}$  ani,  $^{190}_{78}\text{Pt} - T = 10^{12}$  ani), iar cei mai mulți radioizotopi  $\alpha$  au  $A > 200$ . Particulele  $\alpha$  emise de radioizotopi au un spectru discret de energii, de structură fină, aceiași radioizotop putînd să emită particule  $\alpha$  de energii diferite. În fig. 98 este redat spectrul energetic al particulelor  $\alpha$  emise de radioizotopul  $^{235}_{92}\text{U}$ . Spectrul discret al particulelor  $\alpha$  dovedește că aceste particule sînt emise la tranziția nucleelor între stări energetice determinate. Cel mai mare număr de particule  $\alpha$  sînt emise la trecerea radionuclidului din starea fundamentală în starea fundamentală a nucleidului derivat. Particulele cu energie mică corespund trecerii radionuclidului  $\alpha$  aflat din starea fundamentală într-una din stările excitate ale nucleidului derivat, iar cele de energie mare corespund trecerii radionuclidului aflat într-o stare excitată într-una din

stările excitate ale nucleidului derivat. V. legea Geiger-Nuttall.

dezintegrare beta, dezintegrare însoțită de emisia particulelor beta (electroni sau pozitroni). Se produce în mod spontan la trecerea unui neutron într-un proton (dezintegrare  $\beta^-$ ) sau, mai rar, a unui proton într-un neutron (dezintegrare  $\beta^+$ ). Viața medie a radionuclizilor  $\beta$ -activi variază de la cîteva sute de secundă pînă la cca.  $10^{18}$  ani. În prezent se cunosc cca. 900 radioizotopi  $\beta$  (majoritatea  $\beta^-$ -activi), dintre care numai 20 sînt naturali, restul fiind artificiali. Datele experimentale, obținute din studiul fenomenului de dezintegrare  $\beta$ , au stabilit că electronii (sau pozitronii) rezultați au un spectru continuu de energii, iar energia celui mai rapid este egală cu diferența dintre energia radionuclidului inițial și a nucleidului final. Încălcarea aparentă a principiilor de conservare a energiei și a momentului cinetic a fost explicată de W. Pauli, prin introducerea ipotezei cu privire la existența unei alte particule de spin egal cu electronul (sau pozitronul) emis, numită neutrin (sau antineutrîn); fiind emisă concomitent cu particula  $\beta$ , această particulă preia diferența de energie a sistemului. Spectrul energetic al electronilor emiși în procesul dezintegrării  $\beta$  este reprezentat în fig. 99; limita superioară  $W_0$  a energiei variază între 15 KeV și 15 MeV. Curba de distribuție a numărului  $N$  de particule  $\beta$  emise trece printr-un maxim la o valoare a energiei  $W$  a acestora egală cu  $W_{max} = \frac{1}{3} W_0$ .

Condiția ce caracterizează instabilitatea nucleelor în cazul dezintegrării  $\beta^-$ , exprimată cu ajutorul maselor nucleare ale celor doi

nuclei — inițial  $M_{nucl}(A, Z)$  și final  $M_{nucl}(A, Z + 1)$  și al masei de repaus  $m_e$  a electronului, este:

$$M_{nucl}(A, Z) > M_{nucl}(A, Z + 1) + m_e.$$

Această inegalitate scrisă cu ajutorul maselor atomice  $M(A, Z)$  și  $M(A, Z + 1)$  devine:

$$M(A, Z) > M(A, Z + 1).$$

Rezultă că acest proces poate avea loc dacă masa atomului radioactiv depășește masa izobarului din căsuța următoare a sistemului periodic.

Instabilitatea nucleelor la dezintegrarea  $\beta^+$  este caracterizată de condiția:

$$M_{nucl}(A, Z + 1) > M_{nucl}(A, Z) + m_e$$

sau:

$$M(A, Z + 1) > M(A, Z) + 2m_e.$$

Captura  $K$  este echivalentă cu o dezintegrare  $\beta^+$  (v. reguli de deplasare) cu care, de cele mai multe ori, se produce în mod paralel dar, spre deosebire de aceasta, nu este însoțită de emisia vreunei particule din nucleu. Ca și în cazul dezintegrării  $\beta^-$  se emite un neutrîn care preia excesul de energie. Condiția de instabilitate a acestui tip de dezintegrare este:

$$M_{nucl}(A, Z + 1) + m_e + \epsilon > M_{nucl}(A, Z)$$

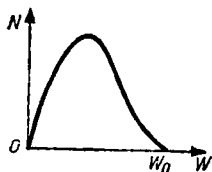


Fig. 99

sau:

$$M(A, Z + 1) + \epsilon > M(A, Z),$$

unde  $\epsilon$  este energia de legătură a electronului. Considerând două specii atomice izobare, al căror număr de ordine diferă cu o unitate,  $X(A, Z)$  și  $Y(A, Z + 1)$ , și notînd cu  $W(Z) = M(A, Z)c^2$  și, respectiv, cu  $W(Z + 1) = M(A, Z + 1)c^2$  energiile lor de repaus ( $c$  — viteza luminii), pot fi reprezentate energetic procesele de dezintegrare  $\beta$  și de captură  $K$  (fig. 100). Dacă

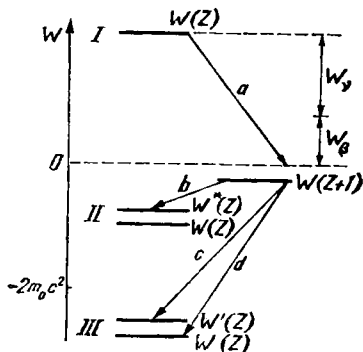


Fig. 100

pe axa orientată a energiei  $W$  a fost aleasă ca origine energia de repaus a sistemului format din ionul pozitiv monovalent al atomului  $Y(A, Z + 1)$  și electronul emis, pentru ca unul dintre cele trei tipuri de dezintegrare să poată avea loc, este necesar ca energia  $W(Z)$  să ocupe una din cele trei poziții indicate. Dacă  $W(Z) > 0$  (poziția I — pentru care  $W(Z) > W(Z + 1)$ , deoarece  $W(Z + 1) < 0$ ), atomul cu numărul de ordine  $Z$  poate trece (săgeata  $a$ ) printr-o dezintegrare  $\beta^-$  în cel cu  $Z + 1$ , cu eliberarea energiei  $W_0 = W_\beta + W_\nu$  ( $W_\beta$  și  $W_\nu$  fiind energia electronului emis și, respectiv, a

neutrinoiului). Dacă energia de repaus a atomului  $X(A, Z)$  ocupă poziția II ( $-2m_0c^2 < W(Z) < m_0c^2$ ) sau III ( $W(Z) < -2m_0c^2$ ), transmutația prin dezintegrare  $\beta$  a atomului  $X(A, Z)$  în atomul  $Y(A, Z + 1)$  nu este posibilă din punct de vedere energetic, însă procesul poate avea loc în sens invers. Astfel, printr-o captură  $K$  (săgeata  $b$ ) atomul rezultat se va afla în starea energetică excitată  $W^*(Z)$ , din care, prin regruparea electronilor pe orbite, poate trece în starea fundamentală  $W(Z)$  cu emisia unei cuante de energie. De asemenea, starea fundamentală  $W(Z)$  din poziția III poate fi atinsă de către atomul  $Y(A, Z + 1)$  fie printr-o captură  $K$  (săgeata  $c$ ), urmată de emisia unei cuante de către atomul excitat de energie  $W'(Z)$ , fie direct, printr-o dezintegrare  $\beta^+$  (săgeata  $d$ ).

diagrama nivelelor de energie (Grottrian), reprezentare convențională a nivelelor de energie dintr-un atom, considerându-se — ca nivel de referință minim — energia nivelului fundamental  $E_1 = 0$  (fig. 101). În acest mod, diferențele dintre nivele coincid cu energiile de excitație corespunzătoare.

diagramă de stare, reprezentare grafică a evoluției mărimilor caracteristice unui sistem termodinamic, în funcție de anumiți parametri. În cazul în care pe abscisă se reprezintă volumul  $V$  iar pe ordonată presiunea  $p$ , diagrama se numește *diagramă  $p-V$*  (sau *Clapeyron*).

**diamagnetism**, proprietate a unor corpuri de a avea permeabilitatea relativă subunitară și susceptivitatea magnetică negativă, de valoare foarte mică (de ordinul  $10^{-6}$ ); magnetizația corpurilor diamagnetice are sens contrar intensității cîmpului magnetic exterior. Se datorește fenomenului de inducție a unui moment magnetic dipolar în nivelele electronice ale atomilor și moleculelor care nu au moment magnetic spontan. Sub acțiunea unui cîmp exterior, particulele (în special electronii) atomilor se rotesc sub acțiunea forței Lorentz în jurul direcției intensității cîmpului (precesie Larmor). Curentul electric asociat acestei rotații produce un cîmp de sens contrar inducției magnetice. Fenomenul este general, dar, în cazul corpurilor (paramagnetice) ale căror molecule prezintă moment magnetic propriu, efectul său este compensat prin orientarea momentelor magnetice elementare. Aproape toate gazele și lichidele dielectrice, precum și unele metale (ex. cupru) sînt corpuri diamagnetice. Permeabilitatea lor este practi-

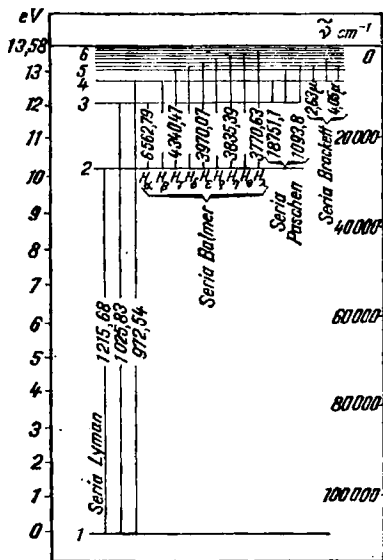


Fig. 101



independentă de temperatură; în apropiere de zero absolut, valoarea sa variază puternic cu câmpul magnetic, iar în cazul supraconducătorilor scade la zero, aceștia fiind corpuri diamagnetice ideale.

**diapazon**, bară metalică de forma literei U, prelungită la bază cu un suport care, prin vibrații transversale, emite un sunet fundamental și câteva armonice superioare, de intensități mici. Pentru întărirea sunetului, diapazonul se fixează uneori pe o cutie de rezonanță (fig. 102). Diapazonul al cărui sunet fundamental are frecvența de 440 Hz, se numește *normal*.

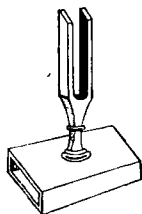


Fig. 102

**diascop**, aparat care servește la proiecția prin transparență a unor obiecte, cum sînt diapozitivele. V. epidiascop.

**dicroism**, pleocroism prezentat de substanțele birefringente uniaxe. Acestea absorb selectiv una din razele ordinară sau extraordinară ce iau naștere în interiorul lor în urma refracției unei raze incidente. Dicroism accentuat prezintă cristalele de turmalină (borosilicat de sodiu, calciu, magneziu și aluminiu) și herapatita (iodosulfat de chinină).

**dielectric** (sau **izolator**), substanță care nu conduce curentul electric, în interiorul său neexistînd sarcini electrice libere, iar în cîmp electric se polarizează temporar.

Poate fi solid, lichid sau gazos. Moleculele dielectricilor sînt echivalente cu niște dipoli electrici de moment  $p = ql$ , unde  $q$  este suma tuturor sarcinilor pozitive (sau negative) ale moleculei și  $l$  — distanța dintre centrul sarcinilor pozitive și centrul celor negative ale moleculei (orientată spre acesta din urmă). Dielectricul este *nepolar* dacă, în absența vreunui cîmp electric exterior,  $l = 0$ , și *polar* dacă, în aceleași condiții,  $l \neq 0$ . Prin ordonarea dipolilor moleculari în cîmp electric, dielectricul se polarizează. Dielectricii sînt utilizați ca materiale izolante între armăturile unui condensator, materialele fiind cu atît mai bune cu cît polarizabilitatea electrică și rezistența lor la străpungere (rigiditatea dielectrică) sînt mai mari iar conductibilitatea electrică și pierderile de putere sînt mai mici. V. corp solid.

**diferență de drum** v. interferență.

**diferență de fază** v. oscilație.

**diferență de potențial** v. potențial.

**difracție**, fenomen caracteristic propagării undelor, de ocolire a obstacolelor de dimensiuni comparabile cu lungimea de undă. În sens larg, prin difracție se înțelege orice fenomen produs de unde, cînd acestea întîlnesc în calea lor neomogenități ale mediului (ex.: ocolirea fantelor, obstacolelor, ecranelor etc.). Se poate interpreta calitativ cu ajutorul principiului Huygens (v.) și cantitativ, cu ajutorul postulatului complementar al lui Fresnel. Fig. 103 explică modul de apariție a undelor în spatele unor obstacole pe baza principiului Huygens.

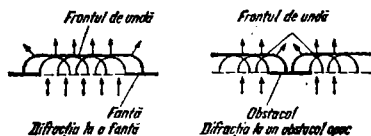


Fig. 103

**difracția a luminii**, fenomen de propagare a luminii în spatele obstacolelor, explicat de natura ei ondulatorie. Dungile luminoase și întunecoase obținute ca urmare a fenomenelor de difracție poartă numele de *franje de difracție*. Franjele produse de deschideri circulare sînt cercuri concentrice, iar cele produse de fante dreptunghiulare — segmente rectilinii, paralele. Luminozitatea franjelor luminoase scade de la franja centrală spre marginea cîmpului de difracție. O deschidere circulară foarte îngustă, străbătută de lumină, formează pe un ecran o figură de difracție care poate avea centrul luminos sau întunecos. Figura de difracție dată de o sferă opacă de rază suficient de mică are centrul luminos.

Difracția luminii produsă în cazul în care sursa punctiformă este apropiată de obstacol poartă numele de *difracție Fresnel*. Este un fenomen de difracție în lumină divergentă prin unde sferice ce poate fi observat direct pe un ecran, fără folosirea vreunui sistem optic. Așezînd un paravan opac *P* (fig. 104) între sursa de lumină *S* și ecranul *E*, distribuția intensității luminoase *I* pe ecran este cea din figură, unde  $I_0$  este intensitatea luminii în punctul *B* în absența semiplanului opac *P*. Franjele de difracție se îndesesc pe măsura depărtării de franja centrală.

Fenomenul de difracție ce apare în cazul în care sursa de lumină este foarte îndepărtată, astfel încît razele luminoase sînt, practic, para-

lele, se numește *difracție Fraunhofer* (în lumină paralelă sau a undelor plane). Poate fi realizată și cu un izvor (punctiform) apropiat, plasat în focarul unui sistem optic convergent. Difracția Fraunhofer produsă de o fantă dreptunghiulară dă franje echidistante; franja centrală este foarte intensă, de două ori mai largă decît celelalte. În cazul a *N* fante paralele echidistante (la rețeaua de difracție), se obțin o serie de maxime înguste, separate între ele prin *N* - 1 minime nule și *N* - 2 maxime secundare. Cînd *N* este destul de mare, luminozitatea maximelor secundare este atît de mică încît maximele principale apar ca franje luminoase pe un fond întunecat. Primul minim nul în cazul difracției pe o fantă dreptunghiulară îngustă se află în direcția dată de unghiul  $\varphi$  (măsurat față de direcția fascicului incident) din formula:

$$\sin \varphi = \frac{\lambda}{b},$$

unde *b* este deschiderea fantei, iar  $\lambda$  — lungimea de undă a radiației monocromatice folosite. Dacă difracția este produsă de o fantă

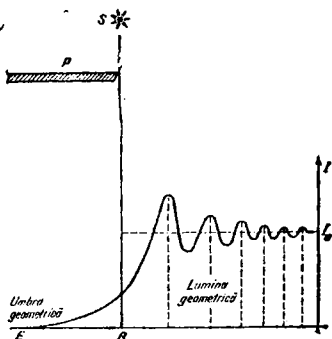


Fig. 104

circulară de diametru  $D$ , atunci direcția primului minim (circular) nul rezultă din relația:

$$\sin \varphi = 1,22 \frac{\lambda}{D}.$$

Fenomenele de difracție limitează puterea separatoare a instrumentelor optice: razele de lumină, fiind obligate să treacă prin deschideri mici (diafragme, pupile etc.), vor forma imagini neclare, înconjurate de franje luminoase și întunecoase.

**difracție a particulelor**, difracție a undelor asociate particulelor, consecință a dualismului undă-corpusul. V. experiența Stern-Gerlach.

**difracție a radiației X v. radiație X.**

**difuzie 1.** Variație spontană în timp a concentrațiilor componentelor unui sistem datorată mișcării relative a particulelor acestora, conștind într-un transport de masă sau sarcină electrică.

*Difuzia în gaze* constă în răspîndirea moleculelor unui gaz printre moleculele altui gaz, la punerea în contact a gazelor, avînd ca rezultat un transport de masă în sensul descreșterii concentrației moleculelor fiecăruia dintre gazele considerate. Conform *legii Fick*, masa de gaz  $dM$  transportată printr-o suprafață elementară  $dS$  este proporțională cu această suprafață, cu intervalul de timp considerat  $dt$  și cu gradientul  $\frac{d\rho}{dx}$  al densității  $\rho$  pe direcția  $x$  a transportului:

$$dM = -D \frac{d\rho}{dx} dS dt,$$

unde  $D$  este o constantă depinzînd de natura gazului, numită *coefi-*

*cient de difuzie* (sau *difuzivitate*), care este numeric egală cu cantitatea de gaz ce străbate unitatea de suprafață în unitatea de timp, la un gradient unitar, și se măsoară în metri pătrați pe secundă. Pe baza teoriei cinetice a gazelor, se stabilește relația:

$$dM = -\frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} m \frac{d\rho}{dx} dS dt,$$

unde  $\frac{d\rho}{dx}$  este gradientul concentrației moleculelor care difuzează, iar  $\bar{v}$  și  $\bar{\lambda}$  — viteza medie și, respectiv, drumul liber mediu al acestora. Ținînd seama că  $\frac{d\rho}{dx} = m \frac{dn}{dx}$ , se mai poate scrie:

$$dM = -\frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda} \frac{d\rho}{dx} dS dt.$$

Confruntarea acestei relații cu legea Fick conduce la următoarea expresie a coeficientului de difuzie:

$$D = \frac{1}{3} \bar{v} \bar{\lambda}.$$

Dacă se ține seama de dependența dintre viteza medie  $\bar{v}$  și temperatura absolută  $T$  și de cea dintre drumul liber mediu  $\bar{\lambda}$  și presiunea  $p$  a gazului, se obțin relațiile:

$$D \sim \sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{ și } D \sim \frac{1}{p},$$

care exprimă variația direct proporțională a difuzivității cu rădăcina pătrată a temperaturii și invers proporțională cu rădăcina pătrată a masei moleculare  $\mu$  și cu presiunea gazului.

*Difuzia în lichide* se manifestă prin transportul moleculelor substanțe-

lor străine (lichid, solid sau gaz) dintr-un lichid în sensul micșorării concentrațiilor acestora. La scară microscopică, difuzia în lichide prezintă particularități cu mult mai greu de abordat teoretic decât în cazul gazelor sau solidelor. Din punct de vedere macroscopic, fenomenul se supune legii Fick. *Difuzia în solide* constă în răspîndirea atomilor sau moleculelor unui corp solid printre particulele unui

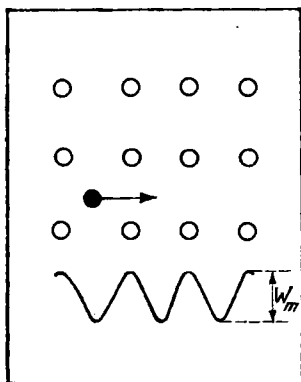


Fig. 105

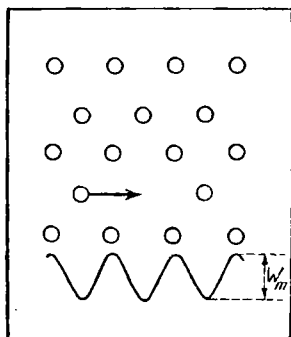


Fig. 106

alt solid cu care este pus în contact. Fenomenul poate fi studiat la scară atomică (*microdifuzie*) și la scară macroscopică (*macrodifuzie*). În cazul difuziei unor impurități solide în cristale, la studierea microdifuziei se iau în considerație actele individuale de deplasare a atomilor de impuritate în rețeaua de bază. Se cunosc câteva mecanisme de deplasare a atomilor:

a) între nodurile rețelei cristaline, a atomilor de impuritate cu dimensiuni mai mici decât atomii rețelei (fig. 105). Sub aspect energetic, actul individual, de trecere a unui atom de impuritate dintr-un internod în altul vecin, constă în trecerea acestuia peste o barieră de potențial de valoare  $W_m$ . Frecvența de escaladare a acestei bariere se calculează cu ajutorul relației:

$$f = zve^{-\frac{W_m}{kT}},$$

unde  $v$  este numărul de ciocniri într-o secundă pe pereții barierei,  $z$  — numărul de internoduri în care poate să treacă atomul,  $k$  — constanta Boltzmann, iar  $T$  — temperatura corpului solid.

b) în golurile (vacanțele) rețelei cristaline, a atomilor de impuritate cu dimensiuni comparabile cu ale atomilor rețelei (fig. 106). Frecvența de escaladare a barierei de potențial, care intervine în actul individual de trecere dintr-un nod spre o vacanță este dată de o relație analogă relației precedente:

$$f = zve^{-\frac{W_m + W_v}{kT}},$$

unde  $W_v$  este energia necesară trecerii peste bariera de potențial formată la generarea vacanței.

c) schimbarea între atomii de impuritate a locurilor ocupate în nodurile rețelei.

Frecvența actelor individuale de difuzie servește la calculul coeficientului de difuzie, precum și la stabilirea dependenței de temperatură a acestuia:

$$D = D_0 e^{-\frac{Q}{kT}},$$

unde  $D_0$  este factorul de frecvență, care depinde de mecanismul microscopic al difuziei, iar  $Q$  — energia de activare a mecanismului (care are valoarea înălțimii barierei energetice  $W_m$  sau  $W_m + W_v$ ). Macroscopic, numărul atomilor de impuritate transportați în unitatea de timp printr-o suprafață oarecare  $S$  este dat de legea Fick:

$$\frac{dN}{dt} = -D \frac{dC}{dx} S,$$

unde  $\frac{dN}{dt}$  este numărul de atomi

transportat în unitatea de timp,  $D$  — coeficientul de difuzie,

iar  $\frac{dC}{dx}$  — gradientul de concentra-

ție. Relația arată că transportul de masă se face în sensul micșorării concentrației atomilor de impuritate. În tabelul 10 sînt cuprinse câteva valori ale coeficientului de difuzie pentru cristalele de germaniu, la temperatura de 800°C. *Difuzia ambipolară*, a particulelor

încărcate electric, se produce cînd drumul liber mediu al lor este mult mai mic decît dimensiunile spațiului în care se află și există o diferență de concentrație a particulelor de ambele semne (pozitive și negative), într-o anumită direcție. Are loc, de exemplu, în jurul coloanei pozitive a unei descărcări luminescente, într-un tub cu pereți izolatori. Electronii, avînd mobilitate mai mare, încarcă negativ perețele izolator. Această sarcină negativă contribuie la accelerarea ionilor pozitivi spre perete și, în același timp, la frînarea electronilor pînă la stabilirea unui regim staționar, cînd vitezele de antrenare a celor două feluri de purtători devin egale. La ciocnirea cu perețele, electronii se recombina cu ionii din stratul de plasmă din imediata vecinătate a lui, ceea ce conduce la stabilirea unui gradient de concentrație, atît pentru ioni cît și pentru electroni, dirijat spre perete. Acest fenomen depinde de natura gazului și, în general, numărul particulelor difuzate scade cu creșterea presiunii.

2. Împrăștiere.

**difuzivitate v. difuzie.**  
**difuzor**, transductor electroacustic care transformă energia electrică (de obicei a unor curenți microfonici) în energie acustică. Este alcătuit dintr-un transductor electromecanic, care determină tipul de difuzor, și dintr-un transduc-

Tabelul 10

Atomii de impuritate	Cu	P	As
$D$ , în $m^2/s$	$2,8 \cdot 10^{-9}$	$6,5 \cdot 10^{-16}$	$4,0 \cdot 10^{-15}$

tor mecanoacustic, format de obicei dintr-o membrană vibrantă plană, ondulată, conică sau exponențială, care radiază energia sonoră în mediul înconjurător.

*Difuzorul electrodinamic* (fig. 107) este alcătuit din electromagnetul SNS, avînd în jurul polului N o bobină mobilă legată de membrana  $AbA'$ . Datorită curentului variabil care trece prin bobina B, asupra spirelor ei se va exercita o forță electrodinamică paralelă cu axa  $OO'$ , care o va mișca în lungul acesteia, în ritmul variațiilor de curent. Vibrația obținută se transmite membranei, care devine astfel sursă de sunete nedistorsionate, ceea ce reprezintă principala calitate a acestui tip de difuzor. *Difuzorul electromagnetic* (sau *feromagnetice*) (fig. 108) este alcătuit în principiu dintr-un magnet permanent A, o bobină B, prin care trece curentul ce trebuie să genereze undele sonore, și o lamă elastică L care oscilează împreună cu o membrană M. Curentul ce trece prin bobină creează un cîmp magnetic suplimentar variabil, datorită căruia lama, respectiv membrana, vibrează, reproducînd variația curentului. Este un difuzor simplu, folosit în special la frecvențe mijlocii, care introduce distorsiuni.

*Difuzorul electrostatic* (fig. 109) este constituit din doi electrozi plani A și B perforați, între care este plasată o membrană M. Între electrozi și membrană se aplică o tensiune electrică constantă, furnizată de un generator G. Prin intermediul unui transformator T, tensiunea modulată este suprapusă peste tensiunea constantă a generatorului, iar membrana M supusă cîmpului electric variabil va oscila sincron, reproducînd sunetul. Este un difuzor care intro-

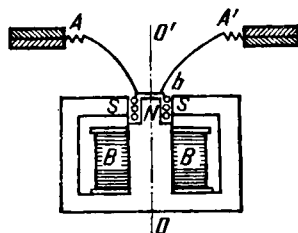


Fig. 107

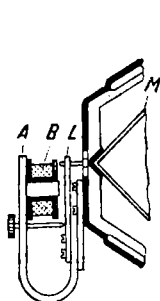


Fig. 108

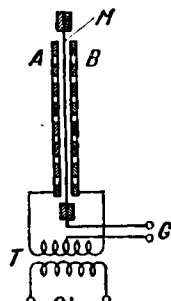


Fig. 109

duce distorsiuni, mai ales în domeniul frecvențelor joase.

*Difuzorul piezoelectric*, bazat pe efectul piezoelectric invers, transformă oscilațiile unei tensiuni electrice în deformații mecanice sincrone ale unui cristal piezoelectric. Aceste deformații se transmit unei membrane ce constituie sursa de sunete. Este utilizat în special la redarea sunetelor cu frecvențe mari (12 kHz).

*dilatare (termică)*, creștere a volumului corpurilor sub acțiunea căldurii.

În cazul gazelor, variația volumului cu temperatura este dată de expresia:

$$V = V_0(1 + \alpha t),$$

în care  $V_0$  și  $V$  sînt volumele gazului la  $0^\circ\text{C}$  și, respectiv, la temperatura  $t$ , iar  $1 + \alpha t$  este *binomul de dilatare volumică*,  $\alpha$  fiind coeficientul de dilatare volumică; în cazul gazelor ideale,  $\alpha$  nu depinde de natura gazului (v. legea Gay-Lussac).

Dilatarea lichidelor între  $0^\circ\text{C}$  și temperatura lor de fierbere la presiune normală se supune relației empirice:

$$V = V_0(1 + at + bt^2 + ct^3),$$

unde  $a$ ,  $b$ ,  $c$  sînt constante caracteristice fiecărui lichid.

Volumul solidelor aflate la temperatura de  $t^\circ\text{C}$  se poate calcula cu ajutorul relației:

$$V = V_0(1 + \bar{\gamma}t),$$

unde  $\bar{\gamma}$  este coeficientul mediu de dilatare volumică. Relația liniară este valabilă numai pentru valori ale temperaturii  $t$  relativ puțin diferite de  $0^\circ\text{C}$ . Cînd  $t$  diferă mult de această valoare, variația volumului cu temperatura nu mai este liniară, ci poate fi scrisă sub forma:

$$V = V_0(1 + \gamma_1 t + \gamma_2 t^2).$$

În cazul unui corp solid de forma unei bare subțiri, *dilatarea în lungime* (sau *liniară*), practic singura care contează, se supune relației:

$$l = l_0(1 + \bar{\alpha}t),$$

unde  $t$  este temperatura la care se găsește bara,  $\bar{\alpha}$  — coeficientul mediu de dilatare liniară, iar  $l$  și  $l_0$  sînt lungimile ei, respectiv la temperatura  $t$  și la  $0^\circ\text{C}$ . Pentru corpurile omogene și izotrope  $\bar{\gamma} = 3\bar{\alpha}$ , iar în cazul celor anizotrope  $\bar{\gamma} = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$ , unde  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  sînt coeficienții medii de dilatare liniară după direcțiile axelor cristalografice.

**dilativitate**, coeficient de dilatare.

**dimensiune** v. mărime fizică, sistem de unități.

**dimorfism**, proprietate pe care o au unele corpuri solide de a cristaliza în două tipuri cristalografice diferite; este forma cea mai simplă de polimorfism (ex.: telurura de cadmiu, CdTe, cristalizează în sistemul cubic, tipul sferalerit, și în sistemul hexagonal, tipul wurtzit).

**dinam** v. generator electric.

**dinamica**, ramură a mecanicii care se ocupă cu studiul mișcării corpurilor, luînd în considerație atît forțele ce le produc, cît și masele lor. Este divizată în trei părți: dinamica punctului material, dinamica corpului solid, dinamica sistemelor de puncte materiale. Cele trei *principii* (sau *legi*) *ale dinamicii* au fost enunțate de către I. Newton; ele se referă la corpurile în repaus sau în mișcare de translație și stau la baza întregii *dinamici clasice* (sau *newtoniene*). *Principiul întâi* (sau *al inerției*) arată că orice corp își păstrează starea de mișcare rectilinie și uniformă sau de repaus relativ atît timp cît asupra lui nu acționează o forță din exterior (sau cît timp rezultanta forțelor exterioare este nulă); în consecință, într-un sistem inerțial un punct material izolat are accelerația nulă.

*Principiul al doilea* (sau *al proporționalității forței cu accelerația*) se formulează astfel: accelerația unui corp este proporțională, are aceeași direcție și sens cu forța care a imprimat-o și este invers proporțională cu masa lui:

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m} \text{ sau } \mathbf{F} = m\mathbf{a}.$$

*Principiul al treilea (sau al acțiunii și reacțiunii)* afirmă că, atunci când un corp acționează asupra altuia cu o anumită forță, acesta din urmă va acționa la rindul lui asupra primului cu o forță egală, dar de sens contrar; aceasta înseamnă că acțiunile reciproce a două corpuri sînt întotdeauna egale, dar de sensuri contrare.

**dinamica fluidelor**, capitol al mecanicii fluidelor care se ocupă cu studiul fluidelor în mișcare. Cuprinde aerodinamica și hidrodinamica.

**dinamica plasmei** v. magnetohidrodinamică.

**dinatron** v. tetrodă.

**dină** (dyn), unitate de măsură a forței în sistemul CGS. Reprezintă forța care, aplicată unei mase de un gram, îi imprimă acesteia o accelerație de un centimetru pe secundă la pătrat.

**dinodă** v. fotomultiplicator.

**diodă** (cu gaz sau cu vid), tub electronic cu doi electrozi. Conține, de obicei, un anod în formă de placă și un catod în formă de filament (fig. 110).

La capetele filamentului (catodului) este aplicată o diferență de potențial pentru aducerea acestuia la incandescență. Datorită em'ției termoelectronice la supra-

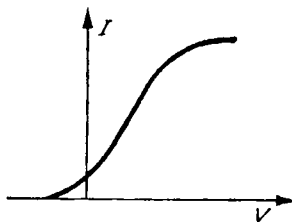


Fig. 111

fața sa, în jurul catodului se formează un nor de electroni față de care filamentul are un potențial pozitiv. Aplicînd pe anod un potențial pozitiv în raport cu catodul incandescent, cîmpul electric stabilizează electronii spre anod stabilindu-se astfel un curent electric. Curba ce reprezintă dependența curentului anodic  $I$  în funcție de tensiunea  $V$  aplicată între anod și catod se numește *caracteristica diodei* și este reprezentată în

fig. 111. Expresia  $S = \frac{dI}{dV}$  poartă numele de *pantă*, iar inversul acesteia  $\frac{1}{S} = \frac{dV}{dI} = R_i$  reprezintă

*rezistența internă* a diodei. Dacă tensiunea electrică aplicată variază în timp schimbîndu-și semnul, prin diodă va trece un curent electric numai cînd pe anod se află aplicată alternanța pozitivă; în cazul alternanței negative, electronii emiși de filament sînt respinși de anod, iar curentul este întrerupt; astfel, în circuitul anodic va apare un curent redresat. Folosindu-se un montaj cu două diode, pot fi redresate ambele alternanțe ale unei tensiuni alternative aplicate.

**diodă Gunn** v. efect Gunn.

**diodă semiconductoare** (cu joncțiune p-n), dispozitiv electronic

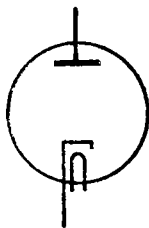


Fig. 110



care are proprietățile unei diode (cu gaz), constituit prin joncțiunea unui semiconductor cu conducție electronică (tip  $n$ ) cu un semiconductor cu conducție de goluri (tip  $p$ ). Poate fi folosită la redresarea sau detecția curentului alternativ. Cele mai răspândite sînt joncțiunile obținute pe bază de germaniu sau siliciu. Caracteristica volt-amperică (variația curentului  $I$  față de tensiunea  $V$  aplicată) a diodei semiconductoare este reprezentată în fig. 112; se observă că, în sens direct, curentul trece prin joncțiune, în timp ce în sens invers, practic, nu poate circula. Diodele semiconductoare funcționează cu un consum de energie mai mic decît diodele clasice.

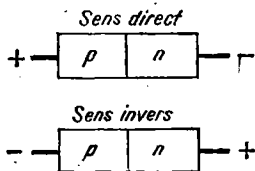
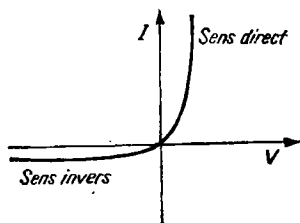


Fig. 112

**dioptrie (D)** 1. Unitate de măsură a convergenței (2). Este convergența unui sistem optic centrat cu distanța focală de un metru.

2. Unitate de măsură pentru puterea optică. Reprezintă puterea optică a unui instrument optic, prin care imaginea unui obiect cu

dimensiunea transversală de un metru apare sub un unghi de  $45^\circ$ .

dioptru, suprafață care separă două medii optice diferite. Cel mai răspândit, în practică și în construcția instrumentelor optice, este *dioptrul sferic*. Elementele principale ale dioptrului sferic sînt *centrul dioptrului* (centrul suprafeței sferice), *axa optică principală* (axa de simetrie a dioptrului) și *vîrfurile dioptrului* (punctul aflat la intersecția axei optice principale cu dioptrul). Orice dreaptă ce trece prin centrul dioptrului, cu excepția axei de simetrie, se numește *axă optică secundară*. Razele de lumină ce cad pe dioptru de-a lungul unei axe optice trec nedeviate. Dacă mediul cu indice de refracție mai mare se află în interiorul sferei, dioptrul este *convergent*; în caz contrar, el este *divergent*. Focarul dioptrului convergent este real, iar al celui divergent este virtual. În aproximația gaussiană, locul geometric al focarelor secundare ale dioptrului este un plan ce trece prin focarul principal, normal la axa optică principală, care se numește *plan focal*. Notînd cu  $f_1$  și  $f_2$  distanțele focale obiect și, respectiv, imagine, expresiile lor pentru dioptrul convergent sînt:

$$f_1 = R \frac{n_1}{n_2 - n_1}$$

$$f_2 = R \frac{n_2}{n_2 - n_1},$$

unde  $R$  este raza dioptrului, iar  $n_1$  și  $n_2$  — indicii de refracție pentru cele două medii optice ( $n_2 > n_1$ ), raza de lumină incidentă aflîndu-se în mediul mai puțin refringent. Pentru dioptrul divergent,

$$f_1 = R \frac{n_2}{n_1 - n_2},$$

$$f_2 = R \frac{n_1}{n_1 - n_2},$$

raza incidentă aflându-se, de asemenea, în mediul mai puțin refringent. Notind cu  $x_1$  și  $x_2$  distanțele pe axa optică de la vârful dioptrului la obiect și, respectiv, la imagine, între acestea există relația:

$$\frac{n_2}{x_2} - \frac{n_1}{x_1} = \frac{n_2 - n_1}{R},$$

care mai poate fi scrisă sub forma:

$$n_1 \left( \frac{1}{x_1} - \frac{1}{R} \right) = n_2 \left( \frac{1}{x_2} - \frac{1}{R} \right),$$

expresia  $n \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{R} \right)$  purtînd numele de *invariantul Abbe de ordin zero*. Mărirea liniară  $\gamma$  se exprimă prin relația:

$$\gamma = \frac{x_2 n_1}{x_1 n_2},$$

iar cea unghiulară  $u$  este dată de expresia:

$$u = \frac{y_1 n_1}{y_2 n_2},$$

unde  $y_1$  și  $y_2$  sînt, respectiv, înălțimea obiectului și a imaginii lui. Dacă  $\alpha_1$  și  $\alpha_2$  sînt unghiurile pe care o rază de lumină, izvorită dintr-un punct axial al obiectului, le face cu axa optică înainte și după refracție, egalitățile:

$$y_1 n_1 \alpha_1 = y_2 n_2 \alpha_2 \text{ și } y_1 n_1 \sin \alpha_1 = y_2 n_2 \sin \alpha_2$$

sînt, respectiv, *invariantul Lagrange-Helmholtz* și *condiția Abbe a sinusurilor*. V. stigmatism.

**dipol electric (elementar)**, ansamblu de două sarcini electrice punctiforme, egale și de semne contrare, foarte apropiate una de alta.

aflate la o distanță foarte mică una de alta.

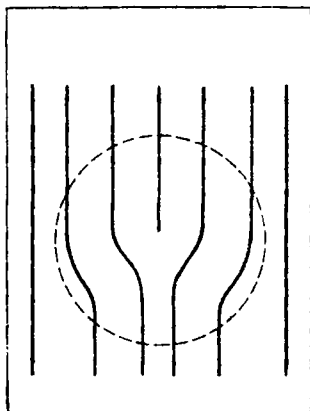


Fig. 113

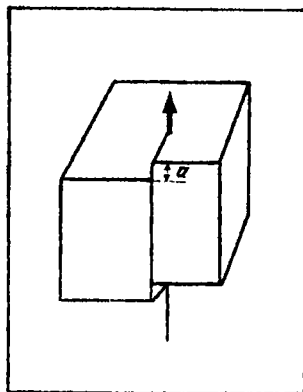


Fig. 114

**dipol magnetic (elementar) 1**. Model fictiv al unui corp magnetizat, constituit din două sarcini magnetice punctiforme, egale și de nume contrare, foarte apropiate una de alta.

2. Spiră de diametru mic, perfect conductoare, parcursă de un curent electric de conducție de intensitate constantă.

**Dirac, Paul Adrien Maurice** (n. 1902), fizician englez. Membru al Societății Regale din Londra. Unul dintre întemeietorii mecanicii și electrodinamicii cuantice. Autor al teoriei cuantice relativiste pe baza căreia a fost prevăzută existența pozitronului (1928). A pus bazele statisticii cuantice a particulelor cu spin impar, stabilită independent și de E. Fermi (v. statistică); a introdus funcția pentru distribuții punctuale, care-i poartă numele. Premiul Nobel (1933).

**disc stroboscopice** v. stroboscopie.

**discordanță de fază** v. oscilație.

**dislocație**, defect de dimensiuni macroscopice ale rețelei cristaline a corpului solid. Poate fi liniar (fig. 113), rezultând din alunecarea unui semiplan atomic în rețeaua cristalină (*dislocație de margine*) sau poate apare (fig. 114) prin translația unei părți limitate din cristal, în raport cu partea care se învecinează, pe distanțe  $a$  care pot să atingă valoarea constantei rețelei (*dislocație în spirală*).

**disociere**, proces în care are loc separarea atomilor (ionilor) sau a grupurilor de atomi (ioni) din moleculă. Depinde de natura și presiunea mediului în care se găsește molecula, iar procentul de molecule disociate crește cu temperatura și cu diluția. Când disocierea se produce datorită interacțiilor între moleculele unui lichid și moleculele unui electrolit dizolvat, acestea din urmă fiind disociate în ioni, procesul se numește *disociere electrolitică*. În funcție de condițiile fizice se disociază un procent mai mare sau

mai mic din molecule, restul lor rămânând nedisociate. Sin. *disociație*.

**dispersie**, fenomen de descompunere spațială a unei radiații în radiațiile monocromatice componente, care se produce datorită dependenței de frecvență a vitezei de fază a undelor ce străbat un mediu. Are loc atât în mediile nedisipative, cât și în cele disipative, caz în care este legat de fenomenul de absorbție.

Dacă în soluția ecuației undelor în medii disipative

$$\Psi = ae^{-\frac{\alpha}{2}x} e^{i(\omega t - kx)},$$

unde

$$k = \frac{\omega}{\sqrt{2}} \left[ \sqrt{\eta^2(\omega) + \frac{\chi^2(\omega)}{\omega^2}} + \eta(\omega) \right]^{1/2},$$

se înlocuiește

$$\frac{k}{\omega} = \frac{1}{v(\omega)}$$

se obține pentru faza undei expresia:

$$\varphi = \omega \left( t - \frac{k}{\omega} x \right) = \omega \left( t - \frac{x}{v(\omega)} \right).$$

Știind că, pentru o suprafață de undă, faza  $\omega \left( t - \frac{x}{v(\omega)} \right)$  este constantă, se găsește că viteza de fază:

$$v(\omega) = \frac{dx}{dt} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[ \sqrt{\eta^2(\omega) + \frac{\chi^2(\omega)}{\omega^2}} + \eta(\omega) \right]^{-1}$$

$$+ \eta(\omega) \Big]^{-1/2}$$

este o funcție de pulsația  $\omega$ .

**dispersie a luminii**, dispersie a unui fascicul de lumină în urma trecerii lui printr-un mediu transparent datorită dependenței indicelui de refracție al mediului de lungimea de undă a luminii. În cazul în care mediul este alcătuit din atomi de aceeași specie, această dependență este exprimată de *formula Lorenz-Lorentz*:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = N \frac{4\pi e^2}{3m(\omega_0^2 - \omega^2)},$$

în care  $n$  este indicele de refracție al mediului dispersiv,  $e$  și  $m$  sînt sarcina și, respectiv, masa electronului,  $N$  — concentrația atomilor,  $\omega_0$  și  $\omega$  — pulsațiile electronului optic și, respectiv, luminii incidente. În cazul gazelor rarefiate,  $n \approx 1$ , adică  $n^2 + 2 \approx 3$ , iar formula Lorenz-Lorentz devine:

$$n^2 = 1 + \frac{4\pi Ne^2}{m(\omega_0^2 - \omega^2)}.$$

Aceste două relații caracterizează *dispersia normală* a luminii, în care  $n$  este cu atât mai mare cu cît  $\omega$  este mai mare; pentru  $\omega$  cuprins între 0 și  $\omega_0$ ,  $n > 1$  (și variază de la 1 la  $\infty$ ), pentru  $\omega = \omega_0$ ,  $n \rightarrow \infty$  (absorbție), iar pentru  $\omega$  cuprins între  $\omega_0$  și  $\infty$ ,  $n < 1$  (variind de la  $-\infty$  la +1). Dacă într-o substanță există mai multe tipuri de sarcini electrice  $q_i$ , unde  $i = 1, 2, 3, \dots$ , cu pulsațiile naturale  $\omega_i$ , care pot oscila sub acțiunea radiației de pulsație  $\omega$ , atunci:

$$n^2 = 1 + 4\pi \sum_i \frac{N_i q_i^2}{m_i(\omega_i^2 - \omega^2 + j\gamma_i \omega)},$$

unde  $N_i$  este concentrația sarcinii electrice de tipul  $i$ ,  $m_i$  — masa sarcinii care oscilează,  $\gamma_i$  — factorul de amortizare a oscilațiilor, iar  $j = \sqrt{-1}$ . Dacă se utilizează aproximația  $n^2 - 1 \approx 2(n - 1)$  (pentru  $n \approx 1$ ), relația precedentă se poate scrie

$$n = 1 + 2\pi \sum_i \frac{N_i q_i^2}{m_i(\omega_i^2 - \omega^2 + j\gamma_i \omega)}.$$

Pentru această pulsație proprie  $\omega_0$  corespunzătoare absorbției radiației în substanță, valoarea infinită a indicelui de refracție  $n$  obținută în primele două relații nu are sens fizic. În ultimele două formule generale se ține seama de influența sarcinilor vecine asupra fiecărui oscilator, prin factorul de amortizare  $\gamma_i$ . Conform acestor formule, în vecinătatea frecvențelor de rezonanță  $\nu_i = \omega_i/2\pi$ ,  $n$  scade cu creșterea lui  $\omega$  (*dispersie anomală*). În domeniul vizibil, formula de dispersie poate fi redusă, într-o bună aproximație, la expresia:

$$n^2 = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4} + \dots,$$

în care constantele  $a, b, c$  caracterizează substanța dispersivă. V. prismă optică.

**dispersie rotatorie v. polarizație a luminii.**

**distanță focală**, distanța dintre planul principal al unui sistem optic centrat și focarul corespunzător. Distanța focală-obiect  $f_1$  se ia între planul principal-obiect și focarul-obiect, iar distanța focală-imagini  $f_2$  — între planul principal-imagini și focarul-imagini. Dacă  $n_1$  și  $n_2$  sînt indicii de refracție ai spațiului-obiect și, respectiv, -imagini, atunci:

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{n_1}{n_2}.$$

În cazul  $n_1 = n_2$  (ex. o lentilă în aer), cele două distanțe focale sînt egale între ele. La o lentilă subțire, cele două plane principale se suprapun în centrul optic al lentilei; de aceea, distanțele focale ale lentilelor subțiri se măsoară de la centrul optic la focarele corespunzătoare. V. dioptru.

**distorsiune, aberație geometrică** produsă în instrumentele optice datorită prezenței diaframelor. Dacă diafragma este așezată între obiect și lentilă (*diafragmă înainte* — fig. 115), mărirea liniară scade cu depărtarea punctului-obiect  $M_1$  de axa optică principală. Pentru orice punct  $M_1$ , situat între  $A_1$  și  $B_1$ ,  $\alpha_2 < \alpha_1$  și:

$$\frac{\text{tg } \alpha_2}{\text{tg } \alpha_1} < \frac{\alpha_2}{\alpha_1}.$$

Dacă diafragma se află între lentilă și imagine (*diafragmă înapoi* — fig. 116),  $\alpha_2 > \alpha_1$  și:

$$\frac{\text{tg } \alpha_2}{\text{tg } \alpha_1} > \frac{\alpha_2}{\alpha_1},$$

ceea ce înseamnă că mărirea liniară crește cu depărtarea de axa optică. Pentru ca imaginea să nu fie distorsionată, raportul  $\text{tg } \alpha_2 / \text{tg } \alpha_1$  ar trebui să fie constant pe toată întinderea obiectului și imaginii. Ca efect al distorsiunii, un segment de dreaptă care nu trece prin axa optică principală va avea o imagine curbată, curbura fiind cu atât mai pronunțată cu cît segmentul este mai depărtat de axă. De exemplu, un pătrat plan (fig. 117, a) va avea o imagine distorsionată sub formă de „butoiaș“ (fig. 117, b) sau de „perniță“ (fig. 117, c), după cum diafragma

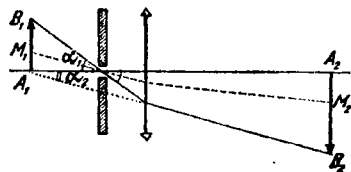


Fig. 115

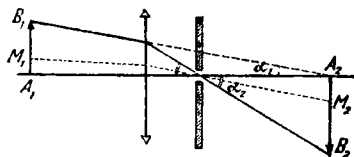


Fig. 116

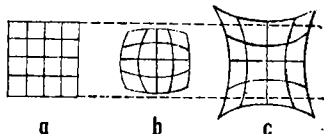


Fig. 117

este înainte sau înapoi. Distorsiunea fiind diferită în funcție de poziția diaframelor, ea poate fi înlăturată prin compensație, cu o așezare potrivită a acestora. Astfel, un obiectiv format din două sisteme simetrice, separate la mijlocul distanței dintre ele printr-o diafragmă (*obiectiv rectiliniar*), poate anula distorsiunea.

**domeniu de magnetizare** v. feromagnetism.

**donor** v. semiconductor.

**dop magnetic** v. capcană magnetică.

**dopaj (cu impurități)**, operație de introducere într-un cristal a unor atomi de altă natură decît atomii cristalului. Poate avea loc pe următoarele căi:

a) amestec mecanic în topitura din care va fi crescut cristalul; b) evaporare simultană, când cristalul este crescut din faza gazoasă; c) termidifuzie, prin încălzirea cristalului și a substanței de impurificare plasată pe suprafața acestuia.

Operația de dopaj joacă un rol important în tehnologia elaborării materialelor semiconductoare. Cu ajutorul impurităților donoare se obțin semiconductori de tip  $n$ , iar cu ajutorul impurităților acceptoare se obțin semiconductori de tip  $p$ .

doză v. dozimetrie.

**dozimetrie**, disciplină care studiază tehnica și posibilitățile de măsurare a dozelor de radiații; aceste doze pot fi exprimate fie în sistemul de mărimi și unități röntgenologic fie în cel radiobiologic.

*Sistemul röntgenologic* este folosit pentru evaluarea efectelor biologice ale radiațiilor  $X$  și gama de energie sub 3 MeV. Mărimile fundamentale a acestui sistem este *doza de radiație* ( $\Delta$ ). Aceasta se măsoară prin determinarea numărului de ioni produși într-o anumită masă de aer, de către emisia corpusculară (electroni produși prin efect fotoelectric, efect Compton și crearea de perechi) asociată unei radiații  $X$  sau  $\gamma$ . Unitatea de măsură a dozei în acest sistem este *röntgenul* și reprezintă doza de radiații  $X$  sau  $\gamma$ , a căror emisie corpusculară asociată produce, în condiții fizice normale, un număr de  $2,1 \cdot 10^{10}$  perechi de ioni cu sarcina electrică de un franklin într-un centimetru cub de aer. Raportînd doza de radiație la timpul  $t$  de expunere se obține mărimea numită *doză debit*  $\delta =$

$$= \frac{\Delta}{t} \cdot \text{Doza integrală } (\Delta_i), \text{ definită}$$

ca produs dintre doza de radiație și masa corpului iradiat  $\Delta_i = \Delta \cdot m$ , este o măsură a energiei radiante totale la care corpul a fost expus.

Pentru valori mari ale energiei lor (peste 3 MeV), razele  $X$  și  $\gamma$  produc nu numai efecte de ionizare, care, deci, nu mai pot constitui un criteriu pentru evaluarea efectelor biologice. Radiațiile corpusculare sînt încadrate în același sistem (ca și radiațiile electromagnetice penetrante) numit *sistemul radiobiologic*, care introduce trei mărimi fundamentale:

— *doza absorbită* ( $D$ ), egală cu raportul dintre energia  $W$  absorbită de un corp iradiat și masa  $m$  a acestuia:  $D = W/m$ . Unitatea dozei absorbite este *radul* (radiație absorbită, doză), definit prin relația:  $1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/g}$ .

— *parametrul spectral*, ce încadrează în sistem toate radiațiile corpusculare și electromagnetice pe baza efectivității biologice și poate fi definit fie ca densitatea liniară medie de ioni (numărul de perechi de ioni produși în medie pe unitate de lungime a traiectoriei particulei ionizante), fie ca transferul liniar mediu de energie (energie transferată mediului de către particula ionizantă pe unitatea de lungime a traiectoriei acesteia).

— *doza biologică* ( $B$ ), mărime fizico-fiziologică ce evaluează efectele biologice ale radiațiilor, dată de relația:  $B = \eta D$ , unde  $\eta$  este *efectivitatea biologică relativă*. Unitatea sa de măsură este *remul* (röntgen-equivalent-man), definit ca fiind doza biologică cînd un gram din țesutul iradiat absoarbe prin intermediul particulelor ionizante energia de  $100/\eta$  ergi. Deci  $1 \text{ rem} =$

$$= \frac{1}{\eta} \text{ rad} = \frac{100}{\eta} \text{ erg/g}. \text{ Valorile lui}$$

Tabelul 11

Radiația	$\eta$	D rad	B rem
Radiații X și $\gamma$ (0,03-3MeV)	1	1	100
Electroni	1	1	100
Neutroni termici	5	0,2	20
Neutroni rapizi	10	0,1	10
Protoni	10	0,1	10
Particule $\alpha$	20	0,05	5

$\eta$  pentru diferite radiații și echivalența dintre rad și erg/g sint date de tabelul 11.

Dozele biologice sint mărimi aditive, putîndu-se calcula efectul biologic total care rezultă în urma iradierii unei substanțe cu diferite radiații. Raportul dintre doza biologică  $B$  și timpul de iradiere  $t$  reprezintă *doza biologică debit*:

$$b = \frac{B}{t}. \text{ Mărimea definită ca pro-}$$

pus al dozei biologice cu masa iradiată  $m$  poartă numele de *doză biologică integrală*:  $B_i = B m$ . Doza biologică debit pe care omul normal o poate primi pe întreg corpul, în mod continuu, lucrînd cîte 8 ore pe zi timp de 6 zile pe săptămînă, fără să sufere vreun efect biologic deosebit tot timpul vieții sale, este doza debit maximă permisă, a cărei valoare, începînd din 1953, este de 0,3 remi pe săptămînă.

**dozimetru**, aparat destinat măsurării dozelor de radiații. Este alcătuit dintr-un traductor, care transformă energia radiațiilor detectate în energie electrică, și un aparat de măsurat etalonat în unități dedoză. Dozimetrele sint individuale (stilodozimetre și fitodozimetre), fiind

purtate de persoanele expuse iradierii, sau colective, amplasate în laboratoarele care prezintă pericol de radiații.

**drum de relaxare** v. relaxare.

**drum optic**, produsul dintre drumul geometric străbătut de o rază de lumină printr-un mediu transparent și indicele de refracție al acestuia. Notînd cu  $l$  drumul geometric parcurs de raza de lumină într-un mediu de indice de refracție  $n$  și cu  $(l)$  drumul optic,

$$(l) = nl.$$

Dacă  $c$  este viteza luminii în vid, iar  $v$ —viteza ei în mediul cu indice de refracție  $n$  ( $n = c/v$ ), atunci:

$$(l) = c \frac{l}{v} = \text{const.}$$

Drumul optic este deci egal cu drumul geometric pe care l-ar străbate lumina în vid, în același interval de timp în care ea străbate distanța respectivă în mediul dat. Dacă mediul este neomogen,  $v$  variază cu parcursul  $x$  al luminii, iar drumul optic se poate calcula:

$$(l) = c \int_0^l \frac{dx}{v(x)} = \int_0^l n(x) dx.$$

în SI se măsoară în metri.

**dualism** (sau **dualitate**) **undă-corpusul**, concepție potrivit căreia, unei microparticule  $i$  se poate asocia o undă și reciproc. Conform acestei ipoteze (confirmată experimental prin efectul fotoelectric și efectul Compton), radiația electromagnetică este emisă și absorbită sub formă de cuante de energie  $\epsilon = h\nu$  ( $h$  — constanta Planck,  $\nu$  — frecvența radiației), de masă  $m = \frac{h\nu}{c^2}$  ( $c$  — viteza lu-

minii) și impuls  $|\mathbf{p}| = |mc| =$   
 $= \frac{h}{\lambda}$  ( $\lambda$  — lungimea de undă a

radiației). Natura radiațiilor electromagnetice apare astfel ca dualistă, ondulatorie — în fenomenele de propagare, reflexie, refracție, interferență, difracție, polarizare, și corpusculară — în fenomenele de emisie și absorbție. În 1924, L. de Broglie atribuie și microparticulelor proprietăți ondulatorii, unde asociate acestora având lungimea de undă dată de

aceeași relație:  $\lambda = \frac{h}{p}$ , în care

$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$  este impulsul microparticulei. Ipoteza sa a fost confirmată ulterior experimental (v. experiența Davisson-Germer).

duant v. ciclotron.

dublă refracție v. anizotropie.

dublet v. multiplet.

durață de reverberație v. reverberație.



**echilibru (mecanic)**, stare în care se află un corp cînd rezultanta forțelor ce acționează asupra sa este nulă și cînd momentul rezultat față de un punct arbitrar din spațiu este nul. După cum, sub acțiunea unui impuls momentan, corpul revine în starea inițială, părăsește definitiv starea de echilibru sau trece într-o stare nouă de echilibru după un anumit timp, echilibrul poate fi *stabil*, *instabil* sau *indiferent*. Situația intermediară, cînd echilibrul corpului este stabil doar sub o anumită valoare a impulsului exterior, este numită *echilibru metastabil*. În cazul corpurilor suspendate, echilibrul se stabilește atunci cînd punctul  $S$  de susținere și centrul de greutate  $C$  se găsesc pe aceeași verticală; el este

stabil dacă punctul  $C$  se află sub  $S$  (fig. 118) — după ce corpul a fost îndepărtat din poziția de echilibru componenta  $F_1$  a greutății  $P$  aducînd corpul în poziția inițială, instabil în caz contrar (fig. 119) — componenta  $F_1$  scoțînd corpul din poziția de echilibru, sau indiferent — dacă aceste puncte coincid (fig. 120).

Dacă un corp este sprijinit pe una din fețele sale, echilibrul se realizează cînd verticala coborîtă din centrul său de greutate cade în interiorul suprafeței de sprijin. Gradul de stabilitate față de punctul  $O$  de sprijin este dat de raportul:

$$k = \frac{Pb}{Fh},$$

numit *coeficient de stabilitate* (fig. 121). Corpul este în echilibru stabil dacă  $k > 1$ , în echilibru instabil pentru  $k < 1$  și în echilibru indiferent pentru  $k = 1$ .

**echilibru termodinamic**, stare a unui sistem termodinamic, în care parametrii de stare nu variază în timp; pentru o astfel de stare sînt valabile principiile, legile și formulele termodinamicii clasice. Din punct de vedere matematic, echilibrul este caracterizat în mod diferit, după cum sistemul este omogen sau eterogen. În cazul unui sistem omogen, starea de echilibru termodinamic este atinsă atunci

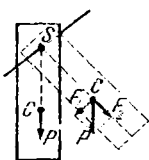


Fig. 118

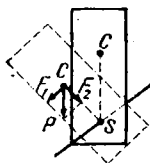


Fig. 119

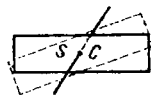


Fig. 120

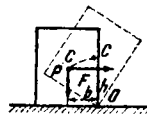


Fig. 121

când temperatura  $T$ , presiunea  $p$  și concentrația  $n$  a moleculelor (mărimi care au aceleași valori în oricare punct al sistemului) nu variază în timp. Când un sistem eterogen, compus din mai multe faze, se află în echilibru termodinamic, funcțiile sale de stare (v. potențial termodinamic) trec printr-un extrem:

$$dU = 0, dH = 0, dF = 0, dG = 0, \\ dS = 0.$$

Matematic, condițiile de echilibru se mai scriu:

$$T_1 = T_2 = \dots = T_i \\ p_1 = p_2 = \dots = p_i \\ \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_i,$$

adică fiecare din mărimile: temperatură, presiune și potențial chimic ( $\mu$ ), trebuie să aibă aceeași valoare, în toate fazele sistemului eterogen.

**echipartiție** v. legea echipartiției energiei.

**echivalent chimic** v. electroliză.

**echivalent electrochimic** v. electroliză.

**echivalent fotometric al radiației** v. flux luminos.

**echivalent în apă** v. calorimetru.

**echivalent luminos al wattului** v. flux luminos.

**echivalent mecanic al caloriei** ( $\mathcal{J}$ ), mărime egală cu raportul dintre lucrul mecanic  $L$  și cantitatea de căldură echivalentă  $Q$ :

$$\mathcal{J} = \frac{L}{Q}.$$

În cazul când  $L$  se exprimă în jouli și  $Q$  în calorii internaționale ( $\text{cal}_{IT}$ ), echivalentul are valoarea:

$$\mathcal{J} = 4,18674 \frac{J}{\text{cal}_{IT}}.$$

**echivalent mecanic al luminii** v. flux luminos.

**ecou**, undă sonoră care, reflectată pe o suprafață, ajunge într-un punct unde poate fi percepută distinct față de unda directă (la un interval de timp  $\Delta t \geq 0,1$  s).

**ecuația (cinetică) Boltzmann**, ecuație utilizată în studiul fenomenelor de transport ce stabilește o relație între dependența de timp și coordonatele spațiale ale funcției de distribuție Maxwell-Boltzmann, în cazul unor sisteme care nu se găsesc în echilibru termodinamic. Nu are aplicabilitate generală, ci este valabilă numai pentru un număr restrâns de sisteme fizice, printre care sînt: gazul ideal, „gazul” electronic din metale și semiconductori, „gazul” neutronilor și sistemul de particule care formează plasma. Pentru gazul ideal ce nu se găsește la echilibru, ecuația Boltzmann are forma:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{p}{m} \frac{\partial f}{\partial r} + F \frac{\partial f}{\partial p} = b - a,$$

unde  $f(r, p, t)$  este funcția de distribuție de neechilibru, în punctul figurativ din spațiul fazelor de coordonate  $r, p$ , la momentul  $t$ ;  $p$  este impulsul particulei,  $m$  — masa ei,  $F$  — forța care acționează asupra particulei;  $b$  este numărul punctelor figurative care pătrund în unitatea de volum considerată în jurul punctului de coordonate  $r, p$  din spațiul fazelor în unitatea de timp, iar  $a$  — numărul punctelor figurative care părăsesc în unitatea de timp același element de volum.

**ecuația Langevin** v. mișcare browniană.

ecuația Poisson v. transformare adiabatică.

ecuația Schrödinger, ecuație diferențială cu derivate parțiale de ordinul doi, satisfăcută de funcția de undă ce descrie comportarea unei microparticule sau a unui sistem cuantic, avînd forma:

$$-\frac{\hbar}{2m_0} \Delta \Psi + U\Psi = -\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \Psi}{\partial t},$$

în care  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$  (unde  $h$  este constanta Planck),  $U$  este energia potențială a microparticulei,  $m_0$  — masa de repaus a acesteia,  $i = \sqrt{-1}$ ;

$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$  este operatorul Laplace, iar  $\Psi = \Psi(x, y, z, t)$  — funcția de undă ce descrie microparticula. Ecuația are soluții compatibile cu semnificația lor fizică numai pentru anumite valori ale energiei (nivelele de energie ale sistemului), iar aflarea formei explicite a funcției  $\Psi$  permite obținerea densității de probabilitate și, deci, a probabilității spațio-temporale a sistemului.

ecuația van der Waals v. gaz real.

ecuația van't Hoff v. presiune osmotică.

ecuație a spațiului, ecuație de mișcare.

ecuație a vitezei v. mișcare mecanică.

**ecuație de continuitate 1.** Relație ce stabilește legătura dintre secțiunea  $S$  a unei conducte și viteza  $v$  de curgere prin ea a unui lichid. Dacă se consideră un tub  $A$  de secțiune variabilă prin care circulă un lichid incompresibil (fig. 122), în intervalul de timp  $dt$  planul  $P_1$  va fi străbătut de o coloană de

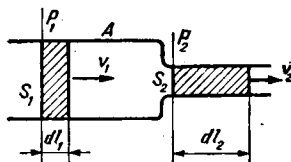


Fig. 122

lichid cu lungimea  $dl_1 = v_1 dt$ , deci de volum  $dV_1 = S_1 v_1 dt$ . În același timp, prin  $P_2$  va trece volumul  $dV_2 = S_2 v_2 dt$ . Deoarece lichidul este practic incompresibil,  $dV_1 = dV_2$  și deci:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = \text{const},$$

adică viteza de curgere staționară a unui lichid printr-o conductă este invers proporțională cu secțiunea acesteia. Această ecuație exprimă continuitatea liniilor de curent din lichid.

**2. V. ecuații Maxwell.**

**ecuație de mișcare (sau a spațiului),** relație între spațiul  $s$  străbătut de un corp aflat în mișcare sau între coordonatele sale de poziție  $\mathbf{r}(x, y, z)$  și timpul  $t$ . Are forme diferite pentru diferite tipuri de mișcare. În general, este de forma  $s = s(t)$  sau  $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$ , în care  $x = x(t)$ ,  $y = y(t)$ ,  $z = z(t)$ , iar pentru mișcarea circulară  $\alpha = \alpha(t)$ . Această variație poate fi reprezentată prin polinoame de orice grad în  $t$ . În cazurile particulare ale mișcării uniforme sau uniform variate, acestea sînt de gradul întâi sau, respectiv, de gradul doi. Dacă mișcarea este periodică, ecuația sa poate fi scrisă ca o sumă de funcții armonice al căror argument variază cu timpul.

**ecuație de stare,** relație între parametrul de forță (ex. presiunea), de poziție (ex. volumul) și temperatură, ce caracterizează starea de echilibru termodinamic a unui sistem fizic. V. gaz ideal, gaz real.

ecuație virială v. gaz real.

ecuații canonice Hamilton, sistem de  $2f$  ecuații diferențiale de ordinul întâi, simetrice, ce descriu mișcarea unui sistem de puncte materiale:

$$\frac{dq_k}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_k}; \quad \frac{dp_k}{dt} = - \frac{\partial H}{\partial q_k}$$

$$(k = 1, 2, \dots, f),$$

în care  $p_k$  sînt coordonatele generalizate,  $q_k$  — impulsurile generalizate,  $H(q_k, p_k)$  funcția Hamilton, iar  $f = 3n - k$  — numărul gradelor de libertate ale sistemului (unde  $n$  este numărul de particule și  $k$  — numărul de legături). Fiind ecuații diferențiale de ordinul întâi, ecuațiile canonice Hamilton sînt preferate în calcule ecuațiilor Lagrange.

ecuații Ehrenfest v. transformări de fază.

ecuații Lagrange, sistem de ecuații diferențiale de ordinul doi, ce descriu mișcarea unui sistem de puncte materiale:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \left( \frac{\partial T}{\partial q_i} \right) = Q_i,$$

în care  $T$  este energia cinetică a sistemului, iar:

$$Q_i = F_{xi} \frac{\partial x}{\partial q_i} + F_{yi} \frac{\partial y}{\partial q_i} + F_{zi} \frac{\partial z}{\partial q_i}$$

este forța generalizată asociată coordonatei generalizate  $q_i$  ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  fiind componentele forței ce produce mișcarea). Dacă această forță derivă dintr-un potențial:

$$F_x = - \frac{\partial U}{\partial x},$$

$$F_y = - \frac{\partial U}{\partial y}, \quad F_z = - \frac{\partial U}{\partial z},$$

ecuațiile Lagrange devin:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) = \frac{\partial L}{\partial q_i},$$

în care  $L$  este funcția Lagrange. Rezolvarea problemei mișcării unui sistem de particule cu ajutorul ecuațiilor Lagrange este avantajoasă în cazul cînd particulele sînt supuse și unor legături. În acest caz, numărul parametrilor independenți ce caracterizează sistemul (și deci al ecuațiilor Lagrange) este  $f = 3n - k$  (unde  $n$  este numărul de particule și  $k$  — numărul legăturilor), în timp ce numărul ecuațiilor date de principiul al doilea al lui Newton este  $3n$ .

ecuații Maxwell, sistem de ecuații cu derivate parțiale care exprimă legile generale ale evoluției și structurii cîmpului electromagnetic. Au fost elaborate de J.C. Maxwell, pornind de la ipoteza că, atunci cînd printr-un element de suprafață  $dS$  are loc o variație de flux magnetic, în jurul acestuia apar linii de cîmp electric închise și, reciproc, cînd prin  $dS$  are loc o variație de flux electric, se constată apariția unor linii închise de cîmp magnetic.

Prima ecuație (numită *ecuația Maxwell-Ampère*) arată că circulația vectorului cîmp magnetic  $\mathbf{H}$  pe un anumit contur  $L$  este egală cu suma dintre curentul de conducție și cel de deplasare cuprinși în contur:

$$\oint_L H_i dl = I_{cond} + I_{depl} =$$

$$= I_{cond} + \frac{\partial}{\partial t} \int_S D_n dS.$$

Sub formă vectorială, această primă ecuație se scrie:

$$\text{rot } \mathbf{H} = \mathbf{I}_{cond} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t},$$

în care  $\mathbf{D}$  este vectorul inducției electrice.

A doua ecuație (numită *ecuația Maxwell-Faraday*) exprimă apariția unui câmp electric ca urmare a variației în timp a câmpului magnetic. Circulația vectorului câmp electric  $\mathbf{E}$  pe contur este egală cu viteza de variație a fluxului magnetic prin aria mărginită de conturul considerat:

$$\oint_L \mathbf{E}_t \cdot d\mathbf{l} = - \frac{\partial}{\partial t} \int_S \mathbf{B}_n \cdot d\mathbf{S}$$

sau, sub formă vectorială:

$$\text{rot } \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t},$$

unde  $\mathbf{B}$  este vectorul inducției magnetice.

A treia ecuație stabilește că fluxul inducției electrice printr-o suprafață închisă  $S$  este egal cu sarcina electrică cuprinsă în interiorul suprafeței, deci:

$$\oint_S \mathbf{D}_n \cdot d\mathbf{S} = q,$$

care, sub formă vectorială, devine:

$$\text{div } \mathbf{D} = \rho,$$

unde  $\rho$  reprezintă densitatea de sarcină electrică.

A patra ecuație arată că fluxul inducției magnetice printr-o suprafață închisă este nul:

$$\oint_S \mathbf{B}_n \cdot d\mathbf{S} = 0$$

și, sub formă vectorială:

$$\text{div } \mathbf{B} = 0.$$

La aceste patru ecuații se mai adaugă relațiile:  $\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E}$ ,  $\mathbf{B} =$

$= \mu \mathbf{H}$  și legea de conservare a sarcinilor exprimată prin ecuația

de *continuitate*:  $\text{div } \mathbf{j} = \frac{\partial \rho}{\partial t}$ ,

$\mathbf{j}$  fiind densitatea de curent electric.

**efect Auger**, autoionizarea unui atom aflat în stare excitată prin emisia unui electron de pe una din păturile interioare ale atomului. A fost observat prima dată, în 1925, de fizicianul francez P. Auger, la excitarea atomilor de kripton sub acțiunea unui fascicul de radiații X. Fenomenul se produce când energia unui foton X incident este mai mare decât energia de legătură a unui electron din stratul K al atomului; în urma ionizării atomului prin emisia acestui electron, locul rămas liber poate fi ocupat de un electron din stratul L, cu emisia unei linii  $K_\alpha$ . Deoarece energia de excitare a atomului este mai mare decât energia de ionizare a sa pe stratul L, apare o probabilitate diferită de zero ca acesta să fie eliberat prin redistribuirea energiei, fără dezexcitare prin radiație.

**efect Barkhausen**, magnetizația unui corp feromagnetic variază în salturi când intensitatea câmpului magnetic exterior variază continuu. Se datorește orientării bruște a domeniilor de magnetizare în direcția câmpului. Poate fi pus în evidență cu ajutorul unui transformator, în secundarul căruia se află un miez din material feromagnetic; la creșterea uniformă a intensității curentului în circuitul primar, un oscilograf montat în circuitul secundarului indică fluctuații rapide ale curentului electric.

**efect Cerenkov**, emisia unei radiații luminoase (numită *radiație Cerenkov*) de către particulele încărcate de mare energie ce străbat un mediu dispersiv cu o viteză (mai mică decât viteza luminii în vid dar) superioară vitezei (de fază a) luminii în acel mediu. Această emisie are loc într-un con a cărui axă se confundă cu traiectoria

particulei, de deschidere unghiulară  $\delta$ , dată de relația:

$$\cos \delta = \frac{c}{nv} = \frac{1}{n\beta},$$

în care  $c$  este viteza luminii în vid,  $v$  — viteza particulei în mediul de indice de refracție  $n$ , iar  $\beta = \frac{v}{c}$ . Radiația emisă prezintă

un spectru continuu; în cazul electronilor, densitatea de energie radiantă este dată de expresia:

$$w = 4 \pi^2 \frac{e^2}{hc^2} \sin^2 \delta,$$

unde  $e$  este sarcina electronului, iar  $h$  — constanta Planck. Dacă mediul dispersiv este sticla ( $n=1,5$ ), pentru  $\frac{v}{c} \approx 1$ ,  $\delta \approx 51^\circ$ . Această ra-

diație este utilizată în contoarele de particule Cerenkov pentru înregistrarea particulelor foarte rapide. Deschiderea conului luminos permite determinarea cu mare exactitate a vitezei și energiei particulei studiate.

**efect Coandă**, deviere în aval a unui jet plan de fluid, care curge liber, de-a lungul unui perete convex. Se datorește acțiunii de frinare (însoțită de scăderea locală a presiunii dinamice), pe care o exercită moleculele mediului ambiant asupra moleculelor jetului din imediata vecinătate a suprafeței lor de contact. În consecință, presiunea statică devine mai mare la suprafața jetului opusă peretelui convex, iar acesta va fi deviat (cu un unghi de pînă la  $160^\circ$  față de direcția inițială), avînd tendința de a se alătura peretelui. Descoperit de inginerul român H. Coandă în 1910 și brevetat în 1934, fenomenul și-a găsit aplicații tehnice multiple la sisteme de propulsie, deviatoare de jet, inver-

soare de tracțiune, atenuatoare de zgomot, pulverizatoare de aerosoli, injectoare de combustibil, dispozitive de hipersustentație etc.

**efect colorimetric** v. colorimetrie.

**efect Compton**, fenomen care însoțește difuzia razelor X și  $\gamma$  într-o substanță (cu atomii ușori), conștind în apariția unor radiații emergente cu lungime de undă mai mare decît cea a radiațiilor incidente. Variația lungimii de undă crește cu mărirea unghiului de difuzie și nu depinde de natura substanței, iar intensitatea liniei spectrale deplasate crește cu mărirea unghiului de difuzie și cu micșorarea numărului atomic  $Z$  al materialului difuzant. Pornind de la ipoteza naturii corpusculare a radiației X, teoria elementară a efectului (elaborată de A.H. Compton între anii 1922—1923) consideră difuzia ca rezultatul ciocnirii elastice dintre fotonul incident și un electron liber (fig. 123). Conform legilor de conservare a impulsului și, respectiv, a energiei sistemului rezultă:

$$\frac{h\nu}{c} = \frac{h\nu'}{c} + mv$$

și

$$h\nu + m_0c^2 = h\nu' + mc^2,$$

în care  $\nu$  și  $\nu'$  sînt frecvențele fotonului, iar  $m_0$  și  $m$  — masele electronului înainte și respectiv, după ciocnire,  $h$  fiind constanta Planck,  $c$  — viteza luminii, iar

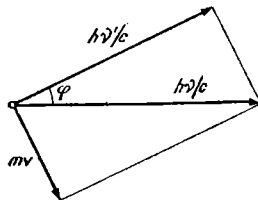


Fig. 123

$v$  — viteza electronului după ciocnire. Compton găsește valoarea deplasării lungimii de undă:

$$\Delta\lambda = 2 \frac{h}{m_0c} \sin^2 \frac{\varphi}{2},$$

în care  $\frac{h}{m_0c} = \Lambda$  poartă numele de

*lungime de undă Compton* (v. constantă fizică universală), iar  $\varphi$  este unghiul de difuzie (fig. 123). Se observă că  $\Delta\lambda$  nu depinde de natura materialului difuzant, ci doar de unghiul de difuzie și are valoarea maximă, egală cu  $\Lambda$ , pentru  $\varphi = \pi$ .

**efect corona**, descărcare în coroană.

**efect Cotton-Mouton**, fenomenul apariției unei birefrințe artificiale a substanțelor paramagnetice, la introducerea lor într-un câmp magnetic intens. Se explică prin orientarea moleculelor (cu moment magnetic propriu) în câmp, ceea ce produce anizotropia acestor substanțe. Birefrința astfel produsă este:

$$n_e - n_o = DH^2,$$

$H$  fiind intensitatea câmpului magnetic aplicat, iar  $D$  — o constantă de proporționalitate. Dacă  $\lambda$  este lungimea de undă a unei radiații monocromatice care străbate o astfel de substanță, diferența de fază  $\Delta\varphi$  între vibrațiile razei extraordinare și ale celei ordinare după ce au parcurs grosimea  $l$  este:

$$\Delta\varphi = 2\pi ClH^2,$$

unde  $C = D/\lambda$  se numește *constantă Cotton-Mouton* și depinde de temperatură (scade cu creșterea acesteia) și de proprietățile substanței. Diferența de drum  $\delta$  dintre cele două raze se calculează de obicei cu relația:

$$\frac{\delta}{\lambda} = ClH^2.$$

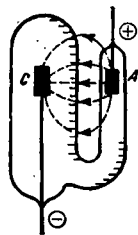


Fig. 124

**efect de latitudine v. radiație cosmică.**

**efect de pseudovid**, creșterea potențialului de aprindere a unei descărcări electrice într-un gaz până la atingerea unor valori corespunzătoare presiunilor mai joase decât presiunea din tubul de descărcare, datorită electrizării negative a peretelui dielectric din vecinătatea catodului. În tubul de formă specială din fig. 124 se observă că liniile de câmp electric de la anodul  $A$  până la catodul  $C$  determină o acumulare de electroni pe pereții interior al tubului care, împiedicând ieșirea electronilor din catod și dirijarea lor în partea anodică a tubului, duce la creșterea potențialului de aprindere. Acumularea electronilor se face cu atât mai ușor cu cât aceștia sînt mai lenti și cu cât drumul liber mediu al lor este mai mare (deci, la presiuni mici). Dacă viteza electronilor depășește o anumită limită, poate avea loc o emisie electronică secundară din peretele sticlei, acesta încărcîndu-se astfel pozitiv. Efectul poate fi eliminat fie utilizînd recipiente largi, fie metalizînd pereții tubului de descărcare și legîndu-i la un anumit potențial.

**efect Doppler(-Fizeau)**, modificarea frecvenței, lungimii de undă și perioadei undelor cînd sînt percepute de un observator aflat în

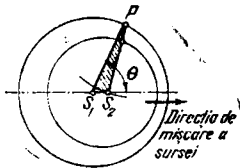


Fig. 125

mişcare relativă față de sursa emițătoare (mediul de propagare a undelor considerându-se în repaus). Fenomenul se produce în următoarele situații:

1) sursă mobilă — cu viteza  $v_s$ , observator fix (fig. 125). Se consideră  $S_1$  și  $S_2$  pozițiile sursei la momentele de timp  $t_1 = 0$  și  $t_2 = T_0$ , unde  $T_0$  este perioada de oscilație a sursei și  $P$  — poziția observatorului. Dacă frontul de undă emis în  $S_1$  la  $t_1 = 0$  ajunge în  $P$  la timpul  $t$ , frontul emis în  $S_2$  la  $t_2 = T_0$  ajunge în  $P$  la timpul  $t - T_0 + T$ , în care  $T$  este perioada aparentă a unei unde. Viteza de propagare a unei fiind  $u$ , și unghiul dintre cele două direcții —  $\theta$ , se poate scrie:

$$\begin{aligned} S_1 S_2 &= v T_0, & S_1 P &= ut \text{ și} \\ S_2 P &= u(t - T_0 + T) = S_1 P - \\ & & & - S_1 S_2 \cos \theta. \end{aligned}$$

De aici se găsește:

$$T = T_0 \left( 1 - \frac{v_s}{u} \cos \theta \right), \text{ respectiv:}$$

$$v = v_0 \frac{1}{1 - \frac{v_s}{u} \cos \theta}$$

și

$$\lambda = \lambda_0 \left( 1 - \frac{v_s}{u} \cos \theta \right),$$

unde  $v_0$ ,  $\lambda_0$  sînt frecvența și lungimea de undă emise, iar  $v$  și  $\lambda$  — aceleași mărimi percepute de observator. În cazul undelor lumi-

noase ( $v_s \ll u$ ), relațiile de mai sus devin:

$$T = T_0 \left( 1 - \frac{v_s}{u} \cos \theta \right),$$

$$v = v_0 \left( 1 + \frac{v_s}{u} \cos \theta \right),$$

$$\lambda = \lambda_0 \left( 1 - \frac{v_s}{u} \cos \theta \right).$$

Dacă sursa se deplasează pe direcția sursă-observator, relațiile capătă forma:

$$T = T_0 \left( 1 - \frac{v_s}{u} \right),$$

$$v = v_0 \frac{1}{1 - \frac{v_s}{u}}, \quad \lambda = \lambda_0 \left( 1 - \frac{v_s}{u} \right)$$

cînd  $\theta = 0$  (sursa se apropie de observator) și:

$$T = T_0 \left( 1 + \frac{v_s}{u} \right),$$

$$v = v_0 \frac{1}{1 + \frac{v_s}{u}}, \quad \lambda = \lambda_0 \left( 1 + \frac{v_s}{u} \right)$$

cînd  $\theta = \pi$  (sursa se îndepărtează de observator).

2) sursa  $S$  fixă, observator mobil (din  $P_0$  în  $P_1$ ) — cu viteza  $v_0$  (fig. 126). Prin raționamente similare se găsesc în acest caz relațiile:

$$T = T_0 \frac{1}{1 + \frac{v_0}{u} \cos \theta}$$

*Diracția de mișcare  
a observatorului*

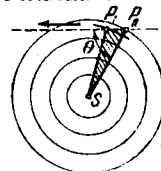


Fig. 126



$$v = v_0 \left( 1 + \frac{v_0}{u} \cos \theta \right),$$

$$\lambda = \lambda_0 \frac{1}{1 + \frac{v_0}{u} \cos \theta}.$$

3) sursă mobilă cu viteza  $v_s$ , observator mobil cu viteza  $v_0$ . În acest caz, mărimile percepute de observator sînt:

$$T = T_0 \frac{u - v_s \cos \theta_s}{u + v_0 \cos \theta_0},$$

$$\lambda = \lambda_0 \frac{u - v_s \cos \theta_s}{u + v_0 \cos \theta_0} \text{ și}$$

$$v = v_0 \frac{u + v_0 \cos \theta_0}{u - v_s \cos \theta_s},$$

unde  $\theta_s$  și  $\theta_0$  sînt unghiurile pe care le face direcția de mișcare a sursei, respectiv, a observatorului, cu dreapta ce le unește, la momentul considerat. În cazul mișcării rectilinii și uniforme a sursei și observatorului în raport cu un sistem de referință inerțial, prezintă importanță numai mișcarea relativă a sursei și observatorului. Pe baza teoriei relativității, pentru unele luminoase se găsește:

$$v = v_0 \frac{1 + \frac{v}{c} \cos \theta}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

unde  $v$  este frecvența luminii ce se propagă sub unghiul  $\theta$  față de direcția de mișcare a sursei,  $v_0$  — frecvența pentru  $\theta = 0$ ,  $v$  — viteza relativă a sursei și observatorului, iar  $c$  — viteza luminii în vid.  $V$ . deplasare spre roșu.

**efect Einstein-de Haas**, rotirea unui corp feromagnetic în timpul magnetizării sau demagnetizării sale, datorită legăturii stabilite

între momentele magnetice și cinetice ale electronilor. Poate fi amplificat la rezonanță, cînd magnetizarea și demagnetizarea periodică a corpului au loc cu o frecvență egală cu frecvența sa proprie. Efectul a fost prevăzut (1908) de Richardson și interpretat teoretic (1915) de Einstein și de Haas.

**efect Faraday**  $v$ . polarizare a luminii.

**efect fotoelectric extern**, fenomen ce constă în punerea în libertate a electronilor (numiți *fotocetroni*) din corpurile solide, sub acțiunea luminii. A fost descoperit în 1888 de H. Hertz. Studiul efectului se poate face cu ajutorul unui dispozitiv (fig. 127) constînd dintr-o incintă vidată, prevăzută cu o fereastră de cuarț (prin care pătrunde lumina) și cu doi electrozi — catodul  $C$  și anodul  $A$ , conectați la o baterie de curent continuu  $B$  (prin intermediul unui montaj potențiometric). Voltmetrul  $V$  măsoară diferența de potențial aplicată între anod și catod, iar microampermetrul  $\mu A$  indică valoarea curentului ce se stabilește între cei doi electrozi. Variația intensității curentului  $I$  în funcție de diferența de potențial  $V$  (sau caracteristica volt-amperică), obținută cu acest montaj pentru un flux luminos constant în timp, este reprezentată în fig. 128; din configurația sa, pot fi deduse experimental proprietă-

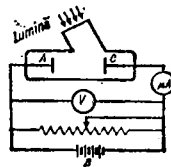


Fig. 127

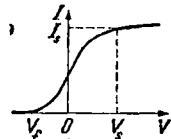


Fig. 128

țile esențiale ale acestui fenomen:

- 1) pentru valori ale tensiunii  $V$  mai mari decât  $V_s$ , intensitatea curentului atinge o valoare maximă (de saturație)  $I_s$ ;
- 2) la anularea tensiunii, intensitatea curentului electric este diferită de zero;
- 3) pentru a anula curentul electric, este necesară aplicarea unei tensiuni numită tensiune de frinare  $V_f$ . Dacă fluxul luminos  $\Phi$  variază, se constată o variație a curentului electric de saturație direct proporțională cu variația fluxului:  $I_s \sim \Phi$ . În cazul în care studiul efectului fotoelectric se efectuează cu fascicule de lumină monocromatică din diferite regiuni ale spectrului, se observă că, peste o anumită valoare maximă a lungimii de undă a luminii  $\lambda_{prag}$  (numită *prag roșu fotoelectric*), efectul nu se mai produce. Valoarea pragului roșu pentru câteva elemente este redată în tabelul 12. De asemenea, se constată că, pentru aceeași substanță, intensitatea curentului de saturație este maximă pentru o anumită valoare a lungimii de undă a radiației luminoase (v. tabelul 13).

Interpretarea acestui efect a fost dată de A. Einstein pe baza teoriei cuantelor de lumină (fotonii), stabilind o formulă care poate explica *legile efectului fotoelectric extern*, de forma:

$$h\nu = \frac{mv^2}{2} + A,$$

în care  $h\nu$  este energia fotonului de frecvență  $\nu$  ( $h$  fiind constanta

Planck),  $\frac{mv^2}{2}$  este energia cinetică

inițială a fotoelectronului și  $A$  — lucrul mecanic de extracție. Deci energia fotonului incident este consumată, în parte — pentru extragerea electronului din corpul solid, iar restul — pentru energia cinetică a fotoelectronului. Efectul fotoelectric extern stă la baza funcționării *celulelor fotoelectrice* (fig. 129), cu largi aplicații în automată, cinematografie, fotometrie etc. Se construiesc celule fotoelectrice cu vid (cu sensibilitatea redusă, de  $10 \mu\text{A/lm}$ ) și cu gaz (cu sensibilitatea mai ridicată, de  $100 \mu\text{A/lm}$  — datorită

Tabelul 12

Substanța	Cs	Na	Zn	Ag	Pt
$\lambda_{prag}$ , în Å	6 600	5 000	3 720	2 600	1 962

Tabelul 13

Substanța	Cs	Rb	K	Na	Li	M	Al
$\lambda_{max}$ , în Å	5 100	4 800	4 350	3 400	2 800	2 500	2 150

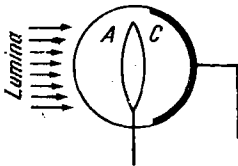


Fig. 129

faptului că valoarea curentului este influențată și de procesele de ionizare care au loc în gaze).

**efect fotoelectric intern**, variația conductivității unui semiconductor (sau a unui dielectric) sub acțiunea luminii. Conductivitatea de întuneric a semiconductorului intrinsec se calculează cu ajutorul relației:

$$\sigma_0 = e(\mu_n n_0 + \mu_p p_0),$$

unde  $e$  este sarcina electronului,  $\mu_n$  și  $\mu_p$  — mobilitatea electronilor și, respectiv, cea a golurilor,  $n_0$  și  $p_0$  — concentrația de întuneric (de echilibru) a electronilor, respectiv, a golurilor. Electronii și golurile de întuneric (numiți *purători de echilibru*) sînt generați pe seama energiei termice a semiconductorilor, iar interacțiunile dintre purătorii de sarcină și rețea se petrec la echilibru termodinamic. Sub acțiunea luminii, în semiconductor apar purători de sarcină suplimentari (de neechilibru sau *fotopurători*), iar echilibrul termodinamic este încălcat. La încetarea acțiunii luminii, echilibrul se restabilește după un anumit interval de timp. Conductivitatea suplimentară, care apare la iluminarea semiconductorului, are expresia:

$$\Delta\sigma = e(\mu_n \Delta n + \mu_p \Delta p),$$

valabilă pentru o stare staționară, în care numărul purătorilor gene-

rați sub acțiunea luminii în unitatea de timp este egal cu numărul purătorilor care se recombina. Ținînd seama de procesele de absorbție a luminii în semiconductor, de generarea fotopurătorilor, precum și de recombinarea lor, conductivitatea suplimentară staționară (numită și *fotoconductivitate*) este dată de relația:

$$\Delta\sigma = e\beta kI (\mu_n \tau_n + \mu_p \tau_p),$$

unde  $I$  este numărul de fotoni ce străbat unitatea de suprafață a semiconductorului în unitatea de timp,  $k$  — coeficientul de absorbție a luminii,  $\beta$  — randamentul cuantic,  $\tau_n$  și  $\tau_p$  — timpurile de viață ale purătorilor, care depind de procesul de recombinare. Produsul  $kI$  este egal cu numărul fotonilor absorbiți de unitatea de volum în unitatea de timp, iar  $\beta kI$  este egal cu numărul de perechi electron-gol generate în unitatea de volum și în unitatea de timp. În fig. 130 este reprezentată (prin linie continuă) dependența de timp a conductivității suplimentare  $\Delta\sigma$ ; se observă că, după un anumit timp egal cu timpul de viață al purătorilor de neechilibru, aceasta atinge o valoare de saturație (staționară). În cazul cînd nu ar interveni procesul de recombinare a purătorilor,  $\Delta\sigma$  ar crește liniar la infinit

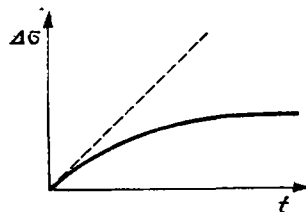


Fig. 130

(dreapta punctată). Viața medie a unui fotopurtător negativ, electronul, este:

$$\tau_n = \frac{1}{pq_n v_n},$$

unde  $p$  este concentrația golurilor,  $q_n$  — secțiunea de captură a electronilor de către goluri (sau de recombinare), iar  $v_n$  — viteza electronului. Raportul  $\frac{\Delta n}{\tau_n}$  definește inten-

sitatea de recombinare ( $\Delta n$  fiind concentrația staționară a fotoelectronilor), iar produsul  $q_n v_n$  poartă numele de *coeficient de recombinare* ( $\gamma_r$ ). Timpul de viață al golurilor este:

$$\tau_p = \frac{1}{nq_p v_p},$$

unde  $n$  este concentrația electronilor,  $q_p$  — secțiunea de captură a golurilor de către electroni, iar  $v_p$  — viteza golurilor.

Cînd  $\Delta\sigma \gg \sigma_0$ , pentru măsurarea fotoconductivității semiconductorilor este utilizat un montaj simplu a cărui schemă este redată în fig. 131; la iluminarea semiconductorului, galvanometrul  $G$  indică o variație a intensității curentului generat în circuit de către sursa de curent continuu  $B$ .

În cazul în care  $\Delta\sigma \ll \sigma_0$ , se utilizează (fig. 132) o schemă de compensare ce conține două surse de curent continuu  $B_1$  și  $B_2$ , rezistențele  $R$  și  $P$  și galvanometrul  $G$ . La iluminarea semiconductorului, deviația acului galvanometrului poate fi anulată variind căderea de tensiune prin rezistența  $P$ . Pentru determinarea timpului de viață a fotopurtătorilor, poate fi utilizat un montaj (fig. 133) constînd dintr-o sursă de curent continuu  $B$ , rezistența  $R_1$ , un ampli-

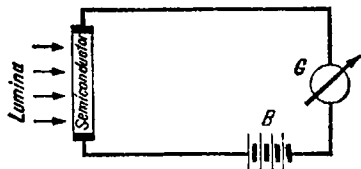


Fig. 131

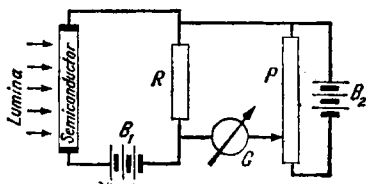


Fig. 132

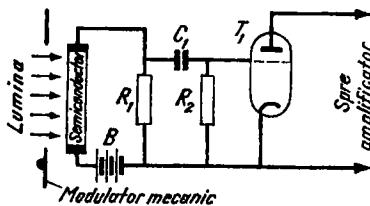


Fig. 133

ficator, condensatorul  $C_1$ , rezistența  $R_2$  și tubul electronic  $T_1$ . Variația intensității luminii, realizată cu ajutorul unui modulator mecanic, determină variații ale conductivității semiconductorului și, implicit, ale tensiunii aplicate pe  $R_1$ , care sînt apoi amplificate. Printre cele mai utilizate substanțe fotoconductoare sînt: seleniul, oxidul de cupru, sulfura de cadmiu, sulfura de plumb, germaniul, siliciul etc.; cu ajutorul lor, se pot construi *fotodiode* (fotocelule) pentru transformarea energiei solare

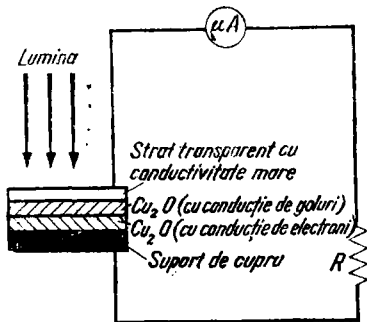


Fig. 134

în energie electrică. În fig. 134 este redată schema unei astfel de fotodiode. Randamentul de transformare a energiei solare în energie electrică este cuprins între 1 și 5% în cazul unor substanțe ca seleniul, sulfura de cadmiu, sulfura de plumb, iar în cazul siliciului atinge valoarea de 15%, conferind acestuia largi posibilități de aplicare în construcția bateriilor solare. V. semiconductor.

**efect fotoelectromagnetic** (sau **fotomagnetoelectric**), apariția unui cîmp electric într-un semiconductor iluminat, care se află într-un cîmp magnetic (v. efect fotoelectric intern). Fenomenul poate fi pus în evidență în cazul unui semiconductor supus acțiunii simultane a unui fascicul de lumină și a unui cîmp magnetic, cu direcții perpen-

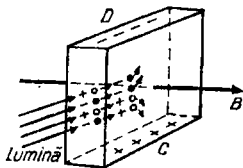


Fig. 135

diculare (fig. 135). Difuzînd spre interiorul semiconductorului, foto-purtătorii de sarcină sînt supuși acțiunii forței Lorentz:

$$F_L = ev \times B,$$

(unde sarcina elementară  $e$  are semn negativ pentru electron și pozitiv pentru gol,  $v$  este viteza purtătorului de sarcină, iar  $B$  — inducția cîmpului magnetic) și deviați în sensuri opuse, spre fețele  $D$  (electronii) și  $C$  (golurile). În final, între cele două fețe ia naștere o tensiune fotoelectromotoare.

**efect fotonuclear v. radiație gama.**

**efect fotovoltaic**, apariția unei diferențe de potențial între două regiuni ale unui semiconductor (sau ale unui dielectric) atunci cînd una din regiuni este iluminată, iar cealaltă nu este iluminată. Punerea în evidență a acestei tensiuni

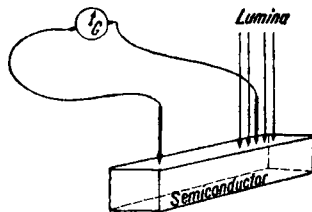


Fig. 136

fotoelectromotoare se poate realiza cu ajutorul unui galvanometru sensibil  $G$  conectat la două sonde metalice, dintre care una se găsește în contact cu suprafața fotoconductorului în regiunea iluminată, iar cealaltă cu suprafața acestuia în regiunea neiluminată (fig. 136). Pe baza acestui efect pot fi construite pile fotovoltaice.

**efect geomagnetic v. radiație cosmică.**

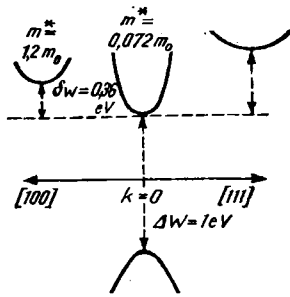


Fig. 137

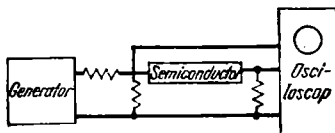


Fig. 138

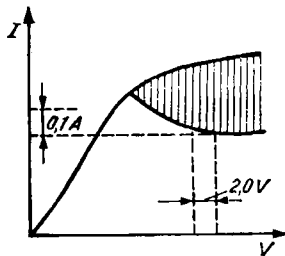


Fig. 139

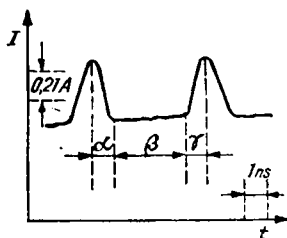


Fig. 140

efect Gunn, generarea a frecvențelor radio de ordinul  $10^9$  Hz în unii semiconductori cu structură energetică determinată, în care se poate crea o stare de conductivitate electrică diferențială negativă. Fenomenul a fost descoperit în 1963 de fizicianul american J.B. Gunn. Printre semiconductorii care manifestă efect Gunn sînt: arseniura de galiu (GaAs), fosfura de indiu (InP), soluția solidă de arseniură și fosfură de galiu ( $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$ ), telurura de cadmiu (CdTe), arseniura de indiu (InAs), seleniura de zinc (ZnSe), germaniul (Ge). Structura energetică a acestor semiconductori (v. corp solid) este exemplificată în cazul cel mai frecvent utilizat în aplicații practice, GaAs (fig. 137). Zona de conducție a acestuia conține, pe lângă minimul central ( $k=0$ ), minime satelit, iar distanța energetică de la minimul central pînă la cel mai apropiat minim,  $\delta W$ , este mai mică decît lărgimea zonei interzise  $\Delta W$ . Masa efectivă  $m^*$  a electronilor din minimul central este mai mică decît a celor din minimul satelit (v. fig. 137, unde  $m_0$  este masa unui electron liber). Studiul experimental al fenomenului poate fi făcut cu ajutorul schemei reprezentate în fig. 138. Caracteristica volt-amperică  $I=f(V)$  obținută cu o astfel de schemă (fig. 139) indică oscilații ale curentului electric (reprezentate hașurat); acestea apar în domeniul conductivității diferențiale negative, la valori medii relativ mari ale cîmpului electric ( $E_0 = 4\,000\text{V/m}$ ). Variația intensității  $I$  a curentului cu timpul  $t$ , pentru o probă de GaAs cu lungimea mai mare de  $100\ \mu\text{m}$ , este reprezentată în fig. 140. Aceste oscilații ale curentului pot fi explicate cu ajutorul caracteristicilor structurii energetice. Dependența densității

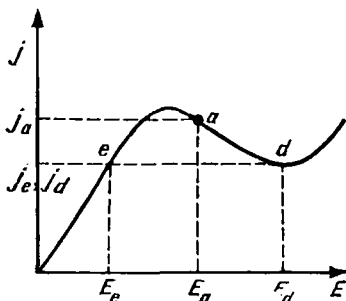


Fig. 141

de curent  $j$  de intensitatea  $E$  a cîmpului electric, pentru un semiconductor ce manifestă conductivitate negativă, este reprezentată în fig. 141.

O stare  $a$ , în care semiconductorul prezintă *conductivitate diferențială negativă* (corespunzătoare pantei negative), este instabilă și cedează locul unei stări stabile, caracterizată de apariția unui domeniu de cîmp înalt și două domenii de cîmp slab, plasate de o parte și de alta a primului. Pentru starea instabilă  $a$ , densitatea de curent are expresia:  $j_a = ne\mu E_a$ , unde  $n$ ,  $\mu$  și  $e$  sînt respectiv concentrația, mobilitatea și sarcina electronilor. Cînd semiconductorul trece în starea stabilă, densitatea de curent este:  $j_e = ne\mu E_e$  în domeniile de cîmp slab și  $j_d = ne\mu_d E_d$  în domeniul de cîmp înalt. Densitatea de curent în semiconductor fiind constantă, se poate scrie  $j_e = j_d$ ; deoarece  $E_e < E_d$  ( $E_e = 1\ 500$  V/m,  $E_d = 60\ 000$  V/m), iar concentrația electronilor în zona de conducție, pentru ambele domenii, este aceeași, rezultă  $\mu_d < \mu$ . Dacă zona de conducție are structura din fig. 137, în domeniul de cîmp înalt se produce transferul unui număr însemnat de electroni din minimul central în minimul satelit; acesta

este însoțit de micșorarea mobilității medii a electronilor din zona de conducție, deoarece în minimul satelit mobilitatea electronilor este cu mult mai mică decît în minimul central (masa efectivă fiind cu mult mai mare); deci, se poate obține  $\mu_d < \mu$ . Oscilațiile curentului au loc între valorile  $j_a$  și  $j_e$  (sau  $j_d$ ) și sînt condiționate de apariția periodică a domeniilor de cîmp. În momentul trecerii de la starea instabilă  $a$  la starea stabilă, există de obicei condiții ca domeniul de cîmp înalt să apară lângă catod ( $\alpha - v.$  fig. 140). Apoi, domeniul de cîmp înalt se deplasează cu viteza de dreif a electronilor spre anod ( $\beta$ ) pentru ca, în sfîrșit, să dispară la anod ( $\gamma$ ). După aceasta, densitatea de curent redevine  $j_a$ , iar procesul se repetă.

După descoperirea acestui efect, s-au construit primele *diode Gunn* (fig. 142) cu largi aplicații în electronica hiperfrecvențelor; una dintre aceste aplicații o constituie emițătorul de buzunar.

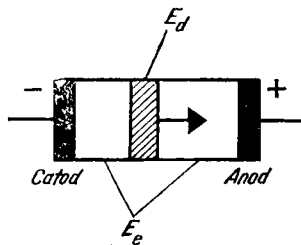


Fig. 142

efect Gurevlei v. fonon.

efect Hall (transversal), apariție a unui cîmp electric suplimentar într-un conductor sau semiconductor prin care circulă un curent electric, plasat într-un cîmp mag-

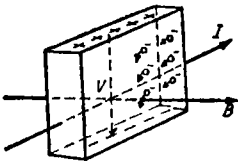


Fig. 143

netic normal pe direcția curentului; liniile de forță ale acestui câmp electric sînt perpendiculare pe planul format de direcțiile câmpului magnetic și curentului electric. A fost descoperit de fizicianul american E.H. Hall, în anul 1880. Pentru ilustrarea acestui fenomen, este utilizat un model plasat în câmpul magnetic de inducție  $B$ , prin care trece un curent electric de intensitate  $I$  (fig. 143). Dacă conducția modelului este asigurată de electroni, atunci, fiind supuși acțiunii forței Lorentz, aceștia vor fi deviați spre fața inferioară a modelului. Sărcinile pozitive rămase necompensate pe suprafața superioară vor exercita o acțiune de atracție asupra electronilor. În stare staționară, acțiunea forței Lorentz este echilibrată de aceea a forței de atracție electrostatică, între fețele superioară și inferioară stabilindu-se o diferență de potențial care poate fi calculată cu ajutorul relației:

$$V = R \frac{IB}{d},$$

unde  $R = \frac{1}{ne}$  este constanta Hall,

care depinde de concentrația  $n$  a electronilor ( $e$  fiind sarcina elementară, iar  $d$  — grosimea modelului). Constanta Hall are semnul purtătorilor de sarcină și variază mult cu temperatura în cazul semiconductorilor (deoarece  $n$  de-

pinde de temperatură). Cu ajutorul ei se poate determina concentrația purtătorilor de sarcină într-un corp.

Bazate pe acest efect, *tructoralele Hall* se folosesc la măsurarea cimpurilor magnetice sau la transformarea unui semnal magnetic într-unul electric.

**efect Joule v. magnetostricțiune.**

**efect Joule-Kelvin**, fenomen de răcire sau încălzire a unui gaz real supus detentei, fără producere de lucru mecanic. În timpul transformării în care are loc o mărire a volumului gazului, dar nu se schimbă energie cu exteriorul ( $dU = 0$ ), se produce o variație a energiei potențiale  $dW_p = -dW_c$ . Ținînd seama de expresia energiei cinetice  $W_c$ , se poate scrie:  $dW_p = -C_V dT$ ; deoarece  $dU = 0$ , variația volumului (deci a energiei potențiale) duce la o variație a temperaturii gazului. Schema de principiu a instalației folosite pentru punerea în evidență a acestui efect este reprezentată în fig. 144. Gazul trece din primul vas, de la presiunea  $p_1$ , prin dopul poros  $D$ , spre vasul al doilea — unde se

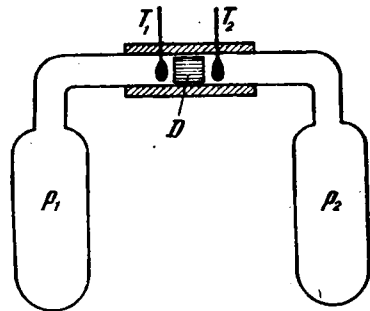


Fig. 144



găsește la o presiune mai mică  $p_2$ ; de o parte și de alta a dopului poros sînt fixate două termometre  $T_1$  și  $T_2$ , iar în jurul conductei care leagă cele două incinte se află un manșon termoizolator. Pentru cele mai multe gaze se constată că termometrul  $T_2$  înregistrează o temperatură mai coborîtă decît termometrul  $T_1$ , avînd loc deci o răcire a gazului; de la această regulă face excepție hidrogenul, pentru care s-a constatat o încălzire. După cum se produce răcirea sau încălzirea gazului, efectul Joule-Kelvin se numește *pozitiv* sau *negativ*. În condiții de presiune și temperatură diferite, același gaz manifestă efect pozitiv sau efect negativ. La temperatura obișnuită, hidrogenul prezintă efect negativ, iar la temperatura de  $-80^\circ\text{C}$  — prezintă efect pozitiv. Curba de inversie reprezentată în planul  $p$ - $T$  (fig. 145 — în cazul hidrogenului) separă regiunea în care are loc efectul negativ de regiunea în care are loc efectul pozitiv.

Efectul Joule-Kelvin stă la baza unor instalații utilizate în scopul lichefierii gazelor. În fig. 146 este redată schema de principiu a unei astfel de instalații — mașina Linde. Gazul răcit prin detentă este recomprimat cu ajutorul compresorului pînă cînd atinge temperatura de lichefiere, iar lichidul este colectat sub orificiul de detentă, într-un vas Dewar. Cu ajutorul mașinii Linde se poate lichefia și heliul după ce, cu ajutorul hidrogenului lichefiat, a fost adus sub temperatura sa de inversie ( $-238^\circ\text{C}$ ). În prezent, pentru lichefierea gazelor este folosit *turbodetentorul* (*Kapîta*), reprezentat schematic în fig. 147. La acesta, răcirea gazului are loc nu numai datorită efectului Joule-Kelvin, ci și transmiterii unei părți din energia cinetică a moleculelor sale paletelor turbo-

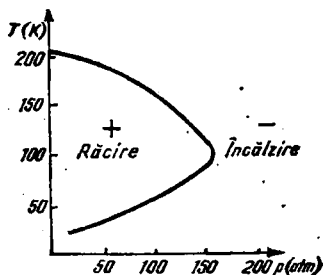


Fig. 145

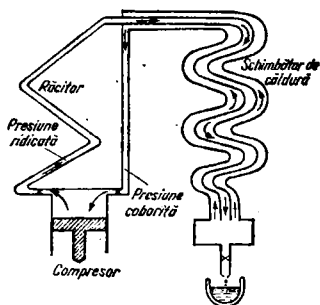


Fig. 146

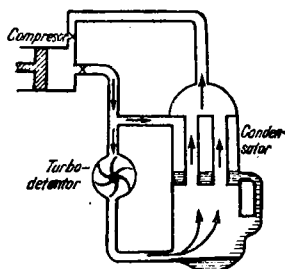


Fig. 147

detentorului, prin ciocniri. Gazul răcit trece printre pereții condensatorului și răcește masa de gaz care nu a trecut prin turbodetentor și se află în condensator. Turbodetentorul Kapița asigură o viteză mare de lichiefiere, putînd lichiefa în scurt timp cantități mari de gaz. V. temperatură.

efect Joule-Lenz, legea Joule-Lenz.

efect Kelvin, efect skin.

efect Kerr, birefrință artificială (v. anizotropie optică) provocată de acțiunea cîmpului electric asupra unor corpuri solide (amorse), lichide sau gaze. Se explică prin orientarea în cîmp electric a dipolilor elementari permanenți sau induși. Substanța aflată sub influența unui cîmp electric perpendicular pe direcția de propagare a luminii devine, din punct de vedere optic, asemănătoare unui cristal uniax avînd axa optică paralelă cu direcția intensității cîmpului electric. Birefrința sa este:

$$n_e - n_o = kE^2,$$

unde  $n_e$  și  $n_o$  sînt indicii de refracție ai razei extraordinare și, respectiv, ordinare,  $E$  — intensitatea cîmpului electric, iar  $k$  — o constantă de proporționalitate. Diferența de drum între aceste două raze, după parcurgerea unei distanțe  $l$  în mediul supus acțiunii cîmpului, va fi  $\delta = l(n_e - n_o) = k l E^2$ , iar diferența de fază:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi\delta}{\lambda} = 2\pi B l E^2,$$

unde  $B = k/\lambda$  se numește *constanta Kerr*. Datorită dependenței lor de pătratul lui  $E$ , birefrința, diferența de drum și diferența de fază nu variază cu sensul cîmpului electric. Pentru punerea în evidență a efectului, între doi nicoli  $P$  (polarizor) și  $A$  (analizor) se așază *celula Kerr*  $K$  (fig. 148), care este o cuvă cu doi electrozi umplută cu substanța de studiat (ex. nitrobenzen). Cînd cei doi nicoli sînt încrucișați, lumina de la sursa  $S$  nu trece prin sistem, dacă între electrozii celei nu este aplicat un cîmp electric. În prezența cîmpului, lumina va trece prin analizor, iar cu ajutorul unui compensor  $B$  se poate constata că, la ieșirea din cuvă, ea este polarizată eliptic. Această polarizare este rezultatul compunerii vibrațiilor razei ordinare și ale celei extraordinare, apărute sub acțiunea cîmpului electric exterior în interiorul lichidului devenit birefringent.

Majoritatea lichidelor se comportă în cîmp electric ca niște cristale pozitive ( $n_e > n_o$ , adică  $B > 0$ ), excepție făcînd eterul etilic, unele uleiuri și alcoolii, care se comportă asemănător cristalelor negative ( $B < 0$ ). Datorită inerției sale foarte mici ( $10^{-9} - 10^{-10}$  s), efectul Kerr este utilizat în tehnică la construirea unor obturatoare ultrarapide necesare studiului și con-

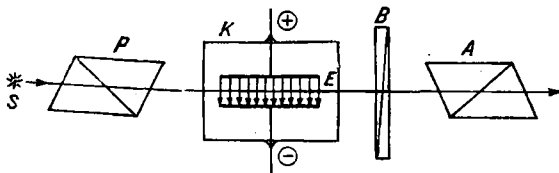


Fig. 148

trolului anumitor fenomene variabile, de frecvență foarte înaltă; în cinematografie, este folosit la înregistrarea pistei sonore pe peliculă.

efect laser v. laser.

efect magnetostriktiv v. magnetostricțiune.

efect Malter v. emisie secundară electronică.

efect Mössbauer, emisie sau absorbție rezonantă (fără recul) a radiației gama de lărgime spectrală foarte îngustă, de către nucleele atomilor „legați” rigid într-o rețea cristalină. Lărgimea spectrală naturală  $\Gamma_0$  a radiației emise de un ansamblu de nuclee se poate calcula din relația de nedeterminare:

$$\Gamma_0 \tau \geq \frac{h}{2\pi},$$

unde  $\tau$  este timpul de viață al nucleului în starea energetică superioară, iar  $h$  — constanta Planck. Lărgimea spectrală  $\Gamma$ , egală cu suma dintre lărgimea naturală și cea datorată efectului Doppler (determinat de agitația termică a atomilor), poate fi obținută experimental (fig. 149). La emisia unei cuante gama, între aceasta și nucleu are loc un schimb de impuls, o parte a energiei  $W$  a cuantei fiind preluată de nucleu sub forma energiei de recul:

$$R = \frac{p^2}{2M},$$

unde  $p$  este impulsul cuantei gama, iar  $M$  — masa nucleului. Notînd  $\epsilon_0$  energia eliberată de nucleu la tranziția de pe un nivel de energie superioară pe un nivel de energie inferioară, energia cuantei emise va fi:

$$\epsilon'_\gamma = \epsilon_0 - R.$$

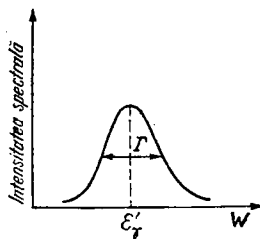


Fig. 149

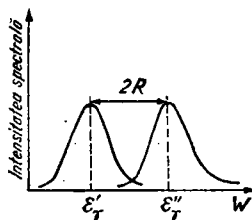


Fig. 150

De asemenea, la absorbție are loc cedarea unei părți din energia radiației gama nucleului sub forma energiei de recul, energia rămasă determinînd tranziția nucleului de pe un nivel inferior pe unul superior. Energia cuantei absorbite este dată de relația:

$$\epsilon''_\gamma = \epsilon_0 + R,$$

fiînd mai mare decît a celei emise — cu  $2R$  (fig. 150):

$$\epsilon''_\gamma - \epsilon'_\gamma = 2R.$$

Coborînd temperatura cristalului de iridiu pînă la  $4K$ , R.L. Mössbauer a obținut în 1957 emisia și absorbția cuantelor gama de aceeași energie (129 keV) și cu lărgime spectrală foarte mică (apropiată de lărgimea naturală). Aceasta se da-

toarește faptului că, prin răcirea cristalului, nucleul devine „solidar” cu celelalte nuclee din cristal; energia de recul este transmisă astfel nu unui singur nucleu, ci cristalului întreg. În aceste condiții, energia de recul  $R$  este practic egală cu zero. Din relația anterioară rezultă:

$$\epsilon'_\gamma = \epsilon_\gamma.$$

În același timp, răcirea cristalului ducând la micșorarea agitației termice a atomilor, contribuția efectului Doppler la lărgimea spectrală a radiației emise sau absorbite se micșorează. Efectul Mössbauer permite determinarea cu precizie a energiei  $\epsilon_0$ , care intervine la tranziția nucleului între două stări energetice; la rezonanță ( $\epsilon_0 = \epsilon'_\gamma = \epsilon_\gamma$ ), lărgimea spectrală este minimă.

**efect pelicular, efect skin.**

**efect Peltier** v. efecte termoelectrice.

**efect Penning** v. ciocnire nelastică de genul al doilea.

**efect piezoelectric** v. piezoelectricitate.

**efect pinch (sau reostriețiune) 1.** Contrakția transversală a unui conductor străbătut de curent electric, datorită forțelor interioare exercitate asupra sa de câmpul magnetic propriu.

**2.** Contrakție a plasmă sub acțiunea câmpului magnetic. Poate apare ca efect al acțiunii câmpului magnetic propriu (autocontrakție) sau a unor câmpuri magnetice exterioare. În cazul autocontrakției, câmpul magnetic creat de curentul longitudinal al șnurului de plasmă menține plasma într-o regiune îngustă din vecinătatea axei de simetrie a descărcării, izolând-o astfel de porții camerei de des-

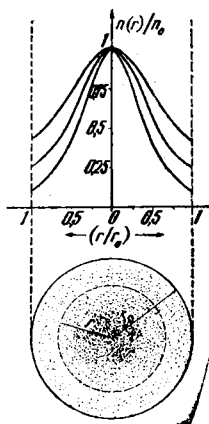


Fig. 151

cărcare. Dacă  $r$  este distanța de la axa descărcării, atunci distribuția radială a concentrației electronilor  $n(r)$  în coloana de plasmă este de forma:

$$\frac{n(r)}{n_0} = \frac{1}{\left(1 + C \frac{r^2}{r_0^2}\right)^2},$$

unde  $r_0$  este raza efectivă a coloanei de plasmă, iar  $n_0$  — concentrația electronilor pe axa descărcării (pentru  $r = 0$ ). Considerînd cazul obișnuit, în care câmpul magnetic este, practic, datorat numai curentului electronic  $I$  și neglijînd acțiunea radială a forțelor electrostatice față de a celor magnetice, constanta  $C$  capătă expresia:

$$C = \frac{Iu}{\frac{2kT_e}{e} - Iu_e},$$

unde  $u$ , este viteza electronilor în câmpul magnetic (viteza de drift),  $T_e$  și  $e$  — temperatura gazului elec-

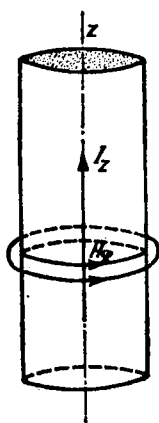


Fig. 152



Fig. 153

tronic și, respectiv, sarcina electronului, iar  $k$  — constanta Boltzmann. Pe măsură ce  $I_z$  crește, apropiindu-se de valoarea  $2kT_e/e$ , constanta  $C$  se mărește, limitând domeniul concentrațiilor mari la regiuni din ce în ce mai înguste în jurul axei (fig. 151). Depășirea unei anumite limite a forțelor de comprimare duce la instabilitatea plasmă și la împrăștierea ei radială. Dacă procesul de comprimare a plasmă se produce (fig. 152) sub acțiunea cîmpului magnetic creat de curentul electric longitudinal al unei descărcări cilindrice, efectul se numește *efect pinch liniar*. În cazul comprimării coloanei de plasmă cilindrice (fig. 153) sub acțiunea forțelor unui cîmp magnetic longitudinal aplicat din exterior, efectul poartă numele de *efect teta* ( $\theta$ ) *pinch*. În timp ce, în primul caz, are loc interacțiunea curentului electric longitudinal  $I_z$  cu cîmpul magnetic azimutal  $H_\phi$ , în cel de-al doilea caz, cîmpul longitudinal aplicat din exterior  $H_z$  interacțio-

nează cu curentii azimutali  $I_\phi$ . Efectul pinch produs în descărcările din camere toroidale se numește *efect pinch toroidal*.

efect piroelectric v. piroelectricitate.

**efect Procopiu**, apariția unei tensiuni electromotoare în spirele unei bobine coaxiale cu un fir conductor străbătut de un curent alternativ; pentru ca efectul să se producă, este necesar să existe un cîmp magnetic constant, de slabă intensitate, ale cărui linii de forță sînt paralele cu firul de fier. Schema de principiu a instalației cu ajutorul căreia poate fi studiat efectul Procopiu este reprezentată în fig. 154, unde 1 reprezintă firul de fier, 2 — bobina în care ia naștere forța electromotoare, 3 — bobina folosită pentru crearea cîmpului magnetic, A — bornele de conexiune la o sursă de curent alternativ, M — contacte cu mercur, B — sursa de curent continuu a bobinei 3, iar VE — voltmetrul electronic pentru măsurarea forței electromotoare. Firul este prins de grinda izolatoare S și întins pe verticală, sub acțiunea greutateii G. Efectul, descoperit în 1930 de fizicianul român Șt. Procopiu, este astăzi folosit la realizarea memoriilor mașinilor de calcul.

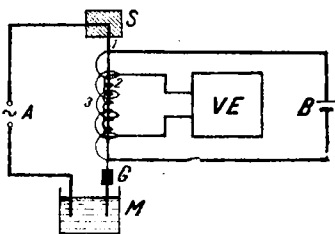


Fig. 154

**efect Purkinje** v. vedere.

**efect Raman** v. împrăștiere a luminii.

**efect Rayleigh** v. împrăștiere a luminii.

**efect Schottky**, micșorarea lucrului mecanic de extracție a electronului dintr-un metal încălzit, când la suprafața metalului este aplicat un câmp electric accelerator. Datorită acestui efect, caracteristica volt-amperică a emisiilor termoelectronice poate să nu mai prezinte un palier corespunzător curentului de saturație, intensitatea sa crescând chiar pentru tensiuni superioare celei necesare antrenării sarcinii spațiale electronice din vecinătatea suprafeței catodului termoemittor. Valoarea  $\Delta\varphi$  cu care scade potențialul de ieșire este:

$$\Delta\varphi = e\sqrt{eE},$$

unde  $e$  este sarcina electronului, iar  $E$ —intensitatea câmpului electric exterior, normal pe suprafață.

**efect Seebeck** v. efecte termoelectrice.

**efect skin (Kelvin sau pelicular)**, distribuția neuniformă a curentului alternativ în secțiunea unui conductor, caracterizată prin creșterea densității de curent în straturile superficiale ale acestuia. Se datorește electronilor de conducție care, sub influența câmpului alternativ exterior, creează în interiorul conductorului un câmp electric ce se suprapune peste cel exterior, slăbindu-l. Grosimea stratului superficial, prin care trece practic curentul, depinde de frecvența acestuia și de proprietățile conductorului, fiind însă mult mai mică decât grosimea conductorului și decât lungimea de undă  $\lambda$  a câmpului. În apropierea axei conductorului densitatea de curent electric fiind

practic egală cu zero, câmpul magnetic din interiorul lui se anulează și, aparent, rezistența electrică crește. Datorită acestui efect, conductorii utilizați pentru curenți de înaltă frecvență pot fi de formă tubulară, ceea ce permite economisirea metalului din care sint confecționați.

**efect Stark**, fenomenul de despicare a liniilor spectrale emise de o substanță, când aceasta este introdusă într-un câmp electric. A fost descoperit, în 1913, de I. Stark. Întrucât câmpul electric intern al atomului este foarte intens, efectul se manifestă foarte slab, astfel că, pentru observarea lui, sint necesare instrumente cu mare putere de rezoluție. Folosind teoria perturbațiilor până la aproximația de ordinul întâi, în cazul atomului de hidrogen despicarea liniilor spectrale este dată de relația:

$$\Delta\nu_1 = \frac{3}{8\pi^2} \cdot \frac{h}{m_e Z} (n_1 - n_2)nE,$$

unde  $E$  este intensitatea câmpului electric extern,  $n_1$  și  $n_2$  — numerele cuantice parabolice ( $n_1 + n_2 < n$ ),  $n$  — numărul cuantic principal,  $h$  — constanta Planck,  $Z$  — numărul atomic, iar  $m$  și  $e$  masa și, respectiv, sarcina electronului. Pentru o evaluare mai exactă a despiciării liniilor, se consideră aproximația de ordinul doi, obținându-se o deplasare negativă a nivelelor energetice, adică spre energii mici.

**efect Thomson** v. efecte termoelectrice.

**efect tunel**, trecerea unei microparticule printr-o barieră de potențial atunci când energia ei este mai mică decât înălțimea acesteia. A fost descoperit pe cale teoretică de G. Gamow, în anul 1928, cu metodele mecanicii cuan-

tice, prin calculul coeficientului de transparență al unei bariere de potențial, și este în contradicție cu rezultatele mecanicii clasice.

Când bariera de potențial are o lățime infinită, atunci, în zona  $I$  de potențial  $U = 0$ , ecuația Schrödinger pentru o particulă ce se mișcă pe direcția axei  $x$ , are forma:

$$\frac{d^2\psi_1}{dx^2} + k_1^2\psi_1 = 0,$$

în care:

$$k_1 = \frac{2\pi}{h} \sqrt{2m_0 E},$$

$E$  și  $m_0$  fiind energia și masa particulei, iar  $h$  — constanta Planck. În zona  $II$ , de potențial  $U$ , ecuația are formă asemănătoare:

$$\frac{d^2\psi_2}{dx^2} + k_2^2\psi_2 = 0,$$

în care:

$$k_2 = \frac{2\pi}{h} \sqrt{2m_0(E - U)}.$$

Soluțiile celor două ecuații sint:

$$\psi_1 = A_1 e^{ik_1 x} + B_1 e^{-ik_1 x},$$

respectiv

$$\psi_2 = A_2 e^{ik_2 x} + B_2 e^{-ik_2 x},$$

în care  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $A_2$  și  $B_2$  sint constante. Ținându-se seama de condițiile la limita de separare dintre domeniile  $I$  și  $II$

$$(\psi_1)_{x=0} = (\psi_2)_{x=0};$$

$$\left(\frac{d\psi_1}{dx}\right)_{x=0} = \left(\frac{d\psi_2}{dx}\right)_{x=0},$$

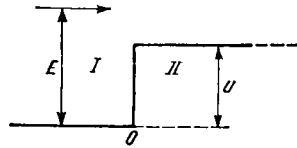


Fig. 155

se pot determina coeficientul de reflexie  $R$  și cel de transparență  $D$  ( $R + D = 1$ ).

a) În cazul  $E > U$  (fig. 155),

$$R = \frac{|(J_m(r))_x|}{|(J_m(i))_x|} = |B_1|^2 = \left(\frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}\right)^2$$

și

$$D = \frac{|(J_m(r))_x|}{|(J_m(i))_x|} = \frac{k_2}{k_1} |A_2|^2 = \frac{4k_1 k_2}{(k_1 + k_2)^2},$$

în care  $(J_m)_x$  este vectorul densitate a fluxului de masă ( $r$  — reflectat,  $i$  — incident,  $tr$  — transmis) pe direcția  $x$ .

b) În cazul  $E < U$  (fig. 156),  $k_2$  este o mărime imaginară,  $k_2 = ik$  și  $R = \left(\frac{k_1 - ik}{k_1 + ik}\right)^2 = 1$  și implicit

$D = 1 - R = 0$ . Totuși, densitatea de probabilitate de a găsi microparticula în domeniul  $II$  ( $w_2$ ) este diferită de zero,

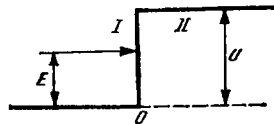


Fig. 156

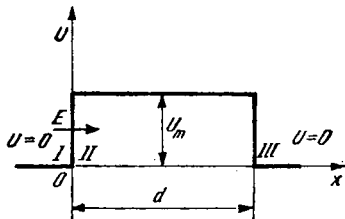


Fig. 157

$$w_2 = \psi_2^2 = A_2^2 e^{-2kx} = -\frac{4\pi}{h} \sqrt{2m_0(U-E)}x = Ce \neq 0.$$

Cînd bariera de potențial este de lărgime finită (fig. 157), atunci apar trei zone, bariera de potențial (zona II) separînd două zone laterale de potențial nul. O particulă de energie  $E$ , ce se mișcă pe direcția  $x$ , va fi descrisă de trei ecuații Schrödinger care satisfac patru condiții similare cazului precedent. Este interesantă situația în care  $E < U_m$ , coeficientul de transparentă avînd expresia:

$$D = \text{const } e^{-\frac{4\pi}{h} \int_0^d \sqrt{2m_0(U_m - E)} dx} \neq 0.$$

Bariera de potențial de o formă oarecare (fig. 158) poate fi împărțită într-o mulțime de bariere dreptunghiulare de grosimi  $dx$ , obținîndu-se astfel pentru coeficientul de transparentă expresia:

$$D = \text{const } e^{-\frac{4\pi}{h} \int_{x_0}^{x_1} \sqrt{2m_0(U-E)} dx}$$

în care  $x_0$  este abscisa punctului în care microparticula intră în barieră și  $x_1$  — punctul în care iese. Efectul tunel explică o serie de

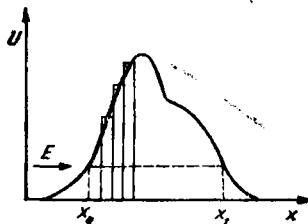


Fig. 158

fenomene printre care: emisia la rece a electronilor din metale, dezintegrarea  $\alpha$ , reacțiile termionice etc.

**efect Tyndall**, împrăștiere a luminii în medii tulburi, impurificate cu diverse particule de dimensiuni mici în comparație cu lungimea de undă a acesteia. Astfel de medii sînt: fumul (particule solide în aer), ceața (picături mici de apă suspendate în aer), suspensiile (particule solide suspendate în lichide), emulsiile (picături mici de lichid suspendate în alt lichid, cum ar fi laptele — emulsia unei grăsimi în apă), unele corpuri solide neomogene sau impure ca: opalul, sideful etc.

**efect Villari** v. magnetostricțiune.

**efect Zeeman**, desplicare a nivelelor energetice ale atomilor (deci a liniilor spectrale) unei substanțe, cînd aceasta este plasată într-un câmp magnetic. Sînt cunoscute două efecte Zeeman: *normal*, manifestat în cazul spectrelor (de singleți) care nu prezintă structură fină, și *anomal*, ce apare cînd liniile spectrale prezintă structură fină (dubleți, tripleți etc.). Efectul Zeeman normal se observă în câmpuri magnetice puternice, iar în câmpuri magnetice slabe se observă efectul Zeeman anomal. În



cazul efectului Zeeman normal, pe direcție perpendiculară cîmpului, în spectrul atomic se observă trei radiații de frecvențe:  $\nu$  — corespunzătoare frecvenței radiației în absența cîmpului,  $\nu + \Delta\nu$  — componentă cu o polarizare circulară dreaptă, și  $\nu - \Delta\nu$  — componentă cu o polarizare circulară stîngă. Pe direcția cîmpului se observă numai componentele deplasate cu  $\Delta\nu = \nu_L = \frac{eB}{4\pi\mu mc}$ , numită

frecvența Larmor, unde  $e$  este sarcina electronului,  $m$  — masa lui,  $c$  — viteza luminii,  $B$  — inducția magnetică, iar  $\mu$  — permeabilitatea mediului.

Diferența dintre frecvențele radiațiilor componente dată de efectul Zeeman anomal depinde de intensitatea cîmpului magnetic. Mecanica cuantică explică apariția acestor componente prin despicairea nivelelor energetice ale electronilor atomului, ca urmare a interacției momentelor magnetice (corespunzătoare momentelor cinetice de spin și orbital) cu cîmpul magnetic exterior; această interacție este descrisă cu ajutorul modelului vectorial al atomului ( $v$ . model atomic). Variația de energie ce apare datorită interacției este  $\Delta W = gm\mu_B B$ , unde  $m$  este numărul cuantic magnetic,  $\mu_B$  — magnetonul Bohr-Procopiu, iar  $g$  — factorul Landé ce are expresia:  $g = 1 + \frac{j(j+1) + s(s+1) - l(l+1)}{2j(j+1)}$

(în care  $j, s$  și  $l$  sînt numerele cuantice: intern, de spin și orbital). Mărimea despicației liniilor spectrale pentru efect Zeeman anomal este dată de expresia:  $\Delta\nu = (m_1 g_1 - m_2 g_2) \nu_L$ , unde  $m_1$  și  $m_2$  sînt numerele cuantice magnetice,  $g_1$  și  $g_2$  — factorii Landé, iar  $\nu_L$  — frecvența Larmor.

În cîmp magnetic mai intens, interacția spin-orbită fiind mai slabă decît interacția individuală cu cîmpul magnetic extern, despicairea liniilor este dată de expresia  $\Delta\nu = (m_1 - m_2) \nu_L = \Delta m \nu_L$ , în care  $\Delta m = \pm 1, 0$ , de unde se obține tripletul Zeeman normal.

**efecte galvanomagnetice**, fenomene secundare care iau naștere în conductori sau semiconductori, cînd asupra lor acționează simultan cîmpuri electrice și magnetice. Intensitatea acestora este maximă cînd cîmpul electric  $E$  și cel magnetic  $B$  sînt perpendiculare între ele (fig. 159). Pot fi transversale

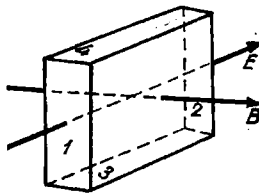


Fig. 159

față de cîmpurile electric și magnetic (ex.: diferența de potențial între fețele 3 și 4, diferența de temperatură între fețele 3 și 4) și longitudinale față de cîmpul electric (ex.: variația rezistenței electrice în cîmp magnetic, diferența de temperatură, între fețele 1 și 2). V. efect Hall.

**efecte Josephson**, fenomene caracterizate prin prezența unui curent electric într-un supraconductor separat în două fragmente cu ajutorul unei pelicule izolatoare foarte subțiri. Există două efecte determinate de această comportare a supraconductorului care au fost prevăzute teoretic de fizicianul

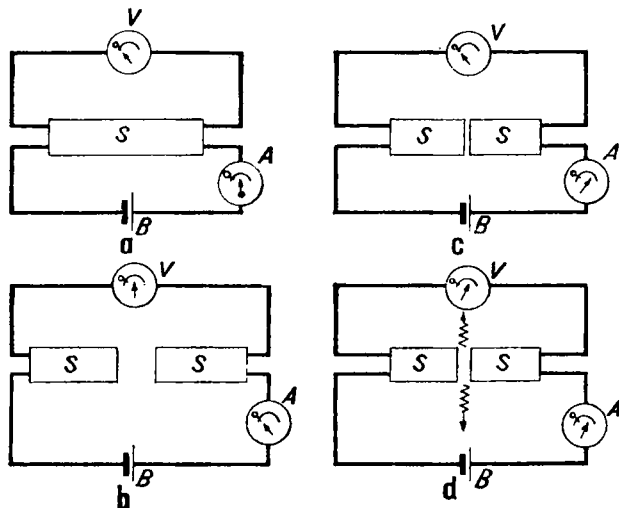


Fig. 160

englez B.D. Josephson în 1964. Pentru punerea lor în evidență, se consideră un supraconductor  $S$  prin care circulă curentul electric furnizat de o sursă  $B$  (fig. 160, a). Ampermetrul  $A$  va înregistra acest curent, în timp ce voltmetrul  $V$ , conectat la capetele supraconductorului, va indica valoarea zero (condiționată de faptul că supraconductorul are rezistența nulă). Dacă supraconductorul este secționat în două și se îndepărtează cele două bucăți pînă la aprox. 1 mm (fig. 160, b), acul ampermetrului nu deviază, în timp ce voltmetrul indică o diferență de potențial diferită de zero. Reducînd distanța dintre cele două bucăți pînă la 10 Å, poate lua naștere unul din cele două efecte: dacă ampermetrul indică trecerea unui curent în timp ce voltmetrul nu deviază (fig. 160, c), se produce *efectul Josephson staționar*. În cazul în care

ampermetrul indică un curent diferit de zero, iar voltmetrul o anumită valoare a diferenței de potențial (fig. 160, d), în regiunea de separare sînt emise unde electromagnetice de înaltă frecvență (10 GHz) și putere mică ( $10^{-11}$ W) (*efectul Josephson nestaționar*). Ultimul efect prezintă interes deosebit în tehnica generării și detectării undelor radio de înaltă frecvență.

**efecte termoelectrice**, fenomene care se produc în conductori și semiconductori, caracterizîndu-se prin interdependența dintre mărimile termice și cele electrice. Există trei astfel de efecte: Seebeck, Peltier și Thomson.

*Efectul Seebeck* (sau *termoelectric direct*) constă în producerea unei tensiuni termoelectromotoare într-un circuit constituit din mai mulți conductori (sau semiconductori) diferiți, ale căror puncte de

contact (suduri) sînt menținute la temperaturi diferite. Poate fi pus în evidență, de exemplu, cu ajutorul unui inel alcătuit din două jumătăți confecționate din cupru și, respectiv, din fier, sudate între ele; la încălzirea unuia dintre punctele lor de contact, prin inel va circula un curent electric.

*Efectul Peltier* se manifestă prin absorbția sau degajarea unei cantități de căldură (în afara celei degajate prin efect Joule-Lenz), în regiunea de contact a doi conductori sau semiconductori diferiți, la trecerea unui curent electric. Cantitatea de căldură absorbită sau degajată este direct proporțională cu intensitatea curentului. Fenomenul se datorește electropozitivității diferite a celor două corpuri solide, datorită căreia între ele apare o diferență de potențial de contact. Astfel, la contactul între o bară de cupru și o bară de fier, aceasta din urmă se încarcă negativ ca urmare a trecerii electronilor de pe bara de cupru (care este mai electropozitiv) pe ea. Dacă prin circuit trece un curent electric, cu sensul de la cupru la fier, în zona de contact a acestora electronii capătă o energie cinetică suplimentară, ceea ce face ca temperatura sudurii să crească; schimbînd sensul curentului, sudura se răcește.

*Efectul Thomson* constă în absorbția sau degajarea locală (suplimentară) de căldură într-un conductor sau semiconductor străbătut de un curent electric și supus unei încălziri neuniforme. În primă aproximație, această cantitate de căldură este proporțională cu intensitatea curentului electric și cu diferența locală de temperatură. Astfel, într-o regiune încălzită a unei bare (omogene) de cupru viteza electronilor crește, aceștia deplasîndu-se spre regiunile mai reci,

care se încarcă astfel negativ în raport cu regiunea încălzită. Dacă prin bara de cupru trece un curent electric, electronii sînt accelerați cînd trec de la o regiune mai rece la una mai caldă și cedează energia lor cinetică barei, care se încălzește, sau frinați — în cealaltă situație, pierderea de energie fiind recuperată de la bară, care, astfel, se răcește. V. termocuplu.

**efecte termomagnetice**, fenomene secundare care iau naștere în conductorii sau semiconductorii în care există un gradient de temperatură, cînd asupra acestora acționează un cîmp magnetic. Se manifestă cu intensitate maximă atunci cînd gradientul de temperatură este perpendicular pe direcția cîmpului magnetic (fig. 161). Fenomenele

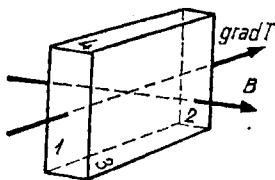


Fig. 161

termomagnetice pot fi transversale față de gradientul de temperatură  $\text{grad } T$  și inducția magnetică  $B$  (ex.: diferența de temperatură între fețele 3 și 4, diferența de potențial între fețele 3 și 4), și longitudinale față de gradientul de temperatură (ex.: variația conductivității termice în cîmpul magnetic, diferența de potențial între fețele 1 și 2).

**efectivitate biologică relativă v. dozimetrie.**

eficacitate luminoasă v. flux luminos.

**efort unitar**, tensiune mecanică.

**efuziune**, proces de trecere a unui gaz printr-o deschidere foarte mică. Viteza de efuziune (masa de gaz transportată prin unitatea de suprafață a deschiderii în unitatea de timp) calculată cu ajutorul teoriei cinetice, este:

$$M = \rho \sqrt{\frac{RT}{2\pi\mu}},$$

unde  $R$  este constanta Boltzmann, iar  $\rho$ ,  $\mu$  și  $T$  sînt densitatea, masa molară și, respectiv, temperatura gazului. Aceasta este cu atît mai mare cu cît masa moleculelor este mai mică, iar temperatura este mai mare. Ținînd seama de faptul că volume egale de gaze aflate la aceeași temperatură difuzează în intervale de timp  $\tau_1$  și  $\tau_2$  proporționale cu rădăcina pătrată a maselor molare  $\mu_1$  și  $\mu_2$ , se poate determina masa molară a unui gaz

$$\mu_2 = \mu_1 \frac{\tau_2^2}{\tau_1^2}$$

măsurînd timpul de efuziune prin același orificiu, al acestuia și al unui gaz cunoscut. De asemenea, efuziunea stă la baza unei metode de separare a gazelor cu mase moleculare diferite, precum și a izotopilor, fiind numită în acest caz *atomiză* (ale cărei baze teoretice au fost puse în 1896 de W.S. Rayleigh).

**einstein (E)**, energia a  $N_A$  (numărul Avogadro) cuante de radiație electromagnetică, teoretic necesară excitării unui mol dintr-o substanță.

**Einstein** [ainstain] **Albert** (1879—1955), fizician german. Stabilit în S.U.A. (1933). Membru al Academiei Prusiene. A elaborat

teoria mișcării browniene și a explicat efectul fotoelectric extern pe baza ipotezei discontinue (fotonice) a luminii. A pus bazele teoriei relativității restrinse (1905) și a teoriei relativității generalizate (1916). De asemenea, a explicat acțiunea chimică a luminii, căldura specifică a solidelor și un efect giromagnetic (efectul Einstein-de Haas). Premiul Nobel (1921).

**elasticitate**, proprietate a unor corpuri de a suferi deformări elastice care pot fi: de volum (la fluide, solide), cînd în corp se nasc reacțiuni elastice — la modificări ale volumului, sau de formă (la solide), cînd apar forțe elastice — la încercarea de modificare a formei (răsuciri, îndoiri etc.).

**electret**, material dielectric care prezintă polarizație electrică permanentă la temperatura ambiantă. Se obține prin răcirea bruscă, într-un câmp electric, a unor substanțe ca: ceramică, rășini, substanțe organice, cristale feroelectrice, încălzite în prealabil la temperaturi ridicate.

**electricitate 1.** Capitol al fizicii care studiază fenomenele electrice produse de sarcinile electrice în mișcare (*electrocinetică*) sau în repaus (*electrostatică*).

**2.** Sarcină electrică.

**electrizare**, încărcarea unui corp cu sarcini electrice. Poate fi produsă prin frecare, prin contact sau prin influență.

**electroacustică**, parte aplicativă a acusticii, al cărei obiect este proiectarea și construirea sistemelor (transductoarelor) electroacustice de producere, de măsurare și de recepționare a sunetelor.

**electrocinetică** v. electricitate.

**electrod**, conductor electronic (metalic sau de cărbune) prin care

intră (*anod*) sau iese (*catod*) curentul electric dintr-un mediu conductor și a cărui conductibilitate electrică în general este mai mare decât a mediului respectiv. Este folosit în băile de electroliză, în tuburile electronice de descărcare etc.

**electrodinamică**, capitol din fizică care se ocupă cu studiul fenomenelor legate de acțiunile dintre curenții electrici și al proprietăților electrice și magnetice ale materiei. O ramură relativ nouă a acesteia este *electrodinamica cuantică*, care studiază interacțiile electromagnetice dintre particulele elementare, precum și dintre câmpul radiant cuantificat și substanță.

**electrolor**, mașină electrostatică simplă, bazată pe electrizarea prin frecare și prin influență electrostatică. Este compus dintr-un dielectric de formă cilindrică (ebonită, parafină, sulf) și un disc metalic prevăzut cu mîner izolant.

**electrolit v. electroliză.**

**electroliză**, descompunere cu ajutorul curentului electric a unor substanțe solide (*electrolizi*) dizolvate într-un lichid sau în stare topită. A fost studiată de către M. Faraday care a enunțat legile acestui fenomen (*legile Faraday*). Prima lege se referă la masa substanței  $M$  depusă pe un electrod și arată că aceasta este direct proporțională cu cantitatea de electricitate  $Q$  ce a trecut prin electrolitul respectiv:  $M = KQ$ ;  $K$  se numește *echivalent electrochimic* și este numeric egal cu masa de substanță depusă la trecerea prin electrolit a unei cantități de electricitate egală cu unitatea (1 C). A doua lege stabilește că echivalenții electrochimici  $K$  ai elementelor sînt proporționali cu

*echivalenții chimici* ai acestora,  $\frac{A}{n}$  (unde  $A$  este numărul de masă și  $n$  — valența elementului), adică  $K = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n}$ , unde  $F$  este o

constantă fizică universală (v.) — numărul Faraday. Cele două legi ale lui Faraday pot fi exprimate printr-o singură relație sub forma:

$$M = \frac{1}{F} \frac{A}{n} It,$$

$I$  fiind intensitatea curentului, iar  $t$  — timpul. Dacă la catod se depune un echivalent gram de substanță (egal cu  $\frac{A}{n}$  grame), a-

tunci cantitatea de electricitate  $Q = It$  care trece prin electrolit este numeric egală cu numărul Faraday. Numărul de atomi dintr-un echivalent gram de substanță

este egal cu  $\frac{N_A}{n}$  (unde  $N_A$  este

numărul Avogadro), deci pentru depunerea unui atom de substanță, prin electrolit trebuie să treacă cantitatea de electricitate  $q =$

$= F \cdot \frac{n}{N}$ , egală cu sarcina unui

singur ion. Cea mai mică sarcină  $q$  pentru  $n = 1$  este egală cu sarcina electronului, numită sarcină elementară  $e$ ; sarcina ionilor este o mărime cuantificată — multiplu (egal cu valența lor) al sarcinii elementare.

**electroluminescență v. luminescență.**

**electromagnet**, magnet temporar realizat prin înfășurarea unui fir conductor parcurs de un curent electric în jurul unui miez de fier moale. Se folosește în scopul producerii unui lucru mecanic, pentru a echilibra unele forțe sau

momente, sau pentru obținerea unor cimpuri magnetice intense.

**electromagnetism**, capitol al fizicii ce se ocupă cu studiul fenomenelor electrice și magnetice, precum și al undelor electromagnetice, având la bază teoria cimpului electromagnetic elaborată de J.C. Maxwell.

**electrometru** v. voltmetru.

**electron** ( $e^-$ ), particulă elementară stabilă cu sarcina electrică negativă cea mai mică în valoare absolută (v. constantă fizică universală). A fost descoperit (1895) de J.J. Thomson în radiația catodică. Un atom neutru conține un înveliș electronic având un număr de electroni egal cu numărul de protoni. Dintre aceștia, electronii cu cel mai mare număr cuantic principal se numesc *de valență* (sau *optici*), datorită faptului că determină legăturile de valență și spectrele optice ale atomilor.

**electronvolt** (eV), unitate tolerată de energie folosită în fizica atomică și nucleară. Reprezintă energia câștigată de un electron care străbate o diferență de potențial acceleratoare egală cu un volt. Valoarea unui electronvolt în SI este:  $1 \text{ eV} = 1,60210(7) \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

**electroscop**, aparat bazat pe forțele electrostatice care acționează asupra corpurilor încărcate electric, utilizat pentru indicarea prezenței sarcinilor electrice într-un corp, precum și a semnului acestor sarcini.

**electrostatică** v. electricitate.

**electrostriecțiune**, deformare a materialelor izolante sub influența unui cimp electric. Nu depinde de sensul cimpului aplicat, deosebindu-se prin aceasta de efectul piezoelectric. În general, deformările prin electrostriecțiune sînt mai mici

decît prin efect piezoelectric; la unele materiale dielectrice, cum ar fi materialele ferroelectrice policristaline (ex. ceramică de titanat de bariu), ele ating valori apreciabile (comparabile cu cele obținute prin efect piezoelectric).

**element chimic** v. sistemul periodic al elementelor.

**element de curent** v. forță Lorentz.

**element galvanic** (sau **pilă electrică**), generator de curent continuu bazat pe transformarea energiei chimice în energie electrică. Este alcătuit din două plăci conductoare de naturi diferite (electrozii), introduse într-o soluție de electroliț; una dintre ele reprezintă polul pozitiv (sau anodul) sursei de curent, iar a doua placă — polul negativ (sau catodul). Un exemplu de element galvanic îl constituie un vas cu soluție de acid sulfuric, în care se află două plăci metalice — una de zinc și cealaltă de cupru; printr-un fir conductor exterior, care leagă cele două plăci (electrozii), circulă un curent electric de la cupru la zinc. Acest fenomen se datorește faptului că numărul de ioni care pătrund în soluție este mai mare la zinc decît la cupru ca urmare a diferenței dintre potențialele de contact cu soluția ale celor două metale; astfel, cuprul (fiind mai electropozitiv) se încarcă pozitiv, iar zincul — negativ. Alte metale ce pot fi folosite pentru confecționarea electrozilor unui element galvanic sînt: Mg, Al, Zn, Fe, Pb, Cu, Pt, C. Prin gruparea elementelor galvanice în serie, în paralel sau mixt (v. generator electric) se obține o *baterie electrică*.

**elemente cardinale** v. sistem optic centrat.

**elongație**, valoare instantană a unei mărimi periodice. V. oscilație.

**emergență**, faptul că un fascicul de radiații (numit *emergent*) părăsește un sistem de medii (ex. emergența unui fascicul de lumină dintr-un sistem optic).

**emisie**, producere de unde sau de particule rapide.

**emisie electronică**, emisia de electroni la suprafața unui corp.

**emisie autoelectronică** (la rece sau de cîmp), emisie electronică din metale sub acțiunea cîmpurilor electrice exterioare la intensități foarte mari ale acestora (de ordinul  $10^8$  V/m). Intensitatea curentului de emisie autoelectronică nu depinde, practic, de temperatură, dacă aceasta din urmă nu este atât de mare încît să producă o emisie termoelectronică. Explicarea fenomenului este legată de natura ondulatorie a electronului. Datorită cîmpului electric exterior, se produce îngustarea barierei de potențial, deci creșterea transparenței sale pentru unda asociată electronului (care înseamnă creșterea probabilității de străpungere a barierei prin efect tunel de către electronii din metal), precum și o micșorare a înălțimii barierei, ușurîndu-se astfel escaladarea ei de către electroni prin efect Schottky.

**emisie exoelectronică**, emisie electronică din metale produsă în urma unor acțiuni ca: prelucrarea suprafeței cu șmirghel sau cu o perie de oțel, iradierea cu raze X, infraroșii, ultraviolete sau vizibile, slăbirea cristalelor etc. La temperatură normală emisia este foarte slabă, însă măsurabilă. Prima explicație a fenomenului (astăzi depășită) a fost dată de Kramer în 1956, care a presupus că o emisie electronică este datorată unor

reacții exoterme. În realitate, fenomenul se explică prin prezența unor defecte în rețeaua cristalină a stratului de oxid ce se formează la suprafața metalului. Electronii emiși în aceste procese poartă numele de *exoelectroni*.

**emisie forțată**, emisie stimulată.

**emisie fotoelectronică** v. efect fotoelectric.

**emisie indusă**, emisie stimulată.

**emisie secundară**, emisia unor radiații sau particule din suprafața unui corp, cînd aceasta este bombardată cu un fascicul de radiații sau de particule.

**emisie secundară electronică**, emisie electronică din suprafața unui corp bombardat cu electroni, ioni pozitivi, atomi neutri sau fotoni. În primul caz, electronii incidenti pe suprafață se numesc *electroni primari*, iar cei emiși — *electroni secundari*. Raportul dintre numărul electronilor primari, ce cad pe suprafața corpului în unitatea de timp, și cei secundari, emiși în același timp, se numește *coeficientul emisie secundare* (sau *randamentul electronic*); în general, el este subunitar și numeric egal cu numărul mediu de electroni emiși la un electron primar incident. Dacă suprafața metalului bombardat cu electroni este acoperită cu un strat de dielectric, coeficientul emisie secundare devine supraunitar, iar emisia electronică se numește *emisie secundară anormală* (sau *efect Malter*). În cazul bombardării cu particule grele (ioni pozitivi și atomi neutri), pe lângă emisia electronică datorată energiei cinetice a lor, poate avea loc o emisie produsă pe seama energiei potențiale a ionilor pozitivi sau atomilor neutri, excitați pe un nivel metastabil. Într-un tub

electronic, emisia secundară electronică poate avea loc nu numai la anod (prin bombardarea electronică), ci și la catod, în urma bombardării cu ionii pozitivi accelerați în câmpul electric; la această emisie se adaugă și cea datorată fotonilor de mare energie proveniți din descărcare și unor atomi neutri rapizi, incidenți pe catod.

**emisie stimulată (indusă sau forțată)**, emisie a unui foton de energie  $h\nu = E_m - E_n$  în urma tranziției unui atom din starea energetică superioară  $E_m$  în cea inferioară  $E_n$ , datorită interacției rezonante a atomului cu un foton incident de frecvență  $\nu_0 = \frac{E_m - E_n}{h}$

( $h$  fiind constanta Planck). Dacă un mediu ce conține  $N_m$  atomi în starea energetică  $E_m$  și  $N_n$  în starea  $E_n$  este iradiat cu unde electromagnetice de frecvență  $\nu = \nu_0$  și densitate spectrală a energiei radiante  $w_\nu$ , atunci numărul de atomi  $N_{mn}$  dezexcitați pe secundă de către fluxul incident va fi proporțional cu  $w$  și  $N_m$ :

$$N_{mn} = B_{mn} w_\nu N_m,$$

unde  $B_{mn}$  este coeficientul Einstein pentru omisia stimulată. Emisia stimulată a atomilor poate fi produsă și de fotonii emiși spontan de către atomii săi excitați, dacă aceștia întilnesc, înainte de a părăsi corpul, atomi excitați a căror energie de excitație este egală cu energia unui foton.

**emisie termoelectronică**, emisie electronică datorată temperaturii ridicate a suprafeței unui corp, când energia cinetică a electronilor este suficient de mare pentru ca aceștia să străbată bariera de potențial a materialului emisiv. Fenomenul este utilizat în tuburile electronice și catodice.

**emisivitate spectrală v. putere de emisie.**

**emitanță (luminoasă,  $M_v$ )**, limita raportului dintre fluxul luminos  $\Delta\Phi$ , emis în toate direcțiile de o suprafață, și aria  $\Delta A$  a suprafeței, când aceasta din urmă tinde către zero:

$$M_v = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi}{\Delta A} = \frac{d\Phi}{dA}.$$

Se măsoară în lumeni pe metru pătrat.

**emitanță energetică (sau radianță,  $M_e$ )**, limita raportului dintre fluxul energetic  $\Delta P$  emis în toate direcțiile de o suprafață și aria  $\Delta A$  a suprafeței, când aceasta din urmă tinde către zero:

$$M_e = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} = \frac{dP}{dA}.$$

Este numeric egală cu fluxul energetic emis în toate direcțiile de unitatea de suprafață emisivă. În SI, se măsoară în watt pe metru pătrat. Pentru un anumit izvor luminos, se poate defini un factor  $m_\lambda$ , practic constant într-un interval  $d\lambda$  în jurul lungimii de undă  $\lambda$ , astfel că emitanța unui element de arie poate fi scrisă ca o mărime direct proporțională cu intervalul  $d\lambda$ :

$$dM_e = m_\lambda d\lambda.$$

Acest factor se numește *densitate spectrală a emitanței izvorului*. Pentru toate lungimile de undă emise de un izvor cu distribuție continuă a radiației după  $\lambda$  (ex. corpul negru), emitanța energetică totală este dată de integrala:

$$M_e = \int_0^\infty m_\lambda d\lambda$$

și se numește *emitanță energetică în integrală*. Densitatea spectrală a emitanței poate fi exprimată și în funcție de frecvența  $\nu$  a radiației emise:



$$dM_{\nu} = m_{\nu} dv_{\nu}$$

Relația dintre  $m_{\lambda}$  și  $m_{\nu}$  este:

$$m_{\nu} = m_{\lambda} \frac{\lambda^2}{c}$$

unde  $c$  este viteza luminii în vid. emulsie fotografică v. placă fotografică.

emitor v. tranzistor.

**enantiomorfie**, proprietatea unor substanțe de a trece în două forme, dintre care una este identică cu imaginea celeilalte într-o oglindă plană. Sin. *enantiomorfism*.

**enantiotropie**, proprietatea unei substanțe de a trece în ambele sensuri între două sisteme cristalografice, fără schimbarea stării de agregare, atunci când condițiile fizice (temperatură, presiune) variază în mod adecvat. Sin. *enantiotropism*.

**energie** ( $W, E, e$ ), mărime ce caracterizează posibilitatea unui sistem de a efectua lucru mecanic. Se măsoară, ca și lucrul mecanic, în jouli (în SI) și în unitățile tolerate: kilowatt-oră, erg, kilogram-forță-metru, electronvolt.

**energie atomică** (sau nucleară), energie degajată într-o reacție nucleară de fisiune sau de fuziune.

**energie cinetică** v. energie mecanică.

**energie de excitare**, energia necesară pentru trecerea unui electron al unui atom (aflat în starea fundamentală sau excitată) într-o stare energetică superioară, excitată. Ca și nivelele energetice, energiile de excitare ale unui atom formează un șir discontinuu, iar valorile lor se pot determina experimental prin metoda ciocnirilor electronice inelastice. V. experiențele Franck-Hertz.

**energie de ionizare**, energia necesară extragerii dintr-un atom a unuiu dintre electronii săi. Dacă electronul este electron de valență (se află pe ultimul nivel energetic) și atomul se află în stare fundamentală, energia de ionizare poartă numele de *prima energie de ionizare*. Energia de ionizare coincide numeric cu energia de legătură a electronului în atom, iar energiile de ionizare ale atomului aflat pe diferite nivele energetice reprezintă înseși nivelele energetice ale atomului respectiv. V. parcurs, potențial de ionizare.

**energie de legătură a nucleului** [ $W(A, Z)$ ], energia necesară descompunerii unui nucleu (de număr de masă  $A$  și număr atomic  $Z$ ) în nucleonii componenți; reprezintă diferența dintre energia nucleului complex și energia nucleonilor în stare liberă. Determinind masa unui nucleu complex, se constată că masa acestuia este întotdeauna mai mică decât suma maselor protonilor și neutronilor ce îl compun; deci, energia derepaus a nucleului complex este mai mică decât suma energiilor nucleonilor liberi, iar diferența lor este:

$$W(A, Z) =$$

$$= \{M_{nucl} - [Zm_p + (A - Z)m_n]\}c^2,$$

unde  $M_{nucl}$  este masa nucleului,  $m_p$  — masa protonului,  $m_n$  — masa neutronului,  $c$  — viteza luminii. Dacă se cunoaște masa izotopică  $M$  a unui element, se poate determina energia de legătură a acestuia (ex. masa izotopică a deuteriului este  $(2,014735 \pm 0,000006) u$ ; rezultă că  $W(2,1) = -2,224 \text{ MeV}$ ).

Energia ce revine unui singur nucleon poartă numele de *energie de legătură specifică*, definită prin relația:

$$\epsilon = \frac{W(A, Z)}{A}$$

În fig. 162 este arătată variația lui  $\epsilon$  cu numărul de masă  $A$ . Pentru izotopii de la mijlocul sistemului periodic, raportul  $\frac{W(A, Z)}{A} = -8,7$  MeV. Pentru izotopii cu număr de masă mic,  $\epsilon$  tinde către zero, iar pentru cei situați la sfârșitul sistemului periodic  $\frac{W(A, Z)}{A} = -7,6$  MeV. În ultimul caz,  $\epsilon$  este cu aproximativ 1 MeV mai mare decât în primul, ceea ce explică eliberarea unei energii de ordinul a 200 MeV la fisiunea nucleelor grele. De asemenea, din dependența raportului  $\frac{W(A, Z)}{A}$  de  $A$ , se observă

că, în cazul fuziunii nucleelor ușoare, are loc o degajare foarte mare de energie.

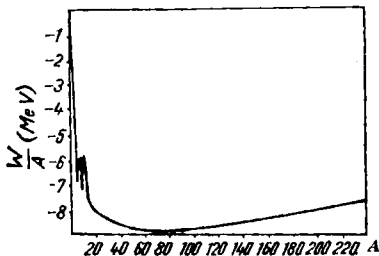


Fig. 162

**energie de mișcare v. energie mecanică.**

**energie de repaus v. energie mecanică.**

**energie elastică v. energie mecanică.**

**energie electrică v. energie radiantă.**

**energie electromagnetică v. energie radiantă.**

**energie internă ( $U$ ),** funcție de stare a unui sistem termodinamic ce înglobează totalitatea formelor de energie pe care le posedă particulele sale. Poate varia fie datorită schimbului de lucru mecanic cu exteriorul (interacții de natură mecanică sau de altă natură), fie pe seama schimbului unei cantități de căldură cu exteriorul (interacții de natură termică). O anumită stare a sistemului este caracterizată de o valoare determinată a energiei interne; indiferent de drumul pe care l-a urmat variația parametrilor de stare, trecerea între două stări anumite este însoțită de aceeași variație a energiei interne. V. potențial termodinamic.

**energie liberă v. potențial termodinamic.**

**energie luminoasă v. cantitate de lumină.**

**energie magnetică v. energie radiantă.**

**energie mecanică ( $W, E$ ),** energie a unui corp capabil să efectueze un lucru mecanic datorită unor factori mecanici ca: viteză (*energie cinetică*), schimbarea poziției într-un câmp de forțe, deformații etc. (*energie potențială*).

Energia cinetică ( $W_c, T$ ) a unui corp este egală cu lucrul mecanic necesar pentru a-l scoate din repaus și a-l aduce în stare de mișcare. De exemplu, dacă corpul de masă  $m$  aflat sub acțiunea unei forțe  $F$  capătă viteza  $v$  într-un timp  $t$ , în absența frecărilor, lucrul mecanic consumat este:

$$L = \int_0^t F dr = \int_0^t m \frac{dv}{dt} dr =$$

$$= \int_0^t mv \, dv = \frac{mv^2}{2} = W_c.$$

În cazul vitezelor mari, energia cinetică este dată de teoria relativității restrinse:

$$W_c = mc^2 - m_0c^2$$

reprezentînd diferența dintre *energia de mișcare* a corpului ( $mc^2$ ) și *energia sa de repaus* ( $m_0c^2$ ),

unde  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ ,  $c$  fiind vi-

teza luminii.

Într-un câmp gravitațional, variația energiei potențiale ( $W_p$ ) a unui corp de masă  $m$  este egală cu lucrul mecanic efectuat de forța  $\mathbf{F}$  la deplasarea lui pe direcție verticală (fig. 163):

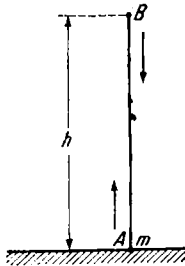


Fig. 163

$$W_h - W_0 = \Delta W_p = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l} = mgh,$$

dacă calculul se face pe o distanță  $h$  relativ mică, cînd accelerația gravitațională  $g$  se poate considera constantă; în general, se consideră energia potențială la suprafața Pămîntului nulă:  $W_0 = 0$ .

În cazul unui corp supus acțiunii unei forțe elastice,  $\mathbf{F} = -kx$ , energia potențială acumulată în

urma deformației (numită *energie elastică*), este:

$$W_p = \frac{kx^2}{2},$$

în care  $k$  este constanta elastică și  $x$  — deplasarea față de poziția de echilibru.

În limitele mecanicii newtoniene, *legea conservării energiei* se poate formula astfel: într-un sistem izolat de corpuri, suma energiilor cinetice  $W_{c_i}$  și potențiale  $W_{p_i}$  este constantă:

$$\Sigma W_{c_i} + \Sigma W_{p_i} = \text{const.}$$

În cazul vitezelor mari (din mecanica relativistă), cînd masa variază cu viteza, legea de conservare se formulează astfel: într-un sistem izolat de corpuri, suma energiilor de repaus, cinetice și potențiale este constantă:

$$\Sigma m_{0i}c^2 + \Sigma W_{c_i} + \Sigma W_{p_i} = \text{const.}$$

V. formula Einstein.

**energie nucleară, energie atomică.**

**energie potențială v. energie mecanică.**

**energie radiantă ( $W$ ,  $E$ )**, energie care se propagă în spațiu sub formă de radiație. Poate fi de natură ondulatorie, elastică sau corpusculară. Raportul dintre energia radiantă  $dW$  și volumul  $dV$  ocupat de radiație poartă numele de *energie radiantă volumică (specifică)* sau *densitate de energie radiantă*:

$$w = \frac{dW}{dV}.$$

În SI aceasta se măsoară în jouli pe metru cub. Raportînd energia radiantă  $dw$ , cuprinsă într-un interval spectral elementar ( $d\lambda$  sau  $dv$ )

la valoarea acestuia, se obține densitatea spectrală a energiei radiante:

$$w_\lambda = \frac{dw}{d\lambda} \text{ sau } w_\nu = \frac{dw}{d\nu}.$$

Între aceste două mărimi există relația:

$$w_\lambda = w_\nu \cdot \frac{c}{\lambda^2},$$

unde  $c$  este viteza de propagare a radiației.

*Energia undelor elastice* este alcătuită din energiile cinetică și potențială ale mediului elastic prin care se propagă o oscilație mecanică. Notînd cu  $p$  — presiunea datorată forțelor elastice, cu  $v$  — viteza particulelor mediului elastic (presupusă aceeași pentru toate particulele) și cu  $c$  — viteza de propagare a perturbației, energia radiantă  $dW$  cuprinsă în volumul elementar  $dV$  este:

$$dW = \frac{1}{2} \left( \rho_0 v^2 + \frac{p^2}{\rho_0 c^2} \right) dV,$$

unde  $\rho_0$  este densitatea mediului neperturbat. Mărimile  $p$  și  $v$  sînt funcții de timp și spațiu. În cazul undelor sferice progresive, densitatea de energie radiantă la distanța  $r$  de centrul perturbator este:

$$w = \frac{p_{max}^2}{2\rho_0 c^2} \left( 1 + \frac{1}{2k^2 r^2} \right),$$

unde  $p_{max} = \frac{\rho_0 \omega A}{r}$  ( $\omega$  și  $A$  fiind

pulsația și amplitudinea undei), iar  $k$  este numărul de undă. Dacă distanța de la centrul undelor sferice este mult mai mare decît lungimea de undă, astfel că  $2k^2 r^2 \gg 1$ , undele sînt practic plane,

iar densitatea de energie a lor este:

$$w = \frac{p^2 m a^2}{2\rho_0 c^2}.$$

*Energia electromagnetică*  $dW$ , alcătuită din energia cîmpurilor electrice  $\mathbf{E}$  (energie electrică) și magnetic  $\mathbf{H}$  (energie magnetică) a unui element de volum  $dV$  din spațiu, are expresia:

$$\begin{aligned} dW &= \frac{1}{2} (\mathbf{D} \cdot \mathbf{E} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}) dV = \\ &= \frac{1}{2} (\epsilon \mathbf{E}^2 + \mu \mathbf{H}^2) dV, \end{aligned}$$

unde  $\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E}$ ,  $\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}$ ,  $\epsilon$  și  $\mu$  fiind permitivitatea și permeabilitatea mediului (considerat omogen și izotrop) respectiv.  $V$  — undă electromagnetică, intensitate de radiație.

În cazul radiațiilor corpusculare (electroni, protoni, neutroni etc.), energia  $W$  a unui fascicul se obține prin înmulțirea numărului de particule  $N$  cu energia (cinetică)  $w_i$  a unei particule:

$$W = N w_i.$$

**energie specifică** (sau **volumică**), densitate de energie.

**entalpie** v. potențial termodinamic.

**entropie** ( $S$ ), funcție de stare a unui sistem termodinamic a cărei variație, la trecerea reversibilă a sistemului între două stări, este egală cu variația căldurii reduse (v. ciclu Carnot):

$$dS = \frac{dQ}{T}.$$

Între două stări oarecare, variația entropiei sistemului poate fi calculată cu ajutorul integralei:

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T},$$

care are aceeași valoare pentru orice transformare reversibilă ce are loc între stările considerate, depinzând doar de stările inițială și finală ale sistemului; în cazul unui ciclu reversibil  $\Delta S = 0$ , iar pentru un ciclu ireversibil  $\Delta S > 0$ . Unificând ultimele două relații, se obține  $\Delta S \geq 0$ ; variația entropiei fiind întotdeauna pozitivă sau egală cu zero (v. termodinamică), transformările ireversibile prin care trece un sistem au un sens unic, ducând la creșterea entropiei sale. În fizica statistică a fost stabilită următoarea expresie a entropiei unui sistem termodinamic:

$$S = k \ln W,$$

numită *relația Boltzmann*, în care  $k$  este constanta Boltzmann, iar  $W$  — probabilitatea termodinamică.

**eolotropie**, proprietate a unor corpuri solide omogene și izotrope de a se magnetiza în mod inegal în diferite direcții, când sînt supuse unor deformații.

**Eötvös** [ötvös], **Loránd** (1848—1919), fizician ungar. Membru al Academiei de Științe din Budapesta. Contribuții în domeniile gravitației, magnetismului terestru și fizicii moleculare. A construit o balanță de torsione sensibilă, care-și poartă numele, folosită în prospecțiuni geologice.

**epidiascop**, aparat de proiecție capabil să proiecteze pe un ecran imaginile atît ale unor obiecte opace (numit în acest caz *episcop*), cit și ale unor transparente (avînd denumirea de *diascop*). În alcătuirea lui intră sursa de lumină,

sistemul optic de proiecție, cuprinzînd obiectivul pentru proiectarea imaginilor reale ale obiectelor opace, și pe cel pentru obiecte transparente, lentile condensoare, sisteme de răcire.

**episcop** v. epidiascop.

**epitaxie**, metodă de obținere și creștere a cristalelor peliculare, direct din faza gazoasă. Astfel, unui cristal  $i$  se induce structura ordonată de către suportul pe care este depus, acesta avînd tipul cristalografic și constanta de rețea apropiate de ale cristalului (numit din această cauză și strat epitaxial). De exemplu, pe un suport monocristalin de germaniu (Ge) pot fi crescute straturi epitaxiale de arseniură de galiu (GaAs) și fosfură de galiu (GaP). Ge aparține tipului cristalografic diamant, în timp ce GaAs și GaP aparțin tipului cristalografic sfericit; ambele tipuri au aceleași orientări spațiale ale legăturilor dintre atomi. Un tip de instalație folosită la creșterea straturilor epitaxiale este redat în fig. 164. Transportul fazei gazoase a GaAs pînă la suportul de Ge este asigurat de un curent compus din hidrogen molecular ( $H_2$ ) și vapori de acid clorhidric (HCl). Metoda epitaxială de creștere a straturilor subțiri este folosită în tehnologia de construcție a circuitelor electronice integrate, miniaturale.

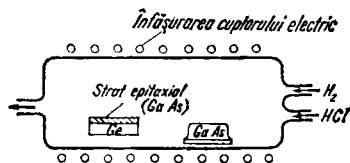


Fig. 164

**erg** (erg), unitate de măsură a energiei, a lucrului mecanic și a cantității de căldură, în sistemul CGS. Reprezintă lucrul mecanic efectuat de o forță egală cu o dină, cînd punctul de aplicație al ei se deplasează cu un centimetru, pe direcția și în sensul forței. Valoarea ergului în SI este:

$$1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}.$$

**eroare de măsură**, diferență existentă între valoarea exactă (sau reală) a unei mărimi și valoarea obținută printr-o măsurare carecure. Valoarea absolută a diferenței dintre valoarea reală  $x$  și valoarea măsurată  $x_i$  a unei mărimi reprezintă **eroarea absolută**:

$$\delta x = |x - x_i|.$$

Valoarea reală  $x$  nu poate fi cunoscută, însă, foarte apropiată de aceasta, este media aritmetică  $\bar{x}$ , a valorilor determinate printr-un număr mare de măsurări. Deci, în primă aproximație, eroarea absolută este:

$$\delta x = \bar{x} - x_i.$$

Raportul dintre eroarea absolută și valoarea reală (sau valoarea medie) poartă numele de **eroare relativă**:

$$\varepsilon = \frac{\delta x}{x}, \quad \varepsilon = \frac{\delta x}{\bar{x}}.$$

După cauzele care le dau naștere, erorile se împart în: sistematice, întâmplătoare și grosolane.

**Erorile sistematice** sînt condiționate de o aceeași cauză, care intervine într-un anumit sens (ex.: deplasarea față de zero a acului indicator, atunci cînd aparatul de măsură nu este pus în funcțiune). Aceste erori se înlătură ușor la o analiză atentă, prin schimbarea aparatului sau printr-o nouă etalonare.

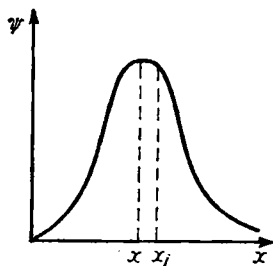


Fig. 165

**Erorile întâmplătoare** (sau *accidentale*) se datoresc unor cauze diverse, necunoscute, care acționează în sensuri diferite, de la o măsurare la alta. Aceste erori se supun studiului statistic, astfel încît influența lor asupra rezultatului măsurării poate fi cunoscută. Erorile întâmplătoare determină distribuția normală (gaussiană) a valorilor măsurate, în jurul valorii medii  $\bar{x}$  (fig. 165):

$$\Psi = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-x_i)^2}.$$

Funcția  $\Psi$  dă probabilitatea ca valoarea măsurată să ia valoarea  $x_i$ ; valorile cele mai probabile sînt cele mai apropiate de  $\bar{x}$ .  $\sigma$  poartă numele de **eroare pătratică medie** și este eroarea care afectează valoarea medie, fiind dată de relația:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2}{N(N-1)}},$$

unde  $N$  este numărul total de măsurări. Influența erorilor întîm-

plătoare asupra valorii medii poate fi evaluată și prin calcularea erorii probabile  $r \cong \frac{2}{3} \sigma$ , a erorii

medii  $\eta = 0,8\sigma$  sau a erorii maxime  $\Delta = 3\sigma$ , iar rezultatul măsurărilor unei mărimi poate fi redat sub una din formele:  $\bar{x} \pm \sigma$ ;  $\bar{x} \pm r$ ;  $\bar{x} \pm \eta$ .

Erorile grosolane sînt provocate de neglijența cercetătorului sau de o cauză obiectivă care nu se repetă. Aceste erori se înlătură în urma analizei atente a șirului de valori individuale, constatîndu-se astfel că unele dintre ele sînt în contradicție cu marea majoritate a celorlalte. Pe baza studiului erorilor, se poate interpreta corect rezultatul măsurărilor.

eter v. experiența Michelson.

evaporare, transformare de fază din lichid în vapori, care se petrece la suprafața lichidului. Viteza de evaporare (masa de lichid evaporată în unitatea de timp) este dată de relația:

$$v = k \frac{S(p_m - p)}{H},$$

în care  $S$  este suprafața lichidului,  $p$  — presiunea vaporilor lichidului,  $p_m$  — presiunea vaporilor saturați, iar  $H$  — presiunea gazului de deasupra lichidului (de obicei, egală cu presiunea atmosferică).

excitare, perturbare energetică a unui sistem aflat în stare de echilibru. Spre exemplu, un atom de hidrogen în stare fundamentală (avînd electronul pe nivelul energetic  $K$ ) poate fi excitat printr-un procedeu oarecare, ridicîndu-i-se electronul pe un nivel energetic superior ( $L, M, \dots$ ). V. ciocnire neclastică de genul întii.

exciton, particula fictivă asociată

unei stări excitate a corpului solid. Constituie un sistem format dintr-un electron și un gol, care au fost generați împreună și au rămas legați între ei; sistemul se deplasează în corpul solid, electronul „gravitînd” în jurul golului pozitiv. Electronul poate să se găsească pe un nivel energetic în apropierea minimului zonei de conducție, în timp ce golul se află în partea superioară a zonei de valență (fig. 166). Excitonul este caracterizat de un șir de stări energetice care pot fi uneori determinate cu ajutorul relației:

$$W = W_G - \mu e^4 / 2 \hbar^2 n^2 \epsilon^2,$$

unde  $W_G$  este lărgimea zonei interzise,  $\mu$  — masa efectivă a excitonului,  $n$  — numărul cuantic,  $\epsilon$  — permitivitatea mediului,  $e$  — sarcina electronului, iar  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ ,

unde  $h$  este constanta Planck. Datorită asemănării acestei relații cu expresia cuantificată a energiei atomului de hidrogen, un exciton care o satisface poartă numele de *exciton hidrogenoid*.

Generarea excitonului în diferite stări cuantice poate avea loc cu absorbția unei cuante de lumină. De aceea, diferitele sale stări energetice pot fi identificate ca maxime

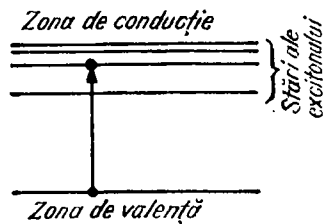


Fig. 166

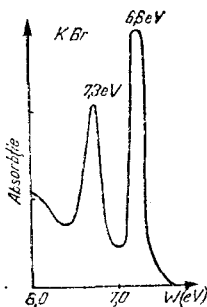


Fig. 167

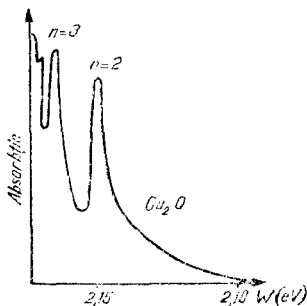


Fig. 168

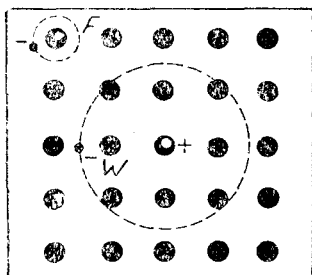


Fig. 169

pe curba de absorbție a corpului solid. În fig. 167 și 168 sînt redată curbele de absorbție ale bromurii de potasiu (KBr) și ale oxidului de cupru ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ); maximele corespunzătoare diferitelor stări energetice ale excitonului pot fi identificate după valorile ce revin numărului cuantic  $n$ .

Există excitoni de raze diferite, cazurile extreme fiind excitonul (de rază mică) de tip Frenkel și excitonul (de rază mare) de tip Wannier (fig. 169 —  $F$  și respectiv  $W$ ), primul întîlnit în KBr, iar al doilea în  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Aceste două tipuri de excitoni se tratează teoretic cu ajutorul a două metode diferite. Mișcarea electronului este descrisă ținînd seama de potențialul electric creat de gol și de distribuția reală a potențialului nodurilor rețelei cristaline (în cazul excitonului Frenkel) sau de potențialul mediu creat de nodurile rețelei cristaline (la excitonul Wannier).

exciton v. ignitron.

excluziune v. principiul excluziunii.

experiența Davisson-Germer, experiență (realizată în 1927) care a dovedit că reflexia interferențială a unui fascicul de electroni pe suprafața unui cristal (fig.170) satisface aceeași relație (legea Wulf-Bragg) ca și reflexia razelor  $X$  a căror natură ondulatorie era cunoscută. Astfel, a fost confirmată experimental prima dată ipoteza lui L. de Broglie cu privire la proprietățile ondulatorii ale particulelor. V. undă asociată.

experiența Faraday v. inducție electromagnetică, extracurent.

experiența Michelson(-Morley), experiență efectuată în 1881 cu scopul punerii în evidență a miș-



cării Pământului față de un mediu ipotetic aflat în repaus — suport material al propagării luminii — numit *eter*. Viteza luminii în eterul din atmosferă  $c$  era considerată aproximativ egală cu viteza în eterul ce se află în vid. A.A. Michelson a presupus că, dacă s-ar cunoaște viteza absolută  $v$  a Pământului față de eter, viteza luminii în raport cu un observator de pe Pământ poate fi aflată cu ajutorul teoremei compunerii vitezelor din mecanica clasică (v. transformări Galilei); pentru direcții diferite de deplasare față de direcția de mișcare a Pământului, două raze de lumină vor avea viteze diferite. Schema de principiu a instalației folosite este redată în fig. 171. O rază de lumină, care pornește de la sursa monocromatică  $S$ , cade pe oglinda semitransparentă  $A$ , unde se desparte în două raze: una care se propagă pe drumul  $I$  — transmisă, iar alta pe drumul  $II$  — reflectată. După reflexiile pe oglinzile  $B$  și  $C$ , oglinda semitransparentă permite ca cele două raze să ajungă interferate la ochiul  $O$

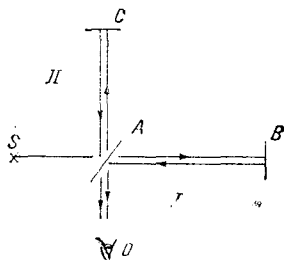


Fig. 171

al observatorului. Cele două drumuri  $I$  și  $II$ , străbătute de raze, sînt egale ca lungime și au direcții perpendiculare, drumul  $I$  fiind paralel cu direcția de deplasare a Pământului. Timpul necesar luminii pentru parcurgerea în ambele sensuri a drumului  $I$  este:

$$t_1 = \frac{2l}{c \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)},$$

iar pentru parcurgerea drumului  $II$  este:

$$t_2 = \frac{2l}{c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Considerînd raportul  $\frac{v}{c} = \beta \ll 1$ , se

$$\text{obține: } \Delta t = t_2 - t_1 = -\frac{l\beta^2}{c}.$$

Această diferență de timp se traduce printr-o diferență de fază între cele două raze, iar observatorul  $O$  va înregistra apariția unor franje de interferență. Dacă întreaga instalație se rotește cu  $90^\circ$ , astfel încît drumul  $I$  să devină perpendicular pe direcția de mișcare a Pământului (iar drumul  $II$  paralel la acesta), aceeași diferență de timp este:  $\Delta t' = \frac{l\beta^2}{c}$ . Variația

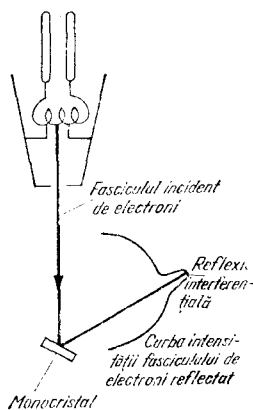


Fig. 170

diferenței de timp intervenită în procesul rotirii va fi deci:

$$\Delta T = \Delta t' - \Delta t = \frac{2l\beta^2}{c},$$

ceea ce echivalează cu o deplasare a sistemului de franje cu  $\frac{\Delta T}{T}$  (unde  $T$  este perioada unei monocromatice folosite). Conform calculului teoretice, această deplasare trebuia să fie egală cu 0,4 dintr-o interfranjă. În realitate deplasarea nu a fost observată, deși precizia măsurătorilor era de o sutime de interfranjă. A. Einstein a arătat că rezultatul experienței trebuie interpretat ca o dovadă a falsității ipotezei eterului, mișcarea absolută a corpurilor fiind o noțiune lipsită de sens, iar viteza luminii în vid în oricare sistem inerțial este o constantă; aceste concluzii au constituit premise pentru formularea celor două principii ale teoriei relativității restrinse.

**experiența Millikan**, metodă experimentală care a permis măsurarea sarcinii electronului (1911). În principiu, constă în pulverizarea unor picături foarte mici de ulei în spațiul dintre plăcile  $P$  și  $P'$  ale unui condensator plan conținut într-o incintă (fig. 172). Acestea se mișcă uniform în câmpul gravitațional în prezența forței Arhimede și a unei forțe de rezistență aerodinamică de tip Stokes și, iluminate lateral, pot fi observate

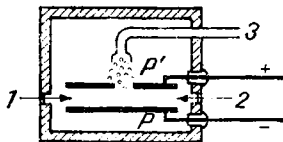


Fig. 172

cu ajutorul unui microscop. Măsurarea vitezei limită  $v_0$  permite aflarea razei  $r$  a picăturii, cu ajutorul relației:

$$r = \frac{3}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\eta v_0}{(\rho_p - \rho_a)g}},$$

în care  $\eta$  este viscozitatea dinamică,  $g$  — accelerația gravitațională, iar  $\rho_p$  și  $\rho_a$  sînt densitatea picăturii și, respectiv, cea a aerului. În prezența unui câmp electric de aceeași direcție cu forța de greutate, picătura, care este și electrizată în procesul de pulverizare (purtînd un anumit număr de electroni), are o nouă viteză de mișcare  $v_E$ . Din ecuația de echilibru dinamic al forțelor se găsește pentru sarcina electrică a picăturii expresia:

$$q = 9\sqrt{2} \frac{\eta\pi}{E} \cdot$$

$$\cdot \sqrt{\frac{\eta v_0}{(\rho_p - \rho_a)g}} (v_0 + v_E),$$

în care  $E$  este intensitatea cîmpului electric. În timpul măsurărilor, sarcina picăturii se poate modifica prin ionizarea aerului dintre plăci (de ex. cu ajutorul unei surse de raze X), viteza  $v_E$  a sa în câmp electric modificîndu-se substanțial, iar masa rămînînd practic constantă. Variația de sarcină este dată de relația:

$$\Delta q = 9\sqrt{2} \frac{\pi\eta}{E} \cdot$$

$$\cdot \sqrt{\frac{\eta v_0}{(\rho_p - \rho_a)g}} (v_E - v'_E).$$

R. A. Millikan constată că  $\Delta q$  este un multiplu întreg al unei valori minime, pe care a găsit-o egală cu  $1,59 \cdot 10^{-19}$  C și a atribuit-o sarcinii electrice elementare nega-

tive (a electronului), confirmând direct ipoteza structurii discontinue a electricității (propusă de G.J. Stoney în 1891).

**experiența Stern-Gerlach**, experiență care a confirmat (1922) cuantificarea spațială a momentului magnetic al atomului. În acest scop,

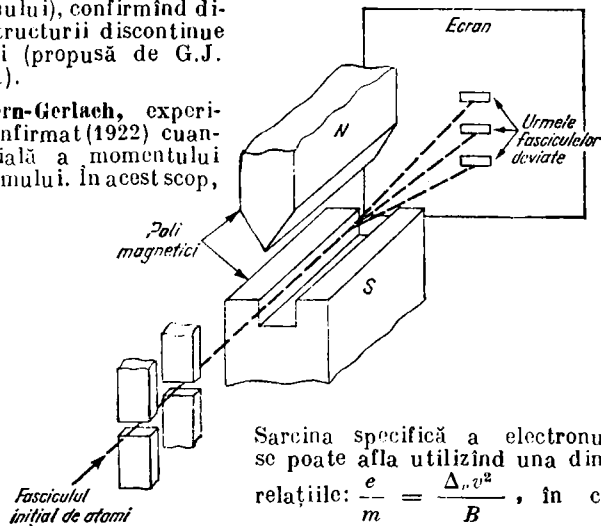


Fig. 173

un fascicul de atomi (fig. 173), trecut printr-un câmp magnetic de o configurație specială, era deviat după anumite direcții, aceasta confirmând orientarea momentelor magnetice ale atomilor după direcții determinate în raport cu liniile câmpului magnetic.

**experiența Thomson**, una dintre primele metode experimentale de determinare a sarcinii specifice a electronului. J.J. Thomson a utilizat un aparat special constituit dintr-un tub catodic, în care fasciculul de electroni, emis de catodul  $K$  și accelerat de anodul  $A$ , era supus simultan sau succesiv unui câmp electric (al condensatorului plan  $CD$ ) și unui câmp magnetic, perpendiculare între ele și pe direcția de deplasare a electronilor. Forța electrică și cea magnetică produc deviații  $FP'$  ale fasciculului de electroni ce pot fi măsurate pe ecranul  $S$  (fig. 174).

Sarcina specifică a electronului se poate afla utilizând una dintre relațiile:  $\frac{e}{m} = \frac{\Delta_e v^2}{B}$ , în care

$\Delta_e$  este deviația în câmpul electric și  $B$  — o constantă a aparatului depinzând de dimensiunile zonei în care este aplicat câmpul electric și

de distribuția acestuia, sau  $\frac{e}{m} = \frac{\Delta_m v}{A}$ , în care  $\Delta_m$  este deviația în câmpul magnetic, iar  $A$  —

o constantă a aparatului depinzând de dimensiunile zonei în care acționează acest câmp și de distribuția lui. Viteza  $v$  a electronilor, care intervine în relațiile de mai sus, se poate calcula pentru anumite valori ale celor două câmpuri, care compensează cele două deviații (fas-

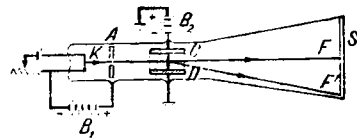


Fig. 174

ciculul de electroni trecind nedeviat); în acest caz:  $v = \frac{B}{A}$ .

**experiențele Franck-Hertz**, experiențe efectuate în 1913—1914, care au confirmat postulatele Bohr. Au fost realizate în principiu prin bombardarea atomilor de mercur cu electroni de viteze relativ mici. Sub o anumită valoare a energiei electronilor, ciocnirile sînt elastice, în urma lor electronii păstrîndu-și energia și modificîndu-și doar direcția; pentru o energie a lor de 4,9 eV ciocnirile nu mai sînt elastice, electronii cedînd atomilor energia și aducîndu-i într-o stare excitată. Se observă că, și pentru alte valori ale energiei, de ex.: 9,8; 11,2; 13,5; 14,7; 16; 17,6; 19,3; 20,2; 21,2 eV, ciocnirea este neelastică și se constată că ele sînt combinații a două valori ale energiei de bază 4,9 și 6,7 eV (electronul puțin suferi una sau mai multe ciocniri succesive, de un tip sau altul). Existența acestor valori în procesul ciocnirilor este o dovadă a existenței unor nivele energetice cuantificate în atomul de mercur; atomii excitați în acest mod emit ulterior, prin dezexcitare, radiația monocromatică cu  $\lambda = 2537\text{\AA}$ , care coincide cu lungimea de undă ce ar trebui emisă în conformitate cu postulatul al doilea al lui Bohr (v. model atomic).

**exponent adiabatic** v. transformare adiabatică.

**expunere** (sau cantitate de iluminare,  $H$ ), mărime egală cu integrala produsului dintre iluminarea  $E(t)$  și timpul  $dt$  de expunere la lumină a unui strat de emulsie fotosensibilă:

$$H = \int_0^t E(t)dt.$$

Se măsoară în lux-secundă. V. cantitate de lumină.

**extincție** ( $E_\lambda$ ,  $E_n$ ), mărime optică exprimată prin logaritmul inversului factorului spectral de transmisie  $\tau_\lambda$ . După felul logaritmului utilizat se definește *extincția zecimală*, numită și *densitate optică*,  $E_\lambda$ , și *extincția naturală*  $E_{n\lambda}$ :

$$E_\lambda = \lg \frac{1}{\tau_\lambda}$$

$$\text{și } E_{n\lambda} = \ln \frac{1}{\tau_\lambda} = \frac{1}{M} E_\lambda,$$

unde  $M$  este modulul de transformare al logaritmilor naturali în logaritmi zecimali. Raportul dintre extincție și grosimea  $d$  a stratului străbătut de radiație poartă numele de *modul de extincție*; în mod analog se definesc un modul zecimal de extincție  $m_\lambda$  și unul natural  $m_{n\lambda}$ :

$$k_\lambda = \frac{E_\lambda}{d} \text{ și } k_{n\lambda} = \frac{E_{n\lambda}}{d}.$$

Modulul de extincție, numit în optică și *coeficient de absorbție*, constituie o măsură a vitezei de atenuare a fluxului de-a lungul distanței  $l$ ; această atenuare are loc conform legii:

$$\Phi_l = \Phi_0 10^{-m_\lambda l}$$

sau

$$\Phi_l = \Phi_0 e^{-m_{n\lambda} l},$$

în care  $\Phi_0$  și  $\Phi_l$  sînt fluxul incident și fluxul transmis. În cazul soluțiilor, modulul de extincție este proporțional cu concentrația  $c$ :

$$k_\lambda = -\epsilon_\lambda c \text{ și } k_{n\lambda} = -\epsilon_{n\lambda} c,$$

unde  $\epsilon_\lambda$  se numește *coeficient (na-*

*tural sau zecimal) de extincție. Conform legii Beer, el nu depinde de concentrația  $c$  a soluției. Această lege este valabilă cît timp moleculele substanței sînt suficient de îndepărtate unele față de altele, încît să nu se influențeze reciproc, și stă la baza unor metode de laborator pentru determinarea rapidă a concentrațiilor nu prea mari, utilizate în colorimetrie, spectrofotometrie, analiza spectrală prin absorbție.*

**extracurent**, curent electric datorat fenomenului de autoinducție, care apare într-un circuit un timp scurt după închiderea lui (*extracurent de închidere*) sau continuă să circule, după deschiderea circuitului (*extracurent de deschidere*). Poate fi pus în evidență prin *experiența Faraday*, folosind un montaj (fig. 175) compus dintr-o bobină  $L$  și un galvanometru  $G$ , legate în paralel și alimentate de elementul galvanic  $E$ . La închiderea circuitului cu ajutorul întrerupătorului  $K$  se constată o deviere mare

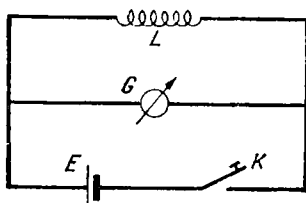


Fig. 175

a acului galvanometrului, pentru ca, apoi, aceasta să scadă pînă la o valoare constantă. La deschiderea circuitului, acul galvanometrului indică trecerea unui curent de sens contrar, imediat după acționarea întrerupătorului. Acest curent electric poate fi observat în cazul becurilor electrice cu inducțanță mare care devin treptat incandescente, după închiderea circuitului lor de alimentare, precum și la întrerupătoarele aparținînd circuitelor cu inducțanță mare la care, în momentul acționării, apar scintile electrice.

**factor de absorbție** (global sau **putere absorbantă**,  $\alpha$ ), raportul dintre fluxul energetic (sau luminos) absorbit  $\Phi_\alpha$  și cel incident  $\Phi$ :

$$\alpha = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi}$$

Valoarea sa variază între 0 (corpurile perfect reflectătoare) și 1 (corpul negru). Raportul dintre densitatea spectrală a fluxului energetic (sau luminos) absorbit  $\varphi_{\lambda,\alpha}$  și cea a fluxului incident  $\varphi_\lambda$  definește **factorul spectral de absorbție** (sau **absorbanta spectrală**):

$$\alpha_\lambda = \frac{\varphi_{\lambda,\alpha}}{\varphi_\lambda}$$

Cunoscând valoarea acestuia, se poate calcula factorul de absorbție al unui corp, cu ajutorul relației:

$$\alpha = \frac{\int \alpha_\lambda \varphi_\lambda d\lambda}{\int \varphi_\lambda d\lambda}$$

Între cei trei factori — de absorbție, de reflexie  $\rho$  și de transmisie  $\tau$  ce caracterizează un mediu, există relația:

$$\alpha + \rho + \tau = 1.$$

**factor de amortizare** v. oscilație.

**factor de amplificarea** v. neutron.

**factor de calitate** v. oscilație forțată.

**factor de cuplaj** v. cuplaj elastic.

**factor de luminanță** v. corp cenușiu.

**factor de putere** ( $\cos \varphi$ ), raportul dintre puterea reală (sau activă)  $P$  și puterea aparentă  $P_a$  (fig. 176 —  $P_r$  fiind puterea reactivă), schimbată la bornele unui circuit electric de curent alternativ:

$$\cos \varphi = \frac{P}{P_a}$$

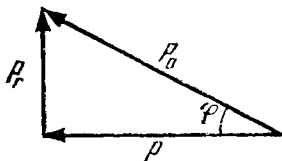


Fig. 176

Este egal cu cosinusul unghiului de defazaj  $\varphi$  între curentul electric și tensiunea aplicată.

**factor de reemisie** v. corp cenușiu.

**factor de reflexie** (global sau **putere reflectătoare**,  $\rho$ ), raportul dintre fluxul energetic (sau luminos) reflectat  $\Phi_\rho$  și cel incident  $\Phi$  pe suprafața de separare a două medii omogene:

$$\rho = \frac{\Phi_\rho}{\Phi}$$

Variază între 0 (corpul negru) și 1 (corpurile perfect reflectătoare). Raportînd densitatea spectrală a fluxului energetic (sau luminos) reflectat  $\Phi_{\lambda\rho}$  la cea a fluxului incident  $\Phi_{\lambda}$  se obține *factorul spectral de reflexie* (sau *reflecția spectrală*):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\Phi_{\lambda\rho}}{\Phi_{\lambda}}$$

V. factor de absorbție.

**factor de transmisie sau de transparență** (global sau **putere transmisătoare**,  $\tau$ ), raportul dintre fluxul energetic (sau luminos) transmis de un corp  $\Phi_{\tau}$  și cel incident  $\Phi$ :

$$\tau = \frac{\Phi_{\tau}}{\Phi}$$

Valoarea sa este nulă în cazul corpului negru și al corpurilor perfect reflectătoare. Raportul dintre densitatea spectrală a fluxului energetic (sau luminos) transmis  $\varphi_{\tau}$  și cea a fluxului incident  $\varphi_{\lambda}$  poartă numele de *factor spectral de transmisie* (sau *transmitanță spectrală*):

$$\tau_{\lambda} = \frac{\varphi_{\lambda\tau}}{\varphi_{\lambda}}$$

V. factor de absorbție, extincție.

**factor giromagnetic** ( $\gamma$ ), mărime exprimată prin raportul dintre mărimea momentului magnetic  $m$  asociat unui sistem de particule și cea a momentului cinetic  $q$  al sistemului:

$$\gamma = \frac{m}{q}$$

Are valoarea  $g \cdot \frac{e}{2mc}$ , unde  $g$  este **factorul Landé** iar  $e$  și  $m$  sînt sar-

cina și, respectiv, masa electronului.

**factor Landé** v. efect Zeeman.  
**familie radioactivă**, serie radioactivă.

**farad** (F), unitate de măsură în SI a capacității electrice, egală cu capacitatea unui conductor electric al cărui potențial crește cu un volt la mărirea sarcinii sale electrice cu un coulomb.

**Faraday** [fêrădi], **Michael** (1791—1867), fizician și chimist englez. Membru al Societății Regale din Londra. Unul dintre fondatorii electromagnetismului. A descoperit, în 1831, fenomenul de inducție electromagnetică; a dat un sens fizic liniilor de cîmp electric și magnetic și a considerat că transmiterea acțiunilor are loc cu viteză finită. A descoperit (1833—1834) legile electrolizei și a introdus termenii de ion, catod, anod, electrod etc. În 1845 a descoperit paramagnetismul, diamagnetismul și fenomenul de polarizare rotatorie magnetică a luminii, care-i poartă numele.

**fascicul de lumină** v. fascicul de radiații.

**fascicul de particule** v. fascicul de radiații.

**fascicul de radiații**, ansamblu de radiații (electromagnetice sau corpusculare) care se propagă în același sens, avînd o lungime de undă mică în comparație cu dimensiunile obstacolelor întîlnite. Poate fi **conic** (*homocentric*) sau **izogen** — dacă radiațiile care îl alcătuiesc trec prin același punct, sau **paralel** (*cilindric*) — dacă acestea sînt paralele; fasciculele conice conținînd radiații ce se întîlnesc în același punct se numesc *convergente*,

iar cele ale căror radiații pornesc din același punct — *divergente*. După natura radiațiilor care le compun, fasciculele pot fi: de lumină, de raze gama, de raze X, de particule etc.

*Fasciculele de lumină* (sau *luminoase*) pot fi *monocromatice* (de lumină monocromatică) sau *poli-cromatice* (de lumină compusă). Ele sînt utilizate la formarea imaginilor în instrumentele optice. Pentru a forma imaginei clare, se folosesc fascicule înguste, ce cad în imediata vecinătate a axei optice, practic paralele cu ea (sau de o înclinare foarte mică), numite *paraxiale* (v. aproximație Gauss); orice abatere de la paraxialitate în construcția instrumentelor duce la aberații de diferite tipuri.

*Fasciculele de particule* se întilnesc în accelerațiile de particule. Există fascicule moleculare, atomice, de electroni, de protoni, de neutroni etc. Dintre acestea, fasciculele de electroni prezintă aplicații în tuburile catodice și în dispozitivele electronice (v. microscop electronic). Dacă vitezele particulelor (de același fel) care îl alcătuiesc sînt practic egale, fasciculul se numește *monocinetic*.

**fascicul luminos** v. fascicul de radiații.

**fază 1.** (sau **unghi de fază**,  $\omega t + \varphi$ ). Argumentul dependent de timp al unei mărimi cu variație sinusoidală.

**2.** V. transformare de fază.

**fazotron** (sincrociclotron sau **ciclotron cu frecvență modulată**), accelerator ciclic rezonant (relativist) pentru accelerarea particulelor grele încărcate, de mare energie. Aspectul său exterior și principiul de funcționare sînt asemănătoare ciclotronului. Diferența constă în faptul că, pentru păstrarea condiției de rezonanță, frecvența de ali-

mentare aplicată pe duanți scade cu creșterea energiei particulei. De asemenea, magnetul fazotronului are dimensiuni superioare celor ale magnetului ciclotronului (diametrul său ajungînd pînă la 6 m) — ceea ce permite obținerea unor energii superioare, iar inducția magnetică în centrul său variază (16,5—23,3 kGs). Gama variatorului de frecvență utilizat depinde de energia finală a particulei și de micșorarea inducției magnetice cu creșterea razei orbitei de accelerare (ex. pentru protoni cu energia de 730 MeV, frecvența variază între 35,4 și 19,1 MHz, iar inducția magnetică variază între 23,3 și 22,275 kGs, într-un interval de timp de 0,01 s). Particula accelerată are pulsația egală cu cea a generatorului de înaltă frecvență fiind dată de relația:

$$\omega = \frac{qB}{M} = \frac{qBc^2}{Mc^2} = \frac{qBc^2}{W_0 + T},$$

unde  $W_0$  și  $T$  sînt energiile de repaus și cinetică ale particulei de masă  $M$  și sarcină  $q$ ,  $B$  — inducția magnetică, iar  $c$  — viteza luminii. În fazotron, valoarea energiei atinse de particule este în jur de 700 MeV.

**ferimagnetism**, ansamblul proprietăților magnetice ale feritelor, asemănătoare cu cele ale corpurilor feromagnetice. Se datorește orientării magneților elementari în cîmp magnetic; o parte dintre aceștia se orientează în sens contrar cîmpului, ceea ce face ca permeabilitatea feritelor să fie mai mică decît a corpurilor feromagnetice.

**ferită**, semiconductor — compus al unor metale bivalente cu oxizi de fier — prezentînd, pe lîngă proprietăți magnetice (v. feromagnetism), conductibilitate electrică redusă (curenți turbionari reduși). Aceste



proprietăți conferă feritelor o largă aplicabilitate în tehnica frecvențelor înalte (electrotehnică, telecomunicații, electronică, auto-matică etc.).

**Fermi, Enrico** (1901—1954), fizician italian. Stabilizat în S.U.A. (1939). A elaborat în 1925, independent de Dirac, statistica particulelor de spin impar. În 1934, Fermi a efectuat o serie de experiențe de bombardare a nucleelor grele cu neutroni, experiențe ce au constituit primele cercetări în studiul fisiunii nucleare. În 1942, la Chicago, conduce lucrările punerii în funcțiune a primului reactor nuclear având drept combustibil uraniu-235 și drept moderator grafit. Premiul Nobel (1938).

**fermion**, particulă elementară care este descrisă de statistica Fermi-Dirac, având numărul cuantic de spin semîntreg (ex.: electronul, protonul, neutronul, neutrînul și antiparticulele lor).

**feroelectricitate**, proprietate a unor dielectrice (ex. sarea Seignette), cu permitivitate foarte mare și dependentă de cîmpul electric în care se găsesc, de a prezenta, în anumite intervale de temperatură, o polarizație electrică permanentă (chiar la anularea cîmpului electric) și fenomenul de isterезis electric. Sin. *seignettelectricitate*.

**feromagnetism**, proprietate a unor substanțe (metale sau aliaje) cu permeabilitate foarte mare și dependentă de cîmpul magnetic aplicat, de a prezenta — la temperaturi mai joase decît o anumită temperatură caracteristică, numită punct Curie — o magnetizație permanentă (chiar în absența cîmpului magnetic) și fenomenul de isterезis magnetic. În funcție de valoarea cîmpului coercitiv  $H_c$ , materialele feromagnetice pot fi *dure*

( $H_c > 10$  Oe) și *moi* ( $H_c < 10$  Oe). Susceptivitatea magnetică a lor este pozitivă și variază cu cîmpul magnetic, trecînd printr-un maxim; dependența ei de temperatură este dată de *legea Curie-Weiss*:

$$\chi = \frac{\text{const.}}{T - T_c},$$

în care  $T_c$  ( $T < T_c$ ) este temperatura Curie. În teoria lui P. Weiss, corpurile feromagnetice conțin domenii magnetizate spontan, ale căror dimensiuni liniare sînt cuprinse între  $10^{-3}$  și  $10^{-2}$  cm, numite *domenii de magnetizare* (sau *magnetic*); aceste domenii iau naștere prin orientarea în același sens (paralelă) a dipolilor magnetici elementari. Peretii interdomenici se întind pe aprox. 300 perioade ale rețelei cristaline și au o magnetizare neomogenă. O verificare a existenței acestor domenii o constituie caracterul discontinuu al curbei de magnetizare în domeniul cîmpurilor magnetice slabe (v. efect Barkhausen), precum și distribuția neomogenă a piliturii de fier pe suprafața unui cristal feromagnetic, sub forma unui mozaic de regiuni ce se orientează în cîmp magnetic (*figuri Bitter-Akulo*). În absența cîmpului magnetic, domeniile sînt orientate la întimplare, magnetizația totală putîndu-se anula. La introducerea corpului în cîmp magnetic se produce o orientare parțială a domeniilor, cu atât mai pronunțată cu cît cîmpul este mai intens, care duce la creșterea magnetizației globale pînă la o valoare de saturație, corespunzătoare orientării complete. Astfel se poate explica forma curbei de isterезis magnetic.

**fierbere**, transformare de fază din lichid în vapori, care are loc în toată masa lichidului.

figuri Bitter-Akulov v. feromagnetism.

figuri Lissajous v. oscilație.

**filtru optic**, dispozitiv utilizat pentru transmisia parțială a fluxului energetic (sau luminos) emis de o sursă de radiații. Poate fi *neutru* sau *selectiv*, după cum lasă să treacă radiațiile incidente de orice lungime de undă sau numai cele cuprinse într-un anumit domeniu spectral. Două tipuri speciale de filtru sînt filtrele interferențiale și cele Wood. *Filtrul interferențial* este alcătuit din două lame plan-paralele subțiri, semitransparente, avînd între ele o peliculă transparentă de criolit sau fluorură de magneziu. Datorită fenomenului de interferență cu fascicule multiple (provenite din reflexii repetate în interiorul peliculei), acest dispozitiv poate selecta (filtra) un domeniu spectral extrem de îngust din fasciculul incident (de aprox. cîteva zeci de Å). Există două tipuri de astfel de filtre: prin reflexie și prin transmisie. *Filtrul Wood* conține săruri de nichel, care au proprietatea de a absorbi aproape total radiațiile vizibile, lăsînd să treacă radiațiile ultraviolete. Dacă pe un astfel de filtru cade lumina provenită de la o lampă de cuarț cu descărcare în vapori de mercur, acesta va transmite numai radiațiile ultraviolete ale spectrului de emisie al lămpii (*lumină Wood*). Este utilizat pentru analiza luminescenței diverselor substanțe.

**fisiune**, proces spontan sau indus (de către neutroni, particule alfa, protoni, deuteroni, fotoni de radiație gama etc.), de diviziune a nucleului atomic în două sau mai multe fragmente de mase comparabile. A fost descoperită în 1939 de O. Hahn și F. Strassman la elementul uraniu bombardat cu neutroni, iar teoria sa a fost elaborată de I.I. Frenkel, N. Bohr și J.A. Wheeler. Fisiunea unui nucleu de uraniu constă în trecerea acestuia într-o stare excitată la absorbția unui neutron, puțin să se fragmenteze în două nuclee de mase mai mici (aproximativ egale), ca cele de bariu și lantan, și neutroni. Această comportare a fost comparată cu aceea a unei picături de lichid care se poate despică în două picături mai mici. În mod analog, nucleul suferă o serie de deformări succesive (fig. 177), în final divizîndu-se. Produsele (sau fragmentele) de fisiune au energii cinetice enorme; masa lor este mai mică decît cea a nucleelor dinaintea reacției, diferența apărînd sub formă de energie cinetică a particulelor rezultate. După descoperirea fisiunii uraniului produsă de neutroni, s-a descoperit fisiunea produsă de particule  $\alpha$  (cu energia de 400 MeV), deuteroni (200 MeV) și fotoni (20 MeV), precum și fisiunea spontană a nucleelor de uraniu și a altor aprox. 50 izotopi ai elementelor grele. Timpul de înjumătățire al  $^{238}_{92}\text{U}$  este de  $5,9 \cdot 10^5$  ani; pentru alte elemente valoarea sa scade cu creș-

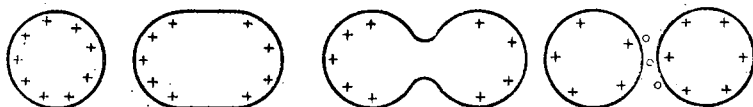


Fig. 177

terea numărului atomic. Sub acțiunea unui flux de neutroni rapizi sau intermediari fisionează majoritatea izotopilor elementelor grele; neutronii termici produc fisiunea numai a trei izotopi:  $^{233}_{92}\text{U}$ ,  $^{235}_{92}\text{U}$ ,  $^{239}_{94}\text{Pu}$ . Dintre aceștia, în stare naturală se găsește numai izotopul  $^{235}_{92}\text{U}$  aflat în minereul de uraniu în proporție de 7%<sub>00</sub>. El fisionează și sub acțiunea neutronilor rapizi, însă cu o probabilitate mai mică. Secțiunea eficace pentru fisiunea nucleelor de  $^{235}_{92}\text{U}$  cu neutroni de energie 1 KeV este de 2–2,5 barni, mai mare de aprox. 200 de ori în raport cu cea pentru neutronii rapizi. Aceștia din urmă produc fisiunea nucleelor de  $^{238}_{92}\text{U}$ ,  $^{232}_{90}\text{Th}$ ,  $^{231}_{91}\text{Pa}$  și  $^{237}_{93}\text{Np}$ . Dependența secțiunii eficace  $\sigma$  a izotopului  $^{237}_{93}\text{Np}$  de energia  $W$  a neutronilor incidenți este reprezentată în fig. 178; după cum se observă, există o anumită energie de prag (0,3 MeV) pentru procesul de fisiune. Instabilitatea nucleelor în raport cu fisiunea își găsește explicația în faptul că, îndeosebi în cazul nucleelor grele, respingerea electrostatică este mare la suprafața nucleului. De aceea, bariera potențială care trebuie învinsă pentru ruperea acestor nuclee în două și trei fragmente nu este așa de mare, fiind necesară o energie de activare destul de mică a particulei incidente, care poate pătrunde în nucleu și prin efect tunel.

În cazul fisiunii în două fragmente egale, diferența dintre energiile nucleului de masă  $M(A, Z)$  ce fisionează și a celor două fragmente de fisiune de mase egale  $2M(A/2, Z/2)$  trebuie să fie egală cu energia degajată în procesul de fisiune:

$$W_{fis} = [M(A, Z) - 2M(A/2, Z/2)]c^2,$$

$c$  fiind viteza luminii. Particula

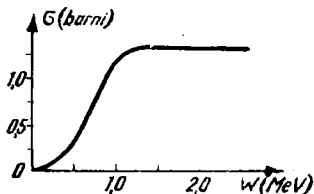


Fig. 178

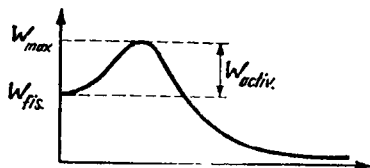


Fig. 179

incidentă trebuie să aibă o energie care să depășească energia de activare  $W_{activ}$  (fig. 179); întrucât valoarea acesteia depinde de raportul dintre energia de tensiune superficială a nucleului și energia de respingere electrostatică a protonilor, rezultă că ea depinde de valoarea  $\left(\frac{Z^2}{A}\right)$ ;  $\left(\frac{Z}{A}\right)_0$  este valoarea

corespunzătoare a condiției de echilibru dintre cele două energii.

Dacă  $\frac{Z^2}{A} > \left(\frac{Z}{A}\right)_0$ , energia de res-

pingere coulombiană depășește energia de suprafață și, deci, energia de activare fiind mai mică, fisiunea se poate produce mai ușor. Divizarea nucleului în două fragmente în urma procesului de fisiune se poate realiza într-un număr mare de moduri. În fig. 180 este reprezentată curba experimentală de variație a randamentului nucleelor rezultate (exprimat în pro-

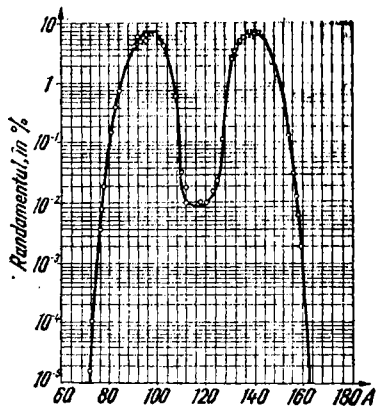


Fig. 180

cente) în funcție de numărul de masă al lor în cazul izotopului  $^{235}_{92}\text{U}$ . De pe acest grafic se observă că numărul de masă al fragmentelor de fisiune este cuprins între 72 și 162, iar probabilitatea cea mai mică o are fisiunea în două fragmente egale și probabilitatea maximă — cea în fragmente având raportul maselor de aprox.  $2/3$  ( $_{38}\text{Sr}$  și  $_{54}\text{Xe}$ ). Alături de acest tip de fisiune se produce fisiunea nucleelor în trei fragmente care pot fi:

- egale (*fisiune simetrică*, în proporție de  $10^{-8}$ );
- două mari și unul de lung parcurs (*fisiune asimetrică*, în proporție de  $2 \cdot 10^{-2}$ );
- două mari și unul de parcurs redus — cca. 3 cm în aer (*fisiune asimetrică*, în proporție de  $10^{-2}$ ). Conținând un număr mare de neutroni, fragmentele care apar în urma fisiunii prezintă radioactivitate  $\beta^-$ , emițind totodată neutroni momentani și, într-un interval de timp de  $10^{-12}\text{s}$ , *neutroni întârziți*. La o fisiune a unui nucleu de  $^{235}_{92}\text{U}$ , produsă de un neutron inci-

dent, se emit cca. 2,47 neutroni și o energie de aprox. 200 MeV, care se distribuie între fragmentele de fisiune, învers proporțional cu masele lor. Neutronii emiși pot iniția noi acte de fisiune, astfel că reacția se autototălnuie rapid cu eliberarea unei însemnate cantități de energie și poartă numele de *reacție în lanț*. În urma unei astfel de reacții, numărul de neutroni crește în progresiune geometrică; după aprox. 74 de generații, produse într-un interval de timp extrem de scurt, acesta atinge valoarea de  $5 \cdot 10^{22}$ , suficient de mare pentru a fisiuna toate nucleolele conținute într-un gram de uraniu. Pentru a măări numărul actelor de fisiune cu neutroni termici, uraniul natural se îmbogățește cu  $^{235}_{92}\text{U}$ . Reacția în lanț se produce numai dacă masa substanței fisiionabile are o anumită valoare, numită *masă critică*, pentru care numărul de neutroni generați depășește pe acela al neutronilor absorbiți de mediul ambiant. În cazul  $^{235}_{92}\text{U}$ , masa critică este aproximată la 900–1 000 g; presupunând că întreaga masă critică de  $^{235}_{92}\text{U}$  fisionează și cunoscând că energia degajată la fisiunea unui singur nucleu este de cca. 200 MeV, se obține o energie totală egală cu  $8,4 \cdot 10^{13}\text{J}$ . Reacția nucleară în lanț poate fi controlată în reactorii nucleari; necontrolată, ar produce degajarea unei cantități uriașe de energie, producând o explozie (v. bombă atomică).

**fixare**, etapă în realizarea unei fotografii, constând în dizolvarea halogenurii de argint, neimpresionată de lumină, din stratul fotosensibil. Halogenura (bromura) neimpresionată trece, prin fixare, într-un produs incolor, solubil în apă, care se îndepărtează apoi prin spălare. Substanța chimică folo-

sită la fixare nu trebuie să atace gelatina sau să afecteze argintul din imaginea dezvoltată. Astfel de soluții ai halogenurilor de argint sînt: tiosulfatii de sodiu, de potasiu, de amoniu, precum și cianurile de sodiu și de potasiu în soluții concentrate. În practică se folosesc însă, aproape exclusiv, tiosulfatii de sodiu și de amoniu, cianurile prezentînd riscuri mari datorită toxicității lor. Soluția apoasă care conține agentul de fixare se numește *fixator*, în a cărui compoziție poate intra numai tiosulfatul de sodiu (*fixator simplu*); pentru oprirea imediată a procesului de dezvoltare, acestuia i se mai adaugă bisulfid de sodiu sau metabisulfid de potasiu (*fixator acid*). În *fixatorul cu acțiune rapidă* intră și clorura de amoniu, iar în *fixatorul cu întărire a gelatinei*, alauni și un acid. Ca etapă ce urmează dezvoltării, fixarea este precedată de clătirea în apă sau într-o baie de oprire și urmată apoi de spălare (de obicei în apă curgătoare) și uscare.

**fixator** v. fixare.

**Fizeau** [fizó], Hippolyte (1819—1896), fizician francez. Membru al Academiei de Științe din Paris. A lucrat în domeniul opticii, stabilind un procedeu de măsurare a vitezei luminii (1849) și a studiat influența mișcării mediilor asupra propagării luminii. A cercetat fenomenul de dilatare termică a cristalelor.

**fizica**, știință care studiază proprietățile și structura materiei, formele generale de mișcare ale acesteia (mecanice, termice, electromagnetice etc.), precum și transformările lor reciproce. După obiectul de studiu, se împarte în următoarele ramuri: mecanică, acustică, fizică moleculară, căldură,

termodinamică, fizică statistică, electromagnetism, optică, electrodinamică, fizică relativistă, fizică atomică, mecanică cuantică, electrodinamică cuantică, fizica corpului solid, fizica plasmei, fizica nucleară. Integrată în filozofie în antichitate, avînd la bază metoda observației directe (ca primă metodă de cercetare), fizica a devenit știință de sine stătătoare abia în perioada care a urmat Renașterii italiene, cînd metoda experimentală de studiu a scos la iveală aspecte profunde ale unor fenomene din natură. În secolele 17—18, fizica suferă un proces de divizare, iar în secolul 19, se cristalizează ramurile — numite astăzi clasice: mecanica, termodinamica, electricitatea, optica. Pe lângă metoda experimentală se cristalizează acum metoda teoretică de studiu, bazată pe metodele matematicii clasice.

În același timp, teoriile fizice s-au dezvoltat în două direcții, cercetînd aspecte diferite ale materiei, fenomenologice și microscopice. Plecînd de la proprietățile macroscopice ale corpurilor, determinate experimental, teoriile fenomenologice construiesc, cu ajutorul matematicii, domenii întregi (ca termodinamica și electromagnetismul). Teoriile microscopice pornesc de la o imagine microscopică a fenomenelor, formulînd ipoteze privind structura corpurilor (ex.: teoria cinetică a gazelor, teoria feromagnetismului etc). În secolul 19 și în prima jumătate a secolului 20 au apărut ramurile fizicii numite moderne: fizica particulelor elementare, fizica atomică, mecanica cuantică, fizica nucleară, fizica corpului solid, fizica plasmei. Teoriile fizicii moderne pornesc de la ipoteze care se referă la structura microscopică a corpurilor; prin interpretări matematice, ele devansează activitatea practică. Inter-

valul de timp de la o descoperire la aplicația practică a acesteia este de ordinul anilor, mult mai mică în comparație cu intervalele de zeci de ani din secolul trecut. Un exemplu în acest sens este construirea primului reactor nuclear la opt ani de la primele experiențe de fisiune nucleară (1934) și a tranzistorilor de serie la numai trei ani de la formularea teoriei lor (1948).

La noi în țară primele noțiuni de fizică au fost predate la începutul secolului trecut de către T. Stamati la Academia Mihăileană din Iași și Al. Marin la Colegiul Sf. Sava din București. După unirea principatelor și odată cu înființarea celor două universități, din Iași (1860) și din București (1864), pionieri ai învățămîntului fizicii sînt Em. Bacaloglu (București) și Șt. Micle (Iași). Tot atunci, sînt trimiși primii bursieri pentru specializare în străinătate. În 1870 apare primul curs universitar „Elemente de fizică” redactat de Em. Bacaloglu. Primii doctori în științele fizice și apoi profesori la catedrele universitare de fizică sînt D. Negreanu (1889), C. Miculescu (1891) și D. Hurmuzescu (1896). Ei organizează pe lîngă catedre laboratoare experimentale și pun bazele activității în domeniul fizicii din țara noastră. În 1884 se înființează Institutul Meteorologic de la Herăstrău, iar în 1889 — Serviciul de măsuri și greutăți, sub conducerea lui Șt. Hepites, figură proeminentă a fizicii românești. Organizator al Școlii de electricitate din Iași (1910) și, apoi, director al Institutului electrotehnic din București (1913), D. Hurmuzescu a desfășurat o intensă activitate științifică în domeniul electricității, razelor X și radioactivității. Primul fizician cu doctoratul susținut în Ro-

mânia a fost D. Bungețianu (1912). În perioada dintre cele două războaie mondiale, patrimoniul științelor fizice din România se îmbogățește simțitor. Numărul sporit de catedre și laboratoare de fizică la universitățile și institutele politehnice din țară creează condiții pentru dezvoltarea cercetărilor în domeniul fizicii. La aceasta au contribuit și o nouă generație de fizicieni români care și-au făcut studiile și au desfășurat o activitate științifică în străinătate. Opera precursorilor fizicii românești este vastă și cuprinde cercetări în diferite domenii ca: optică, acustică, ultrasunete, descărcări electrice în gaze (E. Bădărău), electricitate, magnetism, inducție magnetică (Șt. Procopiu), căldură, electrotehnică (Șt. Vasilescu Karpen), radioactivitate, acustică (V. Bianu), telefonie și telegrafie multiplă (A. Maior). Se afirmă, de asemenea, fizicienii români care, pe lîngă cercetările în domeniile clasice ale fizicii, încep cercetări în domeniile fizicii moderne: raze X (H. Hulubei), spectroscopie (C. Mihul, Șt. Vencov, I. Agîrbiceanu), efect fotoelectric (Gh. Atanasiu), radioactivitate (Al. Sanielevici), fizică moleculară, electricitate (N. Bărbulescu), feromagnetism (V. Marian, Al. Cișman), unde electromagnetice scurte, gaze ionizate (Th. Ionescu, C. Mihul), fizică teoretică (Ș. Țițeica, Al. Proca, T. Vescan) etc.

După 23 august 1944, în R.S.R. au fost create condiții deosebite pentru dezvoltarea științelor fizice și promovarea cercetării fundamentale în strînsă legătură cu cercetarea aplicativă, cu producția. În cadrul învățămîntului superior, au fost înființate primele facultăți de

fizică prevăzute cu secții de specializare în fizica teoretică, fizica nucleară, spectroscopie, fizica corpului solid, geofizică, radiofizică, biofizică precum și cu discipline noi ca: mecanica statistică și cuantică, fizică teoretică, fizică atomică, fizica particulelor elementare, fizica plasmelor etc. În prezent, Institutul de fizică atomică din București (înființat în 1956), Institutul pentru tehnologii nucleare, Institutul de izotopi stabili din Cluj și Institutul de fizică din București (înființat în 1949), precum și centre de fizică din orașele universitare duc o intensă activitate, coordonată de Comitetul de Stat pentru Energia Nucleară (înființat în 1969) în colaborare cu Consiliul Național pentru Știință și Tehnologie. În cadrul acestor institute se dezvoltă susținut cercetări științifice fundamentale și aplicative, în conformitate cu prevederile Programului nuclear național (1969), în domeniile: fizică atomică și nucleară, tehnologii nucleare, aplicații industriale ale izotopilor radioactivi, particule elementare, plasmă, corp solid, semiconductori, spectroscopie, laseri. Activitatea de cercetare este îndreptată cu precădere în direcția industrializării energeticii nucleare precum și a altor necesități practice ale economiei naționale. Cercetările fizicienilor români precum și rezultatele pozitive obținute cu deosebire în ramurile noi ale fizicii moderne confirmă nivelul ridicat al științei românești și aduc o contribuție valoroasă la patrimoniul științei și culturii universale.

**fizica atomică**, ramură a fizicii care se ocupă cu studiul proprietăților și structurii atomilor, precum și al interacției radiației electromagnetice cu aceștia.

**fizica corpului solid**, ramură a fizicii care se ocupă cu studiul proprietăților și structurii corpurilor solide, cu ajutorul principiilor fizicii clasice și ale mecanicii cuantice.

**fizica nucleară**, ramură a fizicii care se ocupă cu studiul structurii și al proprietăților nucleului atomic.

**fizica particulelor elementare**, ramură a fizicii al cărei obiect de studiu îl constituie proprietățile, structura și interacțiile particulelor elementare.

**fizica plasmelor**, ramură a fizicii care se ocupă cu studiul proprietăților electrice, magnetice, mecanice, optice etc. ale mediilor ionizate.

**flacăra**, masă de gaz ajunsă la incandescență datorită unor reacții chimice exoterme, utilizată ca sursă de radiații electromagnetice vizibile și invizibile. Temperatura flăcării este de aprox. 2 100—3 500 K, depinzând de natura gazelor intrate în reacție, de viteza de reacție, de conductibilitatea termică și de capacitatea calorică a masei de gaz, de pierderile prin radiație. În fig. 181 este dată schema unei instalații cu arzător (4) pentru flacăra, folosită în spectroscopie. Substanța de analizat, aflată sub formă de soluție lichidă, este pulverizată cu ajutorul carburantului 6 care întreține arderea (de obicei aerul sau oxigenul) și ajunge în regiunea de ardere a carburantului (combustibilului) 5 aflat de asemenea sub presiune (ce poate fi hidrogen, acetilenă, oxid de carbon, metan, etan, propan, butan, cianogen). În general, flacăra este alcătuită din: o regiune

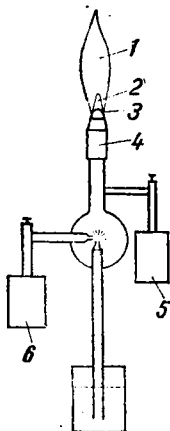


Fig. 181

interioară 1, numită *conul de reacție* sau *miezul* flăcării, avînd o culoare verde-albăstră, care este sediul primelor reacții chimice exoterme ce furnizează căldura pentru încălzirea straturilor superioare; o regiune 2 de temperatură maximă, numită *mantaua* flăcării situată deasupra conului de reacție 3, formată din produsele reacțiilor chimice primare din zona miezului flăcării, în care au loc

reacții chimice ce desău virșesc arderea practic completă a combustibilului; ultima regiune, numită *căciula* flăcării, de o slabă colorație albăstruie, uneori aproape incoloră, unde au loc o serie de reacții chimice secundare cu aerul înconjurător, care pătrunde prin părțile laterale. Există o mare varietate de combinații de gaze utilizate pentru producerea flăcărilor. Dintre acestea câteva sînt cuprinse în tabelul 14.

Flacăra a constituit prima sursă spectrală folosită pentru determinări calitative și cantitative în spectroscopie. Pentru producerea ei, au fost utilizate două tipuri de becuri de gaz: Bunsen (1859) și Teclu (1898). Deși este remarcabilă prin reproductibilitate și stabilitate, are inconvenientul că nu poate fi folosită decît pentru soluții lichide. Ca urmare a faptului că temperaturile obținute în flăcări nu pot depăși o anumită valoare, numărul substanțelor ce pot fi excitate pe această cale (chimică) este limitat la aprox. 30. De aceea, în prezent sînt preferate sursele electrice, cum sînt torța de înaltă frecvență, arcul și scinteaia electrică.

Tabelul 14

Carburant	Comburent %	Temperatura obținută K
Acetilenă	Oxigen 44	3 370--3 410
	Aer 9	2 400--2 670
Butan	Aer 3,2	2 170
Hidrogen	Oxigen 78	2 820--2 930
	Aer 31,6	2 275--2 320
Etan	Aer 5,8	2 170
Propan	Aer 4,15	2 195
Metan	Aer 10	2 140
Oxid de carbon	Aer 36	2 170



**fluctuație**, abatere întâmplătoare a unei mărimi fizice de la valoarea medie.

**fluid**, corp în stare gazoasă (gaze, vapori) sau lichidă, caracterizat prin coeziune mică între molecule, avind proprietatea fundamentală de a nu avea formă proprie, ci de a lua forma vasului în care se află. Proprietățile comune ale fluidelor fac ca acestea să verifice, pentru unele fenomene, legi identice. Spre deosebire de gaze însă, lichidele sînt practic incompresibile; de aceea, lichidele au volum propriu, în timp ce gazele sînt expansibile. Straturile de fluid pot aluneca ușor unele peste altele, ceea ce face ca frecarea lor internă (numită viscozitate) să poată fi neglijată în multe cazuri. Fluidul a cărui formă poate fi modificată fără consum de energie, viscozitatea sa fiind nulă, se numește *fluid perfect*; un *fluid real* este viscos și compresibil.

**fluiditate** ( $\varphi$ ), mărime ce caracterizează fluidele reale, egală cu inversul viscozității dinamice:

$$\varphi = \frac{1}{\eta}.$$

În SI se măsoară în metri pătrați pe newton-secundă.

**fluorescență** v. luminescență, ciocnire neelastică de genul al doilea.

**flux al inducției electrice**, flux electric.

**flux al inducției magnetice**, flux magnetic.

**flux de energie**: *adiantă*, flux energetic.

**flux de căldură**, flux termic.

**flux de particule**, ansamblu de particule aflate în mișcare (parțial) orientată, prin vid. Este caracterizat de numărul de particule care

străbat o suprafață dată în unitatea de timp (*intensitatea fluxului de particule*), precum și de numărul de particule ce trec prin unitatea de arie a suprafeței considerate (*densitatea fluxului de particule*).

**flux electric** (sau al **inducției electrice**,  $\Psi$ ), mărime definită prin integrala de suprafață a componentei  $D_n$  a inducției electrice  $\mathbf{D}$  după direcția normalei la o suprafață considerată:

$$\begin{aligned}\Psi &= \int_A \mathbf{D} \cdot d\mathbf{A} = \int_A \mathbf{n} \cdot \mathbf{D} dA = \\ &= \int_A D_n dA,\end{aligned}$$

unde  $A$  este aria suprafeței, iar  $d\mathbf{A} = n dA$ ,  $\mathbf{n}$  fiind versorul direcției normale. În SI se măsoară în coulombi. V. ecuații Maxwell.

**flux energetic** (putere radiantă sau flux de energie radiantă,  $P$ ,  $\Phi$ ,  $\Phi_e$ ), raportul dintre energia radiantă  $W$  care străbate o anumită suprafață și intervalul de timp  $t$  corespunzător:

$$P = \frac{W}{t}.$$

Unitățile sale de măsură sînt wattul (în SI) și ergul pe secundă (în sistemul CGS). Fluxul emis de o sursă în toate direcțiile din spațiu (într-un unghi solid egal cu  $4\pi$ ) se numește *flux energetic total*. Suma fluxurilor tuturor radiațiilor monocromatice emise într-un anumit unghi solid poartă numele de *flux energetic integral*. Raportul dintre fluxul radiant elementar  $d\Phi$  și intervalul spectral exprimat în funcție de lungimea de undă  $\lambda$  sau de frecvență  $\nu$ :

$$p_\lambda = \frac{d\Phi}{d\lambda} \text{ sau } p_\nu = \frac{d\Phi}{d\nu}$$

poartă numele de *densitate spectrală a fluxului energetic*.

**flux luminos** ( $\Phi$ ,  $\Phi_v$ ), mărime fotometrică ce evaluează capacitatea ochiului omenesc de a percepe un flux energetic. Este definit prin relația:

$$\Phi = K_m \int_0^{\infty} V_{\lambda} p_{\lambda} d\lambda,$$

în care  $K_m$  este echivalentul fotometric al radiației,  $V_{\lambda}$  — eficacitatea luminoasă spectrală relativă a radiației cu lungimea de undă  $\lambda$ , iar  $p_{\lambda}$  — densitatea spectrală a fluxului energetic. Unitatea sa de măsură în SI este lumenul.

*Echivalentul fotometric al radiației* ( $K_m$ ), numită și *eficacitate luminoasă spectrală maximă* a unei radiații vizibile, reprezintă fluxul luminos, exprimat în lumeni, produs de fluxul energetic de 1 W cu lungimea de undă de 5 550 Å; valoarea sa este egală cu 650 lm/W.

*Eficacitatea luminoasă spectrală relativă* a unei radiații  $V_{\lambda}$ , numită și *sensibilitate spectrală relativă a ochiului* (sau *vizibilitate relativă*), arată gradul de sensibilitate a ochiului pentru diferite lungimi de undă ale radiațiilor electromagnetice. Astfel,  $V_{\lambda}$  este zero pentru orice lungime de undă a radiațiilor din regiunea infraroșie și din cea ultravioletă a spectrului (radiații „invizibile”, care nu impresionează retina ochiului uman) și diferită de zero pentru radiațiile vizibile. Ea nu are însă aceeași valoare pentru orice radiație din domeniul vizibil, datorită proprietății ochiului de a nu prezenta aceeași sensibilitate la diferite culori. Retina ochiului are cea mai mare sensibilitate pentru radiația verde, din partea mijlocie a spectrului vizibil, cu lungimea de undă  $\lambda_0 = 5\,550$  Å. Pentru toate celelalte lungimi de undă (culori), ochiul este mai puțin

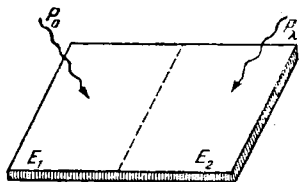


Fig. 182

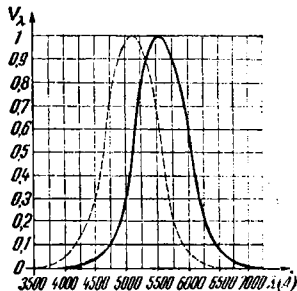


Fig. 183

sensibil. Iluminând o jumătate  $E_1$  a unui ecran alb dreptunghiular (fig. 182) cu fluxul energetic  $P_0$  de lungime de undă  $\lambda_0$ , fluxul energetic  $P_{\lambda}$ , de o altă lungime de undă  $\lambda$ , cu care este iluminată cealaltă jumătate  $E_2$  a ecranului pentru ca cele două plaje să fie percepute de ochi ca egal iluminate, trebuie să fie mai mare decât  $P_0$ . Pornind de la această observație, eficacitatea spectrală a unei radiații vizibile este definită, în mod convențional, ca raportul a două fluxuri energetice  $P_0$  (cu  $\lambda_0 = 5\,550$  Å) și  $P_{\lambda}$  (cu  $\lambda \neq \lambda_0$ ) care produc aceeași senzație vizuală:

$$V_{\lambda} = \frac{P_0}{P_{\lambda}}.$$

Mărimea  $V_{\lambda}$  are valoarea maximă egală cu unitatea, pentru  $\lambda_0$  (pentru care  $P_{\lambda} = P_0$ ), și valori subunitare, pentru celelalte lungimi de undă (deoarece  $P_{\lambda} > P_0$  pentru  $\lambda \neq \lambda_0$ ).

În fig. 183 a fost trasată grafic funcția  $V_\lambda$  pentru întreg domeniul vizibil, măsurătorile au fost efectuate pentru luminanțe cuprinse aproximativ între  $10^{-4}$  și  $10^{-1}$ sb, adică pentru regimul de vedere fotopică. Deși există mari variații individuale, măsurătorile efectuate asupra unui mare număr de observatori, fără defecte de vedere, au condus la o curbă medie, care definește așa-numitul *observator normal*, standardizată de Comisia Internațională a Iluminatului (CII). Aceasta este reprodusă pe grafic prin curba continuă, avînd maximul (egal cu unitatea), în dreptul lungimii de undă de 5 550 Å. În tabelul 15 sînt date valorile numerice standardizate de către CII ale funcției  $V_\lambda$  pentru întreg domeniul vizibil (în regim fotopic).

Cu scăderea luminanței sub limita de aproximativ 0,1 sb (vedere scotopică), curba eficacității luminoase se deplasează către violet (reprezentată punctat pe grafic), maximul său fiind situat la aprox. 5 100 Å. V. vedere.

O altă mărime fotometrică este *eficacitatea luminoasă a unei surse de lumină* reprezentînd raportul

Tabelul 15

$\lambda$ , în Å	$V_\lambda$	$\lambda$ , în Å	$V_\lambda$
4 000	0,0004	5 700	0,952
4 200	0,0040	5 900	0,757
4 400	0,023	6 100	0,503
4 600	0,060	6 300	0,265
4 800	0,139	6 500	0,107
5 000	0,323	6 700	0,032
5 200	0,710	6 900	0,0082
5 400	0,954	7 100	0,0021
5 500	0,995	7 300	0,00052
5 550	1,000	7 500	0,00012
5 600	0,995	7 600	0,00006

dintre fluxul luminos  $\Phi$  emis de o sursă și puterea (electrică, chimică etc.)  $P$  consumată:

$$\eta = \frac{\Phi}{P}.$$

Mărimea inversă echivalentului fotometric al radiației poartă numele de *echivalent mecanic al luminii* și reprezintă fluxul energetic care produce un flux luminos de un lumen.

**flux magnetic** (sau al inducției magnetice,  $\Phi$ ), mărime definită prin integrala de suprafață a componente  $B_n$  a inducției magnetice  $\mathbf{B}$  după direcția normalei la suprafața considerată:

$$\begin{aligned}\Phi &= \int_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = \int_A \mathbf{n} \cdot \mathbf{B} dA = \\ &= \int_A B_n dA,\end{aligned}$$

unde  $A$  este aria suprafeței, iar  $d\mathbf{A} = n dA$ ,  $\mathbf{n}$  fiind versorul direcției normale. În SI se măsoară în weberi. V. ecuații Maxwell.

**flux termic** (sau de căldură), mărime egală cu cantitatea de căldură care trece printr-o suprafață de arie dată, în unitatea de timp. Unitatea de măsură în SI este wattul.

**focală** Sturm, unul dintre cele două segmente de dreaptă, perpendiculare între ele, ce trec prin centrele de curbură maximă și, respectiv, minimă ale unui element de suprafață centrat în jurul unui punct oarecare al ei. În fig. 184, dreapta  $PP'$  este normala dusă în punctul  $P$  al elementului de suprafață  $dS$ . Ea reprezintă linia de intersecție a două plane perpendiculare între ele (secțiuni principale), ce conțin curbele  $C_1$  și  $C_2$  de curbură maximă — cu centrul în  $O_1$  și, respectiv, minimă — cu

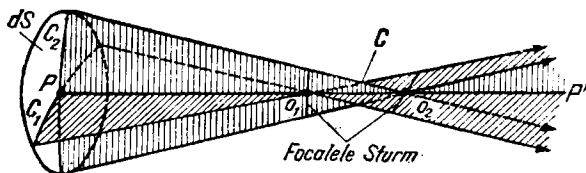


Fig. 184

centrul în  $O_2$ . Mănunchiul de normale la suprafața  $dS$  formează un con ce se îngustează succesiv, după direcțiile celor două focale perpendiculare, fiecare, pe secțiunile principale respective. Din această cauză, între aceste focale normale la suprafață se repartizează fie după o serie de elipse de diferite excentricități, fie după un cerc, numit *cerc de minimă difuzie*  $C$ . În optica geometrică, razele oricărui fascicul de lumină sînt normale la frontul de undă; în general, după trecerea prin sistemul optic ele se vor concentra după cele două focale, dînd naștere la diferite forme de aberații geometrice (astigmatism, aberații de sfericitate, coma, distorsiuni etc.). Orice fascicul larg, fiind compus dintr-un mare număr de fascicule înguste, produce o concentrare a luminii după o suprafață cu două pinze numite caustice.

**focalizare 1.** Concentrare a unui fascicul de radiații într-un punct, numit focar, cu ajutorul oglinzilor sau lentilelor optice, electrice, magnetice etc.

**2.** Operație de punere la punct a unei imagini formate de un sistem optic, încît aceasta să apară cît mai clară (ex.: punerea la punct a imaginii reale în planul emulsiiei la un aparat de fotografiat sau a unei linii spectrale la un spectrograf, a imaginii virtuale la distanța optimă de vedere clară la microscop

sau lunetă, a imaginii reale dată de fasciculul electronic pe ecranul osciloscopului sau al televizorului).

**focar**, punct situat pe axa optică a unui sistem optic centrat, în care se întîlnesc razele ce au străbătut sistemul după o direcție paralelă la axă. Dacă acesta este un punct de convergență al razelor incidente paralele cu axa optică, se numește *focar-imaginie*. Punctul din care izvorăsc raze de lumină ce părăsesc sistemul paralel cu axa optică se numește *focar-obiect*. Focarele situate pe axa optică principală se numesc *focare principale*, iar cele de pe axele optice secundare se numesc *focare secundare*. În aproximația Gauss, locul geometric al focarelor secundare este un plan perpendicular pe axa optică principală, trecînd prin focarul principal. Focarul-imaginie al unui sistem convergent este real, iar cel al unui sistem divergent — virtual.  $V$ . distanță focală.

**Fok**, Vladimir Aleksandrovici (n. 1898), fizician sovietic. Membru al Academiei de Științe a U.R.S.S. Principalele sale lucrări sînt de mecanică cuantică, electrodinamică cuantică, teoria difracției luminii, propagarea undelor electromagnetice și teoria relativității generalizate.

**fon**, unitate de măsură pentru nivelul de tărie al unui sunet. Reprezintă nivelul de tărie pentru

care nivelul presiunii sonore a sunetului cu frecvența de 1 000 Hz, de același nivel cu el, este egal cu 1 dB.

**fonon**, cvasiparticulă asociată oscilațiilor unei rețele cristaline; poate fi definit drept cuantă de sunet, prin analogie cu fotonul — care este o cuantă de lumină. Dacă se consideră o rețea cristalină unidimensională, formată din două tipuri de atomi de mase  $M$  și  $m$  (fig. 185), nodurile sale pot avea două tipuri de oscilații — oscilații acustice (fig. 186) și oscilații optice (fig. 187). Unei oscilații acustice i se asociază un fonon acustic, iar unei oscilații optice — un fonon optic. Spectrele frecvențelor fononilor într-o rețea unidimensională având constanta  $a$  și formată din două tipuri de atomi sînt redată în fig. 188; pe ordonată este reprezentată frecvența  $\nu$ , iar pe abscisă numărul de undă  $k$ . Se disting două ramuri: ramura acustică, referitoare la *fononii acustici* și ramura optică, ce se referă la *fononii optici*. Frecvența fononilor acustici variază între zero și  $(2\alpha/M)^{1/2}$ , iar a

celor optici între  $\left[2\alpha\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M}\right)\right]^{1/2}$  și

$(2\alpha/m)^{1/2}$ , unde  $\alpha$  este un coeficient ce depinde de proprietățile elastice ale rețelei. Valorile maxime ale frecvenței fononilor acustici și optici se plasează în domeniul infraroșu ( $> 10^{13}$  Hz). Energia fononului se exprimă cu ajutorul relației:  $W = h\nu$ , unde  $h$  este constanta Planck, iar  $\nu$  — frecvența fononului. În rețele cristaline tridimensionale, spectrele fononilor prezintă, în general, trei ramuri acustice și trei optice. În rețelele cristaline care conțin un singur tip de atomi nu se întîlnesc decît ramurile acustice. Tratînd corpuscular interacțiunea fononilor cu



Fig. 185



Fig. 186

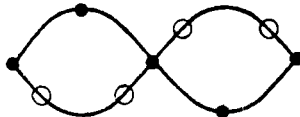


Fig. 187

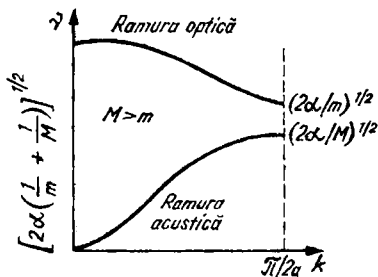


Fig. 188

alte particule (ex. electroni) se explică multe din fenomenele întîlnite în cristale cum sînt: conductibilitatea termică a izolatorilor, absorpția fotonilor în domeniul infraroșu, unele procese de împrăștiere a electronilor care conduc curentul electric, restabilirea distribuției de echilibru a purtătorilor de sarcină (după ce cauza care a provocat încălcarea echilibrului a încetat), antrenarea electronilor de

către fononii acustici (*efect Gurevici*), antrenarea electronilor de către fononii optici (efect studiat pentru prima oară de fizicianul român G. Plăvițu) etc.

forfecare v. deformăție elastică.

formula Balmer v. spectru atomic.

formula barometrică, formulă ce stabilește dependența dintre presiunea aerului și altitudine. Când în interiorul unui gaz nu există un gradient de temperatură, iar asupra sa nu acționează forțe exterioare, el are aceeași densitate în întreg volumul pe care îl ocupă; dacă asupra gazului acționează forțe gravitaționale, densitatea sa nu mai rămâne constantă. Astfel, densitatea  $\rho$  a aerului atmosferic variază cu altitudinea și, în ipoteza că temperatura  $T$  și accelerația gravitațională  $g$  nu variază cu înălțimea  $h$ , este dată de relația:

$$\rho = \rho_0 e^{-\frac{mgh}{kT}},$$

unde  $\rho_0$  este densitatea la nivelul mării (altitudine zero),  $m$  — masa medie a unei molecule din aer, iar  $k$  — constanta Boltzmann. Ținând seama că  $\rho = mn$  (unde  $n$  este concentrația moleculelor), relația se poate scrie sub forma:

$$n = n_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$$

și substituind  $n = \frac{p}{kT}$ , respectiv

$n_0 = \frac{p_0}{kT}$ , se obține formula barometrică:

$$p = p_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}.$$

Această relație indică faptul că presiunea scade în progresie geometrică, atunci când altitudinea crește în progresie aritmetică, și este aplicabilă doar pentru altitudini relativ mici (de ordinul miilor de metri); în cazul altitudinilor mari, relației i se aduc corecții legate de variațiile temperaturii și accelerației gravitaționale cu altitudinea.

formula Bohr v. parcurs.

formula Breit-Wigner v. reacție nucleară.

formula Clausius-Clapeyron v. transformare de fază.

formula Einstein, formulă care stabilește corespondența dintre masă și energie în mecanica relativistă, exprimată prin relația:

$$W = mc^2,$$

unde  $W$  este energia și  $m$  — masa de mișcare a unui corp, iar  $c$  — viteza luminii în vid. Când corpul se află în repaus, energia sa (de repaus) este dată de relația  $W_0 = m_0 c^2$ , unde  $m_0$  este masa de repaus a corpului. Diferențind prima relație se obține:

$$dW = c^2 dm,$$

adică orice variație de energie a unui corp condiționează o variație de masă. Formula are largi aplicații în fizica nucleară la interpretarea reacțiilor nucleare. Filozofii idealști au dat adesea o interpretare greșită acestor relații, afirmând că ele constituie o dovadă a transformării materiei (masei) în energie și deci a posibilității dispariției materiei (masei). Materialiștii dialecticieni au arătat însă că formula Einstein are o semnificație obiectivă, precizând și care sînt erorile idealștilor. Pe de o

parte, nu poate fi confundată materia (realitatea obiectivă) cu o proprietate fizică, cum este masa, iar pe de altă parte, nu există o justificare matematică a afirmației că masa se transformă în energie — căci relațiile anterioare stabilesc doar legătura între două proprietăți ale realității obiective, deosebite din punct de vedere fizic.

**formula Galilei** v. mișcare mecanică.

**formula Laplace** v. presiune internă.

**formula Lorentz-Lorenz** v. dispersie a luminii.

**formula Mayer** v. căldură molară.

**formula Planck** v. corp negru.

**formula Poiseuille** v. legea Poiseuille.

**formula Poisson** v. transformare adiabatică.

**formula Rayleigh-Jeans** v. corp negru.

**formula Rutherford** v. secțiune eficace.

**formula Sabine** v. reverberație.

**formula Thomson** v. circuit electric.

**formula Weizsäcker** v. model nuclear.

**formula Wien** v. corp negru.

**formula Wulf-Bragg** v. radiație X.

**formulă fizică** v. sistem de unități.

**formulă matematică** v. sistem de unități.

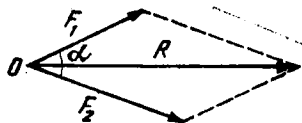


Fig. 189

**forță (F)**, mărime vectorială reprezentând cauza ce produce modificarea stării de mișcare a corpurilor sau deformarea lor. Poate avea diferite naturi: gravitațională, electrică, magnetică, nucleară etc. Se măsoară în newtoni (în SI) și în unitățile tolerate dine și kilograme-forță. Din punct de vedere dinamic, forța se poate defini ca derivata întâi în raport cu timpul (sau viteza de variație) a impulsului  $K$  al unui corp, față de un sistem de referință inerțial:

$$F = \frac{dK}{dt}$$

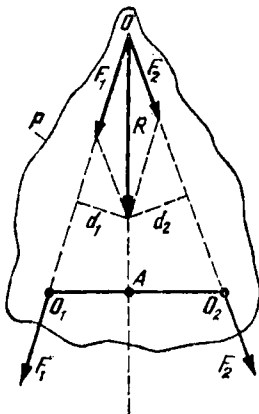
Efectele statice și dinamice ale unui sistem de forțe ce acționează asupra unui corp pot fi evaluate prin înlocuirea sistemului cu o singură forță — rezultanta — ce produce aceleași efecte. În general, regula de compunere a mai multor forțe se poate reduce la cea de compunere a două forțe care, în funcție de poziția lor relativă în spațiu, pot fi:

— coplanare concurente. Compunerea se face cu ajutorul *regulii paralelogramului* (formulată de Newton), potrivit căreia două forțe concurente în  $O$ ,  $F_1$  și  $F_2$ , au ca rezultantă diagonală  $R$  a paralelogramului format cu ajutorul lor (fig. 189). Modulul rezultantei este:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha},$$

în care  $\alpha$  este unghiul format de cele două forțe. În cazul mai multor forțe concurente (ex.  $F_1, F_2, F_n$ ) ce acționează asupra unui corp

Fig. 190



rigid, generalizarea conduce la regula poligonului, conform căreia rezultanta sistemului ( $R$ ) este segmentul ce închide linia poligonală formată cu ajutorul forțelor sistemului, prin translație (fig. 191); se observă că această compunere este comutativă.

— coplanare neconcurrente. Dacă forțele  $F_1$  și  $F_2$  care acționează în  $O_1$  și  $O_2$  asupra rigidului  $P$  sînt vectori alunecători, ele pot fi translatate pînă la concurența lor în punctul  $O$  (fig. 190), unde se pot compune după regula paralelogramului. Rezultanta  $R$  are punctul de aplicație oriunde pe dreapta  $OA$ , definit de condiția:  $F_1 d_1 = F_2 d_2$ .  
 — paralele și de același sens. Modulul rezultantei  $R$  a două forțe  $F_1$  și  $F_2$  este egal cu suma modulelor forțelor:  $R = F_1 + F_2$ ,

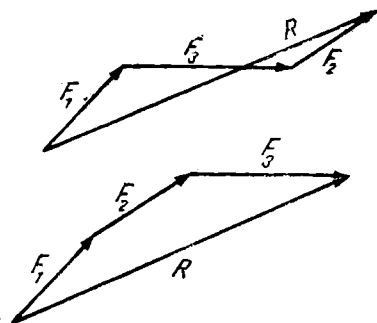
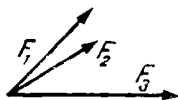


Fig. 191

iar punctul ei de aplicație se găsește pe dreapta care unește punctele de aplicație ale forțelor și satisface condiția (de egalitate a momentelor):  $F_1 a = F_2 b$ , unde  $a$  și  $b$  sînt distanțele de la punctul de aplicație al rezultantei la forțele  $F_1$  și, respectiv,  $F_2$ . Mărimea și poziția rezultantei se poate afla și grafic cu ajutorul a două forțe fictive egale și de sens contrar  $f$  și  $-f$ , ce reduc cazul acesta la cel precedent.

— paralele și de sens contrar. Modulul rezultantei  $R$  a două forțe  $F_1$  și  $F_2$  este egal cu diferența modulelor lor:  $R = F_2 - F_1$ , iar poziția punctului de aplicație se găsește cu ajutorul aceleiași relații din cazul precedent:  $F_1 a = F_2 b$ .

**forță aerodinamică, rezistență aerodinamică.**

**forță centrală, forță ce se exercită asupra unui punct material, al cărei suport trece în permanență printr-un punct fix și depinde numai de distanța pînă la acel punct, numit centru de forță.** Ex.: forța electrostatică, forța gravitațională, forța elastică etc.

**forță centrifugă ( $F_{cf}$ ), forță care apare conform legii acțiunii și reacțiunii, fiind aplicată corpului**



ce produce mișcarea curbilinie a altui corp, avind același modul și direcție cu forța centripetă, dar de sens contrar:

$$\mathbf{F}_{cf} = -\mathbf{F}_{cp}.$$

**forță centripetă** ( $\mathbf{F}_{cp}$ ), forță care acționează asupra unui corp aflat în mișcare curbilinie, îndreptată către centrul de curbură al traiectoriei în punctul considerat, producând variația direcției vitezei (acelerația normală). Poate fi de natură mecanică (ex. de frecare), gravitațională (ex. greutatea), electrică (ex. forța ce acționează asupra electronilor din atom), magnetică (ex. forța Lorentz) etc. Modulul său are expresia:

$$F_{cp} = ma_n = \frac{mv^2}{r},$$

în care  $m$ ,  $v$  și  $a_n$  sînt masa, viteza și, respectiv, accelerația normală ale corpului, iar  $r$  — raza de curbură a traiectoriei sale în punctul considerat.

**forță coercitivă** v. isterezis magnetic.

**forță conservativă**, forță care acționează asupra unui punct material aflat într-un câmp de forțe, depinzînd numai de poziția acestuia (nu și de masa sau de accelerația lui). Are același modul și direcție cu vectorul gradient al unei funcții  $V$  de coordonatele de poziție ale punctului (numită potențial scalar), dar sens invers (derivă dintr-un potențial):

$$\mathbf{F} = -\text{grad } V.$$

Dacă o astfel de forță își deplasează punctul de aplicație din  $P_1$  în  $P_2$ , lucrul mecanic efectuat este:

$$L = \int_{P_1}^{P_2} \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} =$$

$$= - \int_{P_1}^{P_2} \text{grad } V(\mathbf{r}) d\mathbf{r} = V(P_1) - V(P_2)$$

și depinde numai de poziția inițială și de cea finală a punctului asupra căruia aceasta se exercită, nu și de forma traiectoriei sale; ex. forța centrală.

**forță contraelectromotoare**, tensiune contraelectromotoare.

**forță Coriolis** ( $\mathbf{F}_C$ ), forță de inerție ce acționează asupra unui mobil care se mișcă într-un sistem aflat în mișcare de rotație. Toate corpurile de pe Pămînt sînt supuse forțelor Coriolis, deoarece se rotesc împreună cu acesta. Dacă  $\mathbf{v}$  este viteza relativă a corpului față de sistemul în mișcare de rotație cu viteză unghiulară  $\boldsymbol{\omega}$  și  $m$  — masa lui, atunci forța Coriolis este:

$$\mathbf{F}_C = 2m\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v},$$

și produce o accelerație Coriolis egală cu:  $\mathbf{a}_C = 2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$ .

**forță coulombiană** v. legea Coulomb.

**forță cvasielastice**, forță de forma:  $F = -k\ddot{x} = -m\omega^2 x$ , a cărei natură nu este elastică. Produce oscilația sistemului asupra căruia acționează. Ex.: componenta tangențială a greutății, forță ce acționează asupra unui pendul matematic scos din poziția de echilibru.

**forța de atracție universală** v. legea atracției universale.

**forță de frecare** v. frecare.

**forță de inerție** (sau **inerțială**,  $\mathbf{F}_i$ ), forță care apare în virtutea legii acțiunii și reacțiunii atunci cînd un punct (sau corp) material se află în mișcare accelerată, acționînd asupra corpurilor care îi imprimă această mișcare. Este egală cu produsul dintre masa  $m$  a punctului material și accelerația sa  $\mathbf{a}$ , dar de sens invers acesteia:

$$\mathbf{F}_i = -m\mathbf{a}.$$

Pentru corpul sau punctul material considerat, forța de inerție este o forță fictivă. În teoria relativității generalizate, forțele inerțiale sînt echivalente cu forțele gravitaționale.

**forță de schimb**, forță care se manifestă între particulele identice aflate la mică distanță (ex.: nucleonii în nucleu, electronii în atom etc.), ca efect de cinematică cuantică la efectuarea valorilor medii ale energiei de interacție. Apare ca urmare a intervertirii caracteristicilor particulelor (poziția, spinul și sarcina), adică prin permutarea sau schimbul acestora. V. forță nucleară.

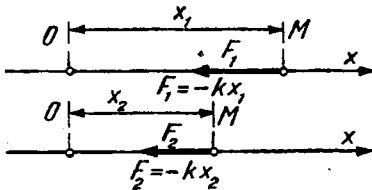


Fig. 192

**forță elastică**, forță centrală avînd la origine o deformație elastică a unui mediu, proporțională cu deformația  $x$ , dar de sens contrar:

$$F = -kx.$$

Produce oscilații ale sistemului asupra căruia acționează, cu o perioadă  $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ , în care

$k$  este *constanta elastică* a mediului, iar  $m$  — masa sistemului ce oscilează. Forța elastică efectuează lucru mecanic cînd un punct material  $M$  (fig. 192) asupra căruia acționează se deplasează (spre poziția de echilibru  $O$ ), a căruia valoare pe distanța  $x$  este:

$$L = \int_{x_1}^{x_2} F dx = \\ = \int_{x_1}^{x_2} -kx = \frac{k(x_1 - x_2)^2}{2}.$$

Pentru cazul  $x_1 = x$ ,  $x_2 = 0$ , lucrul mecanic devine:  $L = \frac{kx^2}{2}$ , fiind egal cu energia potențială a punctului material  $M$ .

**forță electrodinamică**, forță de natură magnetică care ia naștere între conductorii prin care circulă curenți electrici. În cazul particular a doi conductori paraleli parcurși de curenți, mărimea forței ce acționează pe unitatea de lungime a conductorilor este:

$$\frac{dF}{dl} = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \frac{2I_1 I_2}{r},$$

unde  $I_1$  și  $I_2$  sînt intensitățile curenților prin cei doi conductori,  $r$  — distanța la care se află conductorii, iar  $\mu$  — permeabilitatea magnetică a mediului. După cum cei doi curenți au același sens sau sensuri contrare, această forță este de atracție sau de respingere.

**forță electromagnetică** forță ce depinde de mărimile electrice și magnetice, caracteristice corpurilor și cîmpului electromagnetic, și se anulează odată cu acestea. V. forță Laplace.

**forță electromotoare**, tensiune electromotoare.

**forță electrostatică** v. legea Coulomb.

**forță gravitațională** v. legea atracției universale.

**forță inerțială**, forță de inerție.

**forță Laplace**, forță electromagnetică ce acționează asupra unui

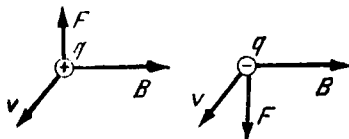


Fig. 193

element de curent  $I\Delta l$ ,  $I$  fiind intensitatea curentului, iar  $\Delta l$  — elementul de lungime orientat al conductorului aflat într-un câmp magnetic; este direct proporțională cu elementul, cu inducția magnetică  $B$  și cu sinusul unghiului  $\alpha$  dintre ele, avînd expresia:

$$F = I\Delta l \times B$$

sau

$$F = I\Delta l B \sin \alpha.$$

Elementul de curent se poate exprima în funcție de viteza  $v$  a purtătorilor de sarcini electrice  $q$  a acestora, de concentrația  $n$  a lor și de secțiunea normală  $S$  a conductorului:  $I\Delta l = qvS\Delta l$ , deci expresia forței devine:  $F = q(Bv \sin \alpha)nS\Delta l$ . Deoarece  $nS\Delta l$  este numărul total al purtătorilor, forța ce acționează asupra unui singur purtător de sarcină este egală cu produsul vectorial dintre viteza particulei și inducția magnetică:

$$F = q(v \times B).$$

Sensul acestei forțe (numită *forță Lorentz*) în funcție de semnul lui  $q$  este indicat în fig. 193.

**forță Lorentz** v. **forță Laplace**.

**forță magnetomotoare**, tensiune magnetomotoare.

**forță nucleară**, forță care acționează între particulele elementare (numite nucleoni) pe care le conțin nucleele atomice, prin intermediul câmpurilor mezonice. Natura forțelor nucleare nu este pe deplin

elucidată încă, cunoscîndu-se pînă în prezent următoarele proprietăți ale acestora:

— independență de sarcină. Forțele nucleare se manifestă la fel între doi nucleoni, indiferent dacă aceștia sînt protoni, neutroni sau un proton și un neutron; ele nu sînt de natură electrică.

— saturație. Fiecare nucleon al unui nucleu interacționează cu un număr limitat de nucleoni din vecinătatea sa.

— rază mică de acțiune de ordinul a  $1 - 1,5 \cdot 10^{-13}$  cm; la distanțe mai mari ( $2 - 3 \cdot 10^{-13}$  cm) scad repede și devin neglijabile față de forțele de respingere electrostatică.

— dependență de orientarea spinilor nucleonilor (sînt forțe de spin).

— intensitate foarte mare, datorită faptului că forțele nucleare sînt forțe de schimb (v.). Se presupune că interacția dintre nucleoni se realizează prin intermediul unui *cîmp mezon*, analog interacției ce are loc între sarcinile electrice prin intermediul cîmpului electromagnetic (fotonic): un nucleon emite un mezon pe care îl captează celălalt nucleon. Cele două stări ale nucleonului (protonul și neutronul) sînt descrise de poziția, spinul și sarcina acestuia. Există patru tipuri de forțe nucleare: *forțe Heisenberg* — cînd nucleonii schimbă între ei pozițiile, *forțe Bartlett* — cînd nucleonii schimbă spinii, *forțe Majorana* — cînd nucleonii schimbă pozițiile și spinii, și *forțe Wigner* — cînd nu are loc schimb între nucleoni. Dintre acestea primele trei tipuri enumerate sînt forțe de schimb.

Pentru calculul forțelor nucleare, expresia potențialului scalar al lor conține un termen radial ales experimental, avînd diferite forme:

— groapă dreptunghiulară de potențial:

$$V(r) = \begin{cases} -V_0 & \text{pentru } r < r_0; \\ 0 & \text{pentru } r > r_0 \end{cases};$$

— potențial de tip Gauss:

$$V(r) = -V_0 e^{-\mu^2 r^2};$$

— groapă exponențială:

$$V(r) = -V_0 e^{-\mu r};$$

— potențial Yukawa:

$$V(r) = -V_0 \frac{e^{-\mu r}}{\mu r};$$

— potențial Hulthén:

$$V(r) = -V_0 \frac{e^{-\mu r}}{1 - e^{-\mu r}};$$

— potențialul oscilatorului:

$$V(r) = -V_0 + \frac{M}{2} \omega^2 r^2.$$

**fosforescență** v. luminescență.

**fot** (ph), unitate de măsură tolerată a iluminării (luminoase), egală cu iluminarea unei suprafețe de un centimetru pătrat care primește, în direcție normală, un flux luminos uniform repartizat de un lumen. Relația de legătură cu unitatea corespunzătoare din SI este:

$$1\text{ph} = 10^4\text{lx}.$$

**fotocatod** v. fotomultiplicator.

**fotoceululă** v. efect fotoelectric intern.

**fotoconductivitate** v. efect fotoelectric intern.

**fotodiodă** v. efect fotoelectric intern.

**fotoelasticimetrie** v. fotoelasticitate.

**fotoelasticitate**, proprietate a corpurilor izotrope transparente de a deveni anizotrope (birefringente) sub acțiunea unor forțe exterioare, care dau naștere la tensiuni meca-

nice. A fost descoperită în 1813 de fizicianul german J. Seebeck. Pentru punerea în evidență a acestei proprietăți, se așază corpul studiat (de ex. o placă de sticlă) între doi nicoli încrucișați. Cît timp asupra corpului nu acționează o forță exterioară, orice rază de lumină incidentă pe nicolul polarizor nu va fi lăsată să treacă prin analizor. Dacă acestuia i se aplică o forță de comprimare sau de întindere după o direcție perpendiculară pe direcția de propagare a luminii, extincția încetează, putînd fi obținută din nou doar prin rotirea analizorului cu un anumit unghi; în acest mod, corpul se comportă ca un cristal uniax cu axa optică de-a lungul direcției de acțiune a forței exterioare, birefringența sa  $n_e - n_o$  fiind proporțională cu forța exterioară. Notînd cu  $P$  și  $Q$  tensiunile principale din interiorul corpului supus deformării, diferența de fază  $\Delta\varphi$  dintre cele două raze — ordinară și extraordinară — este proporțională cu diferența  $p = P - Q$ , conform relației:

$$\Delta\varphi = \frac{l(n_e - n_o)}{\lambda} = cpl,$$

unde  $l$  este distanța parcursă de raza de lumină cu lungimea de undă  $\lambda$  în mediul supus deformării, iar coeficientul  $c$  se numește *constantă fotoelastică*; aceasta se măsoară în metri pe newton (în SI) și în brewsteri. Birefringența provocată mecanic dispare o dată cu tensiunile mecanice interne care, uneori, se pot menține și după înlăturarea forțelor exterioare, producîndu-se fenomenul de isterezis mecanic. Un corp transparent cu tensiuni interioare, așezat între doi polarizori încrucișați și iluminat cu lumină albă, apare brăzdat de numeroase franje, diferit

colorate; franjele de aceeași culoare (numite izocrome) corespund aceleiași valori a birefringenței, deci la aceeași valoare a tensiunii mecanice. Studiul fotoelasticității se realizează cu ajutorul unor aparate speciale, numite *polari-scoape*. Pe baza acestei proprietăți, a fost elaborată o metodă modernă de cercetare a tensiunilor mecanice, care a dus la dezvoltarea unei ramuri importante a rezistenței materialelor — numită *fotoelasticime-trie*. Confectionându-se modele (mache-te) din sticlă sau din alte materiale transparente ale pieselor opace, pot fi studiate tensiunile interne care apar în timpul supunerii acestora la diferite solicitări.

**fotoelectron** v. efect fotoelectric extern.

**fotoexcitare** v. ciocnire neelasti-că de genul întâi.

**fotografie**, imagine stabilă, fixată pe hârtie specială (fotografică), în urma unor procese fotochimice primare (în timpul expunerii la lumină a stratului fotosensibil) și a unor reacții chimice secundare (la dezvoltare și fixare). Procesele fotochimice duc la descom-unerea bromurii de argint și la formarea unor aglomerări (germeni) de atomi de argint metalic. Distribuția acestor germeni în stratul de emulsie fotografică constituie *imaginea la-tentă*, care nu poate fi observată direct. În timpul dezvoltării cu reactivi chimici corespunzători, ger-menii de imagine latentă, ce se află pe suprafața fiecărui cristal de AgBr atins de lumină, inițiază descompunerea întregului grăunte de AgBr; aceasta se produce într-un grad cu atât mai mare cu cât intensitatea luminii în locul respectiv a fost mai mare. Restul de halogenură de argint, care nu a fost expusă la lumină, este di-

zolvat în timpul operației de fi-xare și apoi îndepărtat prin spă-lare, fiind astfel eliminate halo-genurile impresionabile. Fotogra-fia ce conține imaginea stabilă poate fi păstrată la lumină, fără pericolul unor modificări ulte-rioare. Fotografia în culori se realizează cu pelicule alcătuite din trei straturi fotosensibile foarte subțiri (fiecare având grosimea de aprox.  $5\mu$ ) care, în afară de sub-stanță fotosensibilă (halogenura de argint), mai conțin fiecare câte un sensibilizator pentru o anumită culoare; stratul superior (primul străbătut de lumină) este sensi-bilizat pentru albastru, cel mij-lociu — pentru verde, iar cel inferior — pentru roșu. În timpul expunerii, se formează trei ima-gini latente, suprapuse. Acestea sînt transformate în imagini vizi-bile, stabile, prin operații mai complexe decît cele necesare foto-grafiei alb-negru, de dezvoltare și fixare. Pe lângă larga răspin-dire sub forma fotografiei de ama-tor, procesul fotografic a pătruns în știință și tehnică. Cu ajutorul fotografiei pot fi făcute vizibile faze parțiale ale unor fenomene ultrarapide (scinteia, fulgerul etc.) sau extrem de lente (ex. creșterea unei plante). Mărind timpul de expunere, pot fi făcute vizibile fenomene și obiecte cu strălucire foarte mică (ex. în astronomie). Cu ajutorul fotografiei în infra-roșu și în ultraviolet pot fi vizua-lizate obiecte și fenomene inacce-sibile vederii directe (în tehnica militară, medicină etc.). Fixarea pe plăcile fotografice (v.) a liniilor spectrale sau a traiectoriilor parti-culelor elementare din emulsiile nucleare constituie mijloace utile de studiu în fizica modernă.

**fotoionizare** v. ionizare.

**fotoluminescență** v. luminescență.

fotometrie, capitol al fizicii care se ocupă cu studiul și măsurarea mărimilor caracteristice radiațiilor luminoase. Mărimile fizice obiective ale radiației ca: energia radiantă, fluxul energetic, intensitatea energetică, iluminarea energetică, emitanța energetică, luminanța energetică sînt studiate de *fotometria radiației*, iar cele subiective (luminoase) corespunzătoare: cantitatea de lumină, fluxul luminos, intensitatea luminoasă, iluminarea, luminanța, emitanța — de *fotometria vizuală*. Mărimile fotometriei vizuale sînt obținute din cele radiante prin intermediul eficacității luminoase spectrale relative a unei radiații vizibile. Fotometria vizuală (numită, de obicei pe scurt, fotometrie) s-a dezvoltat ca urmare a necesităților impuse de tehnica iluminatului, urmărind o caracterizare cantitativă a senzației de lumină obținută, la incidența radiațiilor electromagnetice din domeniul vizibil pe retina ochiului. Răspunsul organului vizual uman, adică senzația de lumină, depinde atît de fluxul de energie radiantă cît și de frecvența radiației (adică, de culoare), ochiul nefiind la fel de sensibil pentru diferite radiații monocromatice. Capacitatea ochiului de a transforma un flux radiant în flux luminos este caracterizată de eficacitatea luminoasă spectrală relativă, iar trecerea de la mărimile energetice la cele vizuale se face cu ajutorul unei mărimi fundamentale proprie fotometriei — intensitatea luminoasă. Măsurarea mărimilor fotometrice are la bază capacitatea ochiului de a stabili cu mare precizie egalitatea iluminărilor a două suprafețe adiacente. Această proprietate constituie principiul de construcție al fotometrelor vizuale. În *fotometria izocromatică*,

plăjele vecine ale acestora au aceeași culoare, iar în *fotometria heterocromatică*, ele sînt colorate diferit. Deoarece egalitatea iluminărilor este mai greu de apreciat pentru culori diferite, în fotometria heterocromatică precizia măsurărilor este mai mică. V. vedere.

**fotometru**, instrument optic utilizat în fotometria vizuală și destinat măsurării unor mărimi fotometrice ca: intensitatea luminoasă a surselor de lumină, fluxul luminos, iluminarea, luminanța etc. Fotometrele pot fi *vizuale* (sau *subiective*), dacă receptorul este ochiul, și *fizice* (sau *obiective*), dacă se folosește un receptor fizic, care nu necesită participarea ochiului (ex. celula fotoelectrică). Fotometrele vizuale se bazează pe proprietatea ochiului de a aprecia în limitele unei bune aproximații egalitatea de iluminare a două suprafețe vecine, în timp ce fotometrele fotoelectrice, de exemplu, pe proprietatea curentului fotoelectric de a fi direct proporțional cu fluxul luminos incident. Un tip de fotometru vizual, cu ajutorul căruia pot fi măsurate intensitatea luminii emise de o sursă într-o direcție, este *fotometrul Lummer-Brodhun* (fig. 194). Piesa sa principală este *culbul*

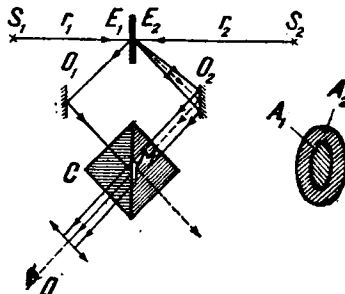


Fig. 194

*Lummer-Brodhun C*, alcătuit din două prisme dreptunghiulare drepte, avînd bazele în contact. Una din aceste suprafețe prezintă o adîncitură eliptică *M*. Razele de lumină de la sursele  $S_1$  și  $S_2$ , reflectate difuz de către ecranele perfect difuzante  $E_1$  și  $E_2$ , suferă cîte o nouă reflexie (regulată) pe oglinzile  $O_1$  și  $O_2$  și cad pe cubul fotometric *C*. De la sursa  $S_2$  pot ajunge la observator numai acele raze care nu au oăzut pe *M*, acestea din urmă fiind reflectate total la suprafața sticlă-aer, iar de la  $S_1$  pot ajunge la observator numai razele reflectate total pe *M*, celelalte, exterioare, trecînd nedeviate prin regiunea de contact a prismelor. Astfel, în câmpul vizual al observatorului *O* se delimitează două suprafețe: cea interioară  $A_1$ , iluminată de către sursa *S*, și cea exterioară  $A_2$  — de către sursa  $S_2$ . Iluminările lor depind de intensitățile  $I_1$  și  $I_2$  ale surselor de lumină și de distanțele  $r_1$  și  $r_2$  de la acestea pînă la fotometru. Dacă aceste distanțe sînt destul de mari pentru ca sursele  $S_1$  și  $S_2$  să poată fi considerate punctiforme, atunci, în cazul egalității celor două iluminări,

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}.$$

Cunoscînd intensitatea luminoasă a unei surse etalon (sau de comparație), poate fi determinată intensitatea  $I_2$  a oricărei alte surse prin măsurarea distanțelor  $r_1$  și  $r_2$  astfel alese, încît iluminările celor două suprafețe adiacente sînt egale. După aflarea intensității *I* a unei surse de lumină întinse (a cărei distanță pînă la fotometru a fost suficient de mare pentru ca aceasta să poată fi considerată punctiformă), de suprafața  $\sigma$ , se poate determina luminanța sa  $L_e$  cu ajutorul relației:

$$L_e = \frac{I}{\sigma \cos \alpha},$$

în care  $\alpha$  este unghiul dintre direcția de observație și normala la suprafața emisivă. De asemenea, folosind măsurătorile de intensitate, se poate calcula fluxul luminos  $\Phi$  emis într-un anumit unghi solid  $\Omega$  cu ajutorul relației  $\Phi = I \Omega$ . Pe baza corespondenței dintre intensitatea unei surse luminoase și iluminare (v.), fotometrul poate fi adaptat pentru măsurarea acesteia din urmă. Există însă tipuri speciale de fotometre destinate măsurării directe a iluminărilor, numite *luxmetre* (*fotoelectrice*). Acestea sînt alcătuite, în general, dintr-un mic galvanometru, etalonat în unități de iluminare, legat la un fotoelement, ca receptor de lumină. Cu un fotometru de tip Lummer-Brodhun poate fi măsurată intensitatea luminii emise de o sursă punctiformă într-o anumită direcție. În tehnica iluminatului, o importanță deosebită prezintă determinarea fluxului luminos (total) emis de sursă în toate direcțiile. Dacă aceasta este izotropă (adică intensitatea *I* are aceeași valoare în toate direcțiile), fluxul total (emis în unghiul solid  $\Omega = 4\pi$  steradiani) este:

$$\Phi_{total} = 4\pi I.$$

Majoritatea izvoarelor de lumină folosite în practică (becul cu incandescență, flacăra, arcul electric, lampa cu descărcări în gaze etc.) nu sînt surse izotrope. În acest caz, pentru determinarea fluxului luminos total trebuie măsurată intensitatea *I* în toate direcțiile și, apoi, calculată integrala:

$$\Phi_{total} = \int_0^{4\pi} I d\Omega,$$

pe cale grafică sau numerică — operație în general dificilă și in-

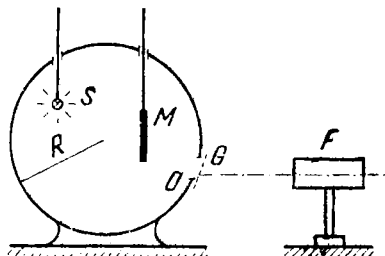


Fig. 195

comodă. Această integrare poate fi făcută însă direct, cu un *fotometru integrator*. Un astfel de fotometru, numit *sferă fotometrică* (sau *integratoare Ulbricht*), constă dintr-o sferă cu raza  $R$  mult mai mare decât dimensiunile sursei de lumină studiate, acoperită pe perețele interior cu un strat de vopsea albă, mată, perfect difuzantă (fig. 195). În perețele sferei este practicat un mic orificiu  $O$  acoperit de obicei cu un geam mat  $G$ , perfect difuzant. Ecranul opac  $M$  protejează orificiul  $O$  de razele de lumină directe de la sursa  $S$ , acesta fiind iluminat numai de radiațiile difuzate pe perețele interior al sferei. Dacă  $E$  este iluminarea sferei  $O$ , iar  $k$  — coeficientul de difuzie al stratului alb, fluxul total  $\Phi$  al sursei  $S$  este dat de relația:

$$\Phi = 4\pi \left( \frac{1}{k} - 1 \right) R^2 E.$$

Cunoscând coeficientul de difuzie  $k$  și măsurând iluminarea ferestrei  $O$  cu un fotometru  $F$  obișnuit (ex. Lummer-Brodhun), se poate calcula fluxul total. Acest tip de fotometru integrator este frecvent utilizat în industrie, pentru a calcula eficacitatea luminoasă a surselor de lumină.

**fotomultipliator**, aparat utilizat pentru amplificarea fluxurilor lu-

minoase, în care curentul fotoelectric provenit de la fotocathod crește foarte mult datorită amplificării repetate a fotoelectronilor. Este confecționat dintr-un tub vidat de sticlă, în interiorul căruia se află mai mulți electrozi: anodul, *fotocathodul* și un număr finit de electrozi suplimentari numiți *dinod*, alimentați de la o sursă de tensiune prin intermediul unui divizor de tensiune; diferența de potențial dintre două dinode consecutive este aceeași (ex. de 100—150 V). Fotoelectronii, extrasi din suprafața fotocathodului de fotonii incidenți, sînt focalizați și accelerați în cîmpurile electrice dintre dinode și smulg de la suprafața acestora electroni secundari, producîndu-se astfel amplificări repetate ale fluxului de fotoelectroni. Fiecare electron accelerat poate produce cite 2—3 electroni secundari, astfel încît curentul fotoelectric poate crește de  $10^6$  ori și chiar mai mult. Acest fapt permite utilizarea fotomultipliatorilor la înregistrarea fluxurilor de radiații de slabă intensitate. V. contor cu scintilație.

**foton**, particula asociată cîmpului electromagnetic potrivit dualismului undă-corpusecul, avînd masa de repaus și sarcina electrică nule. Energia  $\epsilon$  a fotonului unei radiații electromagnetice de frecvență  $\nu$  este  $\epsilon = h\nu$ , unde  $h$  este constanta Planck; masa sa de mișcare este  $m = \frac{h\nu}{c^2}$  ( $c$  fiind viteza sa egală cu viteza luminii), impulsul,  $p = \frac{h\nu}{c}$ , iar momentul cinetic (spinul),  $\frac{h}{2\pi}$ . La absorbția unui

foton de către o moleculă (un atom sau un nucleu), energia, impulsul, momentul cinetic și masa



lui se transmit acesteia (acestui), care trece astfel într-o stare excitată; prin dezexcitarea sistemului de particule considerat, se emite un foton având aceeași caracteristici cu cel absorbit. Fotonii cuprinși în domeniul vizibil și ultraviolet sînt numiți și cuante de lumină, cei din domeniul radiațiilor X — cuante X, iar cei din domeniul radiațiilor gama — cuante  $\gamma$ .

**fotopurtător (de sarcină electrică)** v. efect fotoelectric intern.

**Foucault [fucó], Jean Bernard Léon (1819—1868)**, fizician francez. Membru al Academiei de Științe din Paris. A pus în evidență (1851) cu ajutorul unui pendul (care-i poartă numele) mișcarea de rotație a Pământului. A măsurat viteza luminii cu ajutorul unui sistem de oglinzi rotitoare și a stabilit (1855) prezența curenților electrici turbionari în corpurile metalice străbătute de un flux magnetic variabil.

**fracție de îngrămădire [f (A, Z)],** mărime exprimată prin raportul dintre defectul de masă  $\Delta(A, Z)$

al unui nucleu și numărul de masă  $A$  al acestuia (numeric egală cu defectul de masă ce revine unui singur nucleon):

$$f(A, Z) = \frac{\Delta(A, Z)}{A}$$

Dependența fracției de îngrămădire de  $A$  este reprezentată în fig. 196; la fel ca și defectul de masă, ia valori pozitive pentru nucleele cele mai ușoare, trece prin zero pentru  $A = 16$ , după care devine negativă; pentru  $A = 60$  are valoarea minimă, trecind din nou prin zero pentru  $A = 180$ , după care este pozitivă pînă la sfîrșitul sistemului periodic.

**fragment de fisiune v. fisiune.**

**Franck, James (1882—1964)**, fizician german. Stabilit în S.U.A. (1935). Împreună cu G. Hertz a efectuat în 1913 o serie de experiențe (v. experiențele Franck-Hertz) cu ajutorul cărora a pus în evidență caracterul discontinuu al energiei atomilor. A utilizat metode spectrale în cercetarea forțelor intermoleculare. Premiul Nobel (1925).

**franjă,** porțiune a unui ecran de observație caracterizată printr-un maxim sau un minim de iluminare, obținută într-un fenomen de interferență sau de difracție în lumină monocromatică.

**franklin (Fr),** unitate de măsură a sarcinii electrice în sistemul CGS<sub>e</sub>. Reprezintă sarcina unui corp aflat în vid asupra căruia acționează — din partea altui corp la fel încărcat, situat la distanța de 1 cm — o forță egală cu o dină. Relația de echivalență cu unitatea corespunzătoare din SI este:

$$1\text{Fr} \approx \frac{1}{3} \cdot 10^{-9}\text{C}.$$

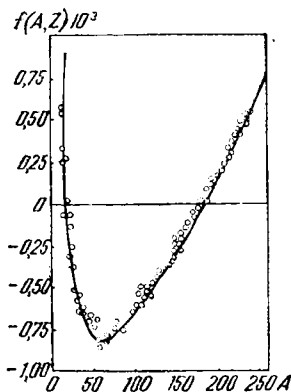


Fig. 196

**Franklin** [fréncin], **Benjamin** (1706—1790), fizician american. A formulat o teorie unitară a electricității, a introdus termenii de electricitate pozitivă și negativă și a arătat, prin experiențe, identitatea dintre fulger și descărcările electrice. Este inventatorul paratrânetului (1747).

**Fraunhofer** [fráunhofer], **Joseph von** (1787—1825), fiziciangerman. Membru al Academiei de științe din München. A perfecționat luneta, a măsurat lungimile de undă ale unor radiații luminoase cu ajutorul rețelei de difracție. A inițiat metoda analizei spectrale a stelelor și planetelor și a descoperit (1814), în spectrul Soarelui, liniile întunecate care-i poartă numele (notația Fraunhofer).

**frecare**, fenomen care se produce la mișcarea (sau tendința de mișcare) relativă a unui corp în raport cu altul, concretizat prin apariția unei forțe de frecare. Se manifestă la contactul între două corpuri solide, între un corp solid și un fluid, sau între două fluide (unde poartă numele de *frecare interioară* sau *viscozitate*).

În cazul corpurilor solide, mărimea forței de frecare depinde de natura acestora, de gradul de șleuire a suprafețelor lor, de tipul de mișcare (de translație sau de rotație) a unui corp față de celălalt, de prezența sau absența lubrifiantilor, dar nu depinde de mărimea suprafețelor de contact. Măsurarea forței de frecare se poate face determinând forța tangențială minimă capabilă să scoată corpul din repaus (imprimându-i o mișcare rectilinie uniformă), cu ajutorul unui plan înclinat sau al unui dispozitiv experimental prevăzut cu soripete fix numit *tribometru*. Această forță efectuează un lucru mecanic rezistent,

care se transformă în căldură, micșorând astfel randamentul mișcării.

La *alunecarea (translația)* unui corp solid pe suprafața altuia, ia naștere o forță de frecare  $F_f$  direct proporțională cu forța de apăsare normală  $N$  exercitată de acesta pe suprafața de mișcare și cu *coeficientul de frecare la alunecare*  $\mu$ :

$$F_f = \mu N.$$

Forța  $N$  coincide cu greutatea  $G$  a corpului, dacă mișcarea se face pe un plan orizontal, sau cu componenta normală a greutății de modul  $G \cos \alpha$ , în cazul mișcării pe un plan înclinat de unghi  $\alpha$ . În mișcarea de *rostogolire* a unui corp pe suprafața altuia, apare o forță de frecare ce depinde de forța de apăsare normală, al cărei moment este:

$$M_F = \mu_r N,$$

în care  $\mu_r$  este *coeficientul de frecare la rostogolire*; în cazul particular al unui corp sferic de rază  $r$ , această forță de frecare rezultă:

$$F_f = \mu_r \cdot \frac{N}{r}.$$

Forțele de frecare

de rostogolire sînt mult mai mici decît forțele de frecare de alunecare. Sin. *frecțiune*.

**frecvență** ( $\nu, f$ ), mărime ce caracterizează un fenomen periodic (mișcări oscilatorii, unde etc.). Reprezintă numărul de cicluri (oscilații complete) produse în unitatea de timp:

$$\nu = \frac{1}{T},$$

în care  $T$  este perioada fenomenului. Unitatea sa de măsură în SI este hertzul (numit și ciclu pe secundă). Dacă frecvența caracterizează o undă, atunci:

$$\nu = v / \lambda = \frac{\omega}{2\pi},$$

în care  $v$  este viteza de propagare a undei,  $\lambda$  — lungimea de undă, iar  $\omega$  — pulsația.

**frecvență de ciocnire** ( $v_c$ ), raportul dintre numărul  $N$  de ciocniri ale unei particule incidente cu particulele mediului în care se deplasează și timpul  $t$  respectiv:

$$v_c = \frac{N}{t}.$$

Este numeric egală cu numărul de ciocniri suferite de o particulă în unitatea de timp. Notind cu  $L$  — lungimea parcursă de particulă în timpul  $t$ , și cu  $l$  — drumul liber mediu al ei,  $N = L/l$  și, deci:

$$v_c = \frac{v}{l},$$

unde  $v = L/t$  este viteza medie a particulei. Dacă  $\sigma$  este secțiunea eficace de ciocnire, atunci:

$$v_c = v\sigma N.$$

Uneori, în exprimarea acestei mărimi se folosește coeficientul de absorbție  $\alpha$ , legat de  $\sigma$  și de  $l$  prin relațiile  $l = \frac{1}{N\sigma} = \frac{1}{\alpha\rho}$ , unde  $\rho$  este presiunea gazului, deci:

$$v_c = v\alpha\rho.$$

În SI se măsoară unu pe secundă; deoarece  $\alpha$  se exprimă de obicei în  $\text{cm}^{-1} \text{Torr}^{-1}$ , în ultima relație  $\rho$  se exprimă în Torr, iar  $v$  în cm.

**frecvență de rezonanță** v. rezonanță.

**frecvență de rotație** ( $v, f$ ), numărul de rotații complete efectuate în unitatea de timp de un corp aflat în mișcare de rotație. Se măsoară în unu pe secundă. Desori, în practică, se folosește o mărime care indică numărul de rotații ale

unui corp pe minut, numită și *turație*, dată de relația  $n = 60v$ .  
**frecvență de sincronism** v. accelerator.

**frecvență fundamentală**, frecvență minimă a unui sistem oscilant. Are, de obicei, amplitudine maximă și este însoțită de una sau mai multe armonice.

**frecvență proprie**, frecvența oscilației proprii a unui sistem. V. oscilație.

**Frenkel, Iacov Iliei** (1894—1952), fizician sovietic. Cercetări privind teoria cuantică a electronilor din metale; a pus bazele moderne ale feromagnetismului. A elaborat, independent de N. Bohr, teoria fisionii nucleare și a adus contribuții însemnate la teoria cinetică a lichidelor și a defectelor în cristale; a prevăzut existența excitonului în corpul solid.

**Fresnel** [frenél], **Augustin Jean** (1788—1827), fizician francez. Membru al Academiei de Științe din Paris. A studiat fenomenele de difracție și de interferență a luminii. Folosind ideea transversalității undelor luminoase, a elaborat teoria ondulatorie a luminii, prin care a explicat reflexia, refracția și polarizarea luminii. A introdus, pentru prima oară în descrierea proceselor fizice, mărimile complexe.

**fricțiune**, frecare.

**Friedlander, Ervin** (n. 1925), fizician român; m. coresp. al Acad. Cercetări în fizica razelor cosmice.

**front de undă**, locul geometric al punctelor celor mai depărtate de o sursă de unde, atinse la un moment dat de acestea, care reproduc perturbația inițială oscilând în fază.

**fulger**, descărcare electrică în scinteie care se produce în atmo-

sfera terestră, fie între doi nori, fie între un nor și pământ. În majoritatea cazurilor, norii sînt încărcăți negativ față de pământ. Dacă diferența de potențial devine suficient de mare, unii electroni (totdeauna prezenți în atmosferă, datorită ionizărilor naturale) capătă energii cinetice destul de mari și pot produce, prin ionizări, noi electroni (și ioni pozitivi) care, la rîndul lor, produc alte ionizări etc., stabilindu-se astfel o descărcare în scinteie de-a lungul unui canal relativ îngust, în care plasma este foarte densă. Datorită degajării unei mari cantități de energie într-un interval de timp foarte scurt, în canalul subțire de plasmă are loc un salt brusc al presiunii, care produce unde de șoc acustice (tunetul). Fulgerele pot fi *globulare*, de diverse forme (nu neapărat sferice) și cu diametrul cuprins între cîteva decimetri și zeci de metri, deplasîndu-se în aer cu viteze relativ mici sau așezîndu-se pe diferite obiecte. Durata lor este cuprinsă aproximativ între cîteva fracțiuni de secundă și cîteva minute. Stingerea lor este de obicei bruscă, explozivă, putînd produce deteriorări însemnate ale obiectivelor din regiunea respectivă. Fulgerul, al cărui canal luminos nu este continuu, ci fragmentat într-o serie de mici formațiuni sferice luminoase, ce par înșiruite pe un fir, se numește *fulger perlat*. Este considerat o formă de tranziție de la fulgerul obișnuit (șnur de plasmă continuă) la fulgerul globular.

**funcția Hamilton (sau hamiltoniană,  $H$ )**, funcție definită prin relația:

$$H(q_n, p_n, t) = \Sigma p_n \dot{q}_n - L(q_n, \dot{q}_n, t),$$

în care  $q_n$  și  $p_n$  sînt coordonatele, respectiv impulsurile generalizate

ale particulelor unui sistem material, iar  $L$  este funcția Lagrange. Dacă lagrangeana nu depinde explicit de timp, funcția Hamilton nu depinde nici ea și reprezintă energia totală  $E$  a sistemului:  $H = E = T + U$ , egală cu suma dintre energia cinetică  $T$  și cea potențială  $U$ .

**funcția Lagrange (lagrangeană sau potențial cinetic,  $L$ )**, funcție egală cu diferența dintre energia cinetică  $T$  și cea potențială  $U$  a unui sistem, exprimată de obicei prin coordonatele și vitezele generalizate  $q_i$  și, respectiv,  $\dot{q}_j$ :

$$L = T - U = \frac{1}{2} \Sigma a_{ij} \dot{q}_i \dot{q}_j - U(q_1, q_2, \dots, q_n).$$

**funcție de disipație v. oscilație.**

**funcție de distribuție v. statistică.**

**funcție de undă ( $\Psi$ )**, funcție în general complexă, cu interpretare probabilistică, ce descrie starea unui sistem (ansamblu de microparticule) în mecanica cuantică. Depinde de coordonatele de poziție  $q_i$ , ale celor  $s$  microparticule ale sistemului, și de timpul  $t$ :  $\Psi = \Psi(q_1, q_2, \dots, q_s, t)$ ; dacă este studiată o singură particulă, funcția este de forma  $\Psi = \Psi(x, y, z, t)$ . În fiecare caz concret, forma explicită a funcției de undă se poate obține prin rezolvarea ecuației Schrödinger, în condițiile sistemului dat. Pătratul modulului funcției de undă  $|\Psi|^2$  reprezintă *densitatea de probabilitate* ce caracterizează sistemul (sau, în particular, microparticula) din punct de vedere spațio-temporal. Pentru o microparticulă,  $|\Psi|^2 = \Psi\Psi^*$  reprezintă probabilitatea ca ea să se găsească la momentul  $t$  în elementul de volum egal cu o unitate, iar

$$dp = |\Psi|^2 dV$$

reprezintă probabilitatea ca, într-un sistem de coordonate carteziene, microparticula să aibă la momentul  $t$  coordonatele cuprinse în intervalele  $x, x + dx; y, y + dy; z, z + dz$  (în care  $dV = dx dy dz$ ). Însumarea (sau integrarea) tuturor probabilităților pe întreg spațiul dă certitudinea de găsim a microparticulei; deci:

$$\int dp = \int_{-\infty}^{+\infty} |\Psi|^2 dV = 1.$$

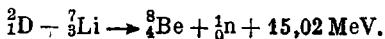
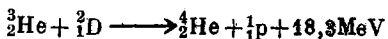
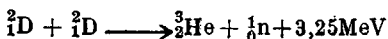
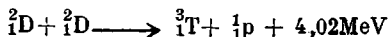
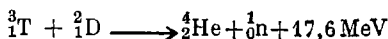
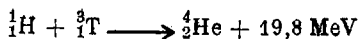
relație care reprezintă proprietatea de *normare* a funcției de undă. Funcțiile de undă au de asemenea și proprietatea de *ortogonalitate*, adică:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \Psi_m \Psi_n^* dV = 0 \quad (\text{pentru } m \neq n)$$

în care  $\Psi_m$  și  $\Psi_n$  sînt două soluții distincte ale ecuației Schrödinger.

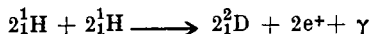
**funcție termodinamică**, potențial termodinamic.

**fuziune**, reacție nucleară de sinteză a unui nucleu greu, mai stabil, din două nuclee ușoare, însoțită de eliberarea unei energii egale cu diferența dintre energia de legătură a nucleului rezultat și cea a nucleelor ușoare (de ordinul MeV-ilor). A fost descoperită în 1920–25 la bombardarea gheții grele ( $D_2O$ ) cu un fascicul de deuteroni accelerați. Printre nucleele ușoare care pot fuziona sînt cele ale izotopilor hidrogenului — protonul ( $^1H$ ), deuteronul ( $^2D$ ) și tritonul ( $^3T$ ), precum și ale unor izotopi instabili ai heliului ( $^3He$ ), carbonului, azotului etc. Cîteva exemple de reacții de fuziune sînt următoarele:

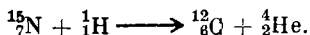
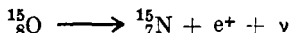
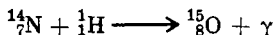
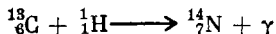
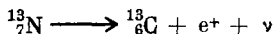


Pentru producerea unei astfel de reacții, nucleele (fiind încărcate pozitiv) trebuie să învingă forțele de respingere electrostatică (care sînt cu atît mai mari cu cît numărul lor atomic este mai mare) și să pătrundă în raza de acțiune a forțelor nucleare (de atracție). Acest lucru este posibil pentru energii cinetice extrem de mari, corespunzătoare unor temperaturi de ordinul zecilor și sutelor de milioane de grade — la care substanța se află în stare de plasmă (v.); de aceea reacția mai poartă numele de *reacție termonucleară*. Energia uriașă, degajată în timpul fuziunii nucleare, se redistribuie între particulele plasmei, încălzind-o și mai mult, iar reacția se autoîntreține. Reacțiile de fuziune în lanț constituie sursa energiei Soarelui și a altor stele, precum și a energiei imense, necontrolate, degajate la explozia bombei cu hidrogen (în care, pentru declanșarea acestei reacții, este folosită — cu rolul unui „chibrit“ — o bombă de fisiune).

Explicarea originii energiei degajate în reacțiile termonucleare din stele a fost dată de H.A. Bethe cu ajutorul unui ciclu de reacții nucleare (*ciclul Bethe*). Astfel, în interiorul stelelor mai reci (ex. Soare) se produce *ciclul proton-proton* (propus în 1938):



În acest ciclu, la formarea unui atom de heliu (pentru care sînt necesari patru atomi de hidrogen) se degajează o energie de 24 MeV, astfel că la sinteza a 4 g de heliu se obțin 700 000 kWh. Alt ciclu de reacții, caracteristic stelelor fierbinți (cu temperaturi de zeci de milioane de grade), este *ciclu carbon-azot* (propus în 1939):



La formarea unui atom de heliu participă patru atomi de hidrogen, iar numărul atomilor de carbon în urma unui ciclu rămîne neschimbat, acesta avînd rol de catalizator al reacțiilor. Realizarea reacției termonucleare dirijate este o problemă de actualitate, a cărei rezolvare ar oferi o sursă, practic inepuizabilă, de putere utilă. Combustibilul nuclear care poate fi utilizat în acest scop — amestecul de deuteriu și tritiu — este ieftin (materia primă fiind apă) și în cantități considerabile. Încălzirea combustibilului și menținerea lui la temperaturi foarte înalte un timp suficient de lung constituie principalele dificultăți, încă nesoluționate, pentru obținerea reacțiilor termonucleare controlate. De asemenea, plasma în care are loc declanșarea reacției trebuie să fie perfect termoizola-

tă de mediul înconjurător, pentru a nu se produce pierderi de energie sau evaporarea pereților incintei în care se află. Pentru aceasta, se folosesc cîmpuri magnetice de configurații speciale, cu geometrii complicate, numite capcane magnetice (v.), avînd rolul ca, acționînd asupra particulelor încărcate ce compun plasma, să le mențină într-un anumit spațiu. Producerea plasmei încălzite în interiorul capcanelor se poate face prin mai multe metode. Una din cele mai simple — *metoda undelor de șoc* — utilizează un tub în care se află gazul (amestecul fuzionabil la o presiune nu prea ridicată) și, izolat cu o diafragmă metalică într-un spațiu mic la unul din capete, un amestec exploziv (ex. trinitrotoluen). Prin explozia acestui amestec, diafragma metalică se rupe și unda de șoc produsă se propagă în tub lovind gazul de perețele opus al tubului și încălzindu-l pînă la cîteva zeci de mii de grade. Prin absorbția rezonantă a unor unde electromagnetice, se realizează o temperatură la care se poate produce reacția termonucleară. *Metoda exploziei conductorilor subțiri* constă în introducerea sub vid, conectat între doi electrozi, a unui conductor subțire prin care se lasă să treacă un impuls de curent electric intens, provenit de la un condensator. Datorită energiei momentane mari conductorul se pulverizează, iar plasma astfel formată are o temperatură foarte înaltă. Alături de aceste metode este utilizată metoda descărcărilor în camera toroidală sau cea bazată pe încălzirea bruscă a unei picături de hidrogen lichid, cu ajutorul unui fascicul de radiații laser. Cercetările în vederea realizării reacțiilor termonucleare controlate sînt în prezent în faza de laborator.

# G

gal (Gal), unitate de măsură tolerată (în sistemul CGS) a accelerației, egală cu un centimetru pe secundă la pătrat.

**Galilei, Galileo** (1564—1642), fizician și astronom italian. Este unul din întemeietorii dinamicii; a descoperit principiul inerției, legea căderii corpurilor (ecuația Galilei, 1602), legea izocronismului micilor oscilații ale pendulului (1583), a cercetat relativitatea mișcărilor. A introdus noțiunile corecte de viteză și accelerație.

**Galvani, Luigi** (1737—1798), medic și fizician italian. A pus în evidență diferența de potențial ce se produce la contactul dintre două metale diferite (1791) și a demonstrat (1794) influența fenomenelor electrice asupra țesuturilor vii.

**galvanometru**, instrument electric sensibil, utilizat pentru punerea în evidență a unor curenți electrice de slabă intensitate, gradat în unități de intensitate, de tensiune sau de sarcină electrică, de ordine foarte mici. Se bazează pe fenomenul de inducție electromagnetică și se compune dintr-un magnet fix, între poli cărui se poate roti o bobină prin care trece curentul electric (*galvanometru cu cadru mobil*), sau dintr-o bobină fixă, în interiorul căreia se află suspendat unul sau mai multe ace magnetice a

cărui deviație poate fi măsurată (*galvanometru cu magnet mobil*). Pentru citirea unor deviații mici, pe echipajul mobil se fixează solidă o mică oglindă care, la devierea acestuia, va produce devierea cu un unghi dublu a unei raze de lumină reflectate.

**gama**, unitate de măsură a masei, egală cu un microgram.

**gauss** (Gs), unitate de măsură tolerată (în sistemul CGS $_{\mu_0}$ ) a inducției magnetice. Relația de echivalență cu unitatea corespunzătoare din SI este:

$$1 \text{ Gs} = 10^{-4} \text{ T}.$$

**Gay-Lussac** [ghe-lüsác], **Joseph Louis** (1778—1860), om de știință francez. Membru al Academiei de Științe din Paris. Autor al mai multor lucrări de fizică și chimie, descoperitor (1802) al uneia din legile gazelor (v. legea Gay-Lussac).

**gaz**, corp aflat într-o stare de agregare caracterizată prin coeziune neînsemnată și forțe de interacție intermoleculară foarte slabe.

**gaz ideal** (sau perfect), gaz ale cărui molecule pot fi asimilate cu puncte materiale (posedă masă, dar au dimensiuni neglijabile) aflate în mișcare haotică, fără vreo direcție preferențială; ele interacțio-

nează numai în momentul ciocnirilor, care sînt perfect elastice, în rest mișcarea lor fiind rectilinie și uniformă — neinfluențată de forțe de atracție sau de respingere reciprocă. Cu un astfel de sistem pot fi asimilate gazele reale aflate la presiuni joase, ale căror molecule sînt depărtate unele față de altele, astfel încît raza de acțiune moleculară este neglijabilă în raport cu distanțele parcurse de molecule între două ciocniri succesive. La temperatură constantă și în absența cîmpului gravitațional, acestea se distribuie în mod uniform, în întreg volumul. Presiunea  $p$  exercitată de gazul ideal asupra pereților vasului este rezultatul acțiunii forțelor pe care le exercită moleculele, prin ciocniri elastice, asupra pereților; în cazul unui volum egal cu unitatea, este dată de relația:

$$p = \frac{2}{3} n \frac{m\bar{v}^2}{2},$$

unde  $n$  este concentrația moleculelor,  $\bar{v}^2$  — viteza lor pătratică medie, iar  $m$  — masa unei molecule. Relația reprezintă formula fundamentală a teoriei cinetice a gazelor și a fost stabilită de R. Clausius în 1857; dacă se consideră un volum  $V$  cu  $N$  molecule, ea se mai poate scrie:

$$pV = \frac{2}{3} N \frac{m\bar{v}^2}{2} = \frac{2}{3} W_c,$$

adică produsul dintre presiunea și volumul unui gaz ideal este egal cu două treimi din energia cinetică de translație a tuturor moleculelor sale. Pe baza legii echipartiției energiei pe grade de libertate se găsește

$$\frac{m\bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT,$$

astfel că formula fundamentală devine:

$$p = nkT,$$

unde  $T$  este temperatura absolută a gazului, iar  $k$  — constanta Boltzmann ( $k = \frac{R}{N}$ ); pe baza acestei relații se obține ecuația de stare a gazelor ideale:

$$pV = \nu RT,$$

unde  $\nu$  reprezintă numărul de kilomoli, iar  $R$  — constanta universală a gazelor. Pentru un kilomol de gaz ecuația se scrie:

$$pV = RT.$$

În practică se folosește ecuația de stare a gazelor ideale sub forma:

$$pV = mrT,$$

unde  $m$  este masa gazului, iar  $r$  — constanta specifică a sa, a cărei valoare este:

$$r = \frac{848}{\mu} \text{ kgm} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{grd}^{-1}$$

( $\mu$  fiind masa molară a gazului). Gazele ideale se supun legilor Boyle-Mariotte, Charles, Gay-Lussac, Avogadro și Dalton.

**gaz perfect, gaz ideal.**

**gaz real, gaz format din molecule între care se exercită interacții și care au volum propriu.** Într-un interval nu prea larg de variație a presiunii și temperaturii, comportarea sa se supune ecuației *Van der Waals*:

$$\left( p + \frac{a\nu^2}{V^2} \right) (V - \nu b) = \nu RT,$$

unde  $R$  este constanta universală a gazelor,  $T$  — temperatura absolută,  $p$  — presiunea,  $V$  — volumul,  $\nu$  — numărul de kilomoli, iar  $a, b$  —



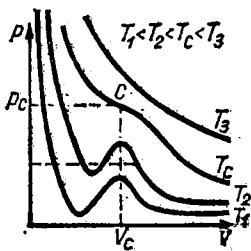


FIG. 197

constante caracteristice ale gazului. Termenul  $\nu b$ , numit *covolum* este egal cu volumul propriu al moleculelor gazului dintr-un kilomol; deci, față de gazele perfecte, volumul în care se pot deplasa liber moleculele unui gaz real este  $V - \nu b$ . Termenul care se adaugă presiunii își găsește explicația în faptul că forțele de atracție intermoleculare se manifestă ca o presiune suplimentară (egală cu  $\frac{a\nu^2}{V^2}$ )

ce se exercită asupra gazului, numită presiune internă. În fig. 197 sînt reprezentate izotermele gazului real în coordonate  $p-V$  pentru diferite valori ale temperaturii  $T$ . Sub curba de care aparține punctul  $C$  se găsesc izotermele pentru care, la o valoare dată a presiunii, pot corespunde trei valori ale volumului; porțiunea uneia dintre aceste curbe cuprinsă între cele două valori extreme (maxim și minim) corespunde transformării din starea gazoasă în starea lichidă și transformării inverse. Astfel, ecuația de stare Van der Waals descrie, în mod aproximativ, la valori mici ale lui  $V$  — faza lichidă, iar la valori mari — faza gazoasă. În cazul unor valori foarte mari ale lui  $V$  (la presiuni foarte mici), gazul se comportă ca un gaz ideal.

Izoterma ce trece prin punctul  $C$  (corespunzătoare temperaturii critice  $T_c$ ) poartă numele de *curbă critică*, iar punctul  $C$  — *punct critic*; curba separă izotermele stării gazoase (care se află deasupra) de izotermele transformărilor din starea gazoasă în starea lichidă. Coordonatele punctului critic sînt *volumul critic*  $V_c$  și *presiunea critică*  $p_c$ . Pentru gazele reale au fost stabilite peste 150 de ecuații de stare, care pot fi aduse la forma generală:

$$p = \frac{\nu RT}{V} \left[ 1 + \frac{\nu}{V} B(T) + \left( \frac{\nu}{V} \right)^2 C(T) + \dots \right],$$

care se numește *ecuație virială*, iar constantele ce depind de temperatură  $B(T)$ ,  $C(T)$ ... — *coeficienți viriali*.

**generare de perechi, creare de perechi.**

**generator Cockcroft-Walton v. accelerator.**

**generator cuantic de radiație, generator de radiații electromagnetice,** bazat pe emisia stimulată a radiației într-un mediu activ în care s-a realizat o inversie de populație. Fiind iradiat cu o radiație de o anumită lungime de undă, mediul activ poate genera o radiație laser de altă lungime de undă, în general mai mare. Spre deosebire de generațiile utilizate în radioelectronica clasică, bazați pe interacția cîmpului electromagnetic cu electronii liberi, generatoarele cuantice funcționează pe baza interacției cîmpului electromagnetic (fotonilor) cu învelișurile electronice ale atomilor, moleculelor sau ionilor dintr-un mediu solid, lichid sau gazos.

După cum emit radiații electromagnetice în domeniul infraroșu, vizibil sau ultraviolet, generatoarele cuantice poartă numele de iraseri, laseri sau maseri.

**generator de impulsuri**, instalație cu ajutorul căreia se generează impulsuri de curent sau tensiune. Durata acestora poate varia de la  $5 \cdot 10^{-9}$  s pînă la 0,1 s. Este utilizat în domeniile fizicii nucleare, descărcărilor electrice, automaticii, în scopul generării unor impulsuri electrice de un anumit tip, codificate. Generatoarele de impulsuri pot fi de frecvență joasă (în regim continuu), înaltă sau supraînaltă, iar impulsurile lor pot fi de forme diferite: triunghiulare, dreptunghice, trapezoidale, sinusoidale etc. Generatoarele de frecvență înaltă și supraînaltă sînt alimentate cu impulsuri de tensiune de ordinul a 50—100 kV, puterea lor ajungînd pînă la cîteva mii de kilowați.

**generator de ultrasunete** v. ultrasunet.

**generator electric**, instalație care furnizează curent electric, transformînd o anumită formă de energie în energie electrică. Cel mai des utilizate sînt generatoarele rotative, care transformă energia mecanică în energie electromagnetă, pe baza fenomenului de inducție electromagnetă. Un astfel de generator se compune din două părți principale: *inductorul*, alcătuit din magneți permanenți (la *generatorul magnetoelectric* — numit și *magnetou*) sau din electro-magneți (la *generatorul electrodinamic* — numit și *dinam*), care produce cîmp magnetic util, și *indusul*, format din înfășurări electrice dispuse în jurul unor miezuri de fier, în care se induc tensiuni electromotoare. În funcție de tipul constructiv, aceste elemente con-

stitutive de bază pot constitui *statorul* (partea fixă) sau *rotorul* (partea mobilă a) mașinii electrice. Dacă la bornele unui generator electric se aplică o diferență de potențial identică cu cea furnizată de acesta în timpul funcționării, asupra rotorului său vor acționa forțe electromagnetice care îl vor roti (în același sens), iar mașina electrică obținută produce astfel lucru mecanic, devenind un motor electric (v.).

Generatoarele electrice se împart în generatoare de curent continuu și de curent alternativ. Dintre acestea, mai des utilizate sînt cele de curent alternativ, în special cele de curent alternativ trifazat. Într-un *generator electric de curent alternativ* (numit și *alternator*), statorul, format din tole de fier cu siliciu (pentru evitarea formării de curenți turbionari), constituie indusul, iar rotorul, compus din magneți sau electromagneți avînd poli magnetici distribuiți alternativ — nord și sud, are rol de inductor. Înfășurarea indusului este montată în partea interioară a statorului în niște canale (numite encoșe). Dacă pe indus sînt dispuse înfășurări decalate între ele cu o distanță unghiulară egală cu cea dintre doi poli magnetici consecutivi ai rotorului, la bornele acestuia (la care sînt conectate, în mod alternativ, aceste înfășurări) se obține o tensiune electrică alternativă. În industrie se întrebunțează aproape exclusiv curentul alternativ trifazat, care se obține prin decalarea înfășurărilor indusului cu  $1/3$  din distanța unghiulară dintre doi poli magnetici consecutivi; capetele acestor înfășurări pot fi legate în stea sau în triunghi. În *generatorul electric de curent continuu*, statorul are rol de inductor, producînd un cîmp magnetic constant, iar rotorul, alcătuit din tole

de fier cu siliciu pe care se bobinează conductori (de cupru) izolați, constituie indusul; capetele spirelor de pe indus sînt conectate la doi semicilindri fixați pe axul acestuia. La rotirea indusului în câmpul magnetic constant al statorului, în spirele sale, străbătute astfel de un flux magnetic variabil, au naștere tensiuni electromotoare de inducție. Curentul electric este colectat prin intermediul a două perii de cărbune fixe (colectorul), ce apasă pe cei doi semicilindri cu care fac contact în mod alternativ; acest curent este pulsant, avînd același sens dar intensitate variabilă. În scopul obținerii unui curent continuu, de intensitate cît mai puțin variabilă în timp, în locul celor doi semicilindri colectori se montează mai multe lamele de cupru izolate (prin tole de mică). Generatoarele electrice electrodinamice pot fi cu excitație separată — la care inductorul este alimentat separat de circuitul indusului, cu excitație în derivație (sau șunt) — la care curentul de alimentare a inductorului se colectează la bornele indusului, cu excitație în serie — în care curentul din indus trece și prin înfășurarea inductorului, și cu excitație mixtă — al cărui inductor posedă două înfășurări, una legată în serie cu indusul, iar cealaltă — în paralel.

Pentru ca generatoarele de curent continuu să furnizeze, în funcție de necesități de ordin practic, maximum de energie în exterior, ele pot fi grupate în serie, în derivație sau mixt.

La *gruparea în serie*, polii de semn contrar ai generatoarelor sînt legați doi cîte doi (fig. 198). Dacă cele  $n$  generatoare grupate sînt identice, avînd aceleași rezistențe interioare  $R_i$  și forțe electromotoare  $E$ , curentul  $I$ , ce trece prin circuitul

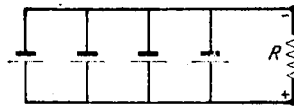


Fig. 198

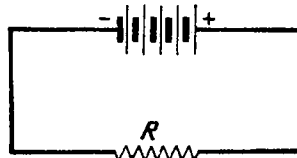


Fig. 199

exterior de rezistență  $R$ , este dat de relația:

$$I = \frac{nE}{nR_i + R},$$

care poate fi scrisă și:  $RI = n(E - IR_i)$ , unde expresia  $E - IR_i$  reprezintă tensiunea  $U$  la bornele unui generator. Rezultă că  $nU - RI$ , adică diferența de potențial aplicată la capetele montajului este mai mare (de un număr de ori egal cu numărul generatoarelor grupate) decît a unui singur generator.

La *gruparea în derivație* (sau *în paralel*) a generatoarelor, polii pozitivi și polii negativi ai acestora sînt legați separat, la bornele de alimentare ale circuitului exterior de rezistență  $R$  (fig. 199). Folosind aceeași notație ca la gruparea în serie, intensitatea curentului din circuitul exterior este:

$$I = \frac{E}{\frac{R_i}{n} + R},$$

ca și cum acesta ar fi debitat de un singur generator a cărui rezistență interioară s-a micșorat de  $n$  ori. În cazul general al *grupării*

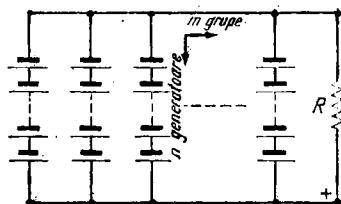


Fig. 200

mixte, sînt montate în paralel \$m\$ grupuri de câte \$n\$ generatoare legate în serie (fig. 200). Forța electromotoare a unui grup de generatoare legate în serie fiind \$nE\$, iar rezistența acestuia \$nR\_i\$, rezistența echivalentă a întregului montaj este  $\frac{nR_i}{m}$ . Intensitatea curentului \$I\$ debitat în circuitul exterior rezultă deci:

$$I = \frac{nE}{\frac{nR_i}{m} + R}$$

Numărul total de generatoare grupate mixt fiind \$K = mn\$, rezultă că \$I\$ se poate scrie:

$$I = \frac{KE m}{KR_i + m^2 R}$$

Valoarea maximă a curentului reiese din condiția  $\frac{dI}{dm} = 0$ , obținându-se:

$$\frac{R}{R_i} = \frac{n}{m}$$

Dacă \$R = R\_i\$, gruparea mixtă cea mai avantajoasă din punct de vedere energetic este obținută atunci cînd \$n = m\$, adică numărul generatoarelor ce intră într-o grupare serie este egal cu numărul grupelor legate în paralel.

**generator electrostatic Van de Graaff v. accelerator.**

**generator magnetohidrodinamic (sau MHD)**, instalație pentru transformarea directă a energiei termice în energie electrică, prin destinderea plasmei într-o regiune supusă cîmpurilor electromagnetice. Această destindere continuă se realizează de obicei prin încălzire, adică pe seama energiei termice. În prezent, se construiesc generatoare MHD de curent continuu liniare (care pot fi cu electrozi compleți sau cu electrozi segmentați) și neliniare, precum și generatoare MHD de curent alternativ. În cel mai simplu model de generator magnetohidrodinamic (de curent continuu), plasma destinsă trece printr-o conductă (fig. 201) în care se află doi electrozi \$E\$. Cîmpul magnetic \$B\$, creat în interiorul conductei de către un electromagnet montat în exterior, acționează asupra sarcinilor electrice de viteză \$v\$; cîmpul electric indus \$v \times B\$ separă sarcinile de semne contrare, curbîndu-le traiectoriile către cei doi electrozi colectori. Legînd acești doi electrozi printr-o rezistență exterioară \$R\$, ea va fi străbătută de un curent electric care, circulînd prin gazul ionizat, va frîna mișcarea sa axială prin conductă (această mișcare se datorește unui puternic gradient de presiune produs prin destinderea plasmei încălzite).

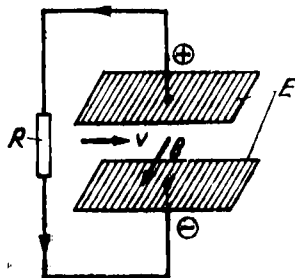


Fig. 201

Transformarea energiei cinetice a jetului de plasmă în energie electrică ar fi totală dacă jetul ar fi complet frinat, ceea ce corespunde unei secțiuni infinite a conductei la ieșire, lucru evident imposibil. În practică, temperatura inițială a fluidului folosit poate atinge valori pînă la 3 000°C, obținindu-se astfel randamente destul de mari (de ordinul 60%). Deoarece regimul de lucru al unui convertizor termioinic (v.) este între temperaturile de 1 000 și 2 500°C, iar cel al generatorului MHD între 2 000—3 000°C, este posibilă cuplarea acestora în serie; gazul aflat inițial la temperatură ridicată poate fi răcit succesiv, printr-un generator MHD și apoi printr-unul termioinic.

**generator termioinic**, convertizor termioinic.

**generator Van de Graaff v. accelerator.**

**geologică**, știința care se ocupă cu studiul fenomenelor fizice de la suprafața și din interiorul Pămîntului și al proprietăților fizice ale elementelor sale constitutive.

**geomagnetism**, capitol al geofizicii, care studiază fenomenele magnetice terestre, precum și distribuția și variația în timp a cîmpului geomagnetic.

**Gheorghiu, Traian** (1887—1968), fizician român, profesor la Universitatea București. M. coresp. al

Acad. Studii în spectroscopie, fotoelectricitate, semiconductori.

**ghid de unde**, sistem de medii ale căror caracteristici determină propagarea unui fascicul de unde electromagnetice în lungul unui anumit traseu, folosit pentru transmiterea acestuia la distanță. În funcție de natura mediului de separare, ghidurile pot fi metalice, dielectrice etc. Axa unui ghid poate fi o curbă oarecare, iar secțiunea transversală a sa — variabilă. Cele mai des utilizate sînt ghidurile metalice umplute cu un dielectric gazos (ex. aer), de secțiune transversală constantă; cîteva exemple de secțiuni ale unor astfel de ghiduri sînt cuprinse în fig. 202. Dimensiunea transversală a unui ghid este de ordinul lungimii de undă a radiației transmise, iar problemele teoretice legate de propagarea acestora se rezolvă cu ajutorul ecuațiilor Maxwell.

**Gibbs** [ghibz], **Josiah Willard** (1839—1903), fizician american. Unul dintre fondatorii mecanicii statistice și termodinamicii chimice. A dezvoltat teoria potențialelor termodinamice și a aplicat-o la studiul echilibrului termodinamic și la termodinamica fluidelor și cristalelor. A cercetat termodinamica fenomenelor electrochimice și a calculat mărimea termodinamică cu ajutorul teoriei statistice a ansamblelor de micro-particule.

**gilbert** (Gb), unitate de măsură tolerată (în sistemul CGS $\mu_0$ ) a



Fig. 202

tensiunii magnetice și magneto-motoare. Reprezintă tensiunea magnetică produsă pe o porțiune cu lungimea de un centimetru a unei linii de cîmp magnetic uniform, a cărui intensitate este de un oersted. Relația de legătură cu unitatea corespunzătoare din SI este:

$$1 \text{ Gb} = 0,794774 \text{ A.}$$

**Gilbert** [ghilbat], William (1544—1603), medic și fizician englez. A pus bazele studiului experimental al fenomenelor electrice și magnetice. A descoperit fenomenul de interacție dintre polii magnetici, fenomenul de magnetizare prin inducție și a studiat magnetismul terestru; a introdus termenii de electricitate, forță electrică și pol magnetic.

**giroscop**, corp rigid avînd o axă de simetrie (cel puțin ternară) care, atunci cînd acesta se rotește în jurul ei, păstrează o direcție fixă în spațiu indiferent de mișcarea (de translație sau de rotație) în care este antrenat corpul. A fost construit în 1852 de J.B.L. Foucault. Este folosit pentru a da direcții fixe unor instrumente (ex. compase giroscopice), în navigație, aviație etc.

**glucometru** v. areometru.

**gol** v. corp solid, defect în cristal.

**goniometru**, aparat folosit în laborator pentru măsurarea unghiurilor (diedre, de deviație etc.). Este alcătuit din următoarele piese principale: o platformă orizontală, circulară, gradată la periferie; o măsuță-suport montată în centrul platformei pe o piesă (alidadă) prevăzută cu un vernier, pentru citirea pe cercul gradat a unghiurilor de rotație a măsuței în planul orizontal; un colimator și o lunetă

situată tot pe platforma orizontală, ale căror poziții pot fi de asemenea reperate pe cercul gradat. Este folosit în fotografie, geodezie și mineralogie (cristalografie), constituind o componentă esențială a teodolitului, tahimetrului, busolei topografice, clinometrului etc.

**grad de degenerescență** v. nivel energetic.

**grad de libertate** v. legea echipartiției energiei.

**grad de omogenitate** v. sistem de unități.

**grad de polarizare** v. polarizare a luminii.

**grad termometric** v. termometrie.

**gradient** (grad,  $\nabla$ ), mărime vectorială reprezentînd variația pe unitatea de lungime într-o anumită direcție, a unei mărimi scalare, egală, în modul, cu derivata parțială corespunzătoare. După natura mărimii scalare poate fi: de presiune, de temperatură, de potențial etc.

**gram** (g), unitate de măsură a masei în sistemul CGS, submultiplu al unității fundamentale din SI:

$$1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg.}$$

**gravitație**, proprietate a corpurilor de a se atrage reciproc, proporțional cu masele lor. V. cîmp gravitațional, legea atracției universale.

**graviton**, particula ipotetică — cuantă a cîmpului gravitațional. Are masa de repaus și sarcina electrică nule, iar spinul egal cu  $2\hbar$  ( $\hbar$  fiind egal cu  $\frac{h}{2\pi}$ , unde  $\hbar$  reprezintă constanta Planck).

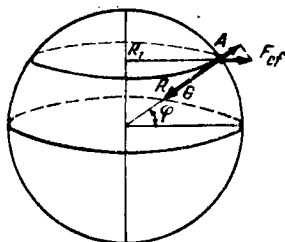


Fig. 203

greutate ( $G$ ), forța cu care sint atrase spre Pământ (sau spre o altă planetă) corpurile aflate în câmpul său gravitațional. Astfel, greutatea unui corp de masă  $m$ , aflat în câmpul gravitațional terestru, este:

$$G = mg,$$

în care  $g$  este accelerația gravitațională. În realitate, greutatea are o valoare diferită de cea definită mai sus. Într-un punct  $A$  (fig. 203), ea are o valoare aparentă  $G_a$  ce reprezintă rezultatul compunerii greutății reale și forței centrifuge de inerție datorată rotației Pământului:

$$G_a = G - (F_{cf})_n,$$

unde  $(F_{cf})_n$  este componenta normală a forței centrifuge. Cum:

$$\begin{aligned} F_{cf} &= \frac{mv^2}{R_1} = \frac{m\omega^2 R_1^2}{R_1} = \\ &= m\omega^2 R \cos \varphi, \end{aligned}$$

iar

$$\begin{aligned} (F_{cf})_n &= m\omega^2 R \cos^2 \varphi = \\ &= \frac{G \omega^2 R}{g_0} \cos^2 \varphi, \end{aligned}$$

în care  $\omega$  este viteza unghiulară de rotație a Pământului și  $g_0$  — accelerația gravitațională pe care

ar avea-o corpurile dacă Pământul ar fi sferic (și fără mișcare de rotație); rezultă:

$$G_a = G \left( 1 - \frac{\omega^2 R}{g_0} \cos^2 \varphi \right).$$

Înlocuind, se obține:

$$\frac{\omega^2 R}{g_0} \approx \frac{1}{289}.$$

Ținând seamă de faptul că Pământul este turtit la poli, greutatea aparentă se poate calcula, pentru diferite latitudini  $\varphi$ , cu ajutorul relației:

$$G_a = G \left( 1 - \frac{1}{191} \cos^2 \varphi \right);$$

la poli ( $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ), ea coincide cu greutatea reală.

greutate atomică, masă atomică.

greutate moleculară, masă moleculară.

greutate specifică (sau volumică,  $\gamma$ ), mărime egală cu limita raportului dintre greutatea  $\Delta G$  a unui element de volum  $\Delta V$  și acesta din urmă, cînd valoarea sa tinde către zero:

$$\gamma = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta G}{\Delta V} = \rho g,$$

în care  $\rho$  este densitatea corpului, iar  $g$  — accelerația gravitațională. În cazul unui corp omogen, este numeric egală cu greutatea unității de volum. În SI se măsoară în newtoni pe metru cub; mai poate fi exprimată în unitățile tolerate: gf/cm<sup>3</sup>, kgf/m<sup>3</sup>, dyn/cm<sup>3</sup>.

Grigorovici, Radu (n. 1911), fizician român. M. coresp. al Acad.

Cercetări în fizica corpului solid, spectroscopie, fotometrie.

grilă v. tub electronic.

**groapă de potențial**, domeniu din spațiu în care energia potențială a unei particule are valori mult mai mici decât în regiunea înconjurătoare. Particula din interiorul gropii de potențial poate părăsi acest domeniu prin efect tunel.

**grosime de înjumătățire** v. parcurs.

**grosiment** ( $G$ ), raportul dintre tangenta trigonometrică a unghiului  $\alpha_2$ , sub care se vede imaginea prin instrumentul optic, și tangenta trigonometrică a unghiului  $\alpha_1$ , sub care se vede obiectul direct, cu ochiul liber, din punctul de observație:

$$G = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1}.$$

Este utilizat pentru caracterizarea instrumentelor optice care dau imagini virtuale. Dacă  $\alpha_1$  și  $\alpha_2$  sînt suficient de mici (în aproximația Gauss), se poate scrie:

$$G \approx \frac{\alpha_2}{\alpha_1}.$$

Pentru obiecte foarte îndepărtate, situate practic la infinit (cum sînt cele privite prin lunete și telescoape), imaginea virtuală privită cu ochiul neacomodat este considerată, de asemenea, la infinit. În cazul obiectelor apropiate (cum sînt cele privite prin lupe și microscopie), expresia grosimentului (numit în acest caz *grosiment convențional*  $G_c$ ) devine:

$$G_c = \frac{\delta \operatorname{tg} \alpha_2}{y_1} \approx \frac{\delta \alpha_2}{y_1},$$

unde  $\delta$  este distanța finită la care se află obiectul, iar  $y_1$  — o dimensiune liniară a lui (ex. înălțimea). De obicei, se consideră  $\delta = 0,25$  m (distanța minimă de vedere cu ochiul neacomodat). În acest caz:

$$G = \frac{P}{4},$$

unde  $P$  este *puterea optică* a instrumentului.

**grup de unde** v. viteză de grup.



# H

**Hahn** [ha:n], **Otto** (1879—1968), fizician german. Membru al Academiei Germane de Științe. A pus în evidență fisiunea uraniului (1939) deschizând perspectiva folosirii energiei nucleare în tehnică. Premiul Nobel pentru chimie (1944).

**Hall** [ho:l], **Edwin Herbert** (1855—1938), fizician american. A descoperit (1880) un fenomen care apare în conductorii sau semiconductorii aflați în câmp magnetic (v. efect Hall).

**halo 1.** Zonă luminoasă din jurul Soarelui sau Lunii formată din cercuri concentrice colorate, datorată refracției și dispersiei luminii în cristalele de gheață sau în picăturile mici de apă din straturile superioare ale atmosferei. Uneori, un anumit rol îl pot juca fenomenele de difracție pe aceste mici particule.

**2.** Zonă luminoasă ce se formează în jurul imaginii fotografice a unui punct. Razele de lumină utilizate la formarea imaginii fotografice în stratul fotosensibil nu sînt absorbite în întregime de acesta; o parte dintre ele, străbătînd stratul, pot suferi o reflexie totală pe suprafața din spate a suportului emulsiei în contact cu aerul. Trezînd din nou prin stratul fotosensibil, lumina va descompune alte cristale de bromură de argint vecine imaginii geometrice dată

de obiectiv, formînd astfel o zonă luminoasă numită *halo de reflexie*. Depărtarea acestei zone de imaginea geometrică depinde de grosimea stratului fotosensibil. Producerea halo-ului poate fi evitată fie prin colorarea în albastru-cenușiu a suportului pe care se află stratul fotosensibil, pentru ca radiațiile să nu se mai reflecte ci să fie absorbite de acesta, fie prin depunerea unei mase gelatinoase colorate pe suprafața suportului (*strat antihalo*), cu același rol absorbant (aceasta dizolvîndu-se, odată cu dezvoltarea și fixarea, în laborator). O parte din lumina neabsorbită în procesul fotochimic poate fi difuzată în toate direcțiile de către cristalele de bromură de argint dispersate în stratul de emulsie. Întîlnind alte cristale de bromură de argint, lumina difuzată provoacă descompunerea lor dînd naștere *halo-ului de difuzie*, care este mai greu de înlăturat dar poate fi redus prin folosirea emulsiilor cu granulație foarte fină și prin micșorarea grosimii stratului fotosensibil.

**hamiltoniană**, funcția Hamilton.

**hectar** (ha), unitate de măsură pentru suprafețe, multiplu al metrului pătrat:

$$1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2.$$

**Heisenberg** [hâizenberg], **Werner** (n. 1901), fizician german din R.F.G. Membru al Academiei Germane de Științe. Creatorul mecanicii cuantice în forma matricială. A stabilit (1927) relațiile de nedeterminare, a dat o teorie cuantică a feromagnetismului și, împreună cu N. Bohr, a elaborat principiul complementarității, folosit în interpretarea fenomenelor cuantice. Autor al unei teorii a particulelor elementare, precum și al unor lucrări cu privire la forțele nucleare și razele cosmice. Premiul Nobel (1932).

**heliu lichid** v. suprafluiditate.

**Helmholtz** [hélmholtz], **Hermann von** (1821—1894), fizician și fiziolog german. A elaborat (1847) teoria matematică a principiului conservării energiei; a dezvoltat teoria mișcării turbionare a fluidelor. În acustică are lucrări legate de fiziologia auzului. A explicat (1862) timbrul sunetelor prin suprapunerea diferitelor armonice (v. rezonator Helmholtz).

**henry (H)**, unitate de măsură în SI a inducției. Reprezintă inducția unui circuit electric format dintr-o spirală care, fiind străbătut de un curent continuu cu intensitatea de un amper, produce un flux magnetic propriu de un weber.

**Hepites**, **Ștefan** (1851—1922), fizician român. Academician. Lucrări în climatologie, geofizică, astronomie și seismologie.

**heptodă** v. tub electronic.

**hertz** (sau **ciclu pe secundă, Hz**), unitate de măsură a frecvenței. Reprezintă frecvența unui fenomen periodic, a cărui perioadă este de o secundă. În practică sînt des-

utilizați mulțiplicii săi: kilohertz (1kHz = 10<sup>3</sup>Hz), megahertz (1MHz = 10<sup>6</sup>Hz) și gigahertz (1GHz = 10<sup>9</sup>Hz).

**Hertz** [herț], **Gustav** (n. 1887), fizician german din R.F.G. Membru al Academiei Germane de Științe. Împreună cu J. Franck a efectuat, în 1913, o serie de experiențe prin care a pus în evidență caracterul discontinuu al energiei atomilor (v. experiențele Franck-Hertz). A mai studiat izotopii stabili, descărcările în gaze, ultrasunetele și semiconductorii. Premiul Nobel (1925).

**Hertz** [herț], **Heinrich** (1857—1894), fizician german. A verificat experimental teoria electromagnetică a lui Maxwell, descoperind existența undelor electromagnetice (v. rezonator Hertz). A stabilit (1887) influența luminii ultraviolete asupra descărcărilor electrice, inițiind studiul efectului fotoelectric extern.

**hexodă** v. tub electronic.

**hidrodinamică** v. dinamica fluidelor.

**hidrosonicitate** v. sonicitate.

**hidrostatică** v. statica fluidelor.

**higrometrie**, ramură a fizicii moleculare și a meteorologiei care se ocupă cu măsurarea cantității de apă din atmosferă. Această măsurare se poate face fie determinînd umiditatea atmosferică, fie *presiunea actuală*  $p_v$  a vaporilor de apă din aer. Pentru calculul umidității atmosferice absolute  $m_0$ , se folosește de obicei relația:

$$m_0 = \rho_0 \frac{p_v}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T},$$

unde  $p_0$  este densitatea vaporilor de apă la temperatura  $T_0 = 273,15$  K și presiunea  $p_0 = 760$  Torr, iar  $T$  — temperatura aerului. Presiunea actuală a vaporilor este limitată de *presiunea maximă* pe care o pot avea vaporii din atmosferă (adică presiunea vaporilor saturați) mărime ce depinde de temperatură. Umiditatea atmosferică relativă se exprimă prin raportul, evaluat în procente, dintre presiunea actuală și cea a vaporilor saturați  $p_s$  și este numeric egală cu raportul dintre umiditatea absolută a aerului și masa  $m_{os}$  a vaporilor saturați aflați într-un metru cub, la aceeași temperatură:

$$U = 100 \frac{p_v}{p_s} = 100 \frac{m_0}{m_{os}} ;$$

această mărime este o măsură a *stării higrometrice* (sau de *umiditate*) a aerului. Alături de ea, este definită o mărime numită *deficit higrometric* (sau de *saturație*), de care depinde viteza de evaporare a apei în atmosferă.

Pentru măsurarea mărimilor higrometrice, se folosesc instrumente numite *higrometre* (chimice, cu fir de păr și de condensare) și *psihrometre*. Higrometrele chimice se bazează pe absorbția de către o substanță chimică a vaporilor dintr-un volum cunoscut, cele cu fir de păr pe proprietatea părului degresat de a se alungiatunci cînd absoarbe vaporii de apă, iar cele de condensare pe determinarea punctului de aburire (sau de rouă), astfel că, răcind un corp în aerul atmosferic, el se va aburi la temperatura pentru care presiunea vaporilor este egală cu presiunea vaporilor saturați. Cu ajutorul psihrometrelor se stabilește viteza de evaporare a apei, care depinde de deficitul higrometric.

**higrometru** v. *higrometrie*.

**hipersarcină** v. *particulă elementară*.

**hipersunet**, ultrasunet de frecvență foarte înaltă ( $10^3$ — $10^4$  MHz). Poate fi produs prin efect piezoelectric invers la cristale de cuarț cu grosimi de ordinul zecilor de microni, sau este obținut ca efect secundar la propagarea fasciculelor laser printr-un mediu material.

**histerezis**, *isterezis*.

**holografie**, procedeu de obținere a imaginilor în relief (*holograme*) cu ajutorul unor fascicule de lumină coerentă (laser), fără vreun obiectiv fotografic. În urma interferenței dintre razele laser difuzate de obiectivul holografiat și cele ale unui fascicul auxiliar la nivelul stratului fotosensibil, pe placa fotografică este înregistrat un sistem de franje de interferență. Pentru reproducerea imaginii obiectului, placa trebuie „citită” tot în lumina coerentă provenită de la un laser; modulînd din nou fasciculul de raze laser, holograma oferă o imagine în relief care, spre deosebire de fotografiile stereo obișnuite (unde senzația de profunzime se obține doar după o singură direcție), este mult mai completă (senzația realizîndu-se după un număr mare de direcții).

**Hooke** [huc], **Robert** (1635—1703), fizician englez. Membru al Societății Regale din Londra. A descoperit legea deformațiilor elastice (v. legea Hooke). În același timp cu Newton, a susținut că forța de atracție dintre Soare și planete este invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele.

**Hulubei**, **Horia** (n. 1895), fizician

român. Academician, profesor la Universitatea București. Lucrări în domeniile spectroscopiei optice (în special al efectului Raman), spectroscopiei razelor X și  $\gamma$ , fizicii nucleare.

**Hurmuzescu, Dragomir** (1865 — 1954), fizician român. Cunoscut pentru cercetările sale din domeniul electricității și a fizicii razelor X. A construit electroscopul care-i poartă numele, folosit în studiul ionizărilor și proceselor radioactive și a măsurat constanta electrodinamică (1895).

**Huygens** [h'ügəns], **Christiaan** (1629—1695), fizician, matematician și astronom olandez. Membru al Academiei de Științe din Paris și al Societății Regale din Londra. A elaborat prima teorie ondulatorie a luminii cu ajutorul căreia a explicat fenomenul de birefringență; a formulat un principiu (v. principiul Huygens) care a făcut posibilă înțelegerea fenomenului de difracție a undelor. Teoria pendulului și teoria forței centrifuge, elaborate de el, au contribuit la dezvoltarea mecanicii clasice. A construit numeroase dispozitive mecanice și optice.

iconoscop (sau tub videocaptor), tub electronic folosit în televiziune pentru transformarea semnalelor luminoase, provenite de la punctele cu iluminări diferite ale unei imagini, în impulsuri de tensiune. Se compune dintr-un balon de sticlă cu vid înaintat, conținând în interior un ecran în planul căruia se formează imaginea optică reală a obiectului televizat. Pe suprafața iluminată a ecranului există un mozaic de celule fotoelectrice microscopice, iar în spatele lui, placa (electrodul) de semnalizare. Un fascicul electronic de baleiaj, provenit de la un tun electronic montat de asemenea în interiorul tubului, explorează întregul mozaic într-o anumită ordine, cu o viteză destul de mare (cel puțin 15 explorări complete ale ecranului, pe secundă). Înainte de a fi atinsă de fasciculul de electroni, fiecare microcelulă fotoelectrică are o sarcină pozitivă mai mică sau mai mare, în funcție de iluminarea imaginii în acel loc. Între celule și placa de semnalizare există tensiuni diferite care, la trecerea fasciculului electronic, dau naștere la impulsuri de curent diferite, proporționale cu iluminările imaginii; amplificarea și utilizarea acestora ca semnal modulator face posibilă transmiterea imaginilor optice, sub formă de unde electromagnetice.

**ignitor v. ignitron.**

**ignitron**, tub redresor monoanodic cu descărcare în vapori de mercur, având un electrod auxiliar de aprindere numit *ignitor*. Este format dintr-un tub vidat, de sticlă sau de metal, în interiorul căruia se află o baie de mercur (catodul), un anod, un ignitor și o serie de grile protectoare. Ignitorul aprinde descărcarea după fiecare perioadă a tensiunii redresate, în momentele în care ea trece prin valoarea zero. Procedeu se numește *ignitie*. O variantă perfecționată a ignitronului este *excitronul*, la care pata catodică, o dată aprinsă, are o existență continuă în timpul funcționării; aceasta se realizează cu ajutorul unor anodi auxiliari de excitație.

**ignitie v. ignitron.**

**iluminare (luminoasă  $E, E_v$ )**, mărime fotometrică ce caracterizează suprafețele iluminate, reprezentând limita raportului dintre fluxul luminos  $\Delta\Phi$ , incident pe o suprafață elementară, și aria  $\Delta A$  a suprafeței respective, cînd aceasta din urmă tinde către zero:

$$E = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi}{\Delta A} = \frac{d\Phi}{dA}.$$

În cazul unui flux uniform distribuit, este numeric egală cu fluxul luminos incident pe unitatea de

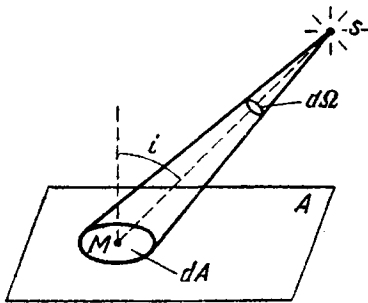


Fig. 204

suprafață. Unitatea de măsură în SI este luxul.

În măsurătorile fotometrice, este des utilizată expresia iluminării  $E$ , produsă de un izvor punctiform  $S$  de intensitate  $I$  într-un punct  $M$  al unei suprafețe  $A$ , aflat la distanța  $r$  de izvor (fig. 204). Dacă  $d\Phi$  este fluxul luminos din interiorul unghiului solid  $d\Omega$  ce mărginește elementul diferențial de arie  $dA$ , considerat în jurul punctului  $M$ , din relațiile  $E = \frac{d\Phi}{dA}$ ,  $d\Phi = Id\Omega$

(unde  $I$  este intensitatea izvorului  $S$ ), rezultă:

$$E = \frac{Id\Omega}{dA}$$

Notînd cu  $i$  unghiul de incidență al fasciculului îngust  $d\Phi$  în punctul  $M$  și cunoscînd  $d\Omega = \frac{dA \cos i}{r^2}$ , expresia de mai sus devine:

$$E = \frac{I \cos i}{r^2}$$

Așadar, iluminarea scade cu distanța la pătrat și cu creșterea oblicității fasciculului față de suprafața iluminată. În tehnica ilu-

minatului, studiul acestei mărimi, măsurarea și repartizarea ei judicioasă sînt esențiale pentru desfășurarea în bune condiții a diverselor forme de activitate. Astfel, iluminarea corespunzătoare cititului trebuie să fie între 50 și 100 lx, iar iluminările produse de Soare în plină zi de vară și de luna plină este de aprox. 100 000 lx și, respectiv, de cca. 0,025 lx. V. cantitate de iluminare.

**iluminare energetică** (sau iradiere,  $E_e$ ), mărime egală cu limita raportului dintre fluxul energetic  $\Delta P$  incident pe o suprafață elementară și aria  $\Delta A$  a acestei suprafețe, cînd ultima tinde către zero:

$$E_e = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} = \frac{dP}{dA}$$

În cazul unui flux uniform repartizat, este numeric egală cu fluxul energetic incident pe unitatea de suprafață. În SI se măsoară în wați pe metru pătrat. Iluminarea energetică a suprafeței Pămîntului produsă de Soare poartă numele de *constantă solară*.

**imagine (optică)**, figură formată la intersecția direcțiilor de propagare ale razelor provenite de la un obiect, după ce acestea au străbătut un sistem optic. Este *reală* sau *virtuală*, după cum este obținută direct cu razele emergente sau prin prelungirea acestora. În funcție de poziția obiectului față de sistemul optic și de natura sistemului (convergent, divergent), imaginea poate fi mai mare sau mai mică decît obiectul, dreaptă sau răsturnată. Imaginile reale pot fi examinate direct pe placa fotografică sau prin proiectarea lor pe un ecran. În cazul imaginilor reale obținute cu fluxuri de particule (ex. electroni), examinarea este posibilă prin proiectarea lor

pe un ecran fluorescent (ex. imaginile date de microscopul electronic sau de televizor). Imaginea virtuală poate fi examinată numai direct, cu ochiul în prelungirea razelor de lumină care formează, astfel, o imagine reală pe retină. Intrucât, pentru o examinare optimă, ochiul trebuie să privească neacomodat, imaginea virtuală trebuie așezată la o distanță mai mare decît distanța minimă de citire (de aprox. 0,25 m) și, de preferință, la infinit. Deși imaginile examinate cu ochiul liber (atît cele reale cît și cele virtuale), fiind formate în planul retinei, sînt imagini plane, se poate obține totuși senzația de relief cu dispozitive (ex. stereoscop) ce folosesc proprietățile vederii binoculare. Senzația de relief este aproape completă în cazul examinării hologramelor în lumina coerentă provenită de la un laser.

**imagine latentă v. fotografie.**

**imersie v. microscop.**

**impedanță ( $Z$ ),** mărime caracteristică unui circuit electric de curent alternativ, egală cu raportul dintre tensiunea eficace la bornele unui circuit electric prin care trece un curent alternativ și intensitatea eficace a acestuia. În SI se măsoară în ohmi. Poate fi calculată cu ajutorul expresiei:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2},$$

în care  $R$ ,  $L$  și  $C$  sînt rezistența, inductanța și, respectiv, capacitatea circuitului, iar  $\omega$  — pulsația curentului alternativ care îl străbate.

**impedanță mecanică v. oscilație forțată.**

**imponderabilitate,** stare a corpurilor asupra cărora nu acționează forțe gravitaționale. În sens larg, stare a unui corp a cărui greutate a fost anihilată de alte forțe (ex. în navele cosmice care se rotesc în jurul Pământului, greutatea corpurilor sînt anihilate de forțele centrifuge).

**imprecizie v. relații de nedeterminare.**

**impuls (mecanic sau cantitate de mișcare,  $K$ ,  $p$ ),** mărime vectorială reprezentată prin produsul dintre masa  $m$  și viteza  $v$  a unui corp:

$$K = mv.$$

În SI are unitatea de măsură kilogram-metru pe secundă.

**impuls al forței (percuție, impuls instantaneu sau elementar,  $Fdt$ ),** mărime vectorială exprimată prin produsul dintre forța  $F$  care acționează asupra unui corp și  $dt$  — durata acestei acțiuni. În conformitate cu legea a doua a dinamicii

$$F = m \frac{dv}{dt} \quad (m \text{ fiind masa corpului,}$$

iar  $v$  — viteza sa), impulsul elementar este:

$$F dt = mdv.$$

Dacă se integrează această relație, se obține *impulsul total* al forței:

$$\int_{t_1}^{t_2} F dt = \int_{v_1}^{v_2} m dv = mv_2 - mv_1,$$

egal, deci, cu variația impulsului mobilului (*teorema impulsului*). Impulsul elementar are direcția forței ce-l produce și aceleași unități de măsură cu impulsul (mecanic).

**impuls electric**, variația bruscă, de scurtă durată și într-un anumit sens, a uneia dintre mărimile (ex. tensiune, intensitate etc.) caracteristice unui circuit electric, urmată de revenirea acesteia (fără oscilații apreciabile) la valoarea inițială.

**impuls elementar**, impuls al forței.

**impuls instantaneu**, impuls al forței.

**impulsuri generalizate** ( $p_i$ ), mărimi asociate sistemelor de puncte materiale în mecanica analitică, definite prin relația:

$$p_i = \frac{\partial L}{\partial q_i},$$

în care  $L$  este funcția Lagrange,  $q_i$  — vitezele generalizate. În general, nu au dimensiuni de impuls. Sînt folosite la scrierea funcției și a ecuațiilor Hamilton.

**incertitudine** v. relații de incertitudine.

**incidentă**, faptul că un fascicul de radiații (numit *incident*) întâlnește suprafața de separare a două medii diferite. Unghiul dintre normala la suprafață și direcția fascicului poartă numele de *unghi de incidență*.

**încompresibilitate**, proprietate a unor corpuri de a nu-și modifica volumul sub acțiunea presiunii exterioare. Cînd presiunea ia valori mici (de ordinul atmosferelor), lichidele și solidele pot fi considerate practic incompresibile. Datorită unei densități foarte mari ( $10^{18}$  kg/m<sup>3</sup>), nucleele atomilor rămîn incompresibile la presiuni de ordinul a milioane de atmosfere.

**indice de absorbție** ( $\kappa$ ), constantă caracteristică unui mediu omogen,

pentru o radiație monocromatică de anumită lungime de undă  $\lambda$ . Este definit cu ajutorul relației:

$$I = I_0 e^{-\frac{4\pi}{\lambda} \kappa x},$$

unde  $I_0$  și  $I$  sînt, respectiv, intensitățile radiației înainte și după parcurgerea distanței  $x$  prin mediul respectiv. Dacă  $\lambda_0$  este lungimea de undă în vid a radiației considerate, evident:

$$I = I_0 e^{-\frac{4\pi n}{\lambda_0} \kappa x},$$

unde  $n$  este indicele de refracție al mediului.

**indice de modulație** v. modulație.

**indice de refracție (absolut,  $n$ )**, raportul dintre vitezele de propagare al unei unde în vid ( $c$ ) și într-un anumit mediu omogen ( $v$ ). Este egal cu raportul dintre sinusul unghiului de incidență  $i_1$  și sinusul unghiului de refracție  $i_2$ , ale unei ce trece din vid într-un anumit mediu omogen:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\sin i_1}{\sin i_2}.$$

Valoarea indicelui de refracție depinde de lungimea de undă a radiației (v. dispersie). Notînd cu  $n_1$  și  $n_2$  indicii de refracție absoluți a două medii în contact, raportul

$$n = \frac{n_2}{n_1}$$

se numește *indice de refracție relativ* al mediului 2 (în care se află raza refractată) față de mediul 1 (în care se află raza incidentă). În cazul mediilor puternic absorbante, se folosește deseori *indicele de refracție complex*:

$$n = 1 - j\kappa,$$



unde  $\alpha$  este indicele de absorbție al mediului, iar  $j = \sqrt{-1}$ ; această mărime este întilnită, de exemplu, în optica metalelor.

**Inductanță ( $L$ )**, mărime ce caracterizează producerea fenomenului de inducție electromagnetică într-un circuit electric. Este egală cu raportul dintre fluxul magnetic  $\Phi$  prin conturul unui circuit și intensitatea  $I$  a curentului electric care produce acest flux:

$$L = \frac{\Phi}{I}.$$

Unitatea sa de măsură în SI este henry-ul. După cum fluxul  $\Phi$  aparține curentului electric ce străbate circuitul considerat sau un alt circuit distinct,  $L$  poartă numele de *inductanță proprie* (sau *coeficient de autoinducție*) sau de *inductanță mutuală* (sau *coeficient de inducție mutuală*, notat și cu  $M$ ). Inductanța proprie a unei bobine cu  $N$  spire, de lungime  $l$  și secțiune  $S$  (al cărei diametru este mult mai mic decât lungimea), este dată de relația:

$$L = \frac{4 \pi \mu N^2 S}{l},$$

unde  $\mu$  este permeabilitatea miezului de fier din interiorul bobinei. În cazul a două bobine, de inductanțe proprii  $L_1$  și  $L_2$  (ex. ale unui transformator), situate la distanță foarte mică, se poate face aproximația că fluxul primei bobine este consumat integral de cealaltă, rezultând egalitatea dintre inductanțele lor mutuale  $M_{12}$  și, respectiv,  $M_{21}$ :

$$M_{12} = M_{21} = \sqrt{L_1 L_2}.$$

**inductor** v. generator electric, motor electric.

**inducție** (sau **deplasare**) **electrică** (**D**), mărime vectorială egală cu produsul dintre permitivitatea  $\epsilon$  a unui mediu și intensitatea câmpului electric **E** în acel mediu:

$$D = \epsilon E.$$

Este densitatea de flux electric (v.) măsurată pe unitatea de suprafață normală la liniile de câmp electric. În SI se măsoară în coulombi pe metru pătrat. V. câmp electromagnetic, teorema Gauss.

**inducție electromagnetică**, apariția unei tensiuni electromotoare într-un circuit electric, datorită variației în timp a fluxului magnetic (numit *inductor*) care străbate conturul circuitului. Intensitatea de producere a fenomenului depinde de mărimea inductanței circuitului. În cazul *inducției proprii* (v. autoinducție) fluxul magnetic inductor este creat de curentul electric ce trece prin circuitul respectiv; dacă acest flux este creat de curentul electric care trece prin alte circuite, fenomenul poartă numele de *inducție mutuală*. Legătura între fenomenele electrice și cele magnetice a fost observată pentru prima oară de H.C. Oersted în 1920, care a constatat devierea acului magnetic în apropierea unui conductor străbătut de curent electric. M. Faraday a descoperit (1831) inducția electromagnetică, utilizând un dispozitiv experimental (fig. 205) format dintr-un inel de fier pe care sint înfășurate două

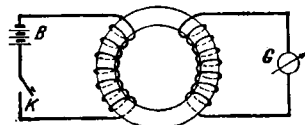


Fig. 205

bobine (*experiența Faraday*). Una dintre înfășurări este conectată la un galvanometru  $G$ , iar cealaltă — la o sursă de curent continuu  $B$ . De cite ori întrerupătorul  $K$ , înseriat cu sursa  $B$ , închide sau deschide circuitul electric al acesteia, producând astfel variația fluxului magnetic prin bobină, galvanometrul  $G$  indică prezența unui curent electric în cealaltă bobină. Sensul curentului indus este dat de *regula Fleming (a mîinii drepte sau a celor trei degete)*. Conform acestei reguli, dacă se țin primele trei degete ale mîinii drepte în direcții perpendiculare, degetul arătător indicînd sensul cîmpului magnetic, degetul mare — direcția de deplasare a conductorului ce face să varieze fluxul prin suprafața conturului, atunci degetul mijlociu arată sensul curentului indus. Acest curent este astfel încît fluxul său magnetic se opune variației fluxului inductor (*legea Lenz*), iar tensiunea electromotoare *indusă*  $E$  este proporțională cu viteza  $\frac{d\Phi}{dt}$  a acestei variații:

$$E = - \frac{d\Phi}{dt};$$

această relație reprezintă expresia matematică a *legii Faraday-Neumann*. Variația fluxului magnetic inductor se poate datora fie variației locale a inducției magnetice (ex.: în transformatoare), fie mișcării conturului străbătut de curent într-o direcție care intersectează linii de cîmp magnetic (ex.: în generatoarele și motoarele electrice). V. ecuații Maxwell.

**inducție electrostatică**, influență electrostatică.

**inducție magnetică** ( $B$ ), mărime vectorială fundamentală ce carac-

terizează cîmpul magnetic într-un anumit mediu, egală cu produsul dintre permeabilitatea  $\mu$  a mediului și intensitatea  $H$  a cîmpului magnetic:  $B = \mu H$ . Este densitatea de flux magnetic măsurată pe o suprafață normală la liniile de cîmp magnetic. Relația care definește mărimea inducției magnetice este expresia forței electromagnetice  $dF$  exercitată de cîmpul magnetic asupra unui element de curent de lungime  $dl$  și de intensitate  $I$ :

$$dF = I dl \times B.$$

Unitățile sale de măsură sînt tesla (în SI) și gauss (în sistemul CGS $\mu_0$ ). V. ecuații Maxwell.

**indus** v. generator electric, motor electric.

**inertanță** v. oscilație forțată.

**inertie 1.** Proprietate a punctelor (corpurilor) materiale ce aparțin unui sistem inerțial, de a-și păstra starea de repaus sau de mișcare uniformă și rectilinie, în absența oricărei forțe (sau cînd rezultanta forțelor exterioare este nulă). V. masă inertă, forță de inertie, moment de inertie.

**2.** Proprietate a unui sistem fizic de a prezenta un timp de relaxare mare, referitor la o anumită mărime a sa (ex. tensiune electrică, temperatură etc.).

**influență** (sau **inducție**) **electrostatică**, modificare a distribuției sarcinilor electrice într-un conductor sub acțiunea unui cîmp electric exterior, ducînd la separarea sarcinilor de semne contrare.

**infraroșu**, domeniu spectral corespunzător radiațiilor infraroșii. V. lumină, undă electromagnetică.

**Infrasunet**, sunet a cărui frecvență este mai mică de 20 Hz. Are influențe fiziologice asupra organismului uman, dar nu este perceput de ureche.

**Intensitate a cîmpului electric (E)**, mărime vectorială ce caracterizează cîmpul electric, egală cu limita raportului dintre forța  $F$  care acționează asupra unei sarcini electrice  $q$  (situată în vid sau într-un canal vidat, în interiorul corpului considerat, ale cărui dimensiuni sînt extrem de mici iar axa sa este paralelă cu direcția polarizației electrice), și aceasta din urmă, cînd valoarea sarcinii tinde către zero:

$$E = \lim_{q \rightarrow 0} \frac{F}{q}.$$

Unitatea de măsură în SI este voltul pe metru. V. inducție electrică, cîmp electromagnetic.

**Intensitate a cîmpului gravitațional v. cîmp gravitațional.**

**Intensitate a cîmpului magnetic (H)**, mărime vectorială ce caracterizează cîmpul magnetic creat de magneti permanenți sau de curenți electrice, care nu depinde de proprietățile magnetice ale mediului. În SI se măsoară în amperi (sau amper-spire) pe metru. Este numeric egală cu tensiunea magnetică la distanța de un metru, considerată în sensul liniilor de cîmp. Intensitatea  $dH$  a cîmpului magnetic produs într-un punct de un element de curent situat în vid este egală cu:

$$dH = \frac{I}{4\pi} \left[ dl \times \frac{r}{r^3} \right],$$

unde  $r$  este distanța punctului considerat pînă la elementul de conductor de lungime  $dl$ , străbătut de curentul electric de intensitate  $I$ . Această relație exprimă *legea Biot-*

*Savart* sub formă vectorială. Dacă forma conductorului este cunoscută, legea permite determinarea intensității cîmpului magnetic creat de acesta într-un punct al spațiului ce-l înconjoară; conform acestei legi, intensitatea cîmpului magnetic într-un punct situat la distanța  $r_0$  de un conductor infinit este:

$$H = \frac{I}{2\pi r_0}.$$

Notînd cu  $r$  raza unei spire și cu  $I$  — intensitatea curentului ce trece prin ea, se găsește că intensitatea cîmpului magnetic în centrul spirei este

$$H = \frac{I}{2r}.$$

Considerînd o bobină formată din  $n$  spire (fiecare spiră creează în centrul său un cîmp magnetic de intensitate  $H = \frac{I}{2r}$ ),

cele  $n$  spire produc în centrul bobinei un cîmp magnetic de intensitate:  $H = \frac{nI}{2r}$ , unde  $r$  este raza

bobinei, iar  $I$  — intensitatea curentului prin bobină. Dacă se notează cu  $n_0$  numărul de spire pe unitatea de lungime ale unui solenoid folosit pentru obținerea cîmpurilor magnetice, conform legii Biot-Savart,  $H = n_0 I$ . V. cîmp electromagnetic.

**Intensitate a curentului electric (sau curent electric,  $I$ ,  $i$ )**, mărime fundamentală în SI, egală numeric cu limita raportului dintre sarcina electrică  $\Delta q$  ce străbate un conductor și intervalul de timp  $\Delta t$  corespunzător, cînd acesta din urmă tinde către zero:

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}.$$

Reprezintă fluxul densității de curent. Unitatea sa de măsură este amperul, ales drept unitate fundamentală în SI.

Circuitele de curent alternativ sînt caracterizate de *intensitatea eficace*, numeric egală cu intensitatea unui curent electric continuu care, trecînd prin rezistența  $R$ , produce în același interval de timp degajarea aceleiași cantități de căldură ca și curentul alternativ de intensitate maximă  $I_0$ . Energia electrică ce se transformă în căldură într-o rezistență ohmică străbătută de un curent alternativ este  $dW = RI^2 dt$  (unde  $I$  este intensitatea momentană a curentului, iar  $dt$  — intervalul de timp considerat). Cunoșcînd  $I = I_0 \sin \omega t$ , energia consumată în timp de o perioadă  $T$  este:

$$W = \int_0^T RI_0^2 \sin^2 \omega t dt = \frac{I_0^2}{2} RT$$

( $\omega$  fiind pulsația curentului electric). Expresia  $\frac{I_0}{\sqrt{2}} = I_{ef}$  dă valoarea intensității eficace a curentului electric alternativ.

**intensitate a fluxului de particule** v. flux de particule.

**intensitate a liniei spectrale** v. linie spectrală.

**intensitate acustică** v. intensitate de radiație.

**intensitate auditivă**, tărie.

**intensitate de magnetizare**, magnetizație.

**intensitate de polarizare electrică**, polarizație electrică.

**intensitate de radiație** (sau densitate a fluxului de energie radiantă,  $I$ ), mărime egală cu limita raportului dintre fluxul de energie radiantă  $\Delta P$ , care străbate un element de suprafață normal pe direcția fluxului și aria  $\Delta A$  a

elementului, cînd valoarea acestei arii tinde către zero:

$$I = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A} = \frac{dP}{dA}$$

În SI se măsoară în wați pe metru pătrat.

În cazul propagării unei unde electromagnetice plane progresive, intensitatea de radiație poate fi exprimată prin produsul dintre densitatea de energie radiantă  $w$  și viteza de propagare a energiei (egală, în cazul unui mediu nedispersiv, cu viteza de fază  $c$ ):

$$I = wc.$$

Mărimea sa este egală cu modulul vectorului *Poynting-Umov*  $S$  definit ca produs vectorial:

$$S = E \times H$$

( $E$  și  $H$  fiind intensitățile cîmpului electric și, respectiv, magnetic), ale cărui direcție și sens coincid cu cele ale propagării undelor electromagnetice.

În cazul undelor acustice, de frecvență  $\nu$  și densitate de energie radiantă  $w$ , care se propagă cu viteza  $v$  într-un mediu elastic de densitate  $\rho$ , *intensitatea acustică* este:

$$I = 2 \pi^2 \nu^2 a^2 \rho v = wv,$$

unde  $a$  este amplitudinea de vibrație a punctelor materiale ale mediului, la care a ajuns unda. În funcție de viteza maximă  $u_{max}$  de oscilație a particulelor mediului, intensitatea acustică devine:

$$I = \frac{1}{2} u_{max} \rho v,$$

iar în funcție de presiunea sonoră maximă  $p_{max}$ , este:

$$I = \frac{1}{2} \frac{p_{max}^2}{\rho v}.$$

În cazul sunetelor, mărimea astfel definită poartă numele de *intensitate sonoră*.

**Intensitate de radieră, intensitate energetică.**

**Intensitate energetică (de radieră sau radiantă de izvor  $I_e, I$ ),** mărime egală cu limita raportului dintre fluxul energetic  $\Delta P$ , emis de o sursă punctiformă într-un unghi solid elementar  $\Delta\Omega$ , din jurul unei anumite direcții, și acesta din urmă, când valoarea sa trece către zero:

$$I_e = \lim_{\Delta\Omega \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta\Omega} = \frac{dP}{d\Omega}.$$

În SI se măsoară în wați pe steradian. Dacă sursa radiantă este izotropă, intensitatea este numeric egală cu fluxul emis în unitatea de unghi solid:

$$I_e = \frac{P}{\Omega}.$$

În acest caz, fluxul energetic total  $P_t$  emis de izvor este:

$$P_t = 4\pi I_e.$$

Caracterizează izvorul emițător de unde electromagnetice, iar nu propagarea acestora, în acest sens deosebindu-se calitativ de intensitatea de radiație.

**Intensitate luminoasă ( $I$ ),** mărime fotometrică fundamentală (în SI), ce caracterizează sursele punctiforme (de dimensiuni neglijabile în raport cu distanța pînă la punctul în care se face observația). Dacă fluxul luminos  $\Phi$  emis de o sursă este uniform repartizat în unghiul solid  $\Omega$ , intensitatea este numeric egală cu fluxul lumi-

nos emis în unitatea de unghi solid:

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}.$$

În general, intensitatea unui izvor variază cu direcția de emisie. De aceea valoarea sa este:

$$\lim_{\Delta\Omega \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega} = \frac{d\Phi}{d\Omega},$$

$d\Omega$  reprezentînd elementul diferențial de unghi solid, considerat în jurul unei anumite direcții. Unitatea de măsură în SI a intensității luminoase este candela.

**intensitate radiantă de izvor, intensitate energetică.**

**intensitate sonoră v. intensitate de radiație.**

**interacție,** influență reciprocă între două particule, sisteme de particule sau corpuri. Se poate manifesta sub forme variate, dintre care cele mai importante se datoresc forțelor (de atracție) gravitaționale și celor (de atracție sau de respingere) care iau naștere în prezența cîmpurilor electromagnetice. Sin. *interacțiune*.

**interferență,** fenomen de suprapunere în același punct din spațiu a două sau mai multe unde provenite de la surse reale sau virtuale. După cum sursele de unde sînt coerente sau nu, interferența este însoțită de fenomene conexe diferite; ea este staționară în cazul surselor coerente și nestaționară în cealaltă situație. În cazul suprapunerii a două unde de pulsații puțin diferite, apare fenomenul bătăilor și interferența este cvasi-staționară. Dacă frecvența bătăilor este mare, interferența este nestaționară.

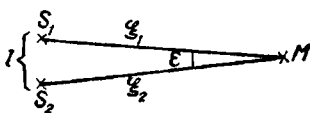


Fig. 206

Fenomenele ce apar prin suprapunerea într-un punct a două sau mai multe unde armonice, în conformitate cu principiul Huygens, pot fi caracterizate parțial prin rezultatele compunerii oscilațiilor pe aceeași direcție. Dacă se consideră două unde de aceeași pulsație  $\omega$  și număr de undă  $k$ , provenite de la sursele punctiforme  $S_1$  și  $S_2$ , în punctul  $M$ , aflat la distanță mare de surse, astfel încît  $S_1M$  și  $S_2M \gg l$ ,  $\epsilon \cong 0$  (fig. 206); undele de amplitudine  $a_1$  și  $a_2$ , care au parcurs distanțele  $\xi_1$  și  $\xi_2$ , sînt practic plane, avînd ecuațiile:

$$\psi_1 = a_1 \cos(\omega t - k\xi_1)$$

$$\psi_2 = a_2 \cos[\omega t - k\xi_2 - \alpha(t)],$$

unde  $\alpha(t)$  este diferența de fază între cele două surse, în general variabilă în timp. Unda rezultantă va fi tot o undă armonică cu pulsația  $\omega$ , de ecuație:

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 = a \cos(\omega t - \Delta\varphi),$$

în care:

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos[k(\xi_1 - \xi_2) + \alpha(t)]$$

și

$$\operatorname{tg}\Delta\varphi = \frac{a_1 \sin k\xi_1 + a_2 \sin[k\xi_2 - \alpha(t)]}{a_1 \cos k\xi_1 + a_2 \cos[k\xi_2 - \alpha(t)]}.$$

Se observă că intensitatea  $I$  a undei, fiind proporțională cu pătratul amplitudinii ( $I = Ca^2$ ), depinde de diferența de fază:

$$\Delta\varphi = k(\xi_1 - \xi_2) + \alpha(t),$$

iar aceasta este legată direct de diferența

$$\delta = \xi_1 - \xi_2,$$

care poartă numele de *diferență de drum*. Amplitudinea rezultantă  $a$  este în funcție de poziție și timp. Se deosebesc două cazuri distincte, pentru care fenomenul de interferență prezintă aspecte calitativ diferite:

1) *interferență staționară* [ $\alpha(t) = \text{const.}$ ]. În acest caz, diferența de fază inițială nu variază în timp, sursele fiind coerente, iar undele generate — unde coerente. Amplitudinea undei rezultante, numită *undă staționară*, este o funcție periodică de poziția punctului în care se consideră interferența. Pentru  $\alpha = \text{const} = 0$ , amplitudinea ia valoarea maximă dacă

$$\Delta\varphi = k\delta = \pm 2n\pi, \text{ sau } \delta = \pm 2n \frac{\lambda}{2},$$

$a = a_1 + a_2$ , și valoarea minimă  $a = |a_1 - a_2|$ , pentru  $\delta = \pm (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$ . În cazul în care

$a_1 = a_2 = a_0$ , amplitudinea maximă este  $a = 2a_0$ , iar amplitudinea minimă este nulă. În jurul celor două surse  $S_1$  și  $S_2$  există o mulțime de puncte pentru care

$$\delta = \pm 2n \frac{\lambda}{2}, \text{ locul lor geome-$$

tric fiind o familie de hiperboloizi cu două pinze, cofocali, ale căror focare sînt punctele  $S_1$  și  $S_2$  (fig. 207, a). Într-un plan  $\pi$  paralel cu dreapta  $S_1S_2$ , pinzele hiperboloizilor vor da liniile de maximă intensitate (fig. 207, b), numite și *franje de interferență*. Dacă  $\alpha \neq 0$ , sistemul de franje apare deplasat. La interferența staționară a două unde plane în lungul direcției ce unește sursele

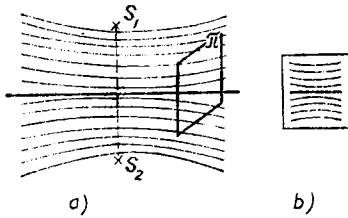


Fig. 207

( $\varepsilon = \pi$ ), toate rezultatele obținute rămân valabile. Dacă amplitudinile celor două unde sînt egale, punctele de maxim se numesc *ventre*, iar cele de minim (nul), *noduri*. Aceeași soluție se obține și atunci cînd a doua undă nu provine de la altă sursă, ci ia naștere prin reflexia primei unde. Dacă  $S$  este sursa undelor directe (fig. 208),

$$\psi_d = a_0 \cos(\omega t - kx),$$

unde  $x$  este distanța  $SP$  pînă la punctul  $P$  considerat; după reflexia pe suprafața  $\Sigma$ , tot în  $P$  va ajunge unda reflectată în  $N$ ,

$$\psi_r = a_0 \cos[\omega t - k(2l - x) - \varphi],$$

în care  $\varphi$  este o diferență de fază suplimentară, introdusă prin reflexie. Amplitudinea rezultantă în  $P$  va fi:

$$a = 2a_0 \cos \left[ k(l - x) + \frac{\varphi}{2} \right],$$

care nu depinde de timp. Dacă punctul  $N$  este fix (mediul reflectant fiind mai dens), adică  $a_N = 0$ ,  $\varphi = \pi$ ; reflexia în aceste

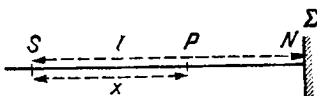


Fig. 208

condiții introduce o diferență de fază suplimentară, egală cu  $\pi$ , echivalentă cu o diferență de drum  $\delta = \frac{\pi}{k} = \frac{\lambda}{2}$ . Dacă punctul  $N$  este

liber (mediul reflectant fiind mai puțin dens),  $\varphi = 0$ , deci reflexia nu introduce un defazaj suplimentar.

2) *interferență nestaționară* [ $\alpha(t) \neq \text{const}$ ]. În acest caz, amplitudinea și intensitatea undelor variază în timp, sursele nu sînt coerente și undele, de asemenea. Dacă  $\alpha(t)$  este o funcție oarecare de timp ce variază rapid și întîmplător cu acesta, interferența este nestaționară. De aceea, nu are sens decît intensitatea medie  $\langle I \rangle$  a unei rezultante la distanța  $\delta$  de sursă, media făcîndu-se pentru un interval de timp  $\tau$  mare:

$$\begin{aligned} \langle I \rangle &= \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} I(\delta, t) dt = \\ &= \frac{1}{\tau} c \int_0^{\tau} \{ a_1^2 + a_2^2 + \\ &\quad + 2a_1 a_2 \cos[k\delta - \alpha(t)] \} dt = \\ &= ca_1^2 + ca_2^2 + \\ &\quad + \frac{2a_1 a_2}{\tau} c \int_0^{\tau} \cos[k\delta - \alpha(t)] dt. \end{aligned}$$

Ultima integrală este nulă în cazul de față, căci  $\alpha(t)$  variază rapid, iar  $\tau$  este mare, deci:

$$\langle I \rangle = I_1 + I_2 = \text{const.}$$

În cazul interferenței a două unde armonice cu pulsații diferite, de ecuații:

$$\begin{aligned} \psi_1 &= a_1 \cos(\omega_1 t - k\xi_1) \\ \psi_2 &= a_2 \cos(\omega_2 t - k\xi_2), \end{aligned}$$

în care  $\alpha(t) = 0$ , amplitudinea unei variază periodic în timp, între o valoare maximă  $a_1 + a_2$

și o valoare minimă  $|a_1 - a_2|$ , cu frecvența  $\nu = \nu_2 - \nu_1$ . Această variație în timp a amplitudinii de oscilație a unui punct material al unui mediu, atins de două unde cu pulsații diferite, constituie fenomenul de *bătăi*. Interferența este *cvasistaționară* dacă  $\nu$  este mic și *nestaționară* dacă  $\nu$  este mare. V. oscilație.

**interferență a luminii**, ansamblu de fenomene ce apar la întâlnirea a două sau mai multe unde luminoase. În cazul interferenței staționare (v. interferență) a undelor provenite de la două surse punctiforme coerente, situate la distanța  $l$ , *interfranja* (distanța dintre două maxime de interferență consecutive) este în primă aproximație:

$$i = \frac{\lambda D}{l},$$

unde  $\lambda$  este lungimea de undă a luminii emise de cele două izvoare, iar  $D$  — distanța de la planul acestora pînă la planul ecranului pe care se examinează interferența. La utilizarea luminii monocromatice, cîmpul de interferență este brăzdat de franje luminoase și franje complet întunecate; la interferența în lumină albă, franjele apar colorate. În funcție de dimensiunile surselor coerente, fenomenul de interferență poate să apară într-o regiune finită, mai mică sau mai mare, a spațiului. Interferența undelor emise de izvoare întinse de lumină, produsă cu ajutorul lamelor transparente (sau semitransparente), poate fi examinată în două moduri: fie așezînd izvorul la o distanță finită de lamă și observînd interferența (pe retina ochiului, a razelor paralele — interferență localizată la infinit), fie cu izvorul situat

la infinit, care trimite, în acest caz, raze paralele pe lamă (interferență localizată pe suprafața lamei). Interferența staționară poate avea loc atît în lumină naturală (nepolarizată), cît și în lumină polarizată. În funcție de diferența de fază dintre oscilațiile vectorilor electrici ai razelor polarizate, se poate obține lumină eliptic, circular și liniar polarizată (v. oscilație).

Între fazele undelor electromagnetice emise de un atom excitat nu există nici un fel de relație permanentă pe o durată mai mare de  $10^{-8}$  s (timpul cît durează emisia unui tren de unde). Avînd o inerție fiziologică de ordinul unei zecimi de secundă, timp în care recepționează aproximativ zece milioane de impulsuri luminoase, ochiul omenesc nu poate observa interferența staționară a două fascicule de lumină provenite de la izvoare independente. În cazul a doi laseri, datorită faptului că toți atomii emit în fază, timpul în care diferența de fază a undelor emise este menținută constantă poate fi mult mai mare de  $10^{-8}$  s. Diferența dintre frecvențele lor se poate pune în evidență cu ajutorul a două celule fotoelectrice obișnuite, fiind posibilă detectarea cu ușurință a pulsației bătailor produse de cei doi laseri. Dacă aceasta este foarte mică, se pot obține bătai atît de lente, încît succesiunea acestora poate fi urmărită ușor cu ochiul liber, pe un ecran de proiecție care devine periodic luminat și întunecat.

**interferență a sunetelor**, fenomen de suprapunere a undelor sonore însoțit de fenomene caracteristice, tipice interferenței staționare (maxime și minime de intensitate, unde staționare cu noduri și ventre etc.), sînd la baza unor metode



de determinare a vitezei și a lungimii de undă a sunetelor. V. interferență, tub Kundt și tub König.

**interferometrie**, ansamblu de tehnici și metode de măsurare, bazate pe interferența undelor electromagnetice. Prin metode interferometrice pot fi măsurate cu mare precizie dimensiuni liniare ca: lungimi, grosimi, alungiri (dilatări), precum și indici de refracție etc. Interferometria prezintă aplicații atât în tehnică și industrie, cât și în știință — la cercetarea structurii atomilor și nucleelor atomice sau a anumitor procese fizice din interiorul unor corpuri solide, lichide sau gazoase (neutre sau ionizate).

**interferometru**, aparat de măsurat sau de control, bazat pe fenomenul de interferență a luminii. Poate determina cu mare precizie distanțe și indici de refracție. După numărul de fascicule care interferează, interferometrele pot fi cu două fascicule și cu fascicule multiple. *Interferometrele cu două fascicule* (ex. Jamin, Rojdestvenski-Bădărău, Michelson, microinterferometrul Linnik etc.) formează două unde luminoase coerente prin despicarea în două a frontului de undă incident. Cele două fascicule parcurg drumuri optice diferite, în funcție de tipul interferometrului și de natura mediilor optice studiate, apoi se intersectează, formând un sistem de franje de interferență staționară. *Interferometrele cu fascicule multiple* (ex. Fabry-Pérot, Tolansky, lama Lummer-Gehrke etc.) formează un număr mare de unde coerente, ca urmare a unor reflexii și refracții multiple în interiorul lor. Franjele de interferență sînt, în cazul acesta, mult mai fine decît cele obținute cu două fascicule.

**interferometru acustic**, instrument pentru determinarea vitezei de propagare a sunetelor într-un fluid, bazat pe fenomenul de interferență staționară a undelor sonore coerente; ex: tubul König și tubul Kundt.

**interfranță** v. interferență a luminii.

**interstițiu** v. sistem optic concentrat.

**invariant Abbe** v. dioptru.

**invariant Lagrange-Helmholtz** v. dioptru.

**inversie** v. efect Joule-Kelvin.

**inversie de populație**, fenomen cuantic potrivit căruia numărul  $N_2$  al particulelor dintr-un corp aflate în starea superioară de energie  $E_2$  este mai mare decît numărul  $N_1$  al particulelor aflate într-o stare inferioară de energie  $E_1$ . La echilibrul termodinamic caracterizat prin temperatura  $T$  (totdeauna pozitivă în termodinamica clasică),  $N_2 < N_1$ , conform relației Boltzmann:

$$N_2 = N_1 e^{-\frac{E_2 - E_1}{kT}},$$

în care cele două stări energetice au aceeași pondere statistică. Prin simpla încălzire a corpului nu este posibilă realizarea inversiei de populație ( $N_2 > N_1$ ), oricît de mult ar fi ridicată temperatura între 0 și  $\infty$ . Dacă, pe o cale (netermică (v. pompa) optic), se realizează o inversie ( $N_2 > N_1$ ), aceasta duce la valori negative pentru temperatura  $T$ , corespunzătoare celor două stări energetice, ceea ce

se observă ușor în relația de mai sus, logaritmată:

$$T = \frac{E_2 - E_1}{k \ln \frac{N_2}{N_1}}$$

Prin ipoteză  $E_2 > E_1$ , deci, dacă și  $N_2 > N_1$ , atunci temperatura corespunzătoare  $T$  va deveni negativă. Stările în care  $N_2 < N_1$ , pentru  $E_2 > E_1$  se numesc stări cuantice cu temperatură pozitivă; sistemele cu astfel de stări absorb radiația electromagnetică de frecvență  $\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$ . Stările în care

$N_2 > N_1$  pentru  $E_2 > E_1$  se numesc stări cuantice cu temperatură negativă; sistemele corespunzătoare amplifică radiația electromagnetică cu frecvența de mai sus. În fig. 209 este dată o schemă calitativă a variației temperaturii  $T$  a corpului cu energia  $W$  a radiației incidente; pe fiecare nivel sînt reprezentate schematic particulele ( $N_1$  și  $N_2$ ) aflate în cele două stări energetice ( $E_1$  și  $E_2$ ).

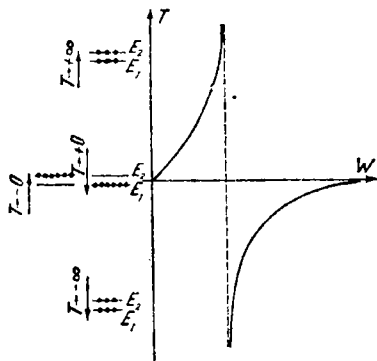


Fig. 209

**Ioffe, Abraham Flodorovici** (1880—1960), fizician sovietic. Membru al Academiei de Științe a U.R.S.S. A elaborat lucrări importante în domeniul fizicii corpului solid, studiind proprietățile mecanice ale cristalelor și proprietățile electrice ale semiconductorilor și dielectricilor.

**Ionescu, Aurel** (1902—1954), fizician român, profesor la Universitatea din Cluj. Cercetări în domeniile spectroscopiei, mecanicii ondulatorii, electrolizei.

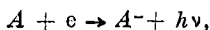
**Ionescu, Theodor** (n. 1899), fizician român. Academician, profesor la Universitatea București. A studiat absorbția undelor electromagnetice în gazele ionizate; a efectuat cercetări asupra proceselor din ionosferă și asupra plasmei.

**ion**, particulă încărcată electric pozitiv (*cation*) sau negativ (*anion*), de ordinul de mărime al atomilor și moleculelor, a cărei sarcină (în valoare absolută) este un multiplu întreg al sarcinii elementare egal cu diferența dintre numărul de protoni și cel de electroni constituenți. Fenomenul de asociere a ionilor de sarcini diferite ducând la formarea de particule neutre se numește *recombinare*. V. mobilitate, ionizare.

**ionizare**, proces de formare a ionilor într-un mediu. Se poate produce în întreg volumul acestuia prin ciocnirea atomilor săi cu electronii, particule grele sau fotoni (*fotoionizare*), sau prin ciocniri neelastice de genul al doilea. Pentru producerea unei ionizări este necesară o anumită cantitate de energie, numită energie de ionizare; dacă aceasta este exprimată în electronvolți, va-

loarea sa este numeric egală cu potențialul de ionizare. Astfel, un electron accelerat în vid poate ioniza un atom al cărui potențial de ionizare este  $V_i$ , dacă energia sa cinetică  $\frac{mv^2}{2}$  este cel puțin egală cu  $eV_i$ . Dacă un atom excitat (în urma interacției cu un electron) este ionizat de către un alt electron incident (care îndepărtează electronul de pe nivelul excitat al atomului), ionizarea se numește *cumulativă* (sau *în trepte*). Ionii negativi se pot forma prin:

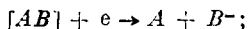
— captarea radiativă a unui electron  $e$  de către atomul  $A$ :



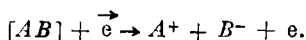
unde  $A^-$  este ionul negativ format, iar  $h\nu$  — cuanta de energie emisă, egală cu suma afinității electronice  $eV_a$ , și a energiei cinetice a electronului incident:

$$h\nu = \frac{mv^2}{2} + eV_a;$$

— captarea unui electron de către molecula  $[AB]$ , în urma căreia aceasta se disociază:



— disocierea directă a moleculei  $[AB]$  de către un electron accelerat  $\vec{e}$ :



Ionizarea produsă de un electron (*primar*) accelerat, avînd energia cinetică cel puțin egală cu energia de ionizare a atomului țintă se numește *primară*. În urma acestui proces, pe lângă electronul primar incident, devenit electron lent, mai apare încă un electron (*secundar*), care a fost expulzat din

atom. Dacă acesta din urmă are o energie suficient de mare, poate produce o nouă ionizare, numită *secundară*. Numărul mediu de ionizări produse de un electron pe unitatea de lungime, într-un gaz aflat la o presiune egală cu unitatea, constituie *ionizarea diferențială* (sau *relativă*,  $\alpha_i$ ); de obicei aceasta se măsoară în unități tolerate  $\text{cm}^{-1} \text{ Torr}^{-1}$ .

Procesul de ionizare a unor atomi neutri, produs la ciocnirea lor cu suprafața unui solid, se numește *ionizare superficială*. Dacă energia de ionizare  $eV_i$  a atomului incident satisface condiția  $eV_i \leq \Phi$ , unde  $\Phi$  este lucrul mecanic de extracție al electronului din suprafața metalică considerată, atomul se reîntoarce în mediul din care a plecat transformat în ion pozitiv; dacă  $eV_i \gg \Phi$ , acesta captează un electron de conducție din metal, transformîndu-se în ion negativ. V. parcurs, ciocnire neelastică de genul întii.

*ionizare specifică* ( $Y_m$ ), raportul dintre numărul de ionizări  $N$ , produse de un fascicul de radiații ionizante, și masa  $m$  a substanței iradiate:

$$Y_m = \frac{N}{m}.$$

Unitatea sa de măsură în SI este unu pe kilogram.

*ipoteza de Broglie* v. undă asociată.

*iradiere, iluminare energetică.*

*iraser* (<engl. **infrared amplification by stimulated emission of radiation** — „amplificarea razelor infraroșii prin emisia stimulată a radiației”), dispozitiv de tipul laserului și inaserului, care emite în domeniul infraroșu.

isterezis (histerezis), fenomen ireversibil prezentat de unele substanțe supuse unei variații a parametrilor externi, constând în faptul că unei anumite valori a acestor parametri îi pot corespunde două valori ale parametrilor interni, după sensul (de creștere sau descreștere al) variației. Se produce când valoarea mărimilor caracteristice unui sistem fizic depinde de evoluția anterioară a sistemului. V. ciclul de isterezis.

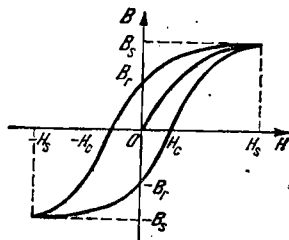


Fig. 210

**isterezis electric**, isterezis prezentat de parametrii inducție electrică și polarizație electrică ai substanțelor feroelectrice la variația cîmpului electric exterior, la anularea cărui aceste mărimi au valori diferite de zero.

**isterezis magnetic**, isterezis prezentat de parametrii inducție magnetică și magnetizație ai substanțelor feromagnetice la variația cîmpului magnetic exterior, la anularea cărui aceste mărimi au valori diferite de zero. Apare datorită proceselor ireversibile de rotație ale vectorului magnetizație spontană, precum și datorită întirzierilor deplasării frontierelor dintre domeniile de magnetizare spontană și a celor de creștere a germinilor de magnetizare. Dacă se trasează variația inducției magnetice  $B$  a unei substanțe feromagnetice în funcție de intensitatea cîmpului magnetic exterior  $H$ , se obține *curba de histerezis* (fig. 210). Inducția magnetică de saturație  $\pm B_s$  corespunde celor două valori ale intensității cîmpului magnetic extern  $\pm H_s$ . După variația intensității cîmpului magnetic extern între  $\pm H_s$  și zero, corpul păstrează o inducție magnetică remanentă  $\pm B_r$ . Valoarea  $\pm H_c$ , pe care trebuie să o aibă intensitatea cîmpului

magnetic astfel încît inducția magnetică să se anuleze, se numește *cîmp* (sau *forță*) *coercitiv* ( $\bar{a}$ ). În funcție de aceasta și de inducția remanentă, materialele feromagnetice se împart în: materiale feromagnetice moi, caracterizate prin valori mici ale cîmpului coercitiv și ale inducției remanente, și materiale magnetice dure, caracterizate prin valori mari ale acestora.

**isterezis mecanic**, isterezis al corpurilor deformabile care se caracterizează prin menținerea deformației după ce tensiunile mecanice au revenit la valoarea zero.

**izobară**, curbă ce reprezintă variația parametrilor termodinamici ai unui sistem într-o transformare izobară.

**izobari**, atomi care au același număr de masă  $A$ , însă diferă prin numărul atomic  $Z$ . În general, dacă numerele atomice a două astfel de elemente diferă cu o unitate, izobarul mai instabil trece, prin dezintegrare beta, în izobarul stabil. Numerele atomice ale perechilor de izobari stabili diferă cu două unități; sint

Tabelul 16

A	Perechea		A	Perechea		A	Perechea	
36	<sup>16</sup> S	<sup>18</sup> Ar	104	<sup>44</sup> Ru	<sup>46</sup> Pd	152	<sup>62</sup> Sm	<sup>64</sup> Gd
40	<sup>18</sup> Ar	<sup>20</sup> Ca	106	<sup>46</sup> Pd	<sup>48</sup> Cd	154	<sup>62</sup> Sm	<sup>64</sup> Gd
46	<sup>20</sup> Ca	<sup>22</sup> Ti	108	<sup>46</sup> Pd	<sup>48</sup> Cd	156	<sup>64</sup> Gd	<sup>66</sup> Dy
48	<sup>20</sup> Ca	<sup>22</sup> Ti	110	<sup>48</sup> Pd	<sup>48</sup> Cd	158	<sup>64</sup> Gd	<sup>66</sup> Dy
54	<sup>24</sup> Cr	<sup>26</sup> Fe	112	<sup>48</sup> Cd	<sup>50</sup> Sn	160	<sup>64</sup> Gd	<sup>66</sup> Dy
58	<sup>26</sup> Fe	<sup>28</sup> Ni	113	<sup>48</sup> Cd	<sup>46</sup> In	162	<sup>66</sup> Dy	<sup>68</sup> Er
64	<sup>28</sup> Ni	<sup>30</sup> Zn	114	<sup>48</sup> Cd	<sup>50</sup> Sn	164	<sup>66</sup> Dy	<sup>68</sup> Er
70	<sup>30</sup> Zn	<sup>32</sup> Ge	116	<sup>48</sup> Cd	<sup>50</sup> Sn	168	<sup>68</sup> Er	<sup>70</sup> Yb
74	<sup>32</sup> Ge	<sup>34</sup> Se	120	<sup>50</sup> Sn	<sup>52</sup> Te	170	<sup>68</sup> Er	<sup>70</sup> Yb
76	<sup>32</sup> Ge	<sup>34</sup> Se	122	<sup>50</sup> Sn	<sup>52</sup> Te	174	<sup>70</sup> Yb	<sup>72</sup> Hf
78	<sup>34</sup> Se	<sup>36</sup> Kr	123	<sup>51</sup> Sb	<sup>52</sup> Te	176	<sup>70</sup> Yb	<sup>72</sup> Hf
80	<sup>34</sup> Se	<sup>36</sup> Kr	126	<sup>52</sup> Te	<sup>54</sup> Xe	180	<sup>72</sup> Hf	<sup>74</sup> W
82	<sup>34</sup> Se	<sup>36</sup> Kr	128	<sup>52</sup> Te	<sup>54</sup> Xe	184	<sup>74</sup> W	<sup>76</sup> Os
84	<sup>36</sup> Kr	<sup>38</sup> Sr	132	<sup>54</sup> Xe	<sup>56</sup> Ba	186	<sup>74</sup> W	<sup>76</sup> Os
86	<sup>36</sup> Kr	<sup>38</sup> Sr	134	<sup>54</sup> Xe	<sup>56</sup> Ba	190	<sup>76</sup> Os	<sup>78</sup> Pt
92	<sup>40</sup> Zr	<sup>42</sup> Mo	138	<sup>56</sup> Ba	<sup>58</sup> Ce	192	<sup>76</sup> Os	<sup>78</sup> Pt
94	<sup>40</sup> Zr	<sup>42</sup> Mo	142	<sup>58</sup> Ce	<sup>60</sup> Nd	196	<sup>78</sup> Pt	<sup>80</sup> Hg
98	<sup>42</sup> Mo	<sup>44</sup> Ru	144	<sup>60</sup> Nd	<sup>62</sup> Sm	198	<sup>78</sup> Pt	<sup>80</sup> Hg
100	<sup>42</sup> Mo	<sup>44</sup> Ru	148	<sup>60</sup> Nd	<sup>62</sup> Sm	204	<sup>80</sup> Hg	<sup>82</sup> Pb
102	<sup>44</sup> Ru	<sup>46</sup> Pd	150	<sup>60</sup> Nd	<sup>62</sup> Sm			

Tabelul 17

A	Triada			A	Triada		
50	<sup>22</sup> Ti	<sup>23</sup> V	<sup>24</sup> Cr	130	<sup>52</sup> Te	<sup>54</sup> Xe	<sup>56</sup> Ba
96	<sup>40</sup> Zr	<sup>42</sup> Mo	<sup>44</sup> Ru	136	<sup>54</sup> Xe	<sup>56</sup> Ba	<sup>58</sup> Ce
124	<sup>50</sup> Sn	<sup>52</sup> Te	<sup>54</sup> Xe				

cunoscute 59 de astfel de *perechi*. (v. tabelul 16).

În afară de aceștia, există cinci grupuri de câte trei izobari numite *triade* (v. tabelul 17).

**izocoră**, curbă ce reprezintă legătura între variațiile parametrilor

termodinamici ai unui sistem într-o transformare izocoră.

**izocronism**, proprietate a unor fenomene periodice de a se repeta în mod identic, după un același timp numit perioadă (ex. izocro-

nismul micilor oscilații ale pendulului matematic).

**izolator**, dielectric.

**izomeri** v. izomerie nucleară.

**izomerie nucleară**, posibilitatea existenței unor specii atomice izotope și izobare, numite *izomeri*, dar care se deosebesc, în același timp, prin însușirile lor radioactive. Diferențierile sînt determinate de configurațiile diferite ale aceluiași nucleoni în interiorul nucleului, rezultate adesea în urma excitării nucleare care însoțește ciocnirile neelastice cu particule alfa, deuteroni, protoni, neutroni rapizi etc. Modelul în pături al nucleului poate explica fenomenul de izomerie nucleară, pornind de la observația că acesta apare la nuclee cu nivelele aproape complete (pentru valori ale numărului neutronilor  $N$  și ale celui atomic  $Z$  apropiate de numerele magice), în care numărul cuantic  $l$  al stărilor excitate diferă cu cîteva unități de cel al stării fundamentale. În acest caz, probabilitatea de tranziție din aceste stări (numite metastabile) în cea fundamentală este foarte mică; un nucleu aflat într-o stare metastabilă constituie un izomer al nucleului aflat în starea fundamentală. Sînt cunoscute cinci tipuri de astfel de tranziții (numite *izomere*) ale nucleelor care prezintă izomerie nucleară:

— de tipul întâi — din starea metastabilă în starea fundamentală, cu expulzarea de cuante  $\gamma$  sau de electroni prin conversie internă; exemple de izomeri ce suferă astfel de transformări sînt  $^{115}\text{In}^m$ ,  $^{87}\text{Sr}^m$ ;

— de tipul doi — din starea metastabilă în starea fundamentală, urmată de o dezintegrare beta;

— de tipul trei — ce au loc, nu numai din starea metastabilă în starea fundamentală însoțite de emisia de cuante  $\gamma$  sau de electroni prin conversie internă, ci nucleul excitat poate suferi și o dezintegrare  $\beta$  (electronică, pozitronică sau captură  $K$ );

— de tipul patru — care au loc printr-o dezintegrare  $\beta$ , nucleele transformîndu-se în nucleele izobare vecine;

— de tipul cinci — ce se produc cînd o pereche izomeră (nucleu în stare fundamentală — nucleu excitat) se transformă într-o nouă pereche izomeră.

Se cunosc peste 150 perechi de izomeri, dintre care majoritatea au nuclee par-impare, impar-pare sau impar-impare și numai cîteva sînt de tipul par-pare. În cadrul sistemului periodic, izomerii se concentrează în anumite regiuni (pentru care  $N$  și  $Z$  au valori apropiate de numerele magice), formînd așa-numitele *insule de izomerie*. Izomerii nucleelor ușoare au viață medie scurtă (mai mică de o secundă) și apar începînd cu completarea treptată a păturilor doi și trei.

**izospin**, spin izotopic.

**izotermă**, curbă ce reprezintă legătura între variațiile parametrilor termodinamici ai unui sistem, într-o transformare izotermă.

**izotopi**, atomi ale căror nuclee sînt constituite din același număr de protoni (avînd deci aceeași proprietăți chimice), dar diferă prin numărul de neutroni. Se cunosc cca. 300 izotopi stabili și mai mult de 1 000 — instabili, care prezintă radioactivitate (*radioizotopi*), majoritatea elemen-

telor avînd doi sau mai mulți izotopi. Ex.:

— hidrogen:  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^2_1\text{H}$ ,  ${}^3_1\text{H}$ ;

— carbon:  ${}^{12}_6\text{C}$ ,  ${}^{13}_6\text{C}$ ,  ${}^{14}_6\text{C}$ ;

— oxigen:  ${}^{16}_8\text{O}$ ,  ${}^{17}_8\text{O}$ ,  ${}^{18}_8\text{O}$ ;

— cobalt:  ${}^{59}_{27}\text{Co}$ ,  ${}^{60}_{27}\text{Co}$ ;

— stronțiu:  ${}^{88}_{38}\text{Sr}$ ,  ${}^{89}_{38}\text{Sr}$ ,  ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ ,  ${}^{91}_{38}\text{Sr}$ ,  ${}^{92}_{38}\text{Sr}$ ,  ${}^{93}_{38}\text{Sr}$ ,  ${}^{94}_{38}\text{Sr}$ ,  ${}^{97}_{38}\text{Sr}$ ;

— uraniu:  ${}^{238}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{235}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{234}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{233}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{232}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{231}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{230}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{229}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{228}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{227}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{226}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{225}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{224}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{223}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{222}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{221}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{220}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{219}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{218}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{217}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{216}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{215}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{214}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{213}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{212}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{211}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{210}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{209}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{208}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{207}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{206}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{205}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{204}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{203}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{202}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{201}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{200}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{199}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{198}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{197}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{196}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{195}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{194}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{193}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{192}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{191}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{190}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{189}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{188}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{187}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{186}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{185}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{184}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{183}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{182}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{181}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{180}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{179}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{178}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{177}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{176}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{175}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{174}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{173}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{172}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{171}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{170}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{169}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{168}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{167}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{166}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{165}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{164}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{163}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{162}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{161}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{160}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{159}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{158}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{157}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{156}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{155}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{154}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{153}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{152}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{151}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{150}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{149}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{148}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{147}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{146}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{145}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{144}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{143}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{142}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{141}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{140}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{139}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{138}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{137}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{136}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{135}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{134}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{133}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{132}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{131}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{130}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{129}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{128}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{127}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{126}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{125}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{124}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{123}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{122}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{121}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{120}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{119}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{118}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{117}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{116}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{115}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{114}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{113}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{112}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{111}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{110}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{109}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{108}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{107}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{106}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{105}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{104}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{103}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{102}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{101}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{100}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{99}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{98}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{97}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{96}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{95}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{94}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{93}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{92}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{91}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{90}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{89}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{88}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{87}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{86}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{85}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{84}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{83}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{82}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{81}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{80}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{79}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{78}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{77}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{76}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{75}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{74}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{73}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{72}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{71}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{70}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{69}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{68}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{67}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{66}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{65}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{64}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{63}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{62}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{61}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{60}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{59}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{58}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{57}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{56}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{55}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{54}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{53}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{52}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{51}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{50}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{49}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{48}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{47}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{46}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{45}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{44}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{43}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{42}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{41}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{40}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{39}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{38}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{37}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{36}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{35}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{34}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{33}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{32}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{31}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{30}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{29}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{28}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{27}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{26}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{25}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{24}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{23}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{22}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{21}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{20}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{19}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{18}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{17}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{16}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{15}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{14}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{13}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{12}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{11}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{10}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{9}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{8}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{7}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{6}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{5}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{4}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{3}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{2}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{1}_{92}\text{U}$ .

Izotopii unui anumit element sînt caracterizați cu ajutorul mărimii abundență izotopică a cărei valoare poate fi determinată cu ajutorul spectrografelor de masă.

**izotropie**, însușire a corpurilor de a avea proprietăți fizico-mecanice, electrice, optice, magnetice etc., independente de direcția considerată.

**împrăștiere**, fenomen de răspîndire în toate direcțiile a unui fascicul de radiații ce străbate un mediu care prezintă neomogenități. Sin. *difuzie* (2).

**împrăștiere (sau difuzie) a luminii**, fenomen care se produce la interacția luminii cu substanța, caracterizat printr-o anumită distribuție unghiulară a intensității unui fascicul de lumină, după ce aceasta a străbătut un mediu turbure (ceață, o soluție coloidală, un lichid cu particule în suspensie etc.). Poate fi interpretată ca rezultînd din difracția luminii pe neomogenitățile de dimensiuni mici. Variația intensității luminii difuzate cu lungimea de undă  $\lambda$  este:

$$I \sim \frac{f(\lambda)}{\lambda},$$

unde  $f(\lambda)$  este o funcție de distribuție a sursei de lumină. Această relație de proporționalitate arată că lumina cu lungime de undă mică difuzează mai mult; de aceea, după o direcție perpendiculară pe direcția de propagare a luminii incidente, culoarea luminii (difuzate) este albastruie. Notînd cu  $I_{\pi/2}$  intensitatea fascicului difuzat sub un unghi drept față de direcția fascicului incident, distribuția unghiulară  $I(\theta)$  a intensității luminii împrăștiate este:

$$I(\theta) = I_{\pi/2} (1 + \cos^2\theta).$$

Reprezentarea grafică a acestei funcții se numește *diagrama* (sau *indicatoarea*) *difuziei*. În urma împrăstierii, lumina este polarizată, direcția vectorului electric fiind perpendiculară pe planul care conține direcția fascicului incident și direcția de observație. Aceste considerente sînt valabile pentru toate cazurile în care dimensiunile particulelor difuzate sînt mici în comparație cu lungimea de undă a luminii folosite (mai mici decît  $\lambda/5 - \lambda/10$ ). Dacă mediul turbure conține particule „mari“, ale căror dimensiuni sînt comparabile cu lungimea de undă, lumina difuzată lateral este mai „săracă“ în radiații de lungimi de undă scurte și doar parțial polarizată, iar diagrama difuziei nu mai este simetrică, ci depinde de dimensiunea, forma și natura particulelor difuzante.

Împrăștierea luminii cauzată de fluctuațiile statistice ale densității unui mediu lichid, gazos sau solid omogen poartă numele de *efect Rayleigh* (sau *difuzie moleculară a luminii*). Prezența neomogenităților optice, reprezentînd abateri statistice ale proprietăților mediului de la o anumită valoare medie, face ca fenomenul de difuzie a luminii să apară chiar și în cazul unor medii foarte pure, lipsite de orice particule străine. În toate cazurile,



intensitatea luminii difuzate este foarte slabă (pe unitatea de volum difuzează o fracțiune de  $10^{-6}$ — $10^{-7}$  din energia fasciculului primar) și poate fi observată ușor în apropierea stării critice a substanței (la opalescența critică). Pe baza acestui fenomen, este explicată culoarea albastră a cerului: flucuațiile statistice permanente ale densității aerului formează centre de perturbație, care difuzează mai puternic radiațiile cu lungime de undă mai mică — albastre și violete. Această împrăștiere a fost studiată de M. Smoluhovschi și E.I. Mandelștam.

Împrăștierea caracterizată prin apariția, în lumina difuzată, a unor radiații cu frecvențe diferite de frecvența radiației primare poartă numele de *efect Raman* (sau *difuzie combinată a luminii*). Aceasta este pusă în evidență atunci când lumina incidentă este monocromatică sau alcătuită dintr-un număr de radiații monocromatice distincte. În spectrul luminii împrăștiate fiecare linie spectrală corespunde unei frecvențe  $\nu_0$  a radiației incidente este însoțită de o serie de linii spectrale (numite *sateliți*)  $\nu'$ ,  $\nu''$ ,  $\nu'''$  etc., așezate simetric, de ambele părți ale sale. Diferențele  $\Delta \nu_1 = \nu_0 - \nu'$ ,  $\Delta \nu_2 = \nu_0 - \nu''$ ,  $\Delta \nu_3 = \nu_0 - \nu'''$  etc. sînt egale cu frecvențele de vibrație proprie ale moleculelor difuzante, situate în domeniul infraroșu. În cazul excitării moleculelor prin tranziția acestora de pe nivelul fundamental de energie  $E_0$  pe nivelul superior de energie  $E_i$ , o parte din energia  $h\nu_0$  a fiecărui foton

incident este absorbită, astfel încît fotonii difuzați vor avea frecvența:

$$\nu_i = \nu_0 - \frac{E_i - E_0}{h},$$

unde  $h$  este constanta Planck. Dacă, sub influența fotonilor incidenți situația se inversează, anumite molecule aflate în starea excitată  $E_i$ , trecînd în starea fundamentală  $E_0$ , fotonii difuzați vor avea frecvența:

$$\nu_0 = \nu_0 + \frac{E_i - E_0}{h}.$$

Liniiile spectrale cu frecvențele  $\nu_i$  și  $\nu_0$  se numesc sateliți roșii și, respectiv, violeți. În condiții obișnuite intensitatea sateliților violeți este mai mică decît a celor roșii, deoarece numărul moleculelor în starea  $E_i$  este mult mai mic decît numărul moleculelor în starea normală  $E_0$ . La creșterea temperaturii, numărul moleculelor aflate în starea  $E_i$  se mărește, ceea ce face ca intensitatea sateliților violeți să crească. Fenomenul a fost studiat, în afară de C.V. Raman, de E.I. Mandelștam și G.S. Landsberg.

**înălțime (a unui sunet)**, calitate a sunetelor de a fi mai „ridicate“ („acute“) sau mai „grave“, după cum frecvența lor este mai înaltă sau mai joasă.

**incovoiere** v. deformație elastică.

**intindere** v. deformație elastică.

**ierbă (nucleară)**, fascicul de traieectorii ale particulelor provenite din dezintegrarea unui nucleu atomic. Poate fi fotografiată în camera Wilson.

**Joliot-Curie** [jolió-cüri], **Frédéric** (1900—1958), fizician și chimist francez. În 1934 descoperă, împreună cu soția sa, Irène, radioactivitatea artificială și emisia pozitronică. Cercetări privind crearea și anihilarea perechii electron-pozitron. A adus o contribuție esențială la studiul fisiunii nucleare, stabilind experimental numărul mediu de neutroni secundari rezultați într-un act de fisiune. Premiul Nobel pentru chimie (1935).

**Joliot-Curie** [jolió-cüri], **Irène** (1897—1958), fiziciană și chimistă franceză. Împreună cu soțul său, Frédéric, a descoperit radioactivitatea artificială și a studiat fenomenele de anihilare și generare a perechii electron-pozitron. A stabilit prezența radiului printre produsele reacției de fisiune a uraniului. Premiul Nobel pentru chimie (1935).

**jet, curent de fluid de dimensiuni**

transversale relativ reduse, ce iese printr-un orificiu într-un spațiu în care se află alt (sau același) fluid, în repaus.

**Juncțiune p-n** v. diodă semiconductoare, tranzistor.

**joule (J)**, unitate de măsură în SI pentru lucru mecanic, energie și căldură. Reprezintă lucrul mecanic efectuat de forța de un newton, al cărei punct de aplicație se deplasează cu un metru (pe direcția și în sensul forței). Este egal cu un watt-secundă.

**Joule** [giu:l], **James Prescott** (1818—1889), fizician englez, membru al Societății Regale din Londra. Contribuții importante la fundamentarea principiului conservării și transformării energiei. A măsurat echivalentul mecanic al caloriei (1841). Studiind efectul termic al curentului electric, a stabilit o lege care-i poartă numele (v. legea Joule-Lenz). Împreună cu W. Thomson a arătat (1852) că, la destinderea adiabatică a gazelor, are loc variația temperaturii acestora (v. efect Joule-Thomson).

# K

**Kamerlingh-Onnes** [câmerliŋ-ónəs], **Heike** (1853—1926), fizician olandez, descoperitorul (1911) fenomenului de supraconductibilitate. A construit diverse dispozitive de lichefiere a gazelor, iar în 1908 a obținut lichefierea heliului. Premiul Nobel (1913).

**Kapița, Piotr Leonidovici** (n. 1894), fizician sovietic. Membru al Academiei de Științe din U.R.S.S. Cercetări asupra rezistivității metalelor, a diamagnetismului și magnețostricțiunii în cimpuri magnetice foarte intense, obținute în regim de impulsuri. A construit un dispozitiv pentru lichefierea gazelor, numit turbodetentor. În 1938 a descoperit fenomenul de suprafluiditate.

**Kastler, Alfred** (n. 1902), fizician francez. Cercetări în domeniul spectroscopiei; a dezvoltat metodele optice de studiu al rezonanțelor hertziene în atomi. Premiul Nobel (1966).

**kelvin** v. termometrie, temperatură.

**Kelvin** v. Thomson, William lord Kelvin.

**kilogram** v. sistem de unități.

**kilogram-forță** (kgf), unitate de măsură tolerată a forțelor, egală cu greutatea kilogramului etalon pe Pământ, în locul în care accelerația gravitațională are valoare normală (la nivelul mării și latitudinea de 45°). Valoarea sa în SI este:

$$1 \text{ kgf} = 9,80665 \text{ N.}$$

**kilogram-forță-metru** (sau **kilogrammetru**, kgf·m, kgm), unitate de măsură tolerată a lucrului mecanic și energiei. Reprezintă lucrul mecanic efectuat de forța de un kilogram-forță al cărei punct de aplicație se deplasează cu un metru pe direcția și în sensul forței.

**kilogrammetru**, kilogram-forță-metru.

**kinescop**, cinescop.

**Kirchhoff** [kirhof], **Gustav Robert** (1824—1887), fizician german. Cunoscut pentru legile curenților derivați (v. legile Kirchhoff) și una din legile radiației termice de echilibru. Împreună cu chimistul R. Bunsen, a pus bazele analizei spectrale.

**lactometru** v. areometru.

**lacună** v. corp solid.

**lagrangeană**, funcția Lagrange.

**lamă optică**, piesă optică confecționată dintr-un material transparent mărginit de doi dioptri plan-paraleli. V. polarizare a luminii.

**lambert** (La), unitate de măsură tolerată pentru luminanță (luminosă), de  $\pi$  ori mai mică decât stilbul.

**Landau, Lev Davidovici** (1908—1968), fizician sovietic. Membru al Academiei de Științe a U.R.S.S. Contribuții la soluționarea unor probleme teoretice de fizica corpului solid (magnetism), hidrodinamică, particule elementare, astrofizică. Studiind suprafluiditatea heliului lichid, a prevăzut posibilitatea propagării sunetului cu două vitezediferite. A studiat starea de supraconductibilitate intermediară. Premiul Nobel (1962).

**Langevin [lãjvëvë]**, **Paul** (1872—1946), fizician francez. Membru al Academiei de Științe din Paris. Cercetări asupra proprietăților ionilor în gaze. A elaborat teoria electronică clasică a dia- și paramagnetismului. A conceput metoda de obținere a ultrasunetelor cu ajutorul efectului piezoelectric invers (1917).

**Langmuir [lënmuir]**, **Irving** (1881—1957), fizician american. A cercetat emisia termoelectronică, descărcările electrice în gaze, adsorbția gazelor pe suprafața solidelor, stabilitatea sistemelor coloidale și a obținut hidrogenul atomic (1911). A construit prima pompă de difuzie cu mercur pentru obținerea vidului (1916). Premiul Nobel pentru chimie (1932).

**lantanide**, serie de 14 elemente trivalente cu numărul atomic cuprins între 58 și 71, nedecelabile din punct de vedere chimic de elementul lantan. În cazul acestor elemente, creșterea sarcinii nucleului cu numărul de masă este compensată de apariția unor electroni ce se plasează pe subnivelul liber  $4f$ , când există electroni pe nivelele energetice superioare  $5s$ ,  $5p$ ,  $5d$  și  $6s$ . V. sistemul periodic al elementelor.

**laser** (<engl. light amplification by stimulated emission of radiation — „amplificarea luminii prin emisia stimulată a radiației“), instalație pentru generarea și amplificarea radiațiilor electromagnetice din domeniul vizibil, bazată pe fenomenul de emisie stimulată a radiației. Produce un fascicul monocromatic paralel, coerent și foarte intens. Dacă emisia stimulată (v.) este provocată de o radiație

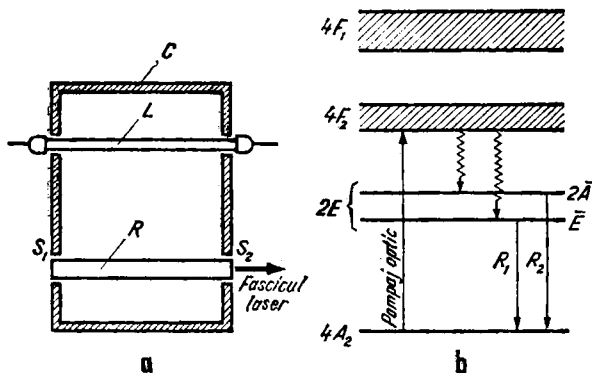


Fig. 211

exterioară, aceasta va fi puternic amplificată, laserul funcționând ca amplificator cuantic de radiație; dacă emisia stimulată este declanșată de primii fotoni emiși spontan în interiorul cavității, laserul funcționează ca generator cuantic de radiație.

*Laserul cu solid* are ca mediu activ o substanță solidă (cristalizată sau sticloasă) impurificată cu mici cantități de elemente (crom, neodiu, uraniu etc.) ce conțin nivele energetice între care se poate realiza inversiunea de populație (v.). Rubinul (oxid de aluminiu impurificat cu ioni triplu ionizați de crom) a fost primul material utilizat ca mediu activ. În fig. 211, a este redată schema părții principale a laserului cu rubin, ce conține bara de rubin  $R$  (cu suprafețele  $S_1$  — argintată și  $S_2$  — semiargintată) având rolul de cavitate rezonantă și lampa de pompaj  $L$ , ambele situate pe cele două axe focale ale cutiei eliptice  $C$ , cu peretele interior reflectător. Inversiunea de populație se obține între nivelul  $\bar{E}$  (în anumite condiții și  $2\bar{A}$ ) și nivelul fundamen-

tal  $4A_2$  (fig. 211, b), în urma pompașului optic (v.) realizat de radiația verde provenită de la lampa  $L$ , care excită atomii pe nivelul energetic larg  $4F_2$ . Radiațiile laser  $R_1$  și  $R_2$  sînt declanșate fie de primii fotoni, emiși spontan (la generator), fie de o radiație exterioară, ai cărei fotoni au energia egală cu diferența dintre energia nivelului  $\bar{E}$  (sau  $2\bar{A}$ ) și cea a nivelului  $4A_2$  (la amplificator). Radiația  $R_1$  este mai intensă și are lungimea de undă  $\lambda_1 = 6943 \text{ \AA}$ , iar  $R_2$ ,  $\lambda_2 = 6929 \text{ \AA}$ . În cristale cu o mare concentrație de crom (aprox. 0,1%), se pot obține și radiații cu lungimile de undă 7090 și 7040 Å. În montaje obișnuite, laserii cu solid pot furniza între câțiva wați și aprox. 100 kW. Dacă, în timpul pompașului optic, în calea fascicului laser se introduce, un anumit timp, un obturator, laserul se numește *declanșat*, iar impulsul de lumină obținut, impuls gigantic. Pe această cale s-au obținut puteri pînă la  $10^{10}$  kW. *Laserul cu semiconductor* este un laser cu solid bazat pe fenomenele de recombinare a electronilor cu

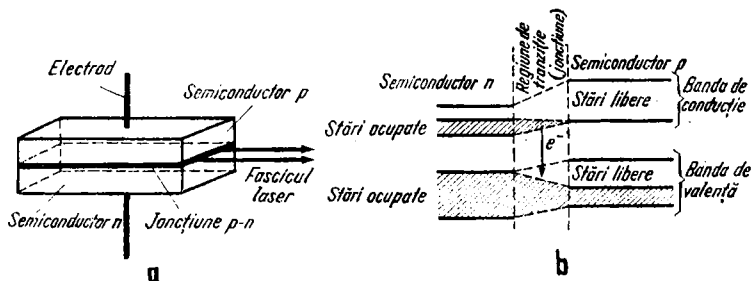


Fig. 212

golurile în regiunea de joncțiune a doi semiconductori de tip  $n$  și respectiv  $p$ ; în fig. 212,  $a$  este prezentat un astfel de laser — dioda cu arseniură de galiu (GaAs). La trecerea unui curent suficient de intens prin diodă, poate lua naștere o inversie de populație între electronii din banda de conducție și golurile din banda de valență (fig. 212,  $b$ ), ceea ce favorizează apariția efectului laser. În dioda cu GaAs s-au obținut radiații laser având lungimea de undă în jur de  $\lambda = 8\,400\text{ \AA}$ .

*Laserul cu gaz* poate avea ca mediu activ un amestec de heliu și neon sau de bioxid de carbon, azot și heliu, aflat într-un tub de descărcare în curent continuu sau alternativ. În cazul *laserului cu heliu-neon*, la realizarea inversiei de populație contribuie, în primul rând, ciocnirile electronilor cu atomii de neon, care conduc la excitarea atomilor pe nivelele  $2s$  și  $3s$  prin tranzițiile permise  $1p \rightarrow 2s$  și  $1p \rightarrow 3s$  (fig. 213); tranzițiile de pe nivelele  $p$  pe nivelul fundamental  $1p$  sunt interzise, aceasta favorizând acumularea de atomi excitați pe aceste nivele ca urmare a dezexcitărilor de pe nivelele  $s$ . În al doilea rând, faptul că nivelele  $2^3S$  și  $2^1S$  ale heliului sunt foarte

apropiate (ca valoare) de nivelele  $2s$  și  $3s$  ale neonului face ca, în urma ciocnirilor dintre atomii excitați de heliu (prin ciocniri electronice) și atomii neutri de neon (aflați pe nivelul  $1p$ ), să se realizeze, printr-un transfer de energie, excitarea atomilor de neon. Aceștia se vor dezexcita pe nivelele  $p$  și, astfel, concentrația atomilor excitați de neon va crește, pînă se realizează o inversie de populație accentuată între nivelele  $p$  și  $s$ , ceea ce duce la emisia radiațiilor laser  $R_1, R_2, R_3$  etc. De fapt, nivelele  $s$  și  $p$  sînt alcătuite, la rîndul lor, dintr-un anumit număr de subnivele, astfel că numărul tranzițiilor laser este mult mai mare decît cel indicat în figură. Radiația cea mai intensă se află în domeniul infra-

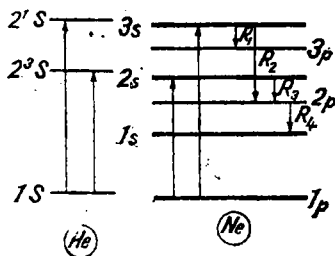


Fig. 213

roșu apropiat, avînd lungimea de undă  $\lambda = 11\,527 \text{ \AA}$ . Radiația din domeniul vizibil, cu lungimea de undă  $6\,328 \text{ \AA}$  (roșie), are o putere de aproximativ zece ori mai mică (de ordinul citorva miliwați pentru laserii obișnuți). În *laserul cu bioxid de carbon*, tranzițiile laser se produc între nivelele energetice de vibrație ale moleculei de bioxid de carbon. Rolul azotului este asemănător cu cel al heliului din laserul cu heliu-neon, în timp ce heliul are rolul de a mări conductibilitatea termică a amestecului. Laserii de acest tip au permis obținerea unor puteri de ordinul  $10^4 \text{ W}$  și randamente de peste 20%. Sînt folosiți în comunicațiile extraterestre, deoarece atmosfera este transparentă pentru lungimile de undă cuprinse în spectrul radiației laser cu  $\text{CO}_2$ .

**Laue, Max von** (1879—1960), fizician german. Contribuții în domeniile opticii, teoriei relativității, teoriei cuantelor, radiației X și fizicii cristalelor. În 1912, a propus folosirea cristalelor ca rețele de difracție, pentru studiul proprietăților ondulatorii ale razelor X (metoda Laue). Premiul Nobel (1914).

**lavină** v. descărcare Townsend.

**Lawrence [lórəns], Ernest Orlando** (1901—1958), fizician american. Descoperitorul principiului de funcționare al ciclotronului. Premiul Nobel (1939).

**Lebedev, Piotr Nicolaevici** (1856—1912), fizician rus. A măsurat presiunea luminii asupra corpurilor solide (1899) și gazoase (1907). Cercetări în domeniul ultracusticii, magnetismului și opticii.

**legătură (mecanică)**, condiție geometrică ce restrînge posibilitățile

de mișcare ale unui punct material sau ale unui sistem de puncte materiale. După cum condițiile geometrice variază sau nu în timp, legăturile se numesc *reonomie* sau, respectiv, *scleronome*, iar după absența sau existența componentelor vitezelor și ale accelerațiilor în relațiile matematice corespunzătoare, se deosebesc *legături olonome* și, respectiv, *neolnome*.

**legătură chimică** v. cristal.

**legea (sau principiul) Arhimede:** un corp cufundat într-un fluid este împins în sus cu o forță verticală, egală cu greutatea volumului de fluid dezlucuit. Dacă, de exemplu, un corp de greutate  $G$  și formă paralelipipedică este cufundat în vasul cu lichid de densitate  $\rho$  din fig. 214, asupra sa acționează pre-

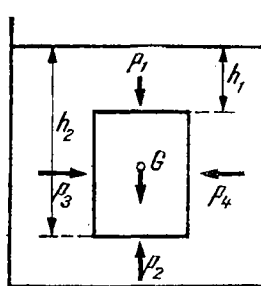


Fig. 214

siunile  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$  și  $p_4$ , dintre care  $p_2 > p_1$  și  $p_3 = p_4$ . Din cauza diferenței de presiune hidrostatică între suprafața inferioară și cea superioară a corpului, apare o forță care împinge corpul de jos în sus, avînd mărimea:

$$F = F_2 - F_1 = \rho g S(h_2 - h_1) = \rho g h S = g \rho V = m_f g,$$

în care  $S$  este suprafața bazei corpului,  $V$  — volumul său, iar  $m_f$  — masa lichidului sau, în general, a fluidului dezlucuit de acesta. Această lege prezintă aplicații la construcția navelor maritime și aerostatelor.

**legea atracției (sau a gravitației) universale:** două corpuri de mase  $m_1$  și  $m_2$  se atrag cu o forță  $F$  direct proporțională cu produsul maselor și invers proporțională cu pătratul distanței  $r$  dintre ele:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \cdot \frac{r}{r},$$

în care  $G$  este constanta atracției universale. Legea a fost descoperită în 1687 de I. Newton.

**legea Avogadro:** volume egale de gaze ideale, aflate în aceleași condiții fizice, conțin același număr de molecule. Numărul de molecule  $n_0$  dintr-un metru cub aflat în condiții fizice normale, numit *numărul Loschmidt*, va fi același, indiferent de natura gazului:

$$n_0 = \frac{N_A}{V_0} = 2,687 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3},$$

unde  $N_A$  este numărul Avogadro, iar  $V_0$  — volumul molar în condiții fizice normale. Pe baza legii Avogadro se poate stabili formula  $\mu_r = 28,9\rho_r$ , prin care se calculează masa moleculară  $\mu_r$  (în unități atomice de masă) a unui gaz, cunoscând densitatea relativă  $\rho_r$  a sa.

**legea Beer** v. extincție.

**legea (sau teorema) Bernoulli:** în cazul curgerii fluidelor ideale printr-o conductă, suma presiunilor:

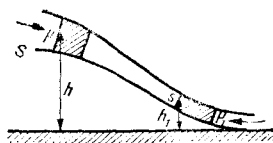


Fig. 215

statică ( $p$  sau  $p_1$ ), dinamică ( $\frac{\rho v^2}{2}$  sau  $\frac{\rho v_1^2}{2}$ ) și de poziție ( $\rho gh$  sau  $\rho gh_1$ ) este constantă în oricare moment (fig. 215):

$$p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho gh =$$

$$= p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho gh_1 = \text{const},$$

în care  $\rho$ ,  $v$  și  $v_1$  sînt, respectiv, densitatea și vitezele fluidului prin secțiunile  $S$  și  $s$ ,  $h$  și  $h_1$  — înălțimile lui la nivelul de referință considerat în cele două secțiuni, iar  $g$  — accelerația gravitațională. Se aplică cu bune rezultate și la curgerea lichidelor reale și chiar la cea a gazelor care sînt foarte compresibile (dacă viteza este suficient de mică pentru ca presiunea dinamică să nu depășească o zecime din presiunea statică).

**legea Biot-Savart** v. intensitate a cîmpului magnetic.

**legea Boyle-Mariotte:** produsul dintre volumul  $V$  și presiunea  $p$  a unui gaz ideal aflat într-o transformare izotermă la temperatura  $T = \text{const}$  este constant:

$$pV = \text{const}.$$



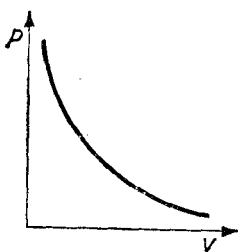


Fig. 216

În sistemul de coordonate  $p-V$  (fig. 216), transformarea izotermă este reprezentată printr-o hiperbolă echilaterală.

**legea Bragg** v. radiație X.

**legea Brewster:** dacă o rază de lumină naturală, aflată într-un mediu optic cu indice de refracție  $n_1$ , cade pe suprafața de separare a unui alt mediu, cu indice de refracție  $n_2$ , lumina reflectată va fi total polarizată în cazul în care unghiul de incidență  $i_B$  satisface relația

$$\operatorname{tg} i_B = \frac{n_2}{n_1}.$$

Unghiul  $i_B$  reprezintă *unghiul Brewster*, iar incidența se numește *incidență brewsteriană*. În acest caz, raza reflectată și cea refractată sînt perpendiculare între ele:

$$i_B + r_B = \frac{\pi}{2}$$

( $r_B$  fiind unghiul de refracție), iar raza refractată are un grad de polarizare maxim, fără însă a fi total polarizată.

**legea Charles:** coeficientul termic al presiunii ( $\beta$ ) al unui gaz ideal supus unei transformări izocore (la volum  $V = \text{const}$ ) nu depinde de natura gazului, iar valoarea sa este  $\frac{1}{273,15} \text{ grad}^{-1}$ . Ținînd seamă de aceasta, se poate stabili legea încălzirii izocore:

$$\frac{p}{T} = \text{const},$$

unde  $p$  și  $T$  sînt, respectiv, presiunea și temperatura absolută a gazului. În coordonate  $p-V$ , transformarea izocoră a unui gaz ideal se reprezintă printr-o dreaptă paralelă cu axa  $p$  (fig. 217). Cînd temperatura gazului este măsurată în scara Celsius, legea ia forma:

$$p = p_0(1 + \beta t),$$

unde  $p_0$  este presiunea la  $0^\circ\text{C}$ , iar  $t$  — temperatura (în grade Celsius). V. legea Gay-Lussac.

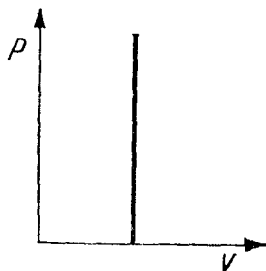


Fig. 217

**legea conservării energiei** v. termodinamică.

**legea conservării impulsului** v. impuls.

**legea conservării momentului cinetic** v. moment cinetic.

**legea Coulomb:** forțele de interacție care se exercită între două sarcini electrice punctuale  $q_1$  și  $q_2$  sînt direct proporționale cu produsul celor două sarcini și invers proporționale cu pătratul distanței  $r$  dintre ele:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2},$$

unde  $\epsilon$  este permitivitatea mediului în care se află cele două sarcini. Pentru reprezentarea vectorială a acestor forțe se notează cu  $r_{12}$  — vectorul îndreptat de la sarcina  $q_1$  către sarcina  $q_2$ , iar cu  $r_{21}$  — vectorul îndreptat de la sarcina  $q_2$  către sarcina  $q_1$ ; forța cu care acționează  $q_1$  asupra sarcinii  $q_2$  este:

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q_1 q_2}{r_{12}^3} r_{12},$$

iar forța cu care acționează sarcina  $q_2$  asupra sarcinii  $q_1$  este:

$$F_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q_1 q_2}{r_{21}^3} r_{21}.$$

Dar  $r_{12} = -r_{21}$ , deci  $F_{12} = -F_{21}$ . Aceste forțe numite *coulombiene* (sau *electrostatice*) sînt de atracție, dacă sarcinile sînt de semne diferite, și de repulsie — dacă acestea sînt de același semn.

**legea Curie-Weiss** v. feromagnetism.

**legea Dalton:** presiunea  $p$  a unui amestec de gaze ideale este egală cu suma presiunilor parțiale  $p_i$  ale gazelor componente ale amestecului:

$$p = \sum p_i,$$

presiunea parțială  $p_i$  fiind presiunea pe care ar avea-o componenta  $i$  dacă ar ocupa întreg volumul amestecului. Considerînd un amestec de gaze de volum  $V$  aflat în echilibru termodinamic, conform relației fundamentale a teoriei cinetice se poate scrie:  $pV = NkT$ , în care  $V$  este volumul amestecului,  $T$  — temperatura absolută a acestuia, iar  $k$  — constanta Boltzmann. Ținînd seama că  $N = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_i$ , rezultă:

$$p = \frac{N_1}{V} kT + \frac{N_2}{V} kT + \dots + \frac{N_i}{V} kT.$$

Dar  $\frac{N_1}{V} kT = p_1$ ;  $\frac{N_2}{V} kT = p_2$ ; ...;

$$\frac{N_i}{V} kT = p_i$$

( $p_1, p_2, \dots, p_i$  fiind presiunile parțiale), deci:

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_i.$$

Legea Dalton nu este valabilă în cazul gazelor reale aflate la presiuni înalte, precum și atunci cînd componentele reacționează chimic între ele.

**legea de deplasare Wien** v. corp negru.

**legea dezintegrării radioactive** v. dezintegrare radioactivă.

**legea Dulong-Petit** v. căldură molară.

**legea echipartiției energiei:** dacă un sistem constituit din moleculele unui gaz ideal se află în echilibru termodinamic la temperatura  $T$ , energia cinetică medie a unei molecule se distribuie în mod egal

între gradele sale de libertate, fiecărui grad revenindu-i energia  $\frac{1}{2} kT$ .

Legea se demonstrează în mecanica statistică. *Gradele de libertate* ale unui sistem sînt parametri independenți necesari pentru determinarea univocă a configurației acestuia. Deoarece poziția fiecărui punct material este descrisă cu ajutorul a trei coordonate carteziene  $x, y, z$ , în cazul unui sistem format din  $N$  puncte materiale (ex. gazul ideal monoatomic) care nu interacționează între ele, configurația este determinată cu ajutorul a  $3N$  coordonate carteziene. Unei particule a gazului ideal monoatomic îi revine, în medie, energia cinetică de translație  $\frac{mv^2}{2}$  dată de relația:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} kT,$$

unde  $k$  este constanta Boltzmann, iar  $T$  — temperatura absolută a gazului. În mișcarea haotică pe care o au particulele gazului ideal, nici una din direcțiile  $x, y, z$  nu este preferențială, unui grad de libertate revenindu-i, în medie, o energie cinetică egală cu  $\frac{1}{2} kT$ . În

general, pentru un sistem de  $N$  puncte materiale care interacționează între ele, alături de coordonatele carteziene ale punctelor, și alte mărimi pot fi grade de libertate. De exemplu, în cazul gazului ideal biatomic, unei molecule (considerată ca o halteră rigidă — fig. 218) i se asociază cinci grade de libertate, dintre care trei sînt coordonatele carteziene  $x, y, z$ , folosite în descrierea mișcării de translație, și două sînt unghiurile ce caracterizează mișcarea de rotație în jurul a două axe  $\zeta$  și  $\xi$ , per-

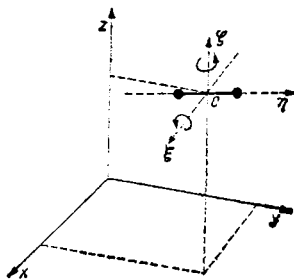


Fig. 218

pendiculară pe dreapta ce unește cei doi atomi ai moleculei (axa  $\eta$ ). Folosind legea echipartiției energiei pe grade de libertate, se poate găsi energia cinetică medie a moleculei biatomice (modelul halteră rigidă). Avînd cinci grade de libertate, energia cinetică medie a moleculei va fi egală cu  $\frac{5}{2} kT$ . La

o moleculă poliatomică se pot întîlni mai mult de cinci grade de libertate, fiind necesară luarea în considerare a mișcării de rotație în jurul unei a treia axe, precum și mișcarea de vibrație a moleculei. Avînd mai multe grade de libertate, energia cinetică medie a moleculei poliatomice va fi mai mare decît a moleculei biatomice rigide. În general, cînd o moleculă aparține unui sistem (gaz) ce se află în echilibru termodinamic la temperatura  $T$ , mișcarea îi este descrisă de  $i$  grade de libertate, iar energia cinetică medie a sa este  $\frac{i}{2} kT$ .

**legea Faraday-Neumann** v. inducție electromagnetică.

**legea Fick** v. difuzie.

legea Fourier v. conductibilitate termică.

legea Gay-Lussac' coeficientul de dilatare volumică izobară (la presiunea  $p = \text{const}$ )  $\alpha$  al unui gaz ideal nu depinde de natura gazului. Ținând seamă de aceasta, se poate stabili legea încălzirii izobare:

$$\frac{V}{T} = \text{const},$$

unde  $V$  și  $T$  sint, respectiv, volumul și temperatura absolută a gazului. Transformarea izobară se reprezintă în planul  $p$ - $V$  printr-o dreaptă paralelă la axa  $V$  (fig. 219).

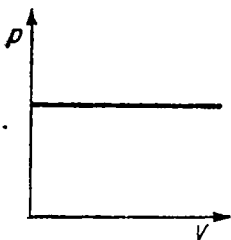


Fig. 219

Cînd temperatura gazului se măsoară în scara Celsius, legea ia forma:

$$V = V_0 (1 + \alpha t),$$

unde  $V_0$  este volumul la  $0^\circ\text{C}$ ,  $t$  — temperatura (în  $^\circ\text{C}$ ), iar  $\alpha$  — coeficientul de dilatare izobară a gazului. În cazul gazului ideal,

$$\begin{aligned} \alpha = \beta &= \frac{1}{273,15} \text{ grad}^{-1} = \\ &= 0,003661 \text{ grad}^{-1}, \end{aligned}$$

$\beta$  fiind coeficientul termic al presiunii (v. legea Charles).

legea Geiger-Nuttall: constanta radioactivă  $\lambda$  a unui radionuclid

care prezintă dezintegrare alfa depinde de energia  $W$  a particulelor  $\alpha$  emise, conform unei relații logaritmice:

$$\lg \lambda = A + B \lg W,$$

constantele  $A$  și  $B$  fiind caracteristice fiecărei familii  $\alpha$ -active. Perioada de înjumătățire

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

a radioizotopului scade

cu creșterea energiei particulei  $\alpha$ . Astfel, cu creșterea energiei între 4 și 9 MeV perioada de înjumătățire se micșorează de la  $10^9$  ani pînă la  $10^{-7}$  s. Legea a fost stabilită în 1911—1912 de H. Geiger și J. Nuttall. Înlocuind în această formulă energia  $W$  în funcție de parcursul  $l$  al particulelor emise (care este determinat experimental), legea poate fi scrisă:

$$\lg \lambda = a + b \lg l,$$

unde constanta  $a$  ia diferite valori pentru fiecare familie  $\alpha$ -activă, iar  $b$  rămîne același. Dependența lui  $\lg \lambda$  de  $\lg l$ , obținută experimental, este redată în fig. 220 pentru trei familii  $\alpha$ -active.

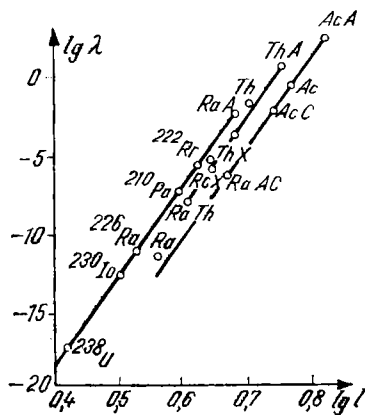


Fig. 220

**legea gravitației, legea atracției universale.**

**legea Hooke, lege experimentală** ce caracterizează cantitativ deformația elastică a corpurilor solide, exprimată prin relația:

$$\Delta x = kF,$$

în care  $\Delta x$  este mărimea deformației elastice,  $F$  — cea a forței ce acționează și  $k$  — o constantă ce depinde de tipul de deformație și de natura corpului. Pentru diferite tipuri de deformații elastice (v.), legea capătă forme explicite variate.

**legea izocronismului micilor oscilații v. pendul.**

**legea Joule-Kopp v. căldură molară.**

**legea Joule-Lenz (sau efect Joule-Lenz);** cantitatea de căldură  $Q$  degajată la trecerea curentului electric printr-un conductor este direct proporțională cu rezistența  $R$  a conductorului, cu pătratul intensității  $I$  a curentului și cu timpul  $t$  considerat:

$$Q = I^2 R t.$$

În cazul unui curent alternativ, cantitatea de căldură degajată este:

$$Q = R I_{ef}^2 t,$$

unde  $I_{ef}$  reprezintă intensitatea eficace.

Fenomenul se datorește lucrului mecanic cheltuit pentru deplasarea sarcinilor electrice în câmpul electric din interiorul conductorului;

dacă la extremitățile acestuia diferența de potențial este  $U$ , iar prin conductor trece un curent de intensitate  $I$  (cantitatea de sarcină electrică transportată în timpul  $t$  fiind  $q = It$ ), atunci lucrul mecanic este dat de relația:

$$L = qU = UI t = Q.$$

Efectul Joule-Lenz are multiple aplicații tehnice la cuptoarele electrice industriale, la instalațiile de încălzire electrică, de sudură electrică, de iluminat electric etc. În unele situații, degajarea de căldură este însă dăunătoare; astfel, în cazul transmiterii energiei electrice la distanță, în conductorii de legătură au loc pierderi prin efect electrocaloric.

**legea Jurin-Borelli v. capilaritate.**

**legea Kirchhoff v. radiație termică.**

**legea Lambert v. luminanță.**

**legea Lenz v. inducție electromagnetică.**

**legea Malus-Dupin;** dacă o rază de lumină naturală străbate două dispozitive polarizoare ale căror secțiuni principale fac între ele un unghi  $\alpha$ , intensitatea razei emergente este proporțională cu  $\cos^2 \alpha$ . Dacă  $a_0$  este amplitudinea vectorului luminos (electric) al radiației liniar polarizate (de către polarizor), amplitudinea  $a$  a radiației care trece prin analizor este  $a = a_0 \cos \alpha$ ; intensitatea  $I$  a razei liniar polarizate, transmise de analizor, este deci:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha,$$

unde  $I_0 = a_0^2$ . Această lege stă la baza calculului intensității lu-

minii transmise în cazul oricăror dispozitive cu polarizor și analizor.

**legea Maxwell v. viscozitate.**

**legea Moseley v. radiație X.**

**legea Newton v. rezistență aerodinamică.**

**legea Ohm:** intensitatea  $I$  a unui curent continuu ce străbate o porțiune de circuit electric este direct proporțională cu tensiunea  $U$  corespunzătoare porțiunii de circuit considerate și invers proporțională cu rezistența electrică  $R$  a acesteia:

$$I = \frac{U}{R}.$$

Într-un circuit închis, intensitatea curentului este direct proporțională cu forța electromotoare  $E$  și invers proporțională cu rezistența totală  $R + r$ :

$$I = \frac{E}{R + r}$$

( $r$  fiind rezistența internă a sursei  $E$  de curent). Produsul  $IR$  reprezintă tensiunea la bornele sursei de curent și poate fi exprimată sub forma:

$$U = \frac{E}{1 + \frac{r}{R}}.$$

Forța ce acționează asupra unui electron (de sarcină  $e$ ) de conducție, aflat în câmpul electric  $E$  al conductorului, imprimându-i o mișcare accelerată între două ciocniri cu defectele rețelei cristaline, este  $F = eE$ . În intervalul de timp  $\tau$  cît electronul (de masă  $m$ ) se mișcă liber, viteza sa crește de la zero

pînă la  $v_{max} = \frac{eE}{m} \tau$ ; deci vi-

teza medie este  $v_m = \frac{e\bar{E}\tau}{2m\bar{v}}$ , unde  $\bar{v}$

este drumul liber mediu al unui electron, iar  $\bar{v}$  — viteza sa medie de mișcare dezordonată. Dacă numărul de electroni de conducție într-un centimetru cub este  $n$ , densitatea de curent este egală cu:

$$\mathbf{j} = env_m = \frac{ne^2\bar{\lambda}}{2m\bar{v}} \mathbf{E} = \sigma \mathbf{E}.$$

Aceasta este legea Ohm în teoria electronică, sub formă vectorială, în care  $\sigma = \frac{ne^2\bar{\lambda}}{2m\bar{v}}$  este conductivitatea electrică a conductorului.

**legea (sau principiul) Pascal:** presiunea exercitată asupra unui lichid incompresibil închis se transmite integral, în toate direcțiile, în interiorul lichidului. Dacă, de ex., în dispozitivul din fig. 221

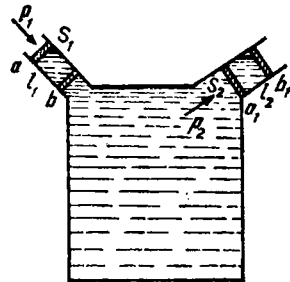


Fig. 221

asupra pistonului  $P_1$  de suprafață  $S_1$  acționează presiunea  $p_1$  deplasându-l pe distanța  $l_1$  (din  $a$  în  $b$ ), pistonul  $P_2$  de suprafață  $S_2$  se va deplasa cu distanța  $l_2$  (din  $a_1$  în  $b_1$ ) sub influența unei presiuni  $p_2$ .

Conform legii conservării energiei, lucrurile mecanice efectuate de forțele  $F_1$  și  $F_2$  normale pe suprafețele  $S_1$  și  $S_2$  sint egale, adică:

$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

său:

$$p_1 S_1 l_1 = p_2 S_2 l_2.$$

Dar volumul  $V$  al lichidului rămîne același:  $V = S_1 l_1 = S_2 l_2$ , lichidul fiind practic incompresibil, și deci:

$$p_1 = p_2.$$

Pe baza acestei legi, se construiesc presele hidraulice, sistemele hidraulice de ridicat, de frinare etc.

**legea Paschen:** produsul dintre potențialul de aprindere  $V_{apr}$  al unei descărcări electrice între doi electrozi plan paraleli și distanța  $d$  dintre ei este constant, cînd presiunea  $p$  variază. Reprezentarea grafică a funcției  $V_{apr} = f(pd)$  poartă numele de *curbă Paschen*; minimul acestei curbe depinde de natura gazului și a suprafeței catodului.

**legea Planck v. corp negru.**

**legea Poiseuille:** volumul  $V$  de lichid viscos aflat în curgere laminară ce străbate secțiunea  $S$  a unei conducte cilindrice de rază  $R$  este proporțional cu puterea a patra a razei, cu timpul  $t$  de scurgere, cu diferența de presiune  $p_1 - p_2$  la capetele conductei și invers proporțional cu lungimea  $l$  a acesteia:

$$V = \frac{\pi R^4}{8\eta l} (p_1 - p_2) t.$$

Această lege este folosită pentru determinarea experimentală a viscozității dinamice  $\eta$  a lichidelor.

**legea Rayleigh-Jeans v. corp negru.**

**legea spațiului v. mișcare mecanică.**

**legea Stefan-Boltzmann v. corp negru.**

**legea Stokes:** forța de frecare ce apare la deplasarea unui corp printr-un fluid viscos, în regim laminar, este proporțională cu viteza  $v$  de mișcare, cu viscozitatea dinamică  $\eta$  a sa și cu dimensiunile liniare ale corpului. În cazul în care corpul este o sferă de rază  $r$ , mărimea acestei forțe este:

$$F = 6\pi\eta rv.$$

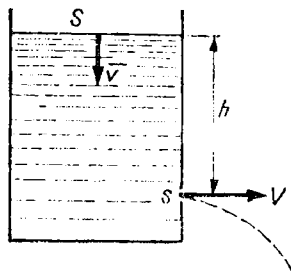


Fig. 222

**legea Torricelli:** viteza de curgere a unui lichid sub acțiunea propriei greutateți, printr-un orificiu de secțiune  $s$  aflat la distanța  $h$  de suprafața  $S \gg s$  a lichidului (fig. 222), este dată de relația:

$$v = \sqrt{2gh}.$$

Este o consecință a legii Bernoulli avînd aplicații în condițiile în care nu apare fenomenul de contracție a jetului de lichid.

**legea vitezei v. mișcare mecanică.**

legea Wien v. corp negru.

legea Wulf-Bragg v. radiație X.

legi de deplasare, reguli de deplasare.

legile corpului negru v. corp negru.

legile dinamicii v. dinamică.

legile efectului fotoelectric v. efect fotoelectric.

legile Faraday v. electroliză.

legile Kepler, legi ce caracterizează mișcarea planetelor în jurul Soarelui; sînt în număr de trei și se formulează în modul următor:

1) traiectoriile planetelor sînt eliptice, Soarele ocupînd unul din focarele acestor elipse.

2) raza vectoroară (de la Soare la o planetă) descrie arii egale în intervale de timp egale (*legea ariilor*).

3) pătratele perioadelor de revoluție a două planete se află în același raport ca și curburile semi-axelor mari ale elipselor descrise de acestea:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

sau

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3} = \dots = \text{const.}$$

Formulate, primele două — în 1609, cea de a treia — în 1619, de J. Kepler, aceste legi au stat la baza stabilirii legii atracției universale de I. Newton.

legile Kirchhoff, legi ce se aplică circuitelor complexe formate din rezistențe și surse de curent.

*Prima lege* a lui Kirchhoff se referă la nodurile unei rețele și se formulează în felul următor: suma

algebrică a intensităților  $I_k$  ale curenților care se întîlnesc într-un punct (sau nod) este egală cu zero:

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0.$$

Această lege exprimă legea conservării sarcinilor electrice; dacă ea nu ar fi respectată ar însemna că, în anumite noduri, s-ar acumula sarcini electrice. Pentru aplicarea legii, se ia semnul plus pentru intensitățile curenților care se consideră că intră într-un nod și minus — pentru cele ale curenților care pleacă din acesta.

*A doua lege* a lui Kirchhoff se referă la ochiuri de rețea, afirmînd că suma algebrică a forțelor electromotoare  $E_j$  dintr-un circuit închis este egală cu suma algebrică a produselor dintre rezistențele  $R_k$  ale tuturor porțiunilor de circuit care îl compun și intensitățile curenților ce le străbat:

$$\sum_{k=1}^n I_k R_k + \sum_{j=1}^m I_j r_j = \sum_{j=1}^m E_j.$$

Prin  $r_j$  se înțeleg rezistențele interioare ale surselor de curent înseriate în circuit. La aplicarea acestei legi, se presupune un sens arbitrar de parcurgere al circuitului și se consideră pozitive intensitățile curenților și forțele electromotoare care au acest sens.

**lentilă**, sistem optic centrat, format din doi dioptri sferici sau cilindrici (unul dintre ei putînd fi plan), care delimitează un mediu transparent, refringent, de spațiul înconjurător. Dacă suprafețele sale sînt în contact cu același mediu exterior (de ex. aer), atunci distanța focală-obiect și distanța focală-imagină au aceeași valoare. Notînd cu  $f$  distanța focală a len-



tilei, cu  $d$  — grosimea ei (distanța, pe axa optică principală, între virfurile celor doi dioptri) și cu  $n = n_1/n_2$  — indicele de refracție relativ al mediului transparent din care este confecționată lentila (sticlă, cuarț etc.),  $n_1$  fiind indicele de refracție absolut al lentilei, iar  $n_2$  — al mediului înconjurător, convergența  $1/f$  a lentilei este:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} + \frac{n - 1}{n} \frac{d}{r_1 r_2} \right),$$

unde  $r_1$  și  $r_2$  sînt razele de curbură ale celor doi dioptri, iar  $f$  — distanța focală-imagină a lentilei. Atribuind indicele 1 primului dioptru străbătut de lumină (lumina venind din stînga) și indicele 2 celui de al doilea, valorile numerice ale razelor de curbură  $r_1$  și  $r_2$  vor fi introduse în relația de mai sus cu semnul plus, cînd centrul de curbură al dioptrului respectiv se află în dreapta lentilei, și cu semnul minus, cînd centrul se află în stînga lentilei. Distanța focală a unei „lentile subțiri” (cea prezentată mai sus fiind „lentilă groasă”), pentru care grosimea  $d$  este destul de mică față de razele  $r_1$  și  $r_2$  și de distanțele de la lentilă pînă la obiect sau pînă la imagine încît poate fi neglijată ( $d \approx 0$ ), este:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right);$$

aceasta se măsoară de la centrul optic al lentilei (punctul de pe axa optică în care, practic, se suprapun cei doi dioptri). În cazul lentilei groase, distanța focală se măsoară de la planul principal corespunzător.

După modul de comportare al lentilelor față de un fascicul para-

lel, ele se clasifică în *lentile convergente* ( $f > 0$ ) și *divergente* ( $f < 0$ ). Lentilele convergente au marginea mai subțire decît partea centrală; la cele divergente, situația se inversează. La rîndul lor, lentilele convergente pot fi biconvexe, planconvexe, convex-concave (meniscuri convergente), iar lentilele divergente pot fi biconcave, planconcave, concav-convexe (meniscuri divergente).

**lentilă electronică**, dispozitiv utilizat în optica electronică ce creează un cîmp electric (*lentilă electrică*) sau magnetic (*lentilă magnetică*) avînd o anumită configurație și o simetrie axială care, acționînd asupra fasciculelor de electroni, poate modifica traiectoriile acestora în scopul focalizării lor, în vederea formării de imagini. V. *microscop electronic*.

**lepton** v. *particulă elementară*.

**lichefiere**, transformare de fază de speța întii a unui corp, din stare gazoasă (sau vapori) în stare lichidă. V. *gaz real*, *efect Joule-Kelvin*.

**lichid**, corp aflat într-o stare de agregare intermediară între starea solidă și cea gazoasă. Dacă este caracterizat de incompresibilitate și de viscozitate nulă, se numește *perfect* (sau *ideal*). Lichidele reale sînt viscoase și compresibile.

**linie de cîmp**, curbă tangentă în oricare punct al său la vectorul intensitate al unui cîmp vectorial. În cazurile particulare ale cîmpurilor de viteze ale particulelor unui fluid în mișcare și ale cîmpurilor de forțe, liniile de cîmp se numesc *linii de curent* și, respectiv, *linii de forță*.

linie spectrală, imaginea fantei de intrare a unui aparat spectral (ex. spectroscop, spectrograf) obținută cu o radiație monocromatică, după ce lumina a străbătut sistemul de dispersie (prisma) al aparatului. În cazul spectrografului, linia spectrală este o imagine reală, care se formează în planul plăcii fotografice; înlocuindu-se placa fotografică cu un geam mat, ea poate fi observată și direct, cu ochiul. În cazul spectroscopului, imaginea este virtuală și este observată cu ajutorul unei lunete acomodată pentru infinit. În fig. 223 este reprezentată variația intensității  $I$

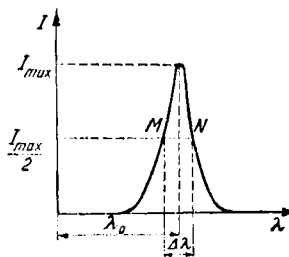


Fig. 223

a unei linii spectrale în funcție de lungimea de undă  $\lambda$ . O radiație riguros monocromatică este caracterizată printr-o singură lungime de undă,  $\lambda_0$ . În realitate, există și alte valori ale lungimii de undă în jurul acesteia, caracterizate prin intensități mai mici decât  $I_{max}$  (corespunzând lui  $\lambda_0$ ) și rapid descrescătoare. Intervalul  $\Delta\lambda$  (măsurat pe axa absciselor) între punctele  $M$  și  $N$  aflate la jumătatea intensității maxime ( $I_{max}/2$ ) pe ordonată este considerat, convențional, ca măsură a lărgimii liniei spectrale, fiind folosit pentru compararea cantitativă a gradului de abatere de la monocromatism a

unei radiații electromagnetice. Mărima  $\Delta\lambda/2$  este numită *semilărgimea* liniei spectrale. V. spectru.

**litru (l)**, unitate de măsură curentă (tolerată) a volumului, submultiplu al unității din SI:

$$1l = 10^{-3}m^3.$$

**Lorentz [l renț], Hendrik Antoon (1853–1928)**, fizician olandez. A pus bazele teoriei electronice a materiei, prin care au putut fi explicate fenomene ca: dispersia luminii, efectul Zeeman etc. A elaborat electrodinamica mediilor în mișcare, iar relațiile noi de transformare ale spațiului și timpului pe care le-a stabilit (v. transformări Lorentz) au jucat un rol esențial în elaborarea teoriei relativității. Premiul Nobel (1902).

**lucarnă v. cîmp optic.**

**lucru mecanic (L)**, mărime ce măsoară variația de energie a corpurilor, definită ca suma tuturor produselor scalare dintre forța  $F$  care acționează asupra unui corp (de viteză  $v$ —fig. 224) și deplasările elementare  $d\mathbf{l}$  ale acestuia între poziția inițială  $A$  și cea finală  $B$ :

$$L = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l}.$$

Se măsoară în jouli (în SI) și în unitățile tolerate erg și kilogramforță-metru. În cazul unei deplasări elementare, lucrul mecanic corespunzător se numește *lucru mecanic elementar*:

$$dL = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l} = F dl \cos \alpha.$$

Dacă forța este constantă iar traiectoria mobilului — rectilie, lucrul mecanic devine:

$$L = \mathbf{F} \cdot \mathbf{l} = Fl \cos \alpha.$$

Deplasarea unui punct (sau corp) material liber (adică nesupus unor

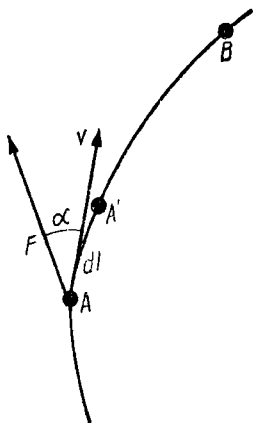


Fig. 224

legături) sub acțiunea forței  $F$  are loc pe direcția și în sensul acesteia. În cazul unei mișcări de rotație, expresia lucrului mecanic elementar este:

$$dL = M_{OF} d\alpha$$

în care  $M_{OF}$  este modulul momentului forței ce produce mișcarea, iar  $d\alpha$  — unghiul de rotație al corpului.

După cum valoarea lucrului mecanic este pozitivă sau negativă, acesta se numește *motor (activ)* sau *rezistent*.

**lucru mecanic de ieșire** (sau de **extracție**,  $\varphi_0$ ), lucru mecanic necesar unui electron (de sarcină  $e$ ) pentru a părăsi suprafața unui corp (de obicei metalic):

$$\varphi_0 = e\varphi,$$

unde  $\varphi$  este diferența (sau bariera) de potențial pe care trebuie să o străbată electronul (la ieșire), împotriva forțelor care îl mențin în interiorul corpului. Se măsoară

de obicei în electronvolți.  $V$ . efect fotoelectric.

**lumen** ( $lm$ ), unitate de măsură în SI a fluxului luminos. Reprezintă fluxul luminos emis într-un unghi solid de un steradian, de către o sursă punctiformă și izotropă cu intensitatea de o candelă.

**luminanță** (luminosă sau **strălucire luminosă**,  $L_v$ ), mărime fotometrică ce caracterizează sursele de lumină întinse, nepunctiforme. Considerind un punct al suprafeței  $S$  a unei astfel de surse (fig. 225) și o direcție ce face cu normala  $n$  un unghi  $\alpha$ , relația de definiție a luminanței în această direcție este:

$$L_v = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta I}{\Delta S_n} = \frac{dI}{dS_n} = \frac{dI}{dS \cos \alpha},$$

în care  $\Delta S_n$  este proiecția elementului  $\Delta S$  de suprafață emițătoare pe un plan perpendicular pe direcția de observație, iar  $\Delta I$  — intensitatea luminosă a acesteia. Unitățile de măsură ale luminanței sînt nitul (în SI) și stilbul (în sistemul CGS). Există unele surse de lumină pentru care luminanța este, practic, aceeași în toate di-

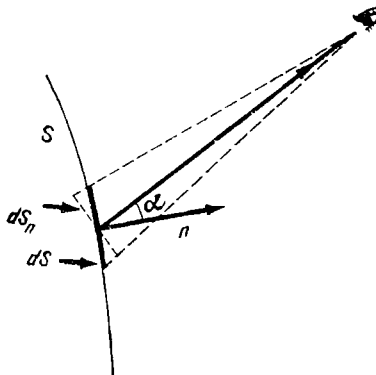


Fig. 225

rectiile (în mod riguros, doar suprafața corpului absolut negru are această proprietate), numite surse care se supun *legii Lambert* sau *difuzeoare perfecte*; între luminanța  $L_v$  a unor astfel de surse și emitanța lor  $M_r$ , există relația:  $M_r = \pi L_v$ . Un glob de sticlă lăptoasă de bună calitate iluminat din interior, Soarele, Luna sînt — într-o aproximație suficient de bună — izvoare ce urmează legea Lambert; filamentul unui bec de 60 W, la tensiunea de 120 V, are o luminanță medie de aprox. 550 sb, Soarele la zenit — aprox. 150 000 sb, iar Luna — 0,25 sb.

**luminanță** (sau strălucire) energetică ( $L_e, L$ ), mărime egală cu limita raportului dintre intensitatea energetică  $\Delta I_e$  a suprafeței elementare  $\Delta S$  a unei surse de lumină într-o direcție oarecare și suprafața aparentă  $\Delta S_n$  în direcția considerată, cînd aceasta din urmă tinde către zero:

$$L_e = \lim_{\Delta S_n \rightarrow 0} \frac{\Delta I_e}{\Delta S_n} = \frac{dI_e}{dS_n},$$

unde  $dS_n = dS \cos \theta$ ,  $\theta$  fiind unghiul dintre normalele la cele două elemente de suprafață. În SI se măsoară în wați pe metru pătrat-steradian. Raportul dintre luminanța elementară  $dL_e$  și intervalul spectral corespunzător, exprimat în funcție de lungimea de undă  $d\lambda$  sau de frecvența  $d\nu$ :

$$l_\lambda = \frac{dL_e}{d\lambda} \text{ sau } l_\nu = \frac{dL_e}{d\nu},$$

poartă numele de *densitate spectrală a luminanței*.

**lumină**, radiație electromagnetică cu lungimea de undă cuprinsă între aprox. 4 000 și 7 600 Å, care impresionează retina ochiului uman. Radiațiile electromagnetice,

avînd lungimile de undă mai mari decît 7 600 Å (pînă la aprox. 300  $\mu$ ), aparțin domeniului infraroșu și poartă numele de *radiații infraroșii*, iar cele cu lungimea de undă mai mică decît 4 000 Å (pînă la aprox. 100 Å) aparțin domeniului ultraviolet și se numesc *radiații ultraviolete*. Legătura dintre constantele optice, electrice și magnetice ale substanțelor apare sub forma relației:

$$n = \sqrt{\epsilon \mu}.$$

Deoarece permitivitatea  $\epsilon$  și permeabilitatea  $\mu$  sînt constante, această teorie macroscopică nu poate prevedea dependența indicelui de refracție  $n$  de lungimea de undă, adică fenomenul de dispersie a luminii. Acesta își găsește explicația în teoria electronică (formulată de H.A. Lorentz în 1896) care explică variația permitivității cu lungimea de undă. Pornind de la transversalitatea undelor electromagnetice, teoria ondulatorie a luminii poate interpreta fenomenele de polarizare, refracție, difracție, nu însă alte fenomene, ca efectele fotoelectrice și Compton, în care lumina manifestă proprietăți corpusculare. Acestea au putut fi explicate după apariția *teoriei cuantice* a lui M. Planck (1900), conform căreia cîmpul electromagnetic este cuantificat, iar emisia și absorbtia luminii au loc în cuante (numite „fotoni” de A. Einstein în 1905), a căror energie este  $h\nu$  (unde  $h$  este constanta lui Planck, iar  $\nu$  este frecvența luminii). Cu cît frecvența radiației electromagnetice este mai mică, cu atît proprietățile cuantice (sau corpusculare) apar mai puțin evidente în experiențe; astfel, în cazul radiațiilor infraroșii, domină aspectul ondulatoriu, iar în cazul radiațiilor ultraviolete — aspectul cor-

puscular. În domeniul vizibil, există experiențe punând în evidență fenomenele de interferență, difracție, în care apare pregnant aspectul ondulatoriu, și experiențe privind efectul fotoelectric, în care se manifestă aspectul corpuscular (sau fonic) al luminii. Astfel, ca și în cazul particulelor elementare (electroni, protoni etc.), s-a dovedit caracterul dualist undă-corpusul al luminii. În teoria cuantică, lumina este o undă electromagnetică emisă în urma unor procese atomice (excitarea și dezexcitarea atomilor, ionilor, moleculelor) sub forma unor cuante (fotoni) de energie  $h\nu$ . Interacția ei cu substanța (reflexie, refracție, absorbție, difuzie, polarizare etc.) reprezintă, la scară atomică, un proces de interacție între câmpul electromagnetic al undei și microcâmpurile electromagnetice ale sistemelor atomice și electronice din interiorul substanței. Lumina alcătuită din radiații de o singură lungime de undă, care este percepută de ochi ca având o singură culoare (v.), se numește *monocromatică*. Senzația unei anumite culori poate fi obținută nu numai cu o radiație monocromatică, ci și cu un amestec de mai multe radiații monocromatice. Lumina alcătuită din radiații de diferite lungimi de undă se numește *compusă*. Lumina compusă, care conține toate radiațiile spectrului vizibil (toate culorile spectrale) corespunzând luminii naturale de la mijlocul zilei, poartă numele de *lumină albă*. Lumina din compoziția căreia lipsesc, parțial sau total, radiațiile infraroșii („calorice“) poartă numele de *lumină rece*. Ea nu se obține pe calea încălzirii corpurilor pînă la incandescență, ci ca urmare a unor fenomene de excitare speciale purtînd denumirea generală de luminescență.

**lumină anodică** v. descărcare electrică.

**lumină catodică** v. descărcare electrică.

**lumină negativă** v. descărcare electrică.

**lumină Wood** v. filtru Wood.

**luminescență**, emisie de lumină, prezentată de unele corpuri datorită excitării atomilor și moleculelor lor, în alt fel decît prin încălzire. După natura energiei primare care produce excitarea, luminescența poate fi de mai multe tipuri:

— *fotoluminescență*, în care excitarea atomilor și moleculelor este provocată de acțiunea diverselor radiații electromagnetice. După durata postluminescenței, fenomenul este subîmpărțit, de obicei, în *fluorescență* — la care emisia de lumină durează un timp foarte scurt (de ordinul  $10^{-9}$  s) după încetarea acțiunii radiației excitatoare, și *fosforescență* — la care emisia durează un timp mai îndelungat (secunde, minute, ore) după suprimarea acestora. Această împărțire este convențională, fiind legată mai mult de precizia metodelor de măsurare a timpului de extincție a luminescenței decît de proprietățile fizice ale substanțelor. O delimitare mai riguroasă a celor două fenomene este posibilă prin studierea procesului de luminescență la scară atomică. Sub acțiunea radiațiilor electromagnetice, procesele de excitare pe diverse nivele de energie (electronice, de vibrație, de rotație) a unor substanțe (de obicei gaze sau lichide) au loc fără separarea vreunui electron din atomii sau moleculele excitate; la dezexcitarea acestora apare radiația de luminescență, a

cărei durată depinde, în cea mai mare parte, de proprietățile atomilor și moleculelor și, mai puțin, de condițiile exterioare — cum ar fi temperatura. Acest tip de luminescență se numește fluorescență. În cazul în care, datorită procesului de excitare, un electron este îndepărtat complet din edificiul său atomic, ionic sau molecular (ex. în unele cristale sau pulberi cristaline, electronul părăsește regiunea nodului rețelei, contribuind la creșterea conductibilității lor electrice), revenirea acestuia (sau a unui alt electron) în starea inițială este însoțită de emisia unei radiații, iar fenomenul poartă numele de fosforescență; mobilitatea electronului într-un cristal fiind mică, durata acestor stări excitate este, în general, mare și scade cu creșterea temperaturii (când mobilitatea crește). Această dependență de temperatură nu se manifestă, de regulă, în cazul fluorescenței. Emisia luminoasă a tuburilor luminescente cu descărcări electrice în gaze este o formă de fotoluminescență, provocată de acțiunea radiațiilor ultraviolete, emise în timpul descărcării, asupra stratului de luminofor depus pe suprafața interioară a tubului.

— *catodoluminescență*, în care agentul excitator al radiației de luminescență îl constituie un flux de electroni rapizi (ex. în tuburile catodice). Cea mai răspândită aplicație a acestui fenomen o constituie iluminarea ecranelor televizoarelor.

— *röntgenoluminescență*, în care luminescența este provocată de acțiunea radiației X (sau röntgen) asupra unor substanțe cu proprietăți spectrale (*luminofori*).

— *chemiluminescență*, la care luminescența este produsă pe seama energiei degajate în urma unor reacții chimice, cum ar fi reacțiile

de oxidare lentă a unor substanțe organice. Dacă acestea sînt reacții chimice de natură biologică, fenomenul poartă numele de *bioluminescență* și este întâlnit la unele specii de pești, moluște, cefalopode, viermi, precum și la licurici.

— *triboluminescență*, în care excitarea se produce prin frecare, ruperea unor cristale, sau scuturare. Fenomenul poate apare la unele cristale ca zahărul, sulfura de zinc activată cu mangan etc.

— *electroluminescență*, la care excitarea este produsă de cîmpul electric (constant sau alternativ de joasă frecvență).

**luminofor**, substanță care manifestă proprietatea de luminescență cînd este supusă acțiunii radiațiilor electromagnetice (vizibile, ultraviolete, Röntgen), electronilor sau ionilor. Există o mare varietate de luminofori, dintre care cei mai cunoscuți sînt utilizați în tehnologia unor aparate electronice cu vid. Din această categorie fac parte o serie de silicați (cum sînt silicații de zinc, de calciu, de cadmiu, de magneziu etc.), wolframați, borați, fosfați, sulfuri și halogenofosfați, care prezintă aplicații la fabricarea ecranelor din tuburile catodice ale televizoarelor, osciloscopelor, microscopelor electronice etc., precum și a lămpilor luminescente cu descărcări în gaze. La confecționarea lămpilor cu descărcări în gaze, cristalele de substanță fluorescentă (de mărime 2—4  $\mu$ ) sînt amestecate într-un liant (nitroceluloză, acetat de butil etc.), cu care formează o pastă ce este depusă pe peretele interior al tubului de descărcare. Moleculele substanței fluorescente sînt excitate de către radiațiile ultraviolete din interiorul tubului de descărcare. Dezexcitarea acestor molecule duce la apariția

unui spectru bogat în radiații vizibile.

**luminozitate** ( $\Lambda$ ), mărime ce caracterizează instrumentele optice din punctul de vedere al iluminării imaginilor. În cazul instrumentelor optice care dau imagini reale, luminozitatea  $\Lambda_r$  este raportul dintre iluminarea  $E$  a imaginii și luminanța  $L$  a obiectului:

$$\Lambda_r = \frac{E}{L}.$$

Dacă  $x_1$  și  $x_2$  sînt distanțele de la planele principale-obiect — pînă la obiectul studiat și, respectiv, -imagine — pînă la imaginea sa reală, iar  $\Omega$  este unghiul solid în interiorul căruia se află fluxul luminos incident pe instrument (avînd vîrfurile la distanța  $x_1$ , pe axa optică, și fiind delimitat de pupila de intrare a instrumentului), luminozitatea instrumentului optic este:

$$\Lambda_r = \left( \frac{n_2 x_1}{n_1 x_2} \right)^2 \Omega,$$

unde  $n_1$  și  $n_2$  sînt indicii de refracție ai mediului anterior (al razelor incidente) și, respectiv, posterior (al razelor emergente).

În cazul instrumentelor optice care dau imagini virtuale, luminozitatea  $\Lambda_v$  este raportul dintre luminanța  $L_2$  a imaginii retiniene a obiectului privit prin instrument și luminanța  $L_1$  a imaginii retiniene a obiectului privit cu ochiul liber:

$$\Lambda_v = \frac{L_2}{L_1}.$$

Dacă aria  $S_0$  a pupilei de intrare a ochiului este mai mică decît aria  $S$  a pupilei de ieșire a instrumentului,

$$\Lambda_v = \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2;$$

dacă  $S_0 > S$ , atunci:

$$\Lambda_v = \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2 \frac{S}{S_0}.$$

În cazul în care obiectele vizate au dimensiuni foarte mici, putînd fi considerate punctiforme, luminozitatea are expresia:

$$\Lambda_v = \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2 \frac{S}{S_0} G^2,$$

unde  $G$  este grosimentul aparatului; se observă că, prin mărirea grosimentului, se poate obține creșterea luminozității lor (ex. la lunetă). Relațiile de mai sus sînt pur teoretice, neținînd seama de diverse pierderi de flux în interiorul instrumentelor care pot deveni, uneori, importante. Astfel, la fiecare incidență normală aer ( $n = 1$ ) — sticlă ( $n = 1,5$ ) se pierde prin reflexie aprox. 4% din fluxul luminos; dacă instrumentul conține  $N$  suprafețe de sticlă în contact cu aerul, fluxul emergent va reprezenta 0,96  $N$  din fluxul incident. Micșorarea factorului de reflexie, deci mărirea luminozității, poate fi realizată prin depunerea unor pelicule al căror indice de refracție este cuprins între valorile indicilor sticlei și aerului (ex.: criolit, fluorură de magneziu) pe suprafețele în contact cu aerul; grosimea lor fiind egală cu aprox. jumătate din lungimea de undă a regiunii centrale a spectrului vizibil, fenomenul de interferență multiplă va reduce aproape complet reflexia radiațiilor din această porțiune a spectrului. Suprafețele acestor lentile, privite la lumina zilei, apar de culoare purpurie (amestec ale extremităților roșu și violet din spectru). Această teh-

nică, aplicată frecvent la obiectivele moderne, poartă numele de *optică albastră*.

**lunetă** (sau **telescop dioptric**), instrument optic destinat observării obiectelor îndepărtate, formînd imagini virtuale ale acestora mai apropiate și vizibile sub un unghi aparent mărit.

*Luneta astronomică* (sau *Kepler*) se compune în principiu din două sisteme optice: obiectiv și ocular. Obiectivul (convergent) formează o imagine reală și micșorată a obiectului îndepărtat. Ocularul formează o imagine virtuală mărită, folosind ca obiect imaginea reală dată de obiectiv. De obicei, pentru a se evita efortul de acomodare al ochiului, imaginea virtuală (pe care observatorul o privește sub un unghi mai mare decît cel sub care este privit obiectul) se află la o distanță destul de mare de ochi, practic, la infinit. În acest caz, focarul posterior al obiectivului coincide, practic, cu focarul anterior al ocularului, luneta comportîndu-se ca un sistem afocal. Grosismul ei, în acest caz, este:

$$G = \frac{f_{ob}}{f_{oc}} = f_{ob} P_{oc},$$

unde  $f_{ob}$  și  $f_{oc}$  sînt distanțele focale ale obiectivului și ocularului, iar  $P_{oc}$  — puterea optică a ocularului. Luminozitatea lunetei pentru obiecte întinse este:

$$\Lambda_v = \frac{\rho^2}{\rho_0^2},$$

$\rho$  și  $\rho_0$  fiind razele pupilelor de ieșire și de intrare corespunzătoare lunetei și, respectiv, ochiului. Pentru obiecte punctiforme, luminozitatea este:

$$\Lambda_v = \frac{\rho^2}{\rho_0^2} G^2,$$

unde  $G$  este grosismul lunetei. *Luneta terestră* este destinată observării obiectelor îndepărtate de pe pămînt și, de aceea, conține un sistem de redresare a imaginii și are un cîmp optic mai mare decît cel al lunetelor astronomice, ceea ce limitează grosismul lor pînă la aprox. 10.

*Luneta Galilei* (sau *olandeză*) este o lunetă terestră cu ocular negativ format dintr-o lentilă divergentă așezată între obiectiv și imaginea reală dată de acesta (v. binoclu).

**lungime**, mărime fizică fundamentală, cu ajutorul căreia se exprimă întinderea spațială a corpurilor și distanțele dintre acestea. Se măsoară în metri (în SI) și în unitățile tolerate: UX (unitate X), ångström, micron, unitate astronomică, an lumină, parsec. V. sistem de unități.

**lungime de radiație** v. parcurs.

**lungime de undă** ( $\lambda$ ), distanța străbătută de o suprafață de undă în timp de o perioadă. În SI se măsoară în metri; unități tolerate frecvent utilizate sînt micronul și ångström. Dacă  $v$  este viteza de propagare a unei unde, lungimea de undă este dată de relația:

$$\lambda = vT,$$

unde  $T$  este perioada de oscilație a sursei de radiații. După valoarea acestei mărimi (de ordinul milimetrilor, centimetrilor, decimetrilor, metrilor, decametrilor etc.), undele electromagnetice se numesc: milimetrice, centimetrice, decimetrice, metrice, decametrice etc.

**lungime redusă** v. pendul.

**lupă**, sistem optic convergent cu distanța focală mică, format din



una sau mai multe lentile și destinat observării obiectelor de dimensiuni mici. Mărind diametrul aperturii al obiectului privit, lupa contribuie la mărirea puterii separatoare a ochiului. În scopul examinării, obiectele se așază între lupă și focarul acesteia la o astfel de distanță, încît imaginea virtuală să se formeze între punctele proximum și remotum ale ochiului; pentru ca un ochi normal să o poată observa fără efort de acomodare, ea trebuie să fie la o distanță mai mare de 25 cm (de preferință la infinit). Puterea luptei este

$$P = \frac{1}{f},$$

$f$  fiind distanța sa focală. Considerind, în mod convențional, obiectul situat la distanța minimă de

citire (0,25 m), lupa este caracterizată uneori prin grosimea

$$G = \frac{P}{4} = \frac{1}{4f},$$

a cărei valoare nu depășește în practică cifra 40.

**lux (lx)**, unitate de măsură a iluminării (luminoase), egală cu iluminarea unei suprafețe care primeste un flux luminos de un lumen, uniform repartizat pe o suprafață cu aria de un metru pătrat. În practică, este utilizat și multiplul său egal cu  $10^4$  lx, numit fot.

**luxmetru**, fotometru de construcție specială, adaptat pentru determinarea directă a iluminărilor. Cele mai răspândite sînt luxmetrele fotoelectrice, alcătuite dintr-un element (celulă) fotoelectric(ă) și un galvanometru sau un milivoltmetru etalonat în luși.

**Mach, Ernst** (1838—1916), fizician și filozof austriac. Contribuții însemnate în domeniul aerodinamicii vitezelor supersonice (v. numărul Mach). A indicat folosirea efectului Doppler la măsurarea vitezelor radiale ale stelelor.

**magnet**, corp din material ferosau ferimagnetic aflat în stare de magnetizare și producând în spațiul înconjurător un câmp magnetic. Prezintă două regiuni, numite poli magnetici, în care valoarea câmpului magnetic este maximă. După caracterul magnetizării, magnetii pot fi *temporari* sau *permanenți*, iar după modul în care au fost obținuți, pot fi *naturali* sau *artificiali* (ex. electromagnet).

**magnetism**, proprietate a corpurilor de a interacționa la scară microscopică prin intermediul câmpului magnetic creat de magnet sau de curenți electrici. Purtătorii elementari ai magnetismului sînt particulele elementare, care posedă momente magnetice corespunzătoare momentelor de spin și momentelor cinetice orbitale. Magnetismul corpurilor macroscopice se poate prezenta sub formele: diamagnetism, paramagnetism, feromagnetism, antiferomagnetism, ferimagnetism și metamagnetism.

**magnetism terestru** v. câmp magnetic.

**magnetizare** (sau **polarizare magnetică**), modificare a structurii magnetice a unui corp prin orientarea într-o anumită direcție a purtătorilor elementari ai magnetismului, sub acțiunea unui câmp magnetic exterior sau datorită unei deformări (v. magnetostricțiune). În cazul substanțelor diamagnetice și paramagnetice, este proporțională cu intensitatea câmpului magnetic exterior, iar în cazul substanțelor feromagnetice, dependența ei de această mărime este neliniară și ireversibilă. V. magnetizație.

**magnetizație** (sau **intensitate de magnetizare**, **M**), mărime vectorială ce caracterizează starea de magnetizare a corpurilor, egală cu densitatea de volum  $V$  a momentului magnetic  $\Delta m$ :

$$M = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{dm}{dV}.$$

Se poate descompune în două componente: *magnetizația permanentă*, caracteristică materialului și independentă de condițiile exterioare, și *magnetizația temporară*, ce depinde de valoarea câmpului magnetic sau a deformării exterioare. În SI se măsoară în amperi pe metru.

**magnetoaerodinamică** v. magneto-hidrodinamică.

**magnetodinamică** v. magnetohidrodinamică.

**Magnetohidrodinamică**, ramură a fizicii moderne, aflată la conexiunea dintre electromagnetism și mecanica fluidelor, care studiază legile generale de comportare a unui fluid electroconductor (metale topite, plasmă) în câmpuri magnetice. Acționând asupra fluidului ce conține un mare număr de particule ionizate, câmpul magnetic provoacă apariția unor curenți de inducție care produc câmpuri magnetice ce vor interacționa, la rândul lor, cu câmpul exterior. Mișcarea particulelor componente ale fluidului este determinată de interacția continuă între forțele mecanice și cele electromagnetice (dintre câmpul de viteze și cel electromagnetic) și este descrisă de sistemul de ecuații ale magnetohidrodinamicii. Acest sistem cuprinde ecuațiile câmpului electromagnetic (Maxwell, Lorentz) și ecuațiile mecanicii, pornind fie de la legile lui Newton, fie de la principiul d'Alembert, sau de la principiul Hamilton. Studiul proceselor magnetohidrodinamicii cu ajutorul ecuațiilor amintite poate fi efectuat fie la scara macroscopică, considerând fluidul ca un mediu continuu, caracterizat prin parametrii macroscopici: viscozitate, permeabilitate, conductivitate etc. (*magnetohidrodinamica fenomenologică* sau *aproximativă hidromagnetică*), fie la scara microscopică, mai ales în cazul gazelor ionizate (*dinamica plasmelor*). Folosirea termenului de *magnetodinamică a fluidelor*, în locul celui tradițional de magnetohidrodinamică, este mai potrivită, deoarece această ramură a fizicii are ca obiect de studiu toate fluidele ionizate, aflate în câmpuri magnetice. În sens mai riguros, este folo-

sit termenul de magnetohidrodinamică pentru fluide incompresibile, termenul de *magnetogazodinamică* (sau *magnetoaerodinamică*) pentru fluide compresibile și uneori *magnetohidrostatică* pentru descrierea anumitor fenomene de echilibru cvasistatic.

**magnetohidrostatică** v. magnetohidrodinamică.

**magnetogazodinamică** v. magnetohidrodinamică.

**magneton Bohr-Procopiu** ( $\mu_B$ ), valoarea minimă a momentului magnetic al electronului într-un atom

$$\mu_B = \frac{eh}{4\pi m_e},$$

în care  $e$  și  $m_e$  sînt sarcina și, respectiv, masa electronului și  $h$  este constanta Planck (v. moment magnetic orbital al electronului). A fost calculat de fizicianul român Șt. Procopiu în 1913, cu puțin timp înaintea lui N. Bohr. V. constantă fizică universală.

**magneton nuclear** ( $\mu_N$ ), moment magnetic elementar avînd expresia:

$$\mu_N = \frac{eh}{4\pi m_p},$$

unde  $m_p$  este masa protonului. Este de 1 836,12 (masa protonului în mase electronice) ori mai mic decît magnetonul Bohr-Procopiu.

**magnetooptică**, capitol al opticii fizice care se ocupă cu studiul fenomenelor produse la interacția undelor electromagnetice luminoase cu câmpurile magnetice. Astfel de fenomene sînt efectele Cotton-Mouton, Faraday, Zeeman etc.

**magnetostatică**, ramură a electromagnetismului ce se ocupă cu stu-

diul cîmpului magnetic, invariabil în timp, produs de curenți electrici (cu intensitatea constantă) sau de magneți permanenți imobili.

**magnetostricțiune**, deformare a unui corp prin aplicarea unui cîmp magnetic (efect magnetostriktiv direct sau Joule) sau magnetizarea acestuia în urma unei deformări (efect magnetostriktiv invers sau Villari), ambele datorate dependenței reciproce dintre permeabilitatea locală și starea de deformație a corpului. Efectul magnetostriktiv direct depinde de natura materialului, de tratamentul termic aplicat anterior acestuia, de temperatură,

precum și de mărimea și direcția cîmpului magnetic. Astfel, efectul este mai puternic la materialele fero- și ferimagnetice, scade cu temperatura și dispare complet în punctul Curie, manifestându-se mai intens în direcția cîmpului magnetic (efect longitudinal). În această direcție, alungirea relativă  $\frac{\Delta l}{l}$  variază de obicei mono-

ton cu intensitatea cîmpului, prezentînd o tendință de saturație. După natura materialului, poate atinge valori (pină la  $10^{-5}$ ) pozitive sau negative; pentru unele materiale (Fe, Co turnat) își poate

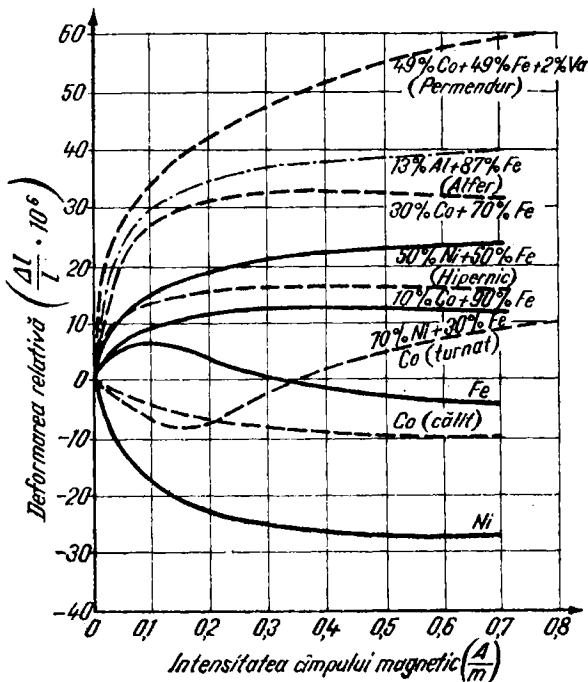


Fig. 226

schimba semnul la variația intensității cimpului magnetic (fig. 226). Variația relativă de volum corespunzătoare  $\frac{\Delta V}{V}$  este de aprox. 100 de ori mai mică. Aceste efecte sînt folosite pentru generarea și recepția ultrasunetelor (v.).

**magnetou v. generator electric.**

**magnetron**, tub electronic cu vid înaintat ce poate genera oscilații ale curentului electric, a căror lungime de undă este de ordinul centimetrilor sau milimetrilor. Este format dintr-un tub cilindric (anod), în care se află un catod axial. Un cîmp magnetic axial și uniform (ales de o anumită valoare) produce deviația electronilor, astfel încît mici variații ale tensiunii anodice determină variații mari ale curentului anodic. Poate funcționa în regim continuu sau în impulsuri.

**Maior, Augustin** (1882—1964), fizician român, profesor la Universitatea din Cluj. Lucrări de fizică teoretică (teoria relativității, gravitației etc.) și telefonie.

**manometru**, aparat de măsurat presiunea și diferențele de presiune ale fluidelor închise în recipiente. Poate fi cu gaz, cu ionizare, cu lichid, cu piston, electric (ex. cu termocuplu), metalic etc. Dintre acestea, multiple aplicații în laboratoare le au manometrele de vid (utilizate la măsurarea presiunilor sub 1 Torr), numite și *vacuummetre*; astfel de aparate sînt manometrele Mac-Leod, cu termocuplu și cu ionizare. Cu ajutorul *manometrului cu gaz Mac-Leod* (sau *absolut*) (fig. 227), a cărui funcționare se bazează pe legea Boyle-Mariotte, se măsoară presiuni cuprinse în intervalul  $10^{-6}$ —

1 Torr. Gazul rarefiat, aflat în legătură cu incinta de vidat, avînd parametrii  $p$  (presiune),  $V$  (volum) și  $T$  (temperatură), suferă o comprimare izotermă trecînd într-o nouă stare, caracterizată de presiunea  $p_1$  și volumul  $V_1$ ; potrivit legii Boyle-Mariotte, se obține:

$$p = \frac{p_1 V_1}{V}.$$

Datele constructive ale manometrului fiind cunoscute,  $V_1$  și  $V$ , se poate calcula presiunea inițială  $p$  a volumului de gaz considerat (care este egală cu presiunea gazului din incinta vidată) prin măsurarea presiunii  $p_1$ . La etalonarea manometrului, se poate folosi o scară liniară sau pătratică. În capilarul de referință, nivelul mercurului se află în dreptul capătului superior al capilarului de măsură ( $h' = 0$ ). Presiunea este dată, în scara pătratică, de relația:

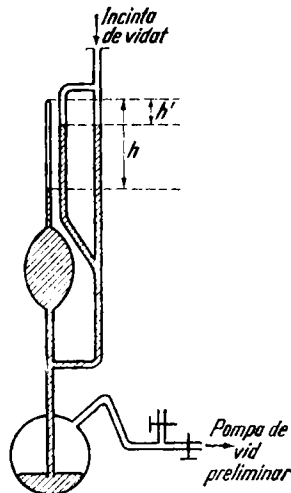


Fig. 227

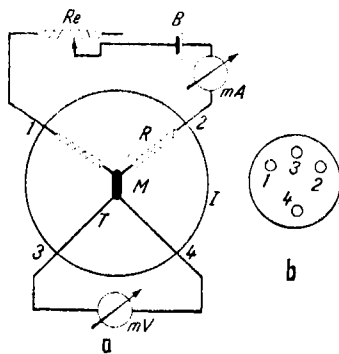


Fig. 228

$$p = Ch^2,$$

unde  $h$  este lungimea coloanei de gaz din capilarul de măsură, iar  $C = o$  constantă a aparatului. **Manometrul cu termocuplu** măsoară presiuni cuprinse în intervalul  $10^{-4}$ – $1$  Torr. Conține un termocuplu  $T$  și o rezistență de încălzire  $R$ , aflate în contact termic prin firul metalic  $M$  (fig. 228 *a* și *b*). Prin intermediul contactelor  $1$  și  $2$ , rezistența  $R$  este conectată în serie cu un reostat  $R_e$ , un acumulator  $B$  și un miliampermetru  $mA$ . Cu ajutorul reostatului, curentul electric din circuit este menținut constant în timpul măsurării. Prin contactele  $3$  și  $4$ , se stabilesc legăturile între termocuplu și milivoltmetrul  $mV$ . Forța electromotoare ce ia naștere în termocuplu este determinată de temperatura rezistenței  $R$ ; dacă curentul prin  $R$  se menține constant, atunci temperatura sudurii calde depinde de conductibilitatea termică a gazului, care, la rindul ei, este determinată de presiune. Stabilind o corespondență între presiunea gazului din balonul  $I$  — care se găsește în legătură cu

incinta de vidat și forța termoelectromotoare, aparatul poate fi etalonat direct în unități de presiune. Pentru măsurarea presiunilor joase (de ordinul  $10^{-7}$ – $10^{-3}$  Torr), se utilizează **manometrul cu ionizare**, care se bazează pe ionizarea gazului provocată de un flux de electroni emis de filamentul încălzit al unei lămpi. În instalația de vid de laborator, se folosește o triodă (fig. 229). Pe grila acesteia (cu rol de „anod”) se aplică un potențial pozitiv (ex. de  $+200V$ ) în raport cu catodul, iar pe anod (devenit „colector”) se aplică un potențial negativ (ex. de  $-25 V$ ) în raport cu catodul. Dacă intensitatea curentului din circuitul de încălzire al catodului (ex. de  $5mA$ ) și tensiunea de accelerare sînt menținute constante, numărul de ioni formați este proporțional cu concentrația moleculelor, deci cu presiunea gazului aflat între electrozi. Curentul ionic al colectorului lămpii format prin depunerea pe acesta a ionilor pozitivi este amplificat și, apoi, măsurat cu un miliampermetru a

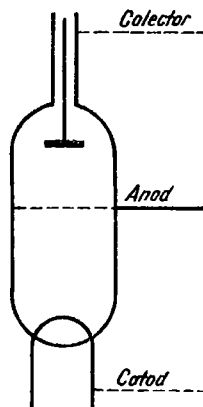


Fig. 229

oțnui senla este gradată direct în unități de presiune (Torr). Amplificatorul și miliampermetrul se găsesse montați în același aparat numit *vacuummetru*.

**Murlan, Victor** (1896—1971), fizician român, profesor la Universitatea din Cluj. Lucrări de feromagnetism și de istoria fizicii.

**Marlotte** [mariôt], **Edmé** (1620 — 1684), fizician francez. Membru al Academiei de Științe din Paris. Cercetări în domeniul mecanicii fluidelor și al opticii. A verificat (1676) legea gazelor descoperită de R. Boyle, denumită astăzi legea Boyle-Mariotte.

**masă** ( $m, M$ ), mărime caracteristică unui corp, măsură a inerției și capacității acestuia de a crea cimpuri gravitaționale. În concepția lui Newton, reprezintă sau măsoară cantitatea de materie conținută de corp. Această definiție nu este corectă, materia în concepția materialist-dialectică reprezentând o categorie filozofică; masa, fiind numai o caracteristică a unei forme concrete de existență a acesteia — substanța, nu poate servi drept măsură a materiei. Se măsoară în kilograme (în SI) și în unitățile tolerate: gram (în sistemul CGS), quintal, tonă. Mecanica relativistă stabilește, pentru corpurile aflate în mișcare cu viteza  $v$ , relația:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

în care  $c$  este viteza luminii, iar  $m$  și  $m_0$  — *masă de mișcare* și, respectiv, *de repaus* a corpului. V. formula Einstein.

**masă** (sau **greutate**) **atomică** (relativă,  $A_r$ ), raportul dintre masa

medie a atomului unui element chimic și  $1/12$  din masa izotopică a nuclidului  $^{12}\text{C}$ .

**masă critică** v. fisiune.

**masă de repaus** v. formula Einstein.

**masă de mișcare** v. formula Einstein.

**masă efectivă** v. corp solid.

**masă gravitațională**, masă a corpurilor ce intervine în legea atracției universale, caracterizind capacitatea lor de a crea cimpuri gravitaționale și de a suferi acțiunea lor. Atit masa inertă cit și masa gravitațională reprezintă una și aceeași proprietate a substanței. Ele nu diferă cantitativ, experiențe foarte precise confirmînd acest lucru cu o precizie  $\pm 5 \cdot 10^{-6}$  %.

**masă inertă**, masă a unui corp definită de legea a doua a dinamicii ca raportul dintre modulul forței  $F$  ce acționează asupra unui corp și cel al accelerației pe care i-o imprimă:  $m = \frac{F}{a}$ ; caracterizează proprietățile inerțiale ale corpurilor. V. dinamică.

**masă izotopică**, masa atomului neutru al unui nuclid.

**masă molară** ( $\mu$ ), masa unui mol dintr-o substanță.

**masă** (sau **greutate**) **moleculară** (relativă,  $\mu_r$ ), raportul dintre masa medie a unei molecule și  $1/12$  din masa izotopică a nuclidului  $^{12}\text{C}$ .

**masă redusă** ( $m, \mu$ ), masa unei particule fictive ce poate înlocui un sistem de particule aflate în mișcare relativă. În cazul unui

sistem alcătuit din două particule, de mase  $m_1$  și  $m_2$ , ce interacționează, studiul mișcării acestora se poate înlocui cu studiul mișcării unei singure particule fictive, de masă:

$$m = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2},$$

așezată la o distanță egală cu distanța dintre particule, față de centrul de masă al sistemului. V. ciocnire (2).

**masă specifică**, densitate.

**masă volumică**, densitate.

**maser** (<engl. microwave amplification by stimulated emission of radiation — „amplificarea microundelor prin emisia stimulată a radiației“), instalație pentru generarea și amplificarea cuantică a radiațiilor electromagnetice din domeniul microundelor. Principiul său de funcționare este identic cu cel al laserului (v.), deosebindu-se de acesta doar prin realizarea tehnică. Astfel, *maserul cu fascicul molecular* de amoniac dispune de o cameră de expansiune pentru destinderea gazului provenit de la un cuptor încălzit la aprox. 300 K. Fasciculul străbate totodată o regiune cu câmp electric neomogen, care realizează astfel o inversie de populație și focalizează moleculele spre o cameră rezonantă acordabilă, unde acestea au posibilitatea să cedeze energia prin dezexcitare în cascadă, formînd un fascicul monocromatic coerent, paralel și foarte intens. *Maserul cu fascicul atomic* (cu atomi de  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{107}\text{Ag}$ ,  $^{109}\text{Ag}$ ) conține, de asemenea, un cuptor pentru obținerea fascicului atomic, separarea după stări făcîndu-se însă cu ajutorul unui câmp magnetic neomogen. Acest maser este bazat pe stimularea tranzi-

țiilor de dipol magnetic din fasciculul atomic. După realizarea inversiei, fasciculul pătrunde într-un rezonator aflat într-un câmp magnetic omogen și constant. Oscilațiile rezonatorului duc la depopularea nivelelor excitate și, deci, la emisia fascicului coerent de radiații electromagnetice de frecvență corespunzătoare dezexcitării atomilor. Se construiesc și *maseri cu solid*, avînd ca mediu activ un mic cristal de material paramagnetic aflat într-o cavitate rezonantă, la temperaturi foarte joase (de ex. temperatura heliului lichid); cristallul este supus unui câmp alternativ (de pompaj) cu frecvența de ordinul celei necesare excitării atomilor săi pe nivelul corespunzător. Dezexcitarea lor radiativă poate fi declanșată fie ca urmare a interacției cu radiația de amplificat, fie pe seama radiației termice (totdeauna prezentă în rezonator). Cu un astfel de maser format din ioni de uraniu ( $\text{U}^{+++}$ ) în fluorină de calciu ( $\text{CaF}_2$ ) s-a obținut radiația cu lungimea de undă 24 900 Å (maser cu patru nivele). V. pompaj optic, emisie stimulată.

**mașina Atwood**, dispozitiv cu ajutorul căruia se poate realiza verificarea simplă a legilor căderii libere a corpurilor și determinarea accelerației gravitaționale. Se compune (fig. 230) dintr-o

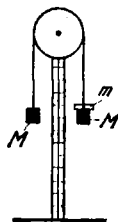


Fig. 230



bară verticală gradată în centimetri, la a cărei margine superioară este montat un scripete fix, ce se poate roti cu frecare neglijabilă. De capetele cablului subțire ce trece peste acesta sint legate două mase egale  $M$ , aflate în echilibru. Prin adăugarea, pe una din ele, a unei mase  $m \ll M$ , sistemul capătă (o mișcare accelerată cu accelerația:

$$a = \frac{mg}{2M + m},$$

care poate fi ușor determinată măsurându-se spațiile  $s_1, \dots, s_n$  parcurse în intervalele de timp  $\Delta t_1, \dots, \Delta t_n$ :

$$a = \frac{2s_1}{\Delta t_1^2} = \dots = \frac{2s_n}{\Delta t_n^2}.$$

Din prima relație, se poate apoi determina valoarea lui  $g$ .

**mașină electrică**, instalație ce transformă energia mecanică în energie electromagnetică (v. generator electric) sau invers (v. motor electric), pe baza fenomenului de inducție electromagnetică.

**mașină frigorifică** v. ciclul Carnot.

**mașină simplă**, dispozitiv mecanic elementar, cu ajutorul căruia se învinge o forță rezistentă cu o forță mai mică (permițînd o economie de forță) sau se realizează o deplasare mai mică decît cea a forței rezistente (economie de deplasare). Lucrul mecanic al forței active este egal cu cel al forței rezistente, dar poate fi efectuat astfel în condiții mai avantajoase. Mașinile simple pot fi de tipul pîrghiei (pîrghia, scripetele) sau de tipul planului înclinat (planul înclinat, șurubul, pana).

**mașină termică** v. ciclul Carnot.

**maxwell (Mx)**, unitate de măsură

tolerată (în CGS $\mu_0$ ) a fluxului magnetic. Reprezintă fluxul magnetic ce trece printr-o suprafață cu aria de un centimetru pătrat, care este străbătută de o inducție magnetică normală de un gauss. Relația de echivalență cu unitatea corespunzătoare din SI este:

$$1\text{Mx} = 10^{-8}\text{Wb}.$$

**Maxwell** [măxuəl], **James Clerk** (1831–1879), fizician englez. Membru al Societății Regale din Londra. Importante contribuții în domeniul teoriei cinetice a gazelor și în cel al electromagnetismului. Introducînd noțiunea de curent de deplasare și generalizînd legile experimentale ale fenomenelor electrice și magnetice, Maxwell a alcătuit un sistem de ecuații (v. ecuații Maxwell) care exprimă legile cîmpului electromagnetic. Pe baza acestor ecuații a dedus existența undelor electromagnetice, descoperite experimental de H. Hertz.

**Mayer, Julius Robert von** (1814–1878), fizician și medic german. A adus o contribuție însemnată la formularea principiului conservării și transformării energiei. A determinat, prin calcul, echivalentul mecanic al caloriei și a studiat căldura molară a gazelor, stabilind o relație ce-i poartă numele (formula Mayer).

**mărime (fizică)**, proprietate a realității obiective ce poate fi cercetată cu metodele fizicii. *Măsurarea* ei constă în compararea cantitativă cu altă mărime fizică de aceeași natură. Valoarea  $a$  a unei mărimi  $A$  măsurată cu unitatea de măsură  $[A]$  se exprimă prin

$$\text{relația: } a = \frac{A}{[A]};$$

rezultatul măsurării se exprimă deci sub

forma unui produs simbolic între valoare și unitatea de măsură (v. sistem de unități). După cum poate fi studiată complet cu ajutorul noțiunii de număr real, de vector sau de tensor, o mărime fizică poate fi scalară, vectorială sau tensorială. După scara la care se consideră fenomenele — microscopică (care nu pune în evidență structura atomică a corpurilor) sau microscopică (atomică sau subatomică), se deosebesc mărimi macroscopice și microscopice.

**mărire liniară** (transversală,  $\gamma$ ), raportul dintre dimensiunea transversală (într-un plan perpendicular pe axa optică principală)  $y_2$  a imaginii și dimensiunea transversală  $y_1$  a obiectului:

$$\gamma = \frac{y_2}{y_1}.$$

Se utilizează pentru caracterizarea instrumentelor optice care dau imagini reale. Pentru o lentilă subțire

$$\gamma = \frac{x_2}{x_1},$$

unde  $x_1$  și  $x_2$  sînt distanțele măsurate de la centrul optic al lentilei pînă la obiect și, respectiv, pînă la imagine. V. dioptru.

**mărire unghiulară** ( $u$ ), raportul dintre tangentele unghiurilor  $\alpha_2$  și  $\alpha_1$  cuprinse între axa optică principală și o rază de lumină după și, respectiv, înainte de refracția prin sistemul optic, originea ei fiind punctul în care axa optică înțeapă obiectul:

$$u = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1}.$$

În aproximația Gauss:

$$u \approx \frac{\alpha_2}{\alpha_1}.$$

**măsurare v. mărime fizică**, eroare de măsură.

**mecanică**, ramură a fizicii care se ocupă cu studiul celei mai simple mișcări, denumită mișcare mecanică. După caracterul problemelor abordate, se împarte în: statică, cinematică și dinamică.

**mecanică a fluidelor**, capitol al mecanicii care se ocupă cu studiul legilor de echilibru sau de mișcare a fluidelor, precum și cu acțiunea lor asupra corpurilor solide cu care vin în contact.

**mecanică analitică**, capitol al mecanicii în care mișcarea corpurilor este studiată în funcție de coordonatele generalizate, vitezele sau impulsurile generalizate, cu ajutorul ecuațiilor diferențiale Lagrange sau Hamilton, ce sînt variante generalizate ale ecuațiilor lui Newton (din dinamica clasică).

**mecanică cuantică** (sau **ondulatorie**), capitol al fizicii teoretice care se ocupă cu studiul legilor de mișcare a particulelor elementare (ex. electroni, mezozi, nucleoni) sau al sistemelor de astfel de particule (ex. nuclee atomice, atomi, molecule). Are la bază proprietățile specifice microparticulelor și operează cu noțiunea de funcție de undă. O entitate de bază a mecanicii cuantice este acțiunea, mărime cuantificată a cărei unitate (cuantă de acțiune) este constanta de acțiune Planck. Aceasta implică cuantificarea și a altor mărimi, cum ar fi energia, momentul impulsului, spinul etc.

**mecanică newtoniană**, capitol al mecanicii ce studiază echilibrul și mișcarea corpurilor cu viteze mici în comparație cu viteza

luminii, pe baza principiilor dinamicii ale lui Newton.

**mecanică ondulatorie**, mecanică cuantică.

**mecanică relativistă** v. teoria relativității.

**Meltner** [máitnør], Lise (n. 1878), fiziciană austriacă. Împreună cu O. Frisch, a emis (1939) ipoteza fisiunii nucleului de uraniu pentru a explica rezultatele experiențelor lui O. Hahn.

**membrană vibrantă**, corp elastic, omogen și întins în toate direcțiile cu o tensiune constantă, care are una dintre dimensiuni (grosimea) mult mai mică decât celelalte două, comparabile între ele. Încastrată rigid în lungul conturului și scoasă din poziția de repaus, membrana vibrează cu frecvențe ce depind de tensiunea mecanică  $T$ , de masa  $m$  distribuită pe unitatea de suprafață, precum și de forma și mărimea conturului. Pentru o membrană dreptunghiulară, frecvențele posibile de vibrație (sau proprii) sînt:

$$f_{p,q} = \sqrt{\frac{T}{4m} \left( \frac{p^2}{a^2} + \frac{q^2}{b^2} \right)} = \frac{v}{2} \sqrt{\frac{p^2}{a^2} + \frac{q^2}{b^2}},$$

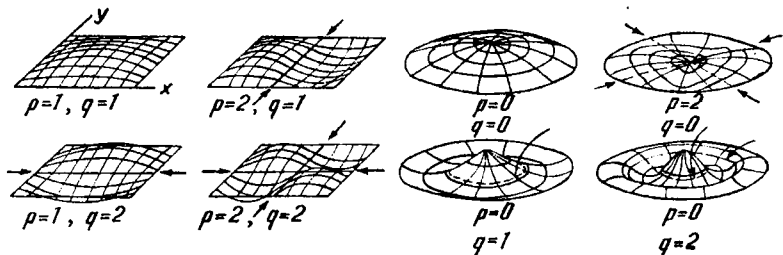


Fig. 231

unde  $a$  și  $b$  sînt laturile conturului,  $p$  și  $q$  — numere întregi și pozitive ce determină „modul de vibrație“, iar  $v$  — viteza de propagare a undei în membrană. Pentru  $p = q = 1$ , membrana vibrează cu frecvența fundamentală, producînd sunetul fundamental; pentru alte valori, se obțin sunete superioare, care nu sînt însă armonice superioare (neavînd frecvența egală cu un multiplu al frecvenței fundamentale). Dacă membrana este pătrată, relația precedentă capătă forma:

$$f_{p,q} = \frac{v}{2a} \sqrt{p^2 + q^2}$$

și frecvența fundamentală este:

$$f_{1,1} = \frac{0,707 v}{a}.$$

Dacă membrana este circulară, frecvența fundamentală este:

$$f_{0,0} = \frac{0,382 v}{r},$$

unde  $r$  este raza membranei. Propagarea undelor elastice în membrană este însoțită de formarea de unde staționare; pentru cîteva moduri de vibrație, liniile nodale

caracteristice sînt redat e în fig. 231. At it pentru membranele p atrate c it şi pentru cele circulare, sînt posibile foarte multe moduri de vibrație nearmonice.  ntruc it, datorită unei puternice amortizări curba de rezonan a este întinsă, membranele reac ioneaz  practic la fel de sensibil pentru o gamă largă de frecvențe, calitate care le face utilizabile la recepția, înregistrarea  i reproducerea sunetelor, dar care nu le recomandă ca elemente de producere a sunetelor.

**memorie magnetică,** dispozitiv pentru memorarea  i păstrarea informațiilor sub formă codificată. Este utilizat în automatik , în tehnica de calcul, la ma inile cu conducere programată,  i acolo unde, pentru scrierea informațiilor, se utilizează fenomenul de magnetizare reziduală a materialelor feromagnetice. Ca mediu pentru memorarea informațiilor se utilizează feritele, care posedă o capacit  mare de memorare, fac posibilă păstrarea sub formă nealterată a informa iei în timp  i prezintă siguran a, stabilitate în exploatare  i cost mic pe unitatea de informa ie.

**menise** v. adeziune.

**Mercea, Victor** (n. 1924), fizician român, profesor la Universitatea din Cluj. M. coresp. al Acad. Lucrări în domeniile fizicii moleculare, mecanicii fluidelor etc.

**metoda amestecurilor** v. colorimetru.

**metoda Chadwick** v. radiație X.

**metoda cielurilor** v. temperatură.

**metoda c mpului întunecat** v. ultramicroscop.

**metoda cristallului rotitor** v. radiație X.

**metoda Debye-Scherrer** v. radiație X.

**metoda exploziei conductorilor subțiri** v. fuziune.

**metoda interpolării** v. analiză spectrală.

**metoda Laue** v. radiație X.

**metoda pulberilor** v. radiație X.

**metoda undelor de  oc** v. fuziune.

**metrologie,** ramură a fizicii care studiază metodele de măsurare precisă ale mărimilor fizice, astfel  nc t erorile de măsură să fie c t mai mici, ocup ndu-se totodată cu stabilirea unităţilor de măsură ale acestor mărimi.

**metronomie,** capitol al metrologiei al c ruui obiect de studiu îl constituie adoptarea etaloanelor tip pentru unităţile fundamentale ale sistemelor de unităţi.

**metru** v. sistem de unităţi.

**mezon,** particulă elementară instabilă, av nd masa cuprinsă între cea a electronului şi cea a protonului. Din punct de vedere electric, poate fi pozitiv, negativ (sarcina sa fiind egală, în valoare absolută, cu a electronului) sau neutru. Există mezoni  $\mu$  (*miuoni*), mezoni  $\pi$  (*pioni*)  i mezoni K (*kaoni*). Acestia pot fi identifica i în reacțiile nucleare produse de particule de mare energie, la dezintegrarea hiperonilor sau în razele cosmice. H. Yukawa a considerat mezonul  $\pi$  ca fiind cuanta *c mpului mezonic*  i suportul material al forțelor nucleare. V. particulă elementară.

mho, siemens.

**Michelson** [máicælsən], **Albert Abraham** (1852—1931), fizician american. A inventat un interferometru cu ajutorul căruia a efectuat (1881) o experiență (v. experiența Michelson) devenită celebră, care a contribuit la fundamentarea teoriei relativității. Michelson a folosit metodele interferometrice la măsurarea metrului, a vitezei luminii în diferite medii imobile sau în mișcare, în studiul structurii hiperfine a spectrelor, precum și în astronomie. Premiul Nobel (1907).

**microfotometru**, densitometru cu transmisie cu ajutorul căruia pot fi determinate opacitățile diferitelor microregiuni ale plăcilor fotografice. Este folosit în spectroscopie pentru analize cantitative. În construcția sa intră: suportul plăcii fotografice (care se poate deplasa în două direcții perpendiculare în fața unui obiectiv, într-un plan normal pe axul optic al acestuia sistemul de iluminare, sistemul fotosensibil cu celulă fotoelectrică, un galvanometru cu scală gradată, instalația de alimentare cu tensiuni stabilizate și diverse dispozitive de reglare (focalizare, iluminare etc.). Prin deplasarea plăcii spectrale în fața obiectivului, se poate determina curba de variație a intensității liniei spectrale în funcție de lungimea de undă. De asemenea, pot fi determinate rapoarte de intensități ale diferitelor linii spectrale.

**micron** ( $\mu$ ), unitate de măsură pentru lungimi, submultiplu zecimal al metrului:

$$1\mu = 10^{-6} \text{ m.}$$

**microscop**, aparat optic folosit pentru observarea obiectelor foarte

mici, care nu pot fi distinse cu ochiul liber. Este compus din două sisteme optice, obiectivul și ocularul, aflate la o distanță apreciabilă pe aceeași axă optică principală. Obiectivul formează o imagine reală, răsturnată și mărită a obiectului (sau a preparatului microscopic), aflată în spațiul-obiect al ocularului, care, la rândul său, dă o imagine finală mult mărită și virtuală. Dacă imaginea reală, formată de obiectiv, se află în focarul-obiect al ocularului, imaginea dată de aparat se formează la infinit, iar observarea ei poate fi făcută cu ochiul neacomodat. Uneori (de ex. la determinarea grosimentului convențional), distanța obiectivului față de preparatul microscopic este astfel aleasă, încât imaginea finală să se formeze la distanța de 0,25 m de ochi; în acest caz, imaginea reală intermediară se află între ocular și focarul său posterior. Punerea la punct a microscopului se face deplasând tubul acestuia (care constituie montura obiectivului și ocularului) până când obiectul cercetat se află în vecinătatea focarului obiectivului, într-un punct a cărui imagine poate fi privită fără efort de acomodare. Notînd cu  $e$  distanța dintre focarul anterior al obiectivului și focarul posterior al ocularului, mărirea liniară a obiectivului se exprimă prin relația:

$$\gamma_{ob} = \frac{e}{f_{ob}},$$

unde  $f_{ob}$  este distanța focală a obiectivului. Puterea microscopului este egală cu produsul dintre

mărirea liniară  $\gamma_{ob}$  a obiectivului și puterea  $P_{oc}$  a ocularului:

$$P = \gamma_{ob} P_{oc} = \frac{e}{f_{ob} f_{oc}},$$

$f_{oc}$  fiind distanța focală a ocularului. Dacă atît obiectul de studiat cît și imaginea sa finală se află la distanța minimă de vedere distinctă ( $\delta = 0,25\text{ m}$ ), microscopul poate fi caracterizat prin grosismentul convențional  $G_c$ , egal cu produsul dintre mărirea obiectivului și grosismentul  $G_{oc}$  al ocularului:

$$G_c = \gamma_{ob} G_{oc},$$

unde  $G_{oc} = \delta/f_{oc}$ . Puterea separatoare liniară  $L$  a microscopului poate fi mărită prin micșorarea lungimii de undă  $\lambda$  (de ex. microfografiile pot fi făcute și în lumină ultravioletă), prin mărirea deschiderii obiectivului (teoretic, pînă la  $2\alpha = 180^\circ$ ) sau prin introducerea între obiectiv și obiect a unui mediu optic cu indicele de refracție  $n$  cît mai mare (procedeu numit *imersie*), cum ar fi apă ( $n = 1,33$ ), ulei de cedru ( $n = 1,5$ ), monobromnaftalină ( $n = 1,66$ ) etc. Puterea de rezoluție a aparatului este legată de diametrul aparent  $\epsilon_0$  al unui element fotosensibil de pe retina ochiului și se numește *putere utilă*:

$$p_u = \epsilon_0 L.$$

Luminozitatea teoretică  $\Lambda$  a microscopului este dată de relația:

$$\Lambda = \frac{1}{\rho_0^2} \frac{a^2}{p^2}$$

(unde  $\rho_0$  este raza pupilei de intrare a ochiului) și poate fi mărită prin imersie, care duce la creșterea aperturii numerice  $a$ . La studiul

unor obiecte microscopice transparente, care au o mică diferență de indice de refracție față de mediul înconjurător, este utilizat un tip special de *microscop cu contrast de fază*, construit de F. Zernike în 1934. Acesta conține între obiectiv și ocular o plăcuță transparentă (de fază) care introduce un defazaj al radiației ce trece prin maximul central (față de cea din celelalte maxime) al figurii de difracție, aparținînd imaginii intermediare date de obiectiv, egal cu  $\pi/2$ . Astfel, se creează o diferență de luminozitate între regiunile preparatului microscopic cu indice de refracție

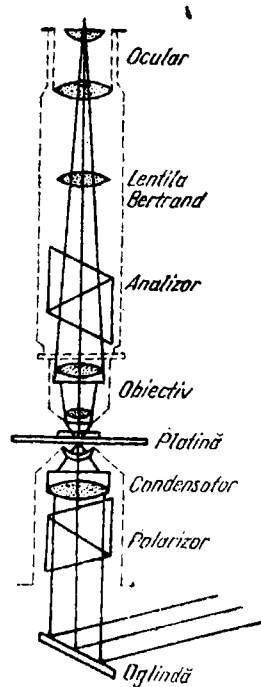


Fig. 232

diferit, mărindu-se considerabil contrastul dintre acestea. Acest microscop poate fi utilizat, de ex., la studiul microorganismelor vii în soluții. *Microscopul polarizant* (fig. 232) folosit pentru observații în lumină polarizată (ex. studiul proprietăților optice ale cristalelelor și mineralelelor) conține un polarizor (ex. nicol, polaroid etc.), așezat între sursa de lumină și obiectul de cercetat, și un analizor, montat între obiectiv și ocular. Pentru studierea suprafețelor opace se folosește *microscopul metalografic*. În interiorul acestuia, iluminarea se face prin reflexia luminii pe suprafața cercetată.

**microscop electronic**, microscop care, spre deosebire de cel optic, folosește fascicule de electroni în locul fasciculelor de lumină. În fig. 233 este redată o schemă comparativă a acestor două tipuri de microscopie. Imaginea preparatului microscopic într-un microscop electronic se obține cu ajutorul lentilelor electronice al căror cimp acționează asupra fasciculiului de electroni, focalizându-l în mod corespunzător. Folosirea electronilor duce la creșterea considerabilă a puterii separatoare, datorită valorii mici a lungimii de undă asociate electronului accelerat până la viteze  $v$  suficient de mari

$$\lambda = \frac{h}{mv},$$

unde  $h$  este constanta Planck, iar  $m$  — masa electronului. Distanțele minime de separare sînt de ordinul 2–4 Å.

În *microscopul electronic cu transmisie*, imaginea se formează ca urmare a împrăștierei elastice a electronilor la trecerea prin proba

de studiat; unghiul de împrăștiere al acestora este cu atît mai mare cu cît grosimea stratului străbătut este mai mare. După tipul lentilelor folosite, microscopalele electronice cu transmisie pot fi electrostatice, magnetice sau mixte. Părțile principale ale unui astfel de microscop sînt: tunul electronic — care produce fasciculiul electronic de mare energie, lentilele

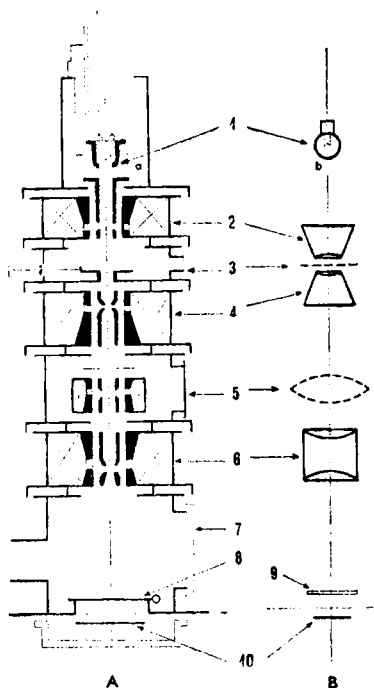


Fig. 233. Schemă comparativă între microscopul electronic și cel optic:

A. microscop electronic; B. microscop optic;

1 — sursă: a) electroni, b) fotoni; 2 — condensor; 3 — obiect; 4 — obiectiv; 5 — lentilă; 6 — ocular; 7 — camera de observație; 8 — ecran fluorescent; 9 — geam mat; 10 — placă fotografică.

condensorului, camera portobiectivului, lentilele obiectivului, lentila de proiecție, un ecran fluorescent — pe care se formează imaginea structurii probei, și camera fotografică. În alcătuirea sa intră, de asemenea, un generator de înaltă tensiune, sistemele electrice (de alimentare, stabilizare, măsură și control) și instalația de vid (cuprinzând pompele, vacuometrele etc.). Mărirea liniară maximă a microscopului este aprox. egală cu:

$$M_{max} = \frac{l^2}{4f_{ob}f_{pr}},$$

unde  $l$  este distanța dintre obiect și imaginea finală, iar  $f_{ob}$  și  $f_{pr}$  sînt distanțele focale ale obiectivului și, respectiv, lentilei de proiecție. Pentru creșterea puterii măritoare, microscopale moderne sînt prevăzute cu lentile intermediare situate între lentila de proiecție și obiectiv. În mod obișnuit se obțin puteri măritoare de 30 000 — 60 000, iar cu unele microscopale perfecționate puterile de mărire ajung pînă la 500 000 — 1 500 000. Imaginile sînt afectate de aberații cromatice (datorite dispersiei energetice a fasciculului de electroni) și de aberații de sfericitate; ameliorarea acestora duce la creșterea puterii de rezoluție a microscopului. *Microscopul cu reflexie* este folosit pentru studiul suprafețelor unor corpuri netransparente pentru electroni. Ca urmare a interacției electronilor cu microcîmpurile atomilor superficiali, electronii fasciculului paralel vor fi reflectați în diferite direcții, în funcție de relieful suprafeței; astfel, imaginea finală va reproduce caracteristicile microstructurale ale suprafeței. Ca microscop cu reflexie poate fi folosit și un microscop

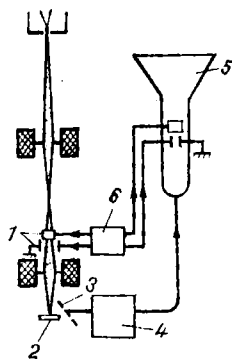


Fig. 234

cu transmisie, prin modificarea corespunzătoare a poziției obiectului și a unghiului de incidență. Principalul dezavantaj al său este prezența aberației cromatice, datorită faptului că împrăștierea electronilor nu este perfect elastică, ceea ce provoacă, după reflexie, dispersia lor energetică. În *microscopul cu explorare* (fig. 234), fasciculul electronic este deviat de plăcile de deflexie 1 și explorează suprafața de cercetare 2. Fasciculul reflectat este colectat de electrodul 3, iar semnalul de la acest electrod, amplificat de un amplificator de semnal 4, este aplicat electrodului de comandă al unui tub cinescopic 5. Spotul acestuia explorează ecranul, sincron cu variațiile generatorului de baleiaj 6. Deflexiile maxime pe obiect sînt de ordinul 0,1 mm, iar pe ecranul cinescopului — de ordinul  $10^2$  mm, ceea ce face să se obțină mărimi liniare destul de mari (de ordinul  $10^5$ ); puterea de rezoluție a acestui tip de microscop este însă mai slabă, datorită dimensiunilor finite ale diametrului



spotului (distanța minimă între două puncte care pot fi observate distinct fiind de ordinul  $10^2 \text{ \AA}$ ). Microscopoele cu explorare pot fi de *reflexie*, ca cel descris mai sus, sau de *transmisie*, pentru obiectele transparente.

*Microscopul cu emisie* este folosit pentru studiul obiectelor emițătoare de electroni. Fasciculul de electroni emiși trece printr-un sistem de lentile și diafragme, asemănător celui de la microscopul cu transmisie, și formează pe un ecran, sau pe placa fotografică, imaginea suprafeței emisive. În cazul în care electronii sînt obținuți prin emisie autoelectrică, microscopul poartă numele de *proiector electronic* sau *microscop proiector*.

**microtron** (sau **ciclotron de electroni**), accelerator ciclic rezonant (relativist) de tipul ciclotronului, folosit pentru accelerarea electronilor. Conține o cavitate rezonantă, prevăzută cu două fante, în interiorul căreia orbitele electronilor sînt tangente (fig. 235). Câmpul magnetic normal la acestea și frecvența tensiunii de accelerare sînt menținute constante. Independent de energia lor, de fiecare dată electronii întîlnesc în spațiul de accelerare aceeași fază a tensiunii. Potrivit principiului autofazării, ei capătă în medie aceeași energie, iar mișcarea lor are loc pe orbite circulare, de raze din ce în ce mai mari. Ca sursă de electroni se folosește un filament încălzit, situat lingă fanta de intrare, din care aceștia sînt extrași cu ajutorul tensiunii de accelerare. Perioada de rotație a particulelor este dată de relația:

$$T = \frac{2\pi W}{eBc^2},$$

unde  $e$  și  $W$  sînt sarcina și, respectiv, energia electronilor, iar  $B$  și  $c$  — inductia magnetică și viteza luminii. Variația perioadei este direct proporțională cu energia și egală cu:  $\Delta T = \frac{2\pi}{eBc^2} \Delta W$ .

Notînd acumularea relativă de energie cu  $\epsilon = \frac{\Delta W}{W_0}$ , unde  $W_0$

este energia de repaus, după o primă rotație electronul are energia  $W_1 = W_0 + \Delta W$ . Pentru ca el să intre în rezonator și să fie din nou accelerat, perioada sa de rotație  $T_1$  pe prima orbită trebuie să fie un multiplu întreg  $\mu$  de perioade  $T_{rf}$  ale generatorului de alimentare:

$$T_1 = \frac{2\pi W_0}{eBc^2} (1 + \epsilon) = \mu T_{rf}.$$

În al doilea ciclu de accelerare electronul capătă aceeași energie, iar perioada sa de rotație este

$$T_2 = \frac{2\pi W_0}{eBc^2} (1 + 2\epsilon).$$

Diferența perioadelor a două cicluri consecutive de accelerare, egală cu cea dintre primul și al doilea

$$\text{ciclu, este deci: } T_2 - T_1 = \frac{2\pi W_0}{eBc^2} \epsilon,$$

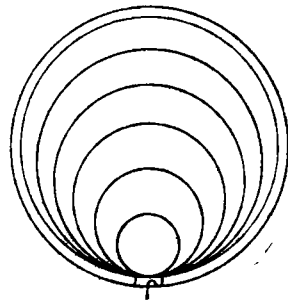


Fig. 235

și trebuie să fie un multiplu întreg de perioade ale generatorului, adică:  $T_2 - T_1 = \nu T_{rf}$ . Relațiile fundamentale ale microtronului, pe baza cărora se stabilesc valorile tensiunii de alimentare și inducției magnetice, sînt:

$$\epsilon = \frac{\nu}{\mu - \nu} \text{ și } B\lambda = \frac{2\pi W_0}{ec} \cdot \frac{1}{\mu - \nu},$$

unde  $\lambda$  este lungimea de undă a generatorului. Aceste relații determină parametrii de lucru ai microtronului. Întrucît valorile minime pentru  $\nu$  și  $\epsilon$  sînt egale cu unitatea, rezultă valoarea minimă a lui  $\mu$  egală cu 2; pentru aceste valori se obține  $B\lambda = 10\,700$  Gs·cm. În scopul măririi inducției magnetice  $B$ , este necesară, deci, utilizarea unui generator de microonde (cu  $\lambda$  cît mai mic). Distanța minimă dintre două traiectorii consecutive este dată de relația:  $d_{n+1} - d_n = \frac{\nu\lambda}{\pi}$ , unde  $d_n$

este diametrul orbitei de ordinul  $n$ . Această distanță este suficientă pentru a permite introducerea unui canal de deflexie magnetică, tangent la ultima orbită, în scopul extracției fascicului de electroni. Energia maximă imprimată electronilor în microtron este de cca. 29 MeV.

**Miculescu, Constantin** (1863—1937), fizician român, profesor la Universitatea București. În lucrarea sa de doctorat (1891) a dat o determinare precisă a echivalentului mecanic al caloriei.

**Mihul, Constantin** (n. 1897), fizician român, profesor la Universitatea din Iași. Studii asupra gazelor ionizate, undelor electromagnetice, spectrului oxigenului.

**milimetru coloană de mercur, torr.**

**Millikan** [milican], **Robert Andrews** (1868—1953), fizician american. Prin metoda deplasării într-un câmp electric a unei picături de ulei electrizate (v. experiența Millikan), a determinat cu precizie sarcina electronului (1911). A determinat constanta Planck prin măsurări fotoelectrice (1915); a studiat razele cosmice și structura atomului. Premiul Nobel (1923).

**minut, unitate de măsură a timpului, egală cu 60 s.**

**mişcare aperiodică v. oscilație.**

**mişcare browniană, mișcare haotică a particulelor foarte mici (sub-micronice) introduse în fluide (fig. 236), studiată pentru prima oară în 1828 de botanistul englez R. Brown. Se datorește faptului că forțele cu care acționează moleculele fluidului asupra particulei browniene au o rezultantă diferită de zero. Deplasarea pătratică medie după o direcție dată (axa  $x$ )**

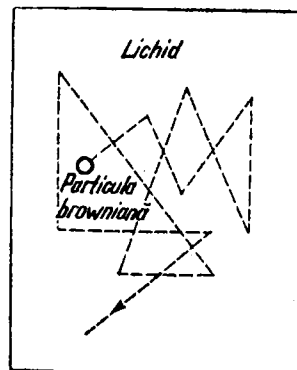


Fig. 236

Într-un timp  $t$  a unei particule browniene este dată de relația:

$$\overline{x_{p\alpha t}} = \sqrt{\frac{2kT}{C}} t,$$

unde  $k$  este constanta lui Boltzmann,  $T$  — temperatura fluidului, iar  $C$  — o constantă ce depinde de natura fluidului și de dimensiunile particulei. Particula browniană are o mișcare neregulată, astfel că poate fi studiată prin metode statistice; energia sa cinetică medie este egală cu cea a moleculelor fluidului. Mișcarea unei particule browniene în lichid este descrisă de ecuația Langevin:

$$m\ddot{x} = -k\dot{x} + f(t),$$

unde  $m$  este masa particulei,  $k\dot{x}$  — forța medie de frecare la interacția acesteia cu moleculele lichidului, iar  $f(t)$  — forța ce prezintă fluctuații în timp, determinate de variațiile (mici) ale presiunii exercitate de lichid asupra particulei. Studiul teoretic al mișcării browniene a constituit o preocupare a unor fizicieni de renume ca: M. Smoluhovski, A. Einstein, P. Langevin și J. Perrin.

**Mișcare mecanică**, schimbarea poziției unui corp în raport cu un sistem de referință (sau reper) considerat fix. Dacă sistemul de referință este, la rândul său, mobil, mișcarea raportată la el este o *mișcare relativă*; în caz contrar mișcarea este *absolută*. Întrucât repere fixe nu există în natură, toate mișcărilor sînt relative. Pentru reprezentarea și studierea mișcării mecanice a corpurilor care au dimensiuni neglijabile în raport cu spațiul parcurs, este utilizată noțiunea de *punct material* fără dimensiuni, dar de masă egală cu cea a corpului.

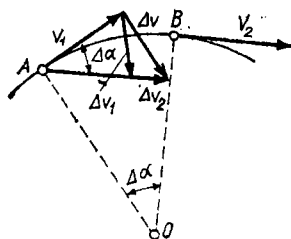


Fig. 237

Cazul cel mai general de mișcare mecanică a unui punct material este *mișcarea curbilinie*. Într-o astfel de mișcare, vectorul vitezei al mobilului poate varia ca direcție și ca mărime. Variația totală a acestuia poate fi scrisă ca suma (fig. 237):

$$\Delta \mathbf{v} = \Delta \mathbf{v}_1 + \Delta \mathbf{v}_2,$$

în care  $\Delta \mathbf{v}_1$  reprezintă variația vitezei datorată modificării direcției, iar  $\Delta \mathbf{v}_2$  — pe aceea datorată schimbării modulului. Accelerația este deci:

$$\begin{aligned} \mathbf{a} &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}_1}{\Delta t} + \\ &+ \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}_2}{\Delta t} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_t \end{aligned}$$

și are componentele  $\mathbf{a}_n$  — pe direcția normală la traiectorie, și  $\mathbf{a}_t$  — pe direcția tangentă la traiectorie, numite, respectiv, *acelerație normală* și *acelerație tangențială*. Accelerația totală are modulul:

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}.$$

Expresia accelerației normale se poate obține observînd că, pentru

unghiuri  $\Delta\alpha$  mici, se poate scrie:  
 $\Delta v_1 = v_1 \Delta\alpha$ ; rezultă:

$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left( v_1 \frac{\Delta\alpha}{\Delta t} \right) = \\ = v_1 \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta S}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta\alpha}{\Delta S} \right) = \frac{v_1^2}{R},$$

în care  $\Delta S = AB$  și  $R = OA$  este raza de curbură a traiectoriei în punctul  $A$ . În diferite puncte ale traiectoriei,  $R$  și  $v$  pot varia, deci accelerația normală este variabilă.

Cînd  $\Delta v_1 = 0$  ( $a_n = 0$ ), vectorul vitezei își păstrează aceeași direcție, iar mișcarea mobilului este *rectilinie*, cu accelerația:

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2},$$

$\mathbf{r}$  fiind vectorul de poziție. Dacă accelerația este constantă, atunci, prin integrare, se găsește:

$$\mathbf{v} = \int \mathbf{a} dt = \mathbf{a}t + \mathbf{c},$$

unde  $\mathbf{c}$  este o constantă de integrare cu semnificația de viteză inițială  $v|_{t=0} = v_0 = c$ . Deci:

$$v = v_0 + at,$$

care reprezintă *legea vitezei* în mișcarea *uniform-variata accelerată* ( $a > 0$ ) sau *incetinită* ( $a < 0$ ). Prin integrare se obține:

$$s = \int (v_0 + at) dt = \\ = v_0 t + \frac{at^2}{2} + c_1,$$

în care  $c_1$  reprezintă spațiul inițial,  $s|_{t=0} = c_1 = s_0$ . Deci:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2},$$

ce reprezintă *legea spațiului* (sau *de mișcare*) a mobilului. Dacă se alege originea mișcării în locul de unde mobilul pornește cu viteza  $v_0$ , adică  $s_0 = 0$ , aceasta devine:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}.$$

Prin eliminarea timpului între cele două legi — a vitezei și a spațiului, se obține *formula Galilei*:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2as}.$$

Cînd mobilul pornește din repaus  $v_0 = 0$ , iar ecuațiile de mai sus devin:

$$v = at, \quad s = \frac{at^2}{2} \quad \text{și} \quad v = \sqrt{2as}$$

dacă  $\mathbf{a} = 0$  (adică și  $\Delta v_2 = 0$ ), ecuațiile vitezei și de mișcare sînt respectiv:

$$v = v_0 = \text{const} \quad \text{și} \quad s = v_0 t,$$

iar mișcarea mobilului este *rectilinie și uniformă*. Ca exemple de mișcare rectilinie uniform variată se pot aminti: căderea liberă (uniform accelerată), aruncarea pe verticală (uniform încetinită) și mișcarea corpurilor pe planul înclinat (uniform accelerată sau încetinită). Cînd raza de curbură  $R$  a traiectoriei curbiliniilor descrisă de mobil este constantă, mișcarea a căreia este *circulară*. O mișcare *circulară variată* este caracterizată în plus de o viteză unghiulară și o accelerație unghiulară  $\gamma$ , variabile în timp; între  $a_t$  și  $\gamma$  există relația:

$$a_t = \gamma R.$$

În cazul în care  $a_t$  (sau  $\gamma$ ) = const mișcarea circulară este *uniform variată (accelerată sau încetinită)*.

de ecuații similare celor ale mișcării rectilinii uniform variate:

$$\omega = \omega_0 \pm \gamma t \text{ și } \alpha = \omega_0' \pm \frac{\gamma t^2}{2},$$

În care  $\omega_0$  este viteza unghiulară inițială, iar  $\alpha$  — unghiul descris de raza vectorie. Dacă  $a_t = 0$  ( $\Delta v_n = 0$ ), mișcarea circulară este *uniformă*; vectorul vitezei nu variază ca modul dar își schimbă sensul, mobilul străbătînd spații egale în intervale de timp egale. Mișcarea sa este caracterizată de asemenea de mărimile cinematice: *perioada de rotație*  $T$ , *frecvență*  $\nu$  și *acelerație centripetă*  $a_p$ . Între aceste mărimi există relațiile:

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T} = \frac{v}{R}$$

și

$$a_{cp} = a_n = \frac{v^2}{R}.$$

La deplasarea unui corp solid rigid, trebuie luate în considerație două tipuri de mișcări: *de translație* și *de rotație* ale sistemului de puncte materiale (particulele) care îl alcătuiesc. În mișcarea de translație, punctele materiale descriu traiectorii paralele între ele și au aceeași viteză și accelerație. Punctele unui corp aflat în mișcare de rotație (cu excepția celor aflate pe axa de rotație, care sînt fixe) descriu traiectorii circulare. Legile acestei mișcări sînt analoge celor ale mișcării de translație. Rolul deplasării  $s$  din mișcarea de translație este jucat de unghiul de rotație  $\alpha$ , cel al vitezei  $v$  — de viteza unghiulară  $\omega$ , al accelerației  $a$  — de accelerația unghiulară  $\gamma$ , al masei  $m$  — de momentul de inerție  $I$ , al forței  $F$  — de momentul forței  $M$ , al impulsului  $mv$  — de momentul cinetic  $I\omega$ , al impulsu-

lui forței  $Ft$  — de momentul impulsului elementar  $Mt$ , iar energia cinetică  $\left(\frac{mv^2}{2}\right)$  în mișcarea de translație) se calculează cu ajutorul relației:  $W_c = \frac{I\omega^2}{2}$ . Mișcarea

de rotație are proprietăți analoge mișcării de translație, care se formulează astfel:

1) Orice corp aflat în mișcare de rotație uniformă își păstrează această mișcare atîta timp cît nu intervine un moment exterior, care să i-o modifice.

2) Accelerația unghiulară a unui corp în rotație este proporțională cu momentul forței exterioare și invers proporțională cu momentul lui de inerție:  $\gamma = \frac{M}{I}$ .

3) Dacă un corp în rotație exercită un cuplu de forțe asupra altui corp, acesta din urmă reacționează asupra celui dintîi cu un cuplu egal, dar de sens contrar.

**mișcare oscilatorie** v. oscilație.

**mișcare periodică** v. oscilație.

**mișcare termică**, agitație termică.

**miunon** v. mezon, particula elementară.

**mobilitate** ( $\mu$ ), mărime fizică numeric egală cu viteza imprimată unei sarcini electrice de un cîmp electric accelerator de intensitate egală cu unitatea. Se măsoară în metri pătrați pe volt-secundă (în SI), iar în practică se utilizează unitatea tolerată  $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ . Este una din mărimile necesare calculului conductivității electrice a corpurilor solide; în cazul unui semiconductor de tip  $n$ , aceasta se calculează cu ajutorul relației:

$$\sigma = en\mu_n,$$

unde  $e$  este sarcina electronului,  $n$  — concentrația electronilor, iar  $\mu_n$  — mobilitatea lor. Valoarea mobilității electronilor în cristale depinde de fenomenele de împrăștiere pe care le suferă electronii. Ei pot fi împrăștiți pe defecte cum sint: fononii, ionii atomilor de impuritate, vacanțele, dislocațiile etc.; dintre acestea, primele două joacă un rol deosebit în determinarea mobilității purtătorilor de sarcină. Mobilitatea electronilor condiționată de împrăștierea pe fononi variază cu temperatura, potrivit relației:

$$\mu_e = C \frac{T^{-3/2}}{m^{5/2}},$$

în care  $C$  este o constantă ce depinde de proprietățile elastice ale cristalului, iar  $m$  — masa efectivă a purtătorilor. Mobilitatea purtătorilor de sarcină condiționată de împrăștierea pe ionii de impurități variază, de asemenea, cu temperatura, conform relației:

$$\mu_i = \frac{T^{3/2}}{N_i m^{1/2}},$$

unde  $N_i$  este concentrația ionilor. Cum cele două procese de împrăștiere acționează simultan, mobilitatea rezultată se calculează cu ajutorul relației:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_e} + \frac{1}{\mu_i} = \\ = aT^{3/2} + bT^{-3/2},$$

în care  $a$  și  $b$  sint două constante caracteristice.

Relații analoge se obțin prin luarea în considerație a proceselor de împrăștiere și pentru mobilitatea golurilor (într-un semiconductor de tip  $p$ ).

V. și descărcare electrică.

**model atomic**, concept structural atomic care încearcă să explice proprietățile, constatate experimental, ale atomilor. Primele modele atomice erau simple și reușeau să explice numai un număr mic de proprietăți; ele au fost înlocuite cu modele din ce în ce mai complexe, care reprezintă mai corect realitatea. Pot fi împărțite în modele atomice precuante (Thomson și Rutherford) și modele cuantice (Bohr, Bohr-Sommerfeld și vectorial).

**Modelul atomic Thomson** (sau *static*) este primul model atomic precuantic (elaborat de J. J. Thomson în 1898), conform căruia atomul are o sarcină electrică pozitivă uniform distribuită în tot volumul său,

cu densitatea  $\rho = \frac{Ze}{4\pi R_0^3}$ , în care  $Ze$

este sarcina pozitivă ( $Z$  — numărul atomic, iar  $e$  — sarcina electronului) și  $R_0$  — raza atomului. Electronii oscilează în interiorul acestuia datorită unui câmp electric

de intensitate  $E = \frac{Ze}{4\pi\epsilon_0 R_0^3} x$  (unde  $x$  este distanța electronului de centrul atomului) cu o pulsație  $\omega =$

$$= \sqrt{\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 m_e R_0^3}},$$

în care  $\epsilon_0$  este permitivitatea vidului, iar  $m_e$  — masa electronului. Acest model nu poate explica o serie de fenomene importante, printre care structura de linii a spectrelor atomilor.

**Modelul atomic Rutherford** (sau *planetar*) presupune atomul ca avînd o structură asemănătoare sistemului solar. Întreaga masă și sarcina pozitivă a atomului sint concentrate într-un nucleu cu dimensiuni mult mai mici ( $\sim 10^{-16}$  m) decît cele ale atomului ( $\sim 10^{-10}$  m), electronii rotindu-se în jurul acestuia pe orbite circulare. Modelul (propus în 1911 de E. Rutherford) are

la bază cercetarea experimentală a difuziei particulelor  $\alpha$  prin foițe metalice subțiri. Ideea corectă a acestui model — existența unui nucleu atomic, în care este concentrată masa și sarcina pozitivă a atomului — a fost preluată de modelele atomice propuse ulterior. Modelul lui Rutherford este în contradicție cu electrodinamica clasică: rotația electronului în jurul nucleului ar trebui să fie însoțită de o emisie de radiații electromagnetice cu spectru continuu, care ar duce la pierderea continuă a energiei electronului; acesta ar descrie deci o mișcare în spirală, terminată cu căderea pe nucleu. Datele experimentale nu au confirmat acest model: electronii din atom fiind situați pe nivele de energie discrete, spectrul emis la tranzițiile lor este un spectru de linii.

*Modelul atomic Bohr* este primul model atomic cuantic (propus de N. Bohr în 1913) bazat pe concepția nucleară a atomului și pe postulatele Bohr.

*Postulatele Bohr*, enunțate pe baza datelor spectroscopice experimentale acumulate pînă la data respectivă, a principiului Rydberg-Witt și a concepției cuantice asupra emisieii radiației electromagnetice a lui Planck, acceptîndu-se totodată modelul nuclear al atomului, se formulează în modul următor:

1) Atomii și sistemele atomice se pot găsi timp îndelungat numai în stări bine determinate numite *stări staționare*, în care nu emit și nu absorb energie; energia internă a sistemului atomic în aceste stări este cuantificată, adică ia valori ce alcătuiesc un șir discontinuu:  $E_1, E_2, \dots, E_n, \dots$ .

2) La trecerea dintr-o stare staționară  $m$  în alta  $n$ , atomii emit sau absorb cantități de energie bine

determinate, egale cu diferența dintre energia finală și inițială a sistemului:

$$\Delta E_{mn} = |E_m - E_n|.$$

Astfel, dacă sistemul emite energie, emisia are loc sub forma unei cuante cu energia:

$$h\nu = \Delta E_{mn} = E_m - E_n \\ (E_m > E_n),$$

unde  $h$  este constanta Planck, iar  $\nu$  — frecvența radiației emise. Aceste două postulate contrazic legile cunoscute din electrodinamica clasică și frecvențele emise sînt, în general, diferite de frecvența de rotație a electronului în atom. Generalizarea ipotezei lui Planck privind stările cuantice ale energiei unui oscilator l-a condus pe Bohr la formularea *regulii de cuantificare a orbitelor* circulare într-un atom,

$$\oint p dq = nh \quad (n = 1, 2, 3, \dots),$$

în care  $p = m \cdot v$  este impulsul generalizat ( $v$  fiind viteza electronului),  $q$  — coordonata de poziție generalizată — egală cu unghiul polar  $\varphi$ , și  $n$  — un număr natural ce poartă numele de număr cuantic principal. Modelul atomic Bohr se aplică atomilor hidrogenoizi cu un singur electron (ex. H, He<sup>+</sup>, Li<sup>++</sup>). Într-un astfel de atom, electronul se rotește în jurul nucleului cu sarcina electrică pozitivă  $Ze$ , pe una din orbitele circulare

$$\text{posibile de rază: } a_n = n^2 \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m_e Z e^2},$$

în care  $\epsilon_0$  este permitivitatea vidului. Pentru  $n = 1$ , se obține, în cazul atomului de hidrogen

$$(Z = 1) \quad a_0 = \frac{h^2 \epsilon_0}{m_e e^2 \pi}, \text{ numită } \textit{raza}$$

*Bohr*, a cărei valoare calculată ( $v$ ,

constantă fizică universală) este de același ordin de mărime cu valorile razelor atomice obținute pe alte căi. Energia electronului aflat pe aceste orbite are valoarea:

$$E_n = - \frac{m_e Z^2 e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2 n^2}.$$

Electronul unui atom de hidrogen are, pe orbita fundamentală, energia  $E_1 = -13,59$  eV (semnul negativ arată că electronul este legat de atom). Pe baza postulatului al doilea al lui Bohr și a expresiei energiei  $E_n$ , se găsește formula Balmer generalizată pentru seriile spectrale ale hidrogenului:

$$\tilde{\nu} = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

în care  $\tilde{\nu}$  este numărul de undă al radiației corespunzătoare tranziției între nivelele  $m$  și  $n$ , iar  $R =$

$$= \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2 c}$$

este constanta Rydberg (v. serie spectrală). Modelul lui Bohr explică o serie de proprietăți ale atomilor simpli, printre care regularitățile spectrale ale atomilor hidrogenoizi, și permite calculul constantei Rydberg cu ajutorul constantelor universale și caracteristicilor electronului. El prezintă limite prin aceea că nu poate fi aplicat, în mod riguros, atomilor cu mai mulți electroni și nu dă nici o informație asupra intensității liniilor spectrale omise, reprezentând doar o primă aproximație a mișcării electronului în câmpul central al nucleului.

*Modelul atomic Bohr-Sommerfeld* (elaborat în 1915) reprezintă o aproximație superioară a modelului atomic Bohr, cu consecințe calitativ noi. A. Sommerfeld demonstrează că traiectoriile posibile ale electro-

nilor în atomii hidrogenoizi sînt în general elipse și stabilește regula de cuantificare a orbitelor pentru sisteme cu mai multe grade de libertate. Astfel, mișcarea electronului are două grade de libertate,  $r$  și  $\varphi$  în coordonate polare, regulile de cuantificare fiind:

$$\int p_r dr = n_r h \quad \text{și} \quad \int p_\varphi d\varphi = n_\varphi h,$$

în care

$$p_r = m_e \dot{r} \quad \text{și} \quad p_\varphi = m_e r^2 \dot{\varphi}$$

sînt impulsurile generalizate, iar  $n_r$  și  $n_\varphi$  — numerele cuantice radial și, respectiv, azimutal. Se găsesc astfel expresiile:

$$a_n = n^2 \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m_e Z e^2}, \quad b_{n_\varphi} = a_n \frac{n_\varphi}{n},$$

$$E_n = - \frac{m_e Z^2 e^4}{8 \epsilon_0^2 n^2 h^2},$$

în care  $a_n$  este semiaxa mare a orbitei a  $n$ -a,  $b_{n_\varphi}$  — semiaxa mică a orbitei, caracterizată de semiaxa mare  $a_n$ , și  $n$  — numărul cuantic principal ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ). Se observă că valoarea semiaxelor mari și a energiilor posibile depinde numai de numărul cuantic principal, în timp ce, pentru un  $n$  dat, semiaxa mică ia  $n$  valori (pentru  $n_\varphi = 1, 2, \dots, n$ ). În acest caz, mișcarea electronului este degenerată pentru o valoare a energiei (corespunzătoare unui anumit  $n$ ), el putîndu-se afla pe  $n$  orbite eliptice, cu aceeași semiaxă mare, dar cu semiaxele mici diferite (doar pentru  $n = 1$ , traiectoria pe care se află electronul fiind unic determinată). În concluzie, Sommerfeld consideră atomul alcătuit dintr-un nucleu, cu sarcina  $Ze$ , și  $Z$  electroni, ce se află pe diferite nivele energetice (determinate de numă-



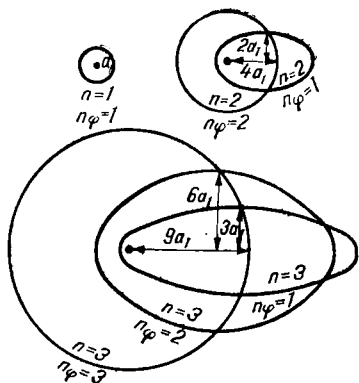


Fig. 238

rul cuantic principal), fiecărui nivel energetic corespunzându-i  $n$  orbite eliptice (dintre care una este circulară). Pentru primele trei valori ale numărului cuantic principal, orbitele electronului într-un atom hidrogenoid rezultă din tabelul 18 și din fig. 238. Într-un câmp magnetic exterior, poziția spațială a electronului este determinată de coordonatele sferice  $r, \theta, \psi$  și implică trei condiții de cuantificare, de forma:

$$\int p_r dr = n_r h, \quad \int p_\theta d\theta = n_\theta h,$$

$$\int p_\psi d\psi = n_\psi h,$$

ce conduc în plus la relația:

$$p_\psi = n_\psi \frac{h}{2\pi}, \quad \text{care condiționează}$$

orientarea spațială a planului orbitei electronului. Dacă  $\alpha$  este unghiul dintre normala la acest plan și direcția cîmpului,  $\cos \alpha =$

$$= \frac{p_\psi}{p_\varphi} = \frac{m \frac{h}{2\pi}}{n_\varphi \frac{h}{2\pi}} = \frac{m}{n_\varphi}, \quad \text{în care}$$

$m = n_\psi$  și, cum  $|\cos \alpha| \leq 1$ , rezultă  $|m| \leq n_\varphi$ . Numărul cuantic  $m$ , poartă numele de număr cuantic magnetic și ia  $2n_\varphi + 1$  valori:  $-n_\varphi, -n_\varphi + 1, \dots, -1, 0, +1, \dots, n_\varphi$ . În mecanica cuantică numărul  $n_\varphi$  este înlocuit cu  $l = n_\varphi - 1$ , ce ia valorile  $0, 1, \dots, n - 1$  și, implicit,  $m = -l, -l + 1, \dots, -1, 0, +1, \dots, l$ . *Modelul atomic vectorial* este folosit, mai ales, în studiul atomilor cu mai mulți electroni. Un electron  $i$  oarecare este caracterizat de vectorii:  $p_i$  (momentul cinetic orbital),  $p_s$  (momentul cinetic propriu sau spinul) și  $p_j$  (momentul

Tabelul 18

$n$	$a$	$n_\varphi$	$b$	orbită
1	$a_1$	1	$a_1$	cerc
2	$a_2 = 4a_1$	1 2	$2a_1$ $4a_1$	elipsă cerc
3	$a_3 = 9a_1$	1 2 3	$3a_1$ $6a_1$ $9a_1$	elipsă elipsă cerc

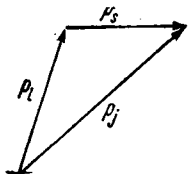


Fig. 239

cinetic total), între care există relația (fig. 239):

$$\mathbf{P}_j = \mathbf{p}_l + \mathbf{p}_s.$$

Modulele acestor vectori sînt calculate în mecanica cuantică și au expresiile:

$$p_l = \sqrt{l(l+1)} \hbar$$

$$p_s = \sqrt{s(s+1)} \hbar$$

$$p_j = \sqrt{j(j+1)} \hbar,$$

unde  $l(l = 0, 1, 2, \dots)$ ,  $s(s = \pm \frac{1}{2})$

și  $j(j = l \pm s)$  sînt numerele cuantice orbital, de spin și, respectiv, total, iar  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ .

Studiul vectorial al atomului cu mai mulți electroni se face cu ajutorul așa-numitelor scheme de cuplaj  $[\mathbf{L}, \mathbf{S}]$  sau  $[\mathbf{j}, \mathbf{j}]$ . În schema de cuplaj *spin-orbită* (*normal* sau *Russel-Sanders*)  $[\mathbf{L}, \mathbf{S}]$ , folosită în studiul atomilor cu un număr mic de electroni de valență, se compun momentele orbitale ale electronilor, obținîndu-se momentul orbital al atomului:

$$\mathbf{P}_L = \sum_i \mathbf{p}_{li}.$$

Momentele cinetice proprii electronilor însumate vectorial au ca rezultantă momentul de spin al atomului:

$$\mathbf{P}_S = \sum_i \mathbf{p}_{si}.$$

Prin cuplarea celor două momente  $\mathbf{P}_L$  și  $\mathbf{P}_S$  se obține momentul cinetic total al atomului:

$$\mathbf{P}_J = \mathbf{P}_L + \mathbf{P}_S.$$

Modulele acestor trei vectori se calculează cu ajutorul unor relații analoge relațiilor din cazul unui singur electron, cu diferența că, în loc de  $l, s, j$  se folosesc numerele cuantice  $L, S, J$ , ce caracterizează atomul în ansamblu. La valori determinate ale numerelor cuantice  $L$  și  $S$ , valorile pe care le poate lua  $J$  sînt:

$$J = L + S, \quad L + S - 1, \\ \dots, \quad |L - S|.$$

La acest cuplaj, tranzițiile între nivelele energetice ale atomului se supun următoarelor reguli de selecție:

$$\Delta L = \pm 1$$

$$\Delta J = 0, \pm 1$$

(în afară de cazul  $J_1 = 0, J_2 = 0$ , unde  $J_1, J_2$  caracterizează nivelele energetice inferior, respectiv superior), valabile numai cînd un singur electron își schimbă starea cuantică. Schema de cuplaj  $[\mathbf{j}, \mathbf{j}]$ , mai rar întîlnită, constă în calculul momentului cinetic total al atomului, prin însumarea vectorială a momentelor cinetice ale electronilor:

$$\mathbf{P}_J = \sum_i \mathbf{p}_{ji}.$$

În afară de aceste tipuri de cuplaj, în cazul atomilor cu mai mulți electroni se pot realiza tipuri de cuplaj mai complicate, care explică configurația nivelelor energetice ale electronilor atomici.

**model nuclear**, concept structural nuclear utilizat în scopul explică-

rii proprietăților nucleelor atomice, constatate experimental. Dezvoltarea modelelor nucleare, majoritatea propuse începând cu anul 1930, a avut loc în două direcții diferite. Alături de modele nucleare cu interacții tari (ex. modelul în picătură, modelul  $\alpha$ -particulă), în care nucleul este examinat ca un ansamblu de particule ce interacționează puternic, există modele de particule independente (ex. modelul de gaz-Fermi, modelul în pătură, modelul generalizat), în care se admite că nucleonii interacționează slab între ei. Deoarece în elaborarea acestor modele se pornește de la ipoteze simplificatoare, nici unul dintre ele nu reușește să explice în întregime rezultatele experimentale, dând o interpretare corectă numai anumitor proprietăți ale nucleelor atomice. În modelul picătură (sau hidrodinamic) nucleul este considerat ca o picătură de lichid, rolul moleculelor jucându-l nucleonii. Plecând de la acest model, se poate evalua energia de legătură a unui nucleon (practic aceeași pentru toți nucleonii) și explica constanța densității nucleelor (al căror volum crește cu numărul de nucleoni), precum și fenomenul de fisiune nucleară. Experimental, s-a constatat că nucleolele cu număr de masă  $A$  par au câțiva izotopi stabili, iar nucleolele cu  $A$  impar au, în general, un singur izotop stabil. De asemenea, nucleolele stabile cu un număr de protoni  $Z$  impar au un număr par de neutroni  $N$ , deci, au  $A$  impar; fac excepție patru elemente:  ${}^2_1\text{H}$ ;  ${}^6_3\text{Li}$ ;  ${}^{10}_5\text{B}$  și  ${}^{14}_7\text{N}$ . În cazul valorilor mici ale lui  $A$  (elemente situate la începutul sistemului periodic), numărul de protoni și neutroni din nucleu este

același. Cu creșterea lui  $A$  numărul de neutroni crește, depășind numărul de protoni (neutronii ating, la sfârșitul sistemului periodic, procentul 61% față de 39%, cel al protonilor). În primă aproximație se presupune că energia de legătură a nucleului se compune din:

- energia datorată forțelor nucleare  $W_0 < 0$ , ce asigură existența nucleelor stabile;

- energia de respingere electrostatică  $W_E > 0$ , ce se exercită între protonii din nucleu, cu creșterea căreia stabilitatea nucleului scade;
- energia datorată „tensiunii superficiale” a lichidului nuclear  $W_\sigma$ , care se explică prin faptul că nucleonii situați la suprafața acestuia suferă o atracție dirijată spre interiorul lui.

Toate aceste interacții sînt cuprinse în formula semiempirică a lui C.F. Weizsäcker, ce dă valoarea energiei de legătură a nucleului:

$$W(A, Z) = [-15,75A + 94,8 \frac{\left(\frac{A}{2} - Z\right)^2}{A} + 17,8A^{2/3} + 0,710Z^2A^{-1/3} + 34A^{-3/4}\delta] \text{ MeV,}$$

unde ultimul termen ia în considerare efectul de imperecheră a nucleonilor în cazul nucleelor cu  $A$  par. În cazul nucleelor par-pare cu stabilitate deosebită, termenul  $\delta = -1$ , iar în cazul nucleelor impar-impare, instabile, termenul  $\delta = 1$ ; pentru nucleolele de tipul impar-pare sau par-impare, termenul  $\delta = 0$ . Rezultatele calculate cu formula Weizsäcker concordă cu datele experimentale în cazul nucleelor grele, dar nu și în cazul elementelor ușoare, unde poate fi aplicată numai calitativ. Energia

medie de legătură specifică este reprezentată sub forma:

$$\begin{aligned} \frac{W(A, Z)}{A} = & \\ = & [-15,75 + 94,8 \frac{(\frac{A}{2} - Z)^2}{A^2} + \\ & + 17,8A^{-1/3} + 0,710Z^2A^{-4/3} + \\ & + 34A^{-7/48}] \text{ MeV.} \end{aligned}$$

Din această relație se observă că, la energia nucleelor ușoare ale căror numere de neutroni și de protoni sînt aprox. egale, termenul al doilea aduce o contribuție extrem de mică. Deci, creșterea rapidă a energiei medii ce revine unui singur nucleon se datorește termenului al treilea,  $17,8 A^{-1/3}$ , care reprezintă contribuția tensiunii superficiale a lichidului nuclear. Pentru elemente grele, este predominant termenul  $0,710 Z^2 A^{-4/3}$ , care crește cu puterea a doua a numărului atomic și reprezintă contribuția interacției electrostatice a protonilor din nucleu. Aceste observații corespund datelor experimentale. Unei anumite valori a energiei de legătură îi corespunde o suprafață reprezentată de curbele izoenergetice din fig. 240, unde a fost neglijat termenul de corecție  $\delta$ . În punctele aflate în regiunea cu rază de curbură minimă ale acestor curbe se află nucleele cele mai stabile. Nucleele așezate în apropierea axei  $N$  sînt instabile, suferind o dezintegrare  $\beta^-$  (cu emisia unui electron  $e^-$ ), iar nucleele rezultate, mai stabile, sînt deplasate către punctul de întoarcere al curbei pe care se află; cele situate în apropierea axei  $Z$  (pe care punctele  $p$  și  $i$  corespund nucleelor cu  $Z$  par și, respectiv, impar) sînt, de asemenea, instabile și pot trece printr-o dezintegrare  $\beta^+$  (cu emisia

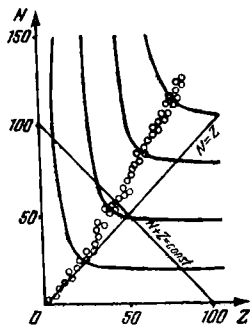


Fig. 240

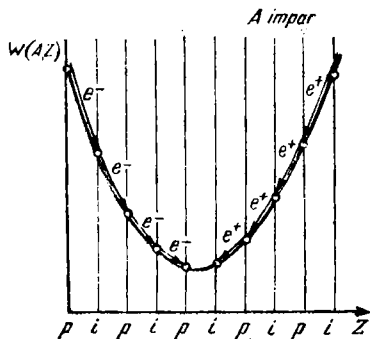


Fig. 241

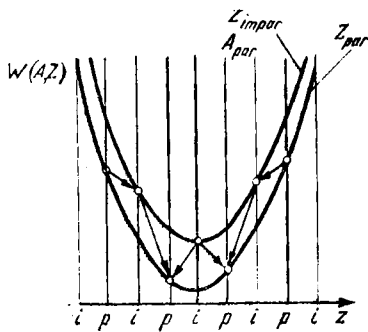


Fig. 242

unui pozitron  $e^+$ ) în nuclee deplănuite către regiunea de stabilitate maximă. De pe grafic se observă că, pentru nucleele ușoare stabile  $N = Z$ , iar pentru cele grele  $N = 1,4 Z$ . Pentru nucleele izobare ( $N + Z = \text{const}$ ), dependența dintre  $W$  și  $Z$  (pentru un  $A$  dat) este o parabolă. Pentru  $\delta = 0$  ( $A$  impar), nucleele izobare sînt dispuse pe o singură parabolă (fig. 241); cele situate pe ramura stîngă a parabolei sînt  $\beta^-$ -active, iar cele situate pe ramura dreaptă a parabolei sînt  $\beta^+$ -active, astfel că ambele genuri de izobari tind să se apropie de minimul parabolei, unde stabilitatea nucleelor este maximă.

Dacă  $\delta \neq 0$  ( $A$  par), nucleele impare impare ( $\delta = 1$ ) se situează (fig. 242) pe o parabolă aflată mai sus față de parabolă pe care se așază nucleele par-pare ( $\delta = -1$ ). Din figură se observă că, prin emisiile  $\beta^-$  și  $\beta^+$ , nucleele se deplasează spre minimul curbei, către un nucleu stabil al cărui număr de masă este impar, situat în punctul de stabilitate maximă. Dacă acest nucleu și un nucleu vecin, a cărui sarcină diferă cu o unitate, satisfac relația de stabilitate energetică față de dezintegrările  $\beta^-$  și  $\beta^+$ , cele două nuclee formează o pereche de izobari stabili, cu  $A$  impar. Sînt cunoscute două perechi de izobari stabili de acest tip:  $^{113}_{48}\text{Cd}$  cu  $^{113}_{49}\text{In}$  și  $^{123}_{51}\text{Sb}$  cu  $^{123}_{52}\text{Tl}$ .

*Modelul alfa-particulă* consideră nucleele ca fiind constituite din particule  $\alpha$ , care se comportă ca formații stabile, oscilînd în jurul unor poziții de echilibru în mod asemănător cu atomii dintr-o moleculă. Acest model explică stabilitatea deosebită care se observă la nucleele ușoare par-pare (ex.  $^{16}\text{O}$ ,  $^{12}\text{C}$ ) numite și nuclee  $\alpha$ , pentru care numărul de protoni este egal cu numărul de neutroni. Dacă dis-

tanța dintre grupările  $\alpha$  este aproximativ aceeași, atunci mișcarea nucleului se rezumă la o mișcare de vibrație și la una de rotație foarte lentă. Se admite că interacția dintre diferitele grupări  $\alpha$ , în afară de interacția coulombiană la distanță mare, este de genul interacției Van der Waals între molecule. La distanțe medii, datorită atracției dintre nucleoni diferiți între particulele  $\alpha$  acționează forțele nucleare de atracție; dacă au loc schimburi de nucleoni între diferitele grupări  $\alpha$ , aceste forțe au un caracter de schimb. La distanțe mici, forțele sînt repulsive nu numai datorită respingerii electrostatice, ci și din cauză că nucleonii cu aceeași sarcină și același spin nu pot să ocupe același loc în spațiu. Acest model are un succes limitat, putînd interpreta unele stări excitate ale nucleelor par-pare.

În *modelul de gaz-Fermi* (sau *statistic*) nucleonii sînt considerați independenți, iar mișcarea lor se supune statisticii Fermi. Drumul liber mediu al unui nucleon în nucleu este aproximativ egal cu diametrul nucleului. Admiterea faptului că funcțiile de undă ale nucleonilor separați sînt funcții plane simplifică o serie de calcule și permite să se explice destul de riguros proprietatea de saturație a forțelor nucleare, proporționalitatea energiei de legătură cu numărul de masă și constanța densității nucleare.

*Modelul uniparticulă* constituie o versiune realistă a modelului statistic. În acest model se consideră că fiecare nucleon se mișcă pe o orbită independentă, una dintre cele permise într-un potențial nuclear mediu.

În *modelul în pături* (orbital sau atomic) se admite că nucleonii se găsesc grupați în pături succesive, de energii diferite, deplasîndu-se

aproximativ independent într-un potențial static mediu, de formă sferică, datorat interacției dintre ei. Datele experimentale care sprijină ideea acestui model, potrivit căruia nucleonii sînt distribuiți în nucleu pe anumite nivele — în mod asemănător electronilor în atom, sînt destul de numeroase. Din punct de vedere teoretic, apare o contradicție prin faptul că forțele ce acționează între doi nucleoni sînt mici, deci o asemenea aproximație de forțe centrale nu ar fi atît de bună ca în cazul atomului. Potențialul general în care se mișcă fiecare nucleon poate fi obținut printr-o mediere a acțiunii forțelor de atracție dintre o particulă și toate celelalte. Într-un domeniu de dimensiunile nucleului, nucleonii nu pot fi considerați punctiformi (experimental, se arată că un nucleon separat ocupă un domeniu de ordinul  $10^{-13}$  cm). În această ipoteză, potențialul mediu ar prezenta discontinuități ca în fig. 243; admitînd că dimensiunile nucleonilor nu sînt neglijabile în raport cu dimensiunea nucleului, forma acestuia arată ca în fig. 244. Datele experimentale pun în evidență că acele nuclee în care numărul de protoni sau neutroni coincid cu unul din numerele magice: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 găsite teoretic cu ajutorul acestui model, sînt foarte stabile. Nucleele dublu magice, care au și numărul de protoni și cel de neutroni egale cu numere magice, prezintă o stabilitate deosebită, fiind cele mai răspîndite din natură (ex.:  ${}^4_2\text{He}$ ;  ${}^{16}_8\text{O}$ ;  ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ ;  ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ ). Pentru explicarea acestor structuri de nivele din punct de vedere teoretic, este necesar să se rezolve problema cuantică a mișcării unei singure particule într-un câmp de forțe dat. În cazul nucleelor ușoare, forma potențialului nuclear mediu este apropiată



Fig. 243



Fig. 244

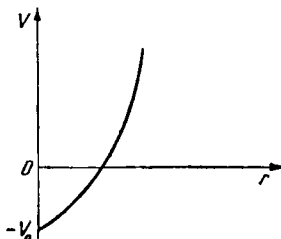


Fig. 245

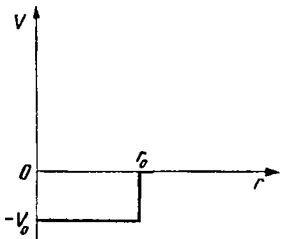


Fig. 246

de forma potențialului  $V$  (în funcție de raza  $r$ ) al oscilatorului armonic izotrop (fig. 245), iar în cazul elementelor grele, are forma unei gropi de potențial  $V(r)$  dreptunghiulare (fig. 246). Forțele ce decurg dintr-un asemenea potențial ac-

(ponează și asupra orientării spinurilor particulelor separate, adică apare un cuplaj spin-orbită. Ca urmare a acestei interacții, toate nivelele caracterizate prin numărul cuantic orbital  $l \neq 0$  se vor desprinde în două subnivele cu numărul cuantic total  $j = l \pm \frac{1}{2}$  ce se vor completa în mod independent. Ecuația Schrödinger, cu ajutorul căreia se obțin funcțiile de undă  $\Psi$  și valorile proprii ale energiei  $E$  a nucleonilor este:

$$\left[ -\frac{\hbar^2}{2M} \Delta + V(r) - \frac{a}{r} \cdot \frac{\partial V}{\partial r} \right] \Psi = E\Psi,$$

unde

$$a = \frac{\lambda}{2} \left( \frac{\hbar}{Mc} \right)^2.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} l \quad \text{pentru } j = l + \frac{1}{2} \\ (l + 1) \quad \text{pentru } j = l - \frac{1}{2} \end{array} \right.,$$

în care  $\lambda$  este lungimea de undă asociată unui nucleon,  $M$  — masa nucleului,  $c$  — viteza luminii,  $\hbar =$

$$\frac{h}{2\pi} \quad (h \text{ fiind constanta Planck})$$

iar  $\Delta$  — operatorul Laplace. În cazul elementelor ușoare (v. fig. 6), potențialul  $V(r)$  are forma:

$$V(r) = -V_0 + \frac{M}{2} \omega^2 r^2$$

( $\omega$  fiind pulsația nucleonilor) și, fiind introdus în ecuația Schrödinger, aceasta devine:

$$\left( -\frac{\hbar^2}{2M} \Delta - V_0 + \frac{M}{2} \omega^2 r^2 - aM\omega^2 \right) \Psi = E\Psi.$$

Din ecuație rezultă  $n + 1$  valori proprii ale energiei:

$$E_n = -V_0 - aM\omega^2 + \hbar\omega \left( n + \frac{3}{2} \right),$$

unde  $n = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ . Pentru fiecare dintre aceste valori există  $\frac{(n+1)(n+2)}{2}$  valori pro-

prii diferite. Numărul total de stări pentru particulele de același fel (neutroni sau protoni) la un  $n$  dat, este egal cu  $2n$ , deoarece, pentru fiecare stare, spinul unei particule poate avea două orientări posibile ( $+1/2$  și  $-1/2$ ). În fig. 247,  $a$  și, respectiv,  $b$  este reprezentată succesiunea nivelelor energetice ale protonilor și neutronilor (notate în mod analog cu nivelele electronilor în atom). Se observă că, pînă la  $N = Z = 50$ , cele două succesiuni sînt asemănătoare pentru ca, dincolo de acest număr magic, ele să prezinte diferențieri. O submulțime a acestor nivele, alcătuită din mai multe nivele apropiate și despărțită de alte astfel de submulțimi prin intervale energetice mai largi, constituie o *pătură*; numerele maxime de nucleoni aflați pe păturile din nucleu sînt egale cu numerele magice. Modelul în pături descrie bine în special comportarea nucleelor ușoare, explicînd izomeria nucleară și tranzițiile nucleare radiative.

O perfecționare a modelului în pături este *modelul generalizat (colectiv sau unificat)*, care îmbină modelul picătură cu cel în pături și consideră că nucleonii se mișcă într-un potențial nesferic, ce prezintă fluctuații lente în timp. Acest model a fost propus de J. Rainwater și dezvoltat de A. Bohr și R.B. Mottelson. Modelul generalizat consideră că nucleonii aflați

în afara unei pături complete produc deformarea păturilor concenrice ale nucleului. Mișcările de deformare sînt legate de mișcarea colectivă a nucleonilor în nucleu și pot fi descrise prin metode hidrodinamice, considerîndu-se mișcarea lichidului nuclear incompresibil. La creșterea numărului atomic, pe măsură ce numărul de nucleoni aflați în afara nivelelor complete crește deformarea nucleului

se mărește, atîngînd valoarea maximă cînd pătura următoare se completează în proporție de 3/2. Apoi, pe măsură ce pătura se completează deformarea începe să scadă, anulîndu-se cînd pătura este completă. Pentru explicarea cantitativă a momentelor electrice cuadripolare, modelul presupune că densitatea nucleară este constantă și că deformarea nucleului variază monoton cu numărul de

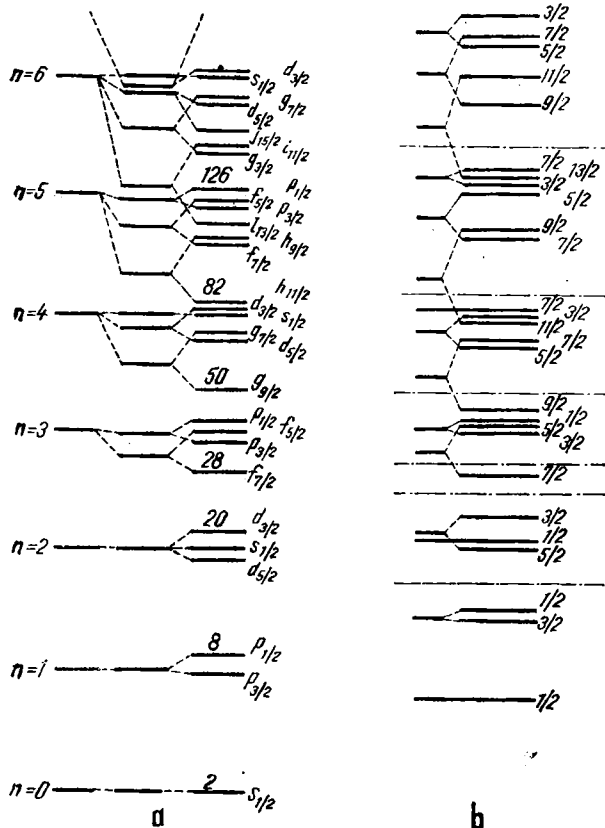


Fig. 247



număr  $A$ . Interacția directă a nucleonilor este mică față de cea datorată deformării suprafeței nucleului. Nucleele cele mai stabile sunt de formă sferică, având toate păturile complete; adaosul de nucleoni pe pături incomplete duce la fluctuații ale potențialului pe suprafața nucleului și, deci, la deformarea suprafeței nucleului, producând instabilitatea acestuia. Au loc mișcări de rotație ale nucleonilor situați în afara păturilor complete, cărora le corespunde un spectru de rotație caracterizat de relația:

$$W_r = \frac{\hbar^2}{8\pi^2 I_{nuc}}$$

$$\cdot [J(J+1) - J_0(J_0+1)],$$

unde  $I_{nuc}$  este momentul de inerție nuclear,  $J_0$  — numărul cuantle total al nucleului aflat în starea fundamentală, iar  $J$  — numărul ce caracterizează starea finală a nucleului; acesta din urmă ia valorile:  $J = J_0, J_0 + 1, J_0 + 2,$

..., iar  $J_0 \cdot \frac{\hbar}{2\pi} = \Omega = \sum_{i=1}^A \omega_i$  este

suma proiecțiilor momentelor impulsurilor nucleonilor din nucleu pe axa de simetrie a acestuia. În situațiile în care suprafața nucleului prezintă o deformare asimetrică, adică  $I_{nuc}(\theta, \varphi) = I_{nuc}(\pi - \theta, \varphi)$ , din spectru lipsesc energiile de rotație  $W_r$  pentru care  $J = 1, 3, 5, 7, \dots$ , rămânând numai acele stări pentru care  $J$  este un număr par. Momentele magnetice calculate cu acest model pentru nucleele par-pare au expresia:

$$\mu_{par-par} = \frac{JZ}{A} \mu_N,$$

unde  $\mu_N$  este magnetonul nuclear. În cazul nucleelor situate în starea fundamentală, pentru care  $\Omega = 0$ , momentul magnetic este nul. Pentru nucleele impar-pare, momentele magnetice corespunzătoare sînt:

$$\mu_{impar-par} = \begin{cases} \left( 2,74 \frac{J_0}{J_0+1} + \frac{J_0^2}{J_0+1} \right) \mu_N \\ \left( -1,84 \frac{J_0}{J_0+1} + \frac{J_0^2}{J_0+1} \right) \mu_N \end{cases}$$

Nucleele par-impar prezintă momentele magnetice date de expresia:

$$\mu_{par-impar} = \begin{cases} 2,36 \frac{J_0}{J_0+1} \mu_N \\ -1,46 \frac{J_0}{J_0+1} \mu_N \end{cases}$$

În cazul nucleelor care se abat de la numerele magice caracterizate prin spectre de rotație, aceste expresii teoretice sînt în concordanță cu datele experimentale. Expresiile momentelor magnetice ale nucleelor au sens numai dacă  $J_0 > 1/2$ , adică, dacă în afara păturilor complete se află cel puțin doi nucleoni care să producă deformarea suprafeței nucleare, ceea ce corespunde ipotezei modelului generalizat. La deformarea nucleului, nucleonii exteriori se distribuie asimetric, ceea ce duce la apariția unui moment electric cuadripolar suplimentar. Momentul cuadripolar total al nucleului este egal cu suma dintre momentul cuadripolar al nucleului cu păturile complete și momentul cuadripolar dat de nucleonii exteriori acestora. Pentru nucleele ale căror numere de protoni și de

neutroni sînt mult depărtate de numerele magice, momentul cuadripolar dat de restul nucleului este de cîteva zeci de ori mai mare decît cel dat de nucleonii situați în exteriorul păturilor închise. Calculele dau pentru momentul electric cuadripolar următoarea expresie:

$$Q = \frac{3\Omega^2 - J(J+1)}{(J+1)(2J+3)} Q_0,$$

unde  $Q_0$  este momentul electric cuadripolar în cazul distribuției sarcinilor în nucleu sub forma unui elipsoid de rotație. Pentru situația în care nucleul se află în starea fundamentală ( $\Omega = J_0 \frac{h}{2\pi}$ ),

$$Q = \frac{J_0(2J_0 - 1)}{(J_0 + 1)(2J_0 + 3)} Q_0.$$

Din această expresie se observă că  $Q < Q_0$ , iar în cazul în care  $J_0 = 0$  sau  $\frac{1}{2}$ ,  $Q = 0$  (chiar dacă  $Q_0 \neq 0$ ), adică sarcina electrică prezintă o simetrie sferică.

Modelele nucleare permit obținerea unei bune reprezentări a fenomenelor intranucleare și explică rezultatele unui mare număr de experiențe. O teorie riguroasă a structurii nucleului atomic nu a fost încă elaborată.

**moderator** v. reactor nuclear.

**modul (al unui vector)** v. vector.

**modul de compresibilitate** ( $\kappa$ ), constantă de material numeric egală cu presiunea care, exercitată asupra unui corp de volum  $V$ , determină o compresibilitate specifică  $\Delta V/V$  egală cu unitatea. Este egal cu inversul coeficientului de compresibi-

litate. În SI se măsoară în newtoni pe metru pătrat.

**modul de elasticitate** (sau Young,  $E$ ), constantă de material numeric egală cu raportul dintre efortul unitar  $F/S$ , aplicat unui corp elastic de lungime  $l$ , și alungirea relativă  $\Delta l/l$  a acestuia. Este egal cu inversul coeficientului de elasticitate. În SI se măsoară în newtoni pe metru pătrat. Majoritatea materialelor au modulul de elasticitate mai mare decît  $10^{10}$  N/m<sup>2</sup>. V. deformație elastică.

**modul de extincție** v. extincție.

**modul de forfecare** ( $G$ ), constantă de material egală cu raportul dintre efortul unitar  $F/S$ , care produce o deformație de forfecare, și mărimea unghiului de forfecare  $\phi$ . Este egal cu inversul coeficientului de forfecare. În SI se măsoară în newtoni pe metru pătrat. Majoritatea corpurilor omogene și izotrope au  $G = 0,4E$  ( $E$  fiind modulul de elasticitate). V. deformație elastică.

**modul piezoelectric** v. piezoelectricitate.

**modul Young**, modul de elasticitate.

**modulație**, modificare în timp, după o lege dată, a anumitor parametri ce caracterizează un proces oscilatoriu, în scopul transmiterii unor semnale purtătoare de informații (ex. modulația amplitudinii, a frecvenței sau a fazei unei unde electromagnetice). Dacă variația în timp a parametrului respectiv este sinusoidală, se obține o modulație sinusoidală.

*Modulația în amplitudine* a unui curent alternativ se poate obține cu ajutorul unui circuit oscilant

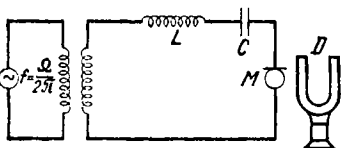


Fig. 248

(fig. 248) cu inductanța  $L$  și capacitatea  $C$ , în care este inseriat un microfon  $M$ . Intensitatea curentului de înaltă frecvență

( $f = \frac{\Omega}{2\pi}$ )

indus în circuitul oscilant are expresia  $I = I_0 \sin \Omega t$ ,  $\Omega$  fiind pulsația curentului. Dacă, sub impulsul unor unde sonore ale diapazonului  $D$  de frecvență  $\nu =$

$= \frac{\omega}{2\pi}$ , membrana microfonului

vibrează, rezistența microfonului variază periodic (cu frecvența  $\nu$ ) și, implicit, amplitudinea curentului prezintă o variație de forma:  $I_0 + I_0 \sin \omega t$ ; valoarea sa instantanee devine astfel  $i = (I_0 + I_0 \sin \omega t) \sin \Omega t$ , avînd loc o modulație în amplitudine. Raportul  $I_0'/I_0 = m$  indică profunzimea modulației și poartă numele de *indice* (sau *grad*) de modulație ( $0 < m < 1$ ). Valoarea instantanee a curentului modulat este deci:

$$i = I_0(1 + m \sin \omega t) \sin \Omega t.$$

Astfel, semnalul modulator (unde sonore) poate fi transmis la distanță prin intermediul unei unde electromagnetice de înaltă frecvență ( $f$ ), numită *undă purtătoare*. Prin intermediul antenelor (de emisie și de recepție), unda transmite la distanțe mari undele sonore ce nu pot fi percepute direct. După detecție, se obține un curent mediu a cărui amplitudine variază în ritmul frecvenței sonore.

*Modulația luminii* stă la baza unor

metode moderne de transmitere a informațiilor ce folosesc ca undă purtătoare — unda luminoasă. Ea poate fi realizată cu ajutorul unor dispozitive mecanice sau electrice. În primul caz, se poate folosi o roată dințată pe care cade lumina provenită de la sursă după ce a străbătut o fantă aproximativ dreptunghiulară, cu lățimea mult mai mică decît grosimea unui dinte și decît lățimea intervalului dintre dinți, sau o prismă dreaptă ce se rotește în jurul axei sale de simetrie, ale cărei fețe laterale sînt oglinzi plane. Modulația electrică a luminii se bazează pe fenomenul de birefringență artificială în cîmp electric, utilizîndu-se o celulă Kerr alimentată cu tensiune variabilă (v. efect Kerr).

**mol** (sau **moleculă-gram**), cantitate dintr-o substanță a cărei masă, exprimată în grame, este numeric egală cu masa moleculară a substanței. În SI este utilizat un multiplu de  $10^3$  ori mai mare, numit **kilomol**.

**moleculă**, cea mai mică cantitate dintr-o anumită substanță, constituită din unul sau mai mulți atomi, care mai păstrează proprietățile chimice ale acesteia.

**moleculă gram**, mol.

**moment al cantității de mișcare**, moment cinetic.

**moment al cuplului de forțe** v. cuplu de forțe.

**moment al forței** (față de un punct  $O$ ,  $M_{(OF)}$ ), produsul vectorial dintre *vectorul de poziție*  $r$  (vector cu originea în  $O$  și vîrf în punctul de aplicație al forței) și o forță  $F$  dată:

$$M_{OF} = r \times F.$$

Are modulul  $|\mathbf{M}_{OF}| = Fr \sin(\mathbf{r}, \mathbf{F}) = Fd$ , egal cu produsul dintre forță și brațul ei,  $d$  (distanța de la punctul  $O$  la suportul forței), direcția — perpendiculară pe planul celor doi vectori, și sensul — dat de regula burghiului. Produce o mișcare de rotație în jurul unei axe ce trece prin  $O$ , perpendiculară pe planul vectorilor  $\mathbf{r}$  și  $\mathbf{F}$ . În SI se măsoară în newton ori metru.

Dacă se consideră *momentul forței față de o axă*, în relația de definiție forța  $\mathbf{F}$  este înlocuită cu proiecția ei pe un plan perpendicular pe axa ce trece prin punctul de aplicație al forței, iar vectorul de poziție este cuprins în acest plan, având originea la intersecția axei cu planul.

**moment al impulsului**, moment cinetic.

**moment cinetic (al cantității de mișcare sau al impulsului,  $\mathbf{q}$ )**, produsul vectorial între vectorul de poziție  $\mathbf{r}$  al unui punct aflat în mișcare și vectorul impuls  $\mathbf{K}$ .

$$\mathbf{q} = \mathbf{r} \times \mathbf{K}.$$

Deoarece  $\mathbf{K} = m\mathbf{v}$ ,

$$\frac{d\mathbf{q}}{dt} = \mathbf{r} \times m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{r} \times \mathbf{F} = \mathbf{M},$$

în care  $\mathbf{M}$  este momentul forței ce produce mișcarea; variația totală a momentului cinetic produsă sub acțiunea acestui moment este:

$$\Delta\mathbf{q} = \int_{q_1}^{q_2} d\mathbf{q} = \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{M} dt;$$

dacă momentul forței este constant în timp, atunci:

$$\Delta\mathbf{q} = \mathbf{q}_2 - \mathbf{q}_1 = \mathbf{M}\Delta t,$$

iar în cazul în care  $\mathbf{M} = 0$ ,  $\Delta\mathbf{q} = 0$ ,

adică momentul cinetic rămâne constant în timp (*legea conservării momentului cinetic*). În SI, acesta se măsoară în kilogram metru pătrat pe secundă.

**moment de inerție ( $I$ )**, mărime ce caracterizează corpurile rigide și intervine în studiul mișcării de rotație a acestora în jurul unei axe. Se definește prin relația:

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 \text{ sau } I = \int r^2 dm,$$

în care  $m_i$  (sau  $dm$ ) este masa unui element de volum al corpului și  $r_i$  (sau  $r$ ) — distanța lui față de axa de rotație. În general, momentul de inerție al aceluiași corp poate avea valori diferite, în funcție de axa de rotație față de care este calculat. În SI se măsoară în kilogram ori metru pătrat. În mod analog, se definesc momentele de inerție față de o axă și față de un plan (considerându-se distanța punctelor materiale până la dreapta și, respectiv, până la planul dat). Momentul de inerție este o măsură a inerției corpurilor aflate în mișcare mecanică ( $v.$ ). În general, el poate fi determinat pe cale experimentală. La corpurile omogene de formă geometrică simplă, se poate obține prin calcul; câteva exemple de momente ale unor astfel de corpuri (a căror masă a fost notată cu  $m$ ) față de axa lor de simetrie sînt cuprinse în tabelul 19.

**moment dipolar**, mărime definită prin produsul între una din sarcinile unui dipol electric (*moment electric*) sau magnetic (*moment magnetic*) și distanța dintre aceste sarcini.

**moment electric ( $\mathbf{p}$ )** 1. V. moment dipolar.

Tabelul 19

Corpul	Paralelipiped dreptunghic, de înălțime $h$ (perpendiculară pe axa de simetrie)	Sferă, de rază $r$	Cilindru plin, de rază $r$	Tub cilindric, de raze: exterioară $R$ și interioară $r$
I	$\frac{1}{12} mh^2$	$\frac{2}{5} mr^2$	$\frac{1}{2} mr^2$	$m(R^2 + r^2)$

2. Mărime vectorială asociată unui corp polarizat electric, definită prin intermediul cuplului de forțe  $C$  care acționează asupra corpului plasat în vid, într-un câmp electric omogen  $E$ , fiind dată de relația:

$$C = p \times E.$$

Se compune, în general, din două mărimi aditive: *momentul electric permanent*, care nu depinde de câmpul electric aplicat, și *momentul electric temporar*, ale cărui caracteristici variază cu câmpul electric în care se află corpul. Unitatea de măsură în SI a momentului este coulomb-metrul.

**moment electric cuadripolar nuclear** ( $Q$ ), mărime ce caracterizează distribuția de sarcină electrică a nucleului (de volum  $V$ ), definită prin relația:

$$Q = \frac{1}{e} \int_V (3z^2 - r^2) \cdot \rho(x, y, z) dx dy dz,$$

$\rho(x, y, z)$  fiind densitatea de sarcină electrică nucleară, iar  $e$  — sarcina elementară. Dacă se admite că densitatea de sarcină  $\rho(x, y, z)$  a nucleului este aceeași în toate

punctele, iar acesta are forma unui elipsoid de rotație, cu semi-axele  $a$  și  $b$  ( $b$  coincidând cu axa  $z$ ):

$$Q = \frac{2}{5} Z(b^2 - a^2).$$

În cazul în care  $Q > 0$  ( $b > a$ ), nucleul este alungit pe direcția spinului său (axa  $z$ ), iar pentru  $Q < 0$  ( $b < a$ ), nucleul este turtit pe direcția spinului; în cazul particular  $Q = 0$  ( $b = a$ ), nucleul prezintă simetrie sferică. Unitatea de măsură în SI a acestui moment este metrul pătrat.

**moment magnetic (m)** 1. V. moment dipolar.

2. Mărime vectorială asociată unui corp magnetizat, definită prin intermediul cuplului de forțe  $C$  care acționează asupra corpului plasat în vid, într-un câmp magnetic omogen de inducție  $B$ , fiind dată de relația:

$$C = m \times B.$$

Se compune, în general, din două mărimi aditive: *momentul magnetic permanent*, care nu depinde de câmpul magnetic exterior, și *momentul magnetic temporar*, ale cărui caracteristici variază la modifi-

care a cimpului magnetic în care se află corpul. Unitatea sa de măsură în SI este amper-metru pătrat.

**moment magnetic nuclear ( $\mu$ )**, moment magnetic asociat unui nucleu atomic și definit cu ajutorul spinului nuclear  $J$  prin relația:

$$\mu = \mu_N g J,$$

unde  $\mu_N$  este magnetonul nuclear, iar  $g$  - factorul Landé al nucleului. Datorită efectului de împerechere a nucleonilor, valoarea sa este dată de momentul magnetic al protonului sau neutronului nepereche. Cum nucleonii posedă atât moment cinetic propriu cât și moment cinetic orbital, acestora li se asociază două momente magnetice corespunzătoare:

$$\mu_l = g_l \mu_N; \quad \mu_s = g_s \mu_N,$$

unde  $l$  și  $s$  sînt numerele cuantice orbitale și, respectiv, de spin. Valorile experimentale obținute pentru momentele magnetice ale protonului și neutronului sînt, respectiv:  $+2,79276 \mu_N$  și  $-1,91315 \mu_N$ . Cum numerele cuantice de spin pentru proton și neutron au aceeași valoare ( $1/2$ ), rezultă că factorii Landé vor fi, respectiv:

$$g_p^p \approx +5,585 \text{ și } g_n^p \approx -3,826.$$

Momentul magnetic al unui nucleu cu număr atomic  $Z$  și număr de masă  $A$  este egal cu suma proiecțiilor momentelor magnetice ale nucleonilor săi pe direcția lui  $J$ , deci poate fi reprezentat sub forma:  $\mu = \mu_l \cos(l, J) + \mu_s \cos(s, J)$ , unde

$$\cos(l, J) = \frac{|J|^2 + |l|^2 - |s|^2}{2|J| \cdot |l|},$$

$$\cos(s, J) = \frac{|J|^2 + |s|^2 - |l|^2}{2|J| \cdot |s|}$$

și

$$|J| = \sqrt{J(J+1)} \hbar,$$

$|s| = \sqrt{s(s+1)} \hbar$ ,  $|l| = \sqrt{l(l+1)} \hbar$ , în care  $\hbar = h/2\pi$ ,  $h$  fiind constanta Planck.

Deci, momentul magnetic al nucleului este dat de expresia:

$$\mu = \left( \frac{g J(J+1) + l(l+1) - s(s+1)}{2(J+1)} + g_s \frac{J(J+1) + s(s+1) - l(l+1)}{2(J+1)} \right) \mu_N.$$

Dacă nucleonul nepereche (sau de valență) este un proton ( $g_l^p = 1$ ),

$$\mu = \left( \frac{J(J+1) + l(l+1) - s(s+1)}{2(J+1)} + g_s^p \frac{J(J+1) + s(s+1) - l(l+1)}{2(J+1)} \right) \mu_N;$$

iar dacă nucleonul nepereche este un neutron ( $g_l^n = 0$ ),

$$\mu = g_s^n \frac{J(J+1) - l(l+1) + s(s+1)}{2(J+1)} \mu_N.$$

Întrucît spinul nucleonilor este egal cu  $1/2$ , numărul cuantic total  $J$  ia numai două valori:  $J = l + \frac{1}{2}$  și  $J = l - \frac{1}{2}$  și, deci, pentru nucleele impar-pare dependența momentului magnetic de spinul nuclear (fig. 249) este de forma:

$$\mu = \frac{J^2 - 1,293 J}{J + 1} \mu_N \text{ pentru } J = l - \frac{1}{2}$$

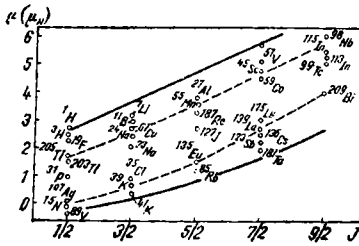


Fig. 249

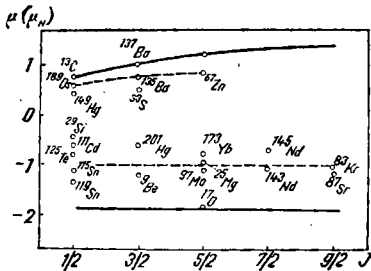


Fig. 250

$$\mu = (J + 2,293)\mu_N \quad \text{pentru } J = l + \frac{1}{2},$$

iar pentru nucleele par-impare această dependență (fig. 250) este:

$$\mu = -1,913 \mu_N \quad \text{pentru } J = l + \frac{1}{2}$$

$$\mu = \frac{1,913 J}{J + 1} \mu_N \quad \text{pentru } J = l - \frac{1}{2}.$$

Curbele teoretice ale variației momentului magnetic cu spinul nuclear poartă numele de *curbe Schmidt*. Valorile momentelor magnetice ale diferitelor nuclee obținute pe cale experimentală se află, aproape fără excepție, în interiorul domeniului mărginit de curbe,

grupându-se în lungul unor curbe (reprezentate punctat pe figuri) de forme asemănătoare cu cele teoretice. Expresia generală a momentului magnetic nuclear în funcție de numărul cuantic orbital este:

$$\mu = \left[ g l \pm \frac{1}{2} g_s + \begin{cases} 0 \\ (g_s - g_l) \end{cases} \right] \mu_N$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{pentru } J = l + \frac{1}{2} \\ \text{pentru } J = l - \frac{1}{2} \end{array} \right\}$$

**moment magnetic orbital al electronului ( $\mu$ )**, moment magnetic ce caracterizează mișcarea electronului într-un atom pe una din orbitele staționare posibile. Este echivalent cu momentul magnetic al unui curent circular definit prin:

$$\mu = IS,$$

în care  $I$  este intensitatea curentului, ce circulă prin „spira“ de suprafață  $S$ . În cazul atomului de hidrogen, pentru care

$$I = ve = \frac{\omega e}{2\pi} \quad \text{și } S = \pi r^2, \quad \mu = \frac{e}{2} \omega r^2,$$

unde  $v$  este frecvența de rotație,  $\omega$  — pulsația, iar  $r$  — raza orbitei electronului; din condiția de cuantificare a orbitelor:  $m_e v r = m_e \omega r^2 = \frac{nh}{2\pi}$  ( $h$  fiind constanta Planck),

se găsește pentru momentul magnetic orbital al electronului expresia:

$$\mu = n \frac{eh}{4\pi m_e} = n\mu_B,$$

în care  $\mu_B$  este magnetonul Bohr-Procopiu (v.) și  $n$  — numărul cuantic principal. V. model atomic.

**moment orbital al electronului** ( $\mathbf{p}_l, \mathbf{l}$ ), moment cinetic ( $p_l = m_e v r = m_e r^2 \dot{\varphi}$ ) al electronului (de masă  $m_e$ ), aflat în mișcare cu viteza  $v$  pe una dintre orbitele staționare (de rază  $r$ ) din jurul nucleului:

$$\mathbf{p}_l = \mathbf{r} \times m_e \mathbf{v}.$$

În cadrul modelului atomic (v.) Bohr și Bohr-Sommerfeld, acesta este o mărime cuantificată:

$$p_l = n_\varphi \frac{h}{2\pi},$$

numărul cuantic azimutal  $n_\varphi$  luînd valorile 1, 2, 3, ...,  $n$  ( $h$  fiind constanta Planck).

Pentru a se explica dubleții spectrali se admite că:

$$p_l = \sqrt{l(l+1)} \frac{h}{2\pi},$$

în care  $l = 0, 1, \dots, n-1$  este numărul cuantic orbital. În cadrul modelului atomic Bohr-Sommerfeld, numărul cuantic  $l$  determină univoc semiaxa mică a orbitei de mișcare a electronului. Subnivelele caracterizate de  $l=0$  este notat cu  $s$ . Pentru  $l = 1, 2, 3$ , subnivelele se numesc  $p, d, f$ .

**moment total al atomului** ( $\mathbf{P}_J, \mathbf{J}$ ), suma momentelor cinetice orbitale și de spin ale tuturor electronilor unui atom, avînd valori diferite în cazul cuplajului  $[\mathbf{j}, \mathbf{j}]$  sau  $[\mathbf{L}, \mathbf{S}]$ . V. model atomic.

**moment total al electronului** ( $\mathbf{p}_j, \mathbf{j}$ ), suma dintre momentul orbital  $\mathbf{p}_l$

și momentul cinetic de spin  $\mathbf{p}_s$  ale unui electron într-un atom:

$$\mathbf{p}_j = \mathbf{p}_l + \mathbf{p}_s.$$

V. model atomic.

**monocromator**, instrument optic folosit pentru separarea radiațiilor monocromatice dintr-un spectru continuu. Este un aparat spectral prevăzut cu o prismă mobilă (rotitoare), care permite fasciculelor monocromatice de lungimi de undă diferite să părăsească sistemul succesiv (pentru diferite poziții ale prisme), după aceeași direcție, și cu un receptor termic sau fotoelectric, situat în dreptul fantei fixe a aparatului.

**Mössbauer, Rudolf Ludwig** (n. 1929), fizician german. În anul 1958 descoperă fenomenul de absorbție și emisie fără recul a cavităților  $\gamma$  de către nucleele atomilor legați într-o rețea cristalină (v. efect Mössbauer). Premiul Nobel (1961).

**motor electric**, mașină electrică ce furnizează energie mecanică consumînd energie electrică. Cel mai răspîndit este cel care transformă energia electromagnetică în lucrul mecanic util al unor forțe electromagnetice sau electrodinamice. Acest motor poate fi obținut prin funcționarea inversă a unui generator electric (v.). Este format din două elemente constitutive principale: rotorul (partea mobilă) — pe care sînt dispuse înfășurările conductorilor străbătuți de curent electric, și statorul (partea fixă) — care servește la crearea cîmpului magnetic ce produce rotirea părții mobile. Întrucît, în momentul pornirii curentul electric ia valori ce depășesc intensitatea nominală putînd deteriora înfășurarea rotorului și colectorul,



pentru pornirea motorului este necesar un reostat legat în serie cu înfășurarea rotorului (a cărei rezistență este foarte mică). Pe măsură ce rotorul își mărește viteza de rotație, tensiunea contraelectromotoare indusă în circuitul său face ca valoarea curentului să scadă, iar reostatul de pornire poate fi scos, treptat, din circuit. După felul curentului consumat, motoarele electrice pot fi de curent continuu și de curent alternativ. Dintre acestea, cele mai utilizate sînt *motoarele de curent alternativ trifazat*; într-un astfel de motor, bobinajele statorului alimentate în curent trifazat și legate în stea sau în triunghi creează un cîmp magnetic învîrtitor. Se deosebesc: *motoare sincrone* — la care înfășurarea rotorului este alimentată în curent continuu, iar viteza de rotație a acestuia este egală cu cea a cîmpului magnetic învîrtitor, și *motoare asincrone* — la care înfășurările rotorului sînt scurtcircuitate la două inele colectoare, iar viteza de rotație a acestuia este mai mică decît a cîmpului învîrtitor. *Motoarele de curent continuu* pot avea, la fel cu generatoarele electrice, înfășurarea statorului alimentată separat de cea a rotorului (motoare cu excitație separată), în paralel (motoare cu excitație șunt sau în derivație), în serie (motoare cu excitație în serie) sau mixt (motoare cu excitație mixtă).

**motor ionic**, motor bazat pe pulsația ionică, alcătuit din: o sursă de ioni pozitivi, instalația de accelerare a fasciculului ionic și sursa de electroni pentru neutralizarea efectelor de sarcină spațială

și a încărcării electrostatice a vehiculului. Fiind proiectat în spațiu, jetul de ioni pozitivi accelerați imprimă vehiculului un impuls de sens contrar, proporțional cu suma impulsurilor fiecărui ion; impulsul unui ion accelerat este proporțional cu  $\sqrt{V/m_i}$ , unde  $V$  este potențialul de accelerare, iar  $m_i$  — masa ionului.

**muflă v. scripete.**

**multiplet**, grup de două (*dublet*), trei (*triplet*) sau mai multe linii spectrale foarte apropiate în spectru, a căror apariție se datorește tranzițiilor între un nivel unic și altul cu structură fină. În marea majoritate, liniile spectrale nu sînt simple (*singleți*), ci compuse. De exemplu, linia galbenă  $D$  a sodiului este un dublet compus din linia  $D_1$ , avînd lungimea de undă  $\lambda_1 = 5\,895,930 \text{ \AA}$ , și linia  $D_2$ , avînd  $\lambda_2 = 5\,889,963 \text{ \AA}$ ; diferența  $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$  fiind foarte mică (de aprox.  $6 \text{ \AA}$ ), cele două componente pot fi puse în evidență numai cu un aparat spectral, cu o putere de rezoluție destul de bună. Divizarea în subnivele a nivelului de energie atomic se datorește interacției momentului magnetic propriu al electronului (sau electronilor) cu cîmpul magnetic din interiorul atomului. Acțiunea cîmpurilor magnetice exterioare asupra nivelurilor de multiplete duce la o descompunere complexă a liniei spectrale (v. efect Zeeman).

**multiplet de sarcină v. particulă elementară.**

**multiplicitate v. nivel energetic.**

**multiplu v. sistem de unități.**

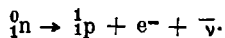
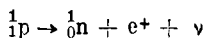
**nedeterminare**, lipsa de certitudine în aflarea valorilor unei anumite mărimi, datorită numărului insuficient de date pentru determinarea lor. V. relații de nedeterminare.

**Negreanu, Dimitrie (1858—1908)**, fizician român, profesor la Universitatea București; m. coresp. al Acad. Studii de electricitate, mineralogie, magnetism etc.

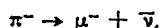
**neper (Np)**, unitate de măsură a nivelului de transmisie. Reprezintă nivelul corespunzător unei amplificări a semnalului transmis de  $e$  ori ( $e = 2,71828$ ). Este egal cu 8,686 decibeli.

**Nernst, Walther Hermann (1864—1941)**, fizician și chimist german. A enunțat principiul al treilea al termodinamicii, a elaborat teoria osmotică a pilelor electrice și a contribuit la dezvoltarea studiului soluțiilor diluate. Premiul Nobel (1920).

**neutrîn ( $\nu$ )**, particulă elementară stabilă, neutră din punct de vedere electric, de masă neglijabilă. Existența sa a fost postulată de W. Pauli în 1930, pentru a explica aparenta abatere de la legile de conservare a energiei și momentului cinetic la dezintegrarea beta ( $\beta^+$  și, respectiv,  $\beta^-$ ), potrivit reacțiilor:



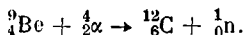
Pe cale experimentală, neutrînul  $\nu$  și antineutrînul  $\bar{\nu}$  au fost puse în evidență în 1956 de T.D. Lee și C.N. Yang, care au constatat o aparentă nesatisfacere a legii de conservare a parității în cazul dezintegrării  $\beta$ ; cele două particule — neutrînul și antineutrînul, emise concomitent de nucleele radioactive, prezintă o polarizare circulară dreaptă și, respectiv, stângă. Ele apar, de asemenea, în procesul de dezintegrare al unor mezoni. Astfel, transformarea pionului în miunon are loc potrivit reacțiilor:



În acest caz, neutrînii (sau antineutrînii) emiși au masa de  $10^4$  ori mai mare. Neutrînul are o mare putere de pătrundere, interacționând slab cu alte particule și are un rol important în teoriile moderne ale energiei reacțiilor termonucleare. V. fuziune.

**neutron (n)**, particulă elementară neutră din punct de vedere electric, avînd masa egală cu 1838,6 mase electronice, care intră în constituția nucleelor atomilor cu excepția atomului de hidrogen. A fost pus în evidență în 1932 de J. Chadwick la bombardarea

heviului cu particule alfa, rezultat al reacției nucleare:



Neutronul este o particulă instabilă, cu viața medie de cca. 17 min, dezintegrându-se spontan potrivit reacției:



Este un barion cu număr cuantic de spin semiîntreg; nucleul atomic conține  $N = A - Z$  neutroni ( $A$  fiind numărul de masă, iar  $Z$  — numărul atomic). Ne fiind încărcat electric, nu este supus forțelor de respingere electrostatică, astfel că se poate apropia mult de o altă particulă (încărcată) sau de un nucleu. Absorbit de acesta din urmă, poate produce fenomenul de fisiune sau de radioactivitate. De asemenea, poate fi împrăștiat elastic de anumite substanțe (moderatori), care sînt utilizate la încetinirea neutronilor în reactori. După valoarea energiei lor cinetice  $W$ , neutronii se împart în: *neutroni termici* ( $W < 0,25$  eV), *neutroni lenți* ( $0,25 \text{ eV} < W < 1 \text{ eV}$ ), *neutroni epitermici* ( $1 \text{ eV} < W < 0,1 \text{ MeV}$ ) și *neutroni rapizi* ( $W > 0,1 \text{ MeV}$ ). Dintre aceștia, neutronii termici (a căror energie este de același ordin de mărime cu energia particulelor aflate în agitație termică la temperatura obișnuită) sînt utilizați în reactorii nucleari la producerea reacției de fisiune în lanț.

Fiind particule neutre din punct de vedere electric, neutronii nu pot produce ionizarea substanțelor și, deci, pentru observarea lor se folosesc în special metode indirecte, fie înregistrându-se nucleele de recul ce iau naștere la împrăștierea elastică a neutronilor, fie studiind reacțiile nucleare ( $\nu$ ) provocate de aceștia sau cele de activare (de

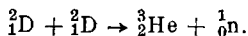
producere a radioactivității artificiale). La difuzia elastică a neutronilor rapizi ( $W \approx 1 \text{ MeV}$ ), nucleele de recul au o energie suficient de mare pentru a putea fi observate în camere Wilson, camere de ionizare sau contoare. La trecerea unui flux de neutroni printr-o cameră de ionizare, apar impulsuri de curent datorită nucleelelor de recul ale gazului cu care este umplută camera. Pe baza legilor de conservare a impulsului:  $v = \frac{2m}{M+m} v_0$ , unde  $v$  și  $v_0$ , respectiv,

$M$  și  $m$ , sînt vitezele și, respectiv, masele, nucleului de recul și particulei incidente. Dacă gazul de umplere al camerei de ionizare este întii hidrogen ( $M = 1$ ) și, apoi, azot ( $M = 14$ ), raportul vitezelor nucleelor de recul apărute în cele două cazuri este:  $\frac{v_{\text{H}}}{v_{\text{N}}} = \frac{m+14}{m+1}$ .

Determinînd experimental:  $v_{\text{H}} = 3,3 \cdot 10^7 \text{ m/s}$  și  $v_{\text{N}} = 4,7 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ , Chadwick a obținut, cu o precizie de 10%,  $m \approx 1,15$ . Metoda reacțiilor nucleare de detecție a neutronilor constă în înregistrarea particulelor  $\alpha$  rezultate în urma unei reacții a neutronilor cu atomi de bor:  ${}^{10}_5\text{B}(n, \alpha){}^7_3\text{Li}$ ; neutronii rapizi sînt în prealabil încetiniți într-un strat de parafină și apoi detectați în camere de ionizare sau contoare cu fluorură de bor ( $\text{BF}_3$ ). De asemenea, neutronii pot fi detectați cu ajutorul emulsiilor nucleare, în care au fost amestecate săruri de litiu sau bor. În urma reacțiilor neutronilor cu nucleele de litiu:  ${}^7_3\text{Li}(n, \alpha){}^4_2\text{He}$ , sau cu cele de bor, rezultă particule ale căror traiectorii pot fi observate (la microscop) după dezvoltare. Contoarele de neutroni au pe suprafața catodului un strat de bor, litiu sau

combinații ale acestora, de o grosime ce nu depășește lungimea parcursului particulelor  $\alpha$  emise. Ca elemente care devin radioactive prin captarea neutronilor sînt cunoscute: indiul, argintul, rodiul și altele. Particulele emise prin procesele radioactive induse sînt puse în evidență cu mijloace corespunzătoare (ex.: contoare de particule, camere Wilson, de ionizare sau cu bule etc.).

Neutronii sînt produși în anumite reacții nucleare. În general, aceste reacții se autoîntrețin, neutronii rezultați provocînd noi reacții. Raportul dintre numărul de neutroni de după și cel dinaintea reacției se numește *factor de amplificare*. O sursă primară de neutroni o constituie un amestec de beriliu și un izotop  $\alpha$ -activ (radiu sau poloniu), emisia neutronilor avînd loc potrivit reacției indicate anterior. De asemenea poate fi utilizat deuteriul care, fuzionînd, emite neutroni:



#### V. particulă elementară.

**newton (N)**, unitate de măsură a forței în SI, egală cu forța care, acționînd asupra unui corp cu masa de un kilogram, îi imprimă accelerația de un metru pe secundă la pătrat.

**Newton** [niù:tn], Isaac (1642—1727), fizician, matematician și astronom englez. Membru al Societății Regale din Londra. Autor al unor descoperiri fundamentale în matematică și fizică. A stabilit noțiunile de bază ale mecanicii clasice și a formulat cele trei principii ale dinamicii: principiul inerției, principiul proporționalității accelerației cu forța, principiul egalității acțiunii și reacțiunii. Newon

a demonstrat legea atracției universale și a pus bazele mecanicii cerești. Contribuții importante în domeniul opticii; cu ajutorul prisme a descompus lumina albă în componentele ei, iar cu ajutorul unui disc rotitor, care-i poartă numele, a recompus lumina albă. A inventat telescopul (1668) lipsit de aberații cromatice și a studiat interferența luminii. A considerat că lumina este alcătuită din corpusculi cu proprietăți mecanice (teoria emisiunii).

**nicol**, dispozitiv utilizat în scopul polarizării sau analizei luminii. Este constituit din două prisme triunghiulare drepte de construcție specială (fig. 251) din cristal birefringent (spat de Islanda), avînd două fețe alăturate și lipite cu balsam de Canada. O rază de



Fig. 251

lumină care pătrunde în cristal se împarte în două raze liniar polarizate — ordinară  $o$  și extraordinară  $e$ , ale căror plane de oscilație sînt perpendiculare; dintre acestea, raza ordinară se reflectă total pe suprafața  $S$  de separare, fiind eliminată, iar cea extraordinară părăsește dispozitivul avînd aceeași direcție cu raza de lumină incidentă.

**nit (nt)**, unitate de măsură pentru luminanță (luminoasă) în SI, reprezentînd luminanța uniformă a unei surse de lumină plane, cu aria de un metru pătrat, care emite în direcția normală o intensitate luminoasă de o candelă.

Este de  $10^4$  ori maimare decit stilbul.

nivel de energie, nivel energetic.

nivel de intensitate acustică ( $L_I$ ), de 10 ori logaritmul zecimal al raportului dintre intensitatea  $I$  a sunetului respectiv și intensitatea acustică de referință  $I_0 = 10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}.$$

Se măsoară în decibeli.

nivel de presiune acustică ( $L$ ), de 20 ori logaritmul zecimal al raportului dintre presiunea acustică eficace  $p$  a sunetului respectiv și presiunea acustică de referință  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup>,

$$L = 20 \lg \frac{p}{p_0}.$$

Se măsoară în decibeli.

nivel de tărie ( $\Lambda$ ), mărime acustică psiho-fizică, reprezentată prin 20 ori logaritmul zecimal al raportului dintre presiunea eficace  $p$  a unei unde sonore de 1 000 Hz, apreciată de un ascultător otologic normal ca avînd o intensitate egală cu aceea a sunetului considerat, cînd nivelul de presiune acustică este de un decibel:

$$\Lambda = 20 \lg \frac{p}{p_0}.$$

Se măsoară în foni.

nivel de transmisiune ( $n$ ), mărime fizică exprimată prin logaritmul natural dintre amplitudinea finală  $A_1$  și cea inițială (sau de referință)  $A_0$  a unui semnal acustic, electromagnetic etc.:

$$n = \ln \frac{A_1}{A_0}.$$

Se măsoară în neperi și decibeli.

nivel energetic (sau de energie), stare energetică posibilă (staționară) într-un sistem cuantic (atom, moleculă, nucleu, cristal etc.). Nivelele energetice într-un atom sînt notate de obicei cu un simbol de forma:  $n^X X_j$  numit și termen spectral, în care  $X$  este litera majusculă corespunzătoare numărului cuantic azimutal  $l$  ( $S, P, D, F, \dots$ , pentru  $l = 0, 1, 2, 3, \dots$ ),  $\chi$  — numărul orientărilor posibile ale spinului, numit multiplicitate:  $\chi = 2s + 1$ , s fiind numărul cuantic de spin (pentru  $s = 0, 1, 2, \dots$  nivelele respective se numesc de singleți, de dubleți, de tripleți, ...),  $n$  — numărul cuantic principal, iar  $j$  — numărul cuantic intern. Astfel, simbolul  $3^2 D_{3/2}$  reprezintă nivelul energetic

cu  $n = 3$ ,  $l = 2$ ,  $s = \frac{1}{2}$ , și  $j = \frac{3}{2}$ ; simbolul  $4^2 S_{1/2}$  reprezintă nivelul cu  $n = 4$ ,  $l = 0$ ,  $s = \frac{1}{2}$ ,  $j = 1/2$  etc. Un nivel energetic poate fi:

- normal (sau fundamental) — corespunzător stării energetice minime a sistemului dat;
- excitat — corespunzător unei stări energetice superioare celei normale, în care sistemul a ajuns în urma unei perturbații exterioare;
- de rezonanță — corespunzător unei stări (de rezonanță), în care electronul ajunge direct de pe nivelul normal, sau din care trece direct pe nivelul normal, cu probabilitate maximă;
- metastabil, din care sistemul poate trece într-o stare energetică inferioară, cu o mică probabilitate;
- nedegenerat — cînd corespunde unei singure stări staționare sau degenerat — cînd este caracterizat de mai multe stări staționare al

căror număr este numit *grad de degenerescență* (sau *pondere statistică*). În corpurile solide, în particular în semiconductorii care conțin impurități, se deosebesc nivele *donoare* și *acceptoare* (v. corp solid). V. diagrama nivelelor de energie.

**nivel Fermi**, nivel energetic ce corespunde stărilor de energie maximă (numeric egală cu potențialul chimic) ale unui sistem de electroni aflați în interacție slabă, la temperatura de zero absolut. V. statistică, semiconducteur.

**nod v. interferență.**

**nod de rețea v. legile Kirchoff.**

**nod în cristal v. cristal.**

**nomograme Wilson v. parcurs.**

**normare v. funcție de undă.**

**notația Fraunhofer v. aberație.**

**Novacu, Valeriu** (n. 1909), fizician român, profesor la Universitatea București. M. coresp. al Acad. Lucrări de fizică teoretică și de istoria fizicii.

**nuanță v. culoare.**

**nucleon v. nucleu.**

**nucleu**, particulă centrală a atomului, încărcată cu sarcină electrică pozitivă, în care este concentrată aproape întreaga masă a acestuia. Independent unul de celălalt, D.D. Ivanenko și W. Heisenberg au emis (1932) ipoteza că în constituția nucleelor intră un anumit număr (egal cu numărul atomic  $Z$ ) de protoni și un număr de neutroni  $N$ ; aceste particule elementare au fost denumite *nucleoni* (al căror număr este egal cu numărul de masă,  $A$ ). Între ele se exercită patru tipuri de forțe: forțe nucle-

are (v.), forțe de natură electrostatică — între protonii încărcăți pozitiv, forțe magnetice — între nucleonii cu momente magnetice și forțe gravitaționale, negliabile în raport cu celelalte. O specie de nucleu caracterizată de anumite valori ale numerelor  $Z$  și  $N$ , defectului de masă, energiei de legătură și vieții medii poartă numele de *nuclid*. După valorile pe care le au  $Z$  și  $N$ , există patru categorii de nucleu: par-pare, impar-impar, par-impar și impar-impar. Masa nucleului, exprimată de obicei în unități atomice de masă sau în MeV, este egală cu suma maselor nucleonilor componenți din care se scade valoarea absolută a energiei de legătură. Sarcina nucleului este un multiplu întreg al sarcinii electronului, dar de semn pozitiv ( $+Ze$ ). Pe cale experimentală, s-au obținut pentru raza nucleului valori care satisfac formula empirică:

$$R = R_0 A^{1/3},$$

unde  $R_0 = (1,3 - 1,7) \cdot 10^{-13}$  cm. Folosind această relație, se poate calcula densitatea substanței nucleare, care este de ordinul  $10^{14}$  g/cm<sup>3</sup>; în limitele unei bune aproximații, aceasta este constantă. Nucleul este caracterizat de asemenea prin mărimile: spin (v.), moment magnetic (v.), moment electric cuadripolar (v.), putând fi stabil sau suferi dezintegrări (v.) spontane sau induse (în cazul radioactivității artificiale). Explicarea structurii sale complexe este încercată în cadrul modelelor nucleare (v.). Categorii speciale de nucleu o formează izotopii (v.), izobarii (v.), sau cele care prezintă izomerie nucleară (v.).

**nuclid v. nucleu.**

**număr atomic ( $Z$ ), numărul de**

ordine al unei specii atomice în sistemul periodic al elementelor, egal cu numărul de electroni din atom și cu cel de protoni din nucleu; are aceeași valoare pentru toți izotopii unui element. Elementele naturale au numărul atomic cuprins între 1(H) și 92(U). În mod artificial, au fost sintetizate elemente cu  $Z$  cuprins între 93(neptuniu, Np) și 105 (hahnium, Ha).

**număr cuantic**, număr întreg sau fracționar care intervine în cuantificarea diferitelor mărimi (ex. energia, raza orbitei de mișcare, spinul, momentul magnetic etc.) caracteristice stărilor staționare ale unui sistem cuantic (ex. nucleu, atom, moleculă). Poate lua valori în progresie aritmetică cu rația 1, ale căror produse cu o constantă cu dimensiuni reprezintă valorile permise ale mărimii respective. În cazul mișcării unei particule într-un câmp de forțe centrale, intervin următoarele numere cuantice:

**principal** ( $n$ ) asociat energiei particulei, putând lua valori întregi, pozitive:  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Este egal cu suma numerelor cuantice azimutal și radial (v. model atomic);

**azimutal** (sau **orbital**,  $l$ ) care poate lua  $n$  valori:  $l = 0, 1, 2, \dots$ ,  $n - 1$  și determină valoarea pătratului momentului orbital ca fiind egală cu  $l(l + 1)$ , în unități  $h/2\pi$  (unde  $h$  este constanta Planck);

**magnetic** ( $m, m_z$ ), egal cu valoarea numerică a proiecției momentului orbital, exprimată în unități  $h/2\pi$  pe direcția locală a cîmpului magnetic. Poate lua  $2l + 1$  valori:  $l, (l - 1), \dots, 0, 1, \dots, l$ ;

**de spin** ( $m_s$ ), egal cu valoarea numerică a proiecției spinului particulei pe o axă fixă, exprimat în

unități  $h/2\pi$ . În cazul electronului poate lua valorile  $\pm 1/2$ ;  
 — **intern** ( $J, j$ ) reprezentînd modulul rezultantei vectoriale a momentului orbital și spinului sub forma:  $\sqrt{J(J + 1)}$ , în unități  $h/2\pi$ . Se obține prin compunerea numerelor cuantice azimutal și de spin;  
 — **de vibrație** ( $v$ ), ce caracterizează mișcarea de vibrație armonică liniară, de frecvență  $\nu$ , a particulei, fiind dat de relația:  $v = \frac{W}{h\nu} - \frac{1}{2}$ ,

unde  $W$  este energia particulei;  
 — **de rotație** ( $J$ ), care intervine în cuantificarea energiei de rotație  $W_r$  a unei molecule biatomice:

$$W_r = \frac{h^2}{8\pi^2 I} J(J + 1),$$

unde  $I$  este momentul de inerție al moleculei.

V. model atomic, serie spectrală, spectru.

**număr de masă** ( $A$ ), numărul total de nucleoni (protoni și neutroni) din care este constituit nucleidul unui element din sistemul periodic. Valoarea sa este:

$$A = Z + N,$$

unde  $Z$  este numărul atomic, iar  $N$  — numărul de neutroni.

**număr de undă** ( $k, \tilde{\nu}$ ), numărul de lungimi de undă ale unei radiații cuprinse pe distanța  $2\pi$  metri:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}.$$

Uneori, este definit ca mărimea inversă lungimii de undă ( $\lambda$ ),  $k = \frac{1}{\lambda}$ ,

și reprezintă numărul de lungimi de undă cuprins în unitatea de lungime. În descrierea unor fenomene

fizice, numărul de undă definit mai sus este modulul unui vector (numit *vector de undă*), a cărui direcție și sens sînt aceleași cu direcția și sensul de propagare a frontului de undă.

**număr magic**, număr de protoni sau de neutroni care conferă nucleului (ce îi conține) o stabilitate deosebită. Ia valorile:  $Z = 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126$  pentru protoni și  $N = 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126, 184$  pentru neutroni. Aceste valori pot fi calculate în cadrul modelului nuclear în pături și corespund unei valori (absolute) maxime a energiei de legătură.

**numărul Abbe**, constrințență.

**numărul Avogadro** v. legea Avogadro.

**numărul Loschmidt** v. legea Avogadro.

**numărul Mach** ( $M$ ), raportul dintre viteza  $v$  de mișcare a unui corp

într-un fluid în repaus și viteza  $c$  de propagare a sunetului în acest fluid:

$$M = \frac{v}{c}.$$

După valoarea acestui număr, subunitară sau supraunitară, vitezele se împart în *viteze subsonice* și *supersonice*.

**numărul Reynolds** ( $R$ ), raport adimensional caracteristic unei conducte, a cărui valoare marchează trecerea de la curgerea laminară a unui fluid viscos, la curgerea turbionară; este dat de relația:

$$Re = \frac{2v\rho l}{\eta},$$

în care  $v$  este viteza de curgere a fluidului,  $\rho$  — densitatea sa și  $l$  — raza conductei. Dacă  $Re < 2\,400$ , curgerea este laminară (în *regim Poiseuille*); dacă  $Re \geq 2\,400$ , curgerea este turbionară (în *regim Venturi*).



**obiectiv**, sistem optic convergent care intră în alcătuirea unor instrumente optice, fiind îndreptat spre obiectul de studiat. Deși toate obiectivele au aceeași destinație generală — de a forma imagini reale ale obiectelor observate, ele se deosebesc în funcție de gradul ameliorării diverselor aberații și de anumite caracteristici ca: putere de rezoluție, luminozitate etc. Astfel, obiectivele aparatelor fotografice pot fi construite pentru fotografii de atelier (portrete), pentru fotoreportaje și obiecte în mișcare, pentru peisaje etc. Obiectivele aparatelor fotografice, lunetelor și telescoapelor dau imagini reale ale obiectelor îndepărtate, în timp ce obiectivele microscopelor formează imagini virtuale ale unor obiecte foarte apropiate de focar. V. distorsiune, anastigmatism.

**observator normal** v. vedere.

**obturator**, dispozitiv independent sau încorporat unui aparat optic, cu ajutorul căruia se poate întrerupe sau admite în mod controlat accesul luminii spre stratul fotosensibil, spre receptor sau spre altă zonă a spațiului. Cele mai răspândite sînt *obturatoarele mecanice*, care pot fi *centrale* și *cu perdea*. Primele au o serie de lamele ce se mișcă din centru spre margine și înapoi, iar celelalte conțin o

perdea din plină neagră cu o fantă dreptunghiulară de lățime reglabilă, ce se poate deplasa într-un sens dat. Din această cauză, la obturatorul central iluminarea se produce brusc, de la centru spre margine, în timp ce la obturatorul cu perdea iluminarea are loc succesiv, în fișii, de la un capăt la altul. De regulă, vitezele de obturare sînt notate pe montura obturatorului în unități de timp (timpul cît obturatorul permite accesul luminii): ex.: 1s,

$$\frac{1}{2} \text{ s, } \frac{1}{10} \text{ s, } \frac{1}{100} \text{ s, } \frac{1}{250} \text{ s etc. Există,}$$

de asemenea, obturatoare care funcționează pe alte principii, cum sînt cele electromagnetice; unul dintre acestea din urmă este celula Kerr (v. efect Kerr).

**octavă** v. sunet muzical

**octodă** v. tub electronic.

**ocular**, sistem optic centrat care intră în alcătuirea instrumentelor optice vizuale (destinate observării cu ochiul), fiind montat în partea dinspre ochi a instrumentului. Formează o imagine virtuală, folosind ca obiect imaginea reală dată de obiectiv. Dacă imaginea dată de obiectiv se află în fața primei lentile (lentila de front) a ocularului, acesta din

urmă se numește *pozitiv* și funcționează ca o lupă. Ocularul care pătrunde în spațiul dintre obiectiv și imaginea reală dată de el, împiedicând formarea ei, este denumit *negativ*. Cel mai simplu ocular pozitiv a fost o lupă simplă (*ocularul Kepler*), iar cel mai simplu ocular negativ a fost o lentilă divergentă (*ocularul Galilei*). Ocularele utilizate în prezent, denumite *oculare Ramsden* (pozitive) și *oculare Huygens* (negative), sînt alcătuite din două lentile nealipite, una îndreptată spre obiectiv (lentila de front) iar cealaltă spre ochi (lentila ocular).

**oersted** (Oe), unitate de măsură tolerată (în sistemul CGS $_{\mu_0}$ ) a intensității cîmpului magnetic. Reprezintă intensitatea cîmpului magnetic produs în jurul unui conductor liniar, de lungime practic infinită, la distanța de 0,02 m, cînd este străbătut de un curent de 0,1 A. Valoarea sa în SI este:

$$1 \text{ Oe} = 79,5774 \text{ A/m.}$$

**Oersted** [örstid], **Hans Christian** (1777–1851), fizician danez. În anul 1820 a observat deviația acului magnetic în apropierea unui conductor străbătut de curent electric; aceasta a constituit prima descoperire din domeniul electromagnetismului.

**oglină**, piesă optică avînd o suprafață puternic reflectătoare. În marea majoritate a cazurilor, această suprafață este realizată prin depunerea unui strat metalic subțire (ex. de argint sau aluminiu) pe o suprafață de sticlă bine șlefuită și lustruită. Reflexia difuză a luminii pe aceste suprafețe foarte netede este negliabilă pe

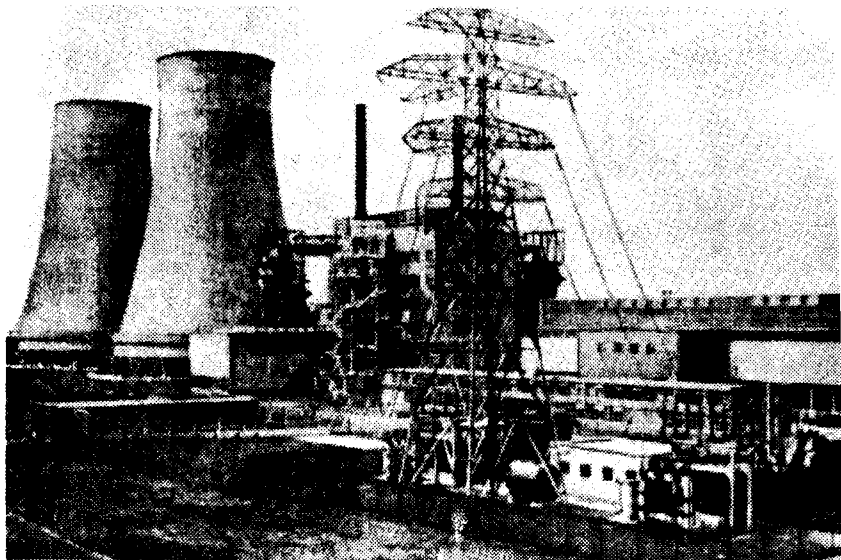
lingă reflexia dirijată, ceea ce face ca lumina provenită de la diverse obiecte să poată forma, prin reflexie, imagini geometrice (reale sau virtuale) ale acestora. După forma suprafeței, oglinzile se împart în *plane* și *curbe*, acestea din urmă, la rîndul lor, putînd fi: *sferice*, *parabolice*, *eliptice* sau *cilindrice*. După cum suprafața reflectătoare este cea interioară sau exterioară calotei, oglinzile curbe sînt *concave* sau *convexe*. În timp ce oglinzile plane și cele convexe formează numai imagini virtuale ale obiectelor, oglinzile concave pot da imagini reale sau virtuale, în funcție de poziția obiectului față de ele. V. stigmatism.

**oglină magnetică** v. capcană magnetică.

**ohm** ( $\Omega$ ), unitate de măsură în SI a rezistenței și a impedanței electrice. Reprezintă rezistența unui conductor, ce nu este sediul vreunei forțe electromotoare, prin care trece un curent electric constant cu intensitatea de un amper, cînd la capetele acestuia este aplicată o tensiune de un volt.

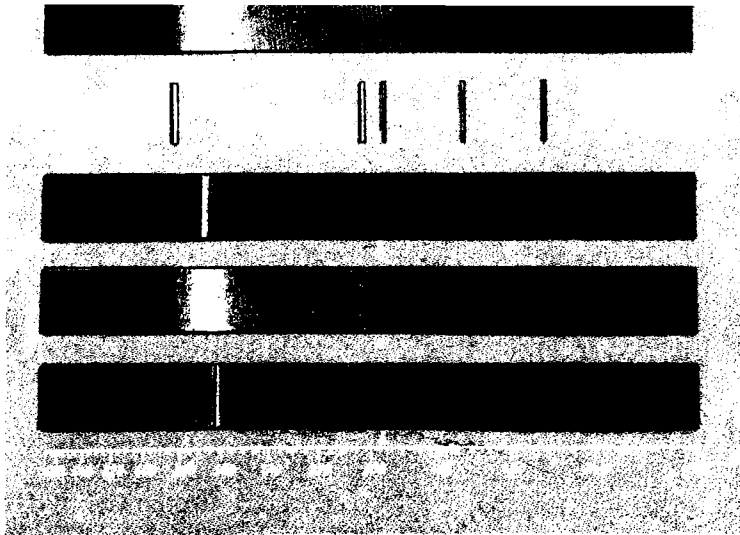
**Ohm** [om], **Georg Simon** (1787–1854), fizician german. A studiat experimental trecerea curentului prin conductori și, în 1826, a stabilit legea care-i poartă numele (v. legea Ohm). În domeniul acusticii, a stabilit că senzația auditivă nu depinde de diferența de fază a undelor sonore.

**omogenitate**, calitate a unui sistem fizic de a prezenta în oricare domeniu din interiorul său, la scară microscopică sau microscopică, o aceeași valoare a unei anumite mărimi fizice.



**Prima centrală atomoelectrică**

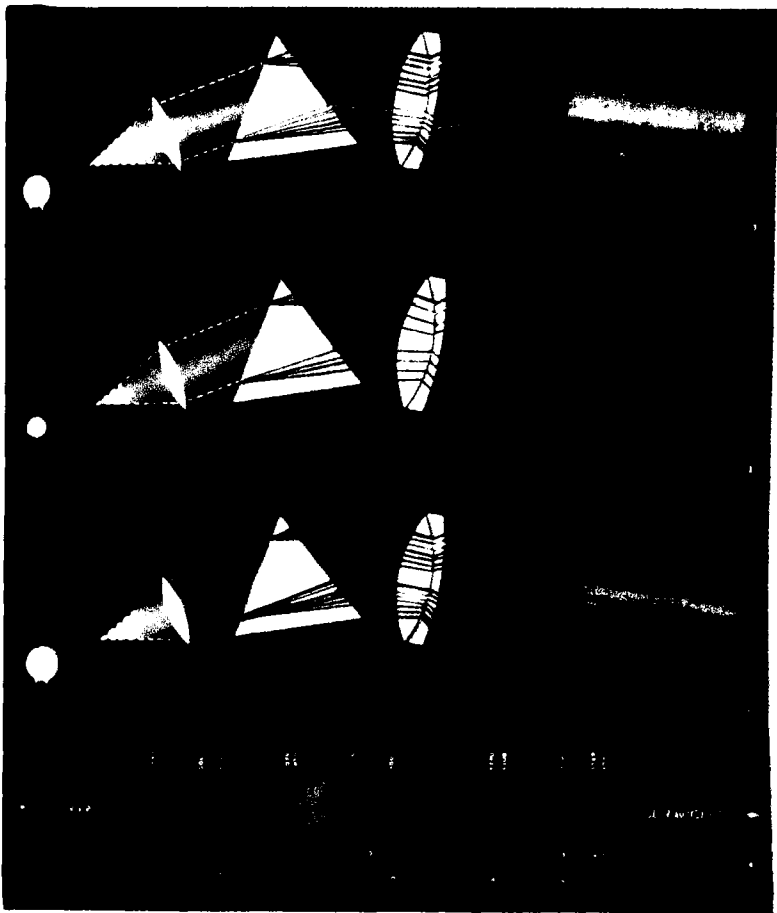
**Reactorul nuclear al Institutului de fizică atomică**



### SPECTRE

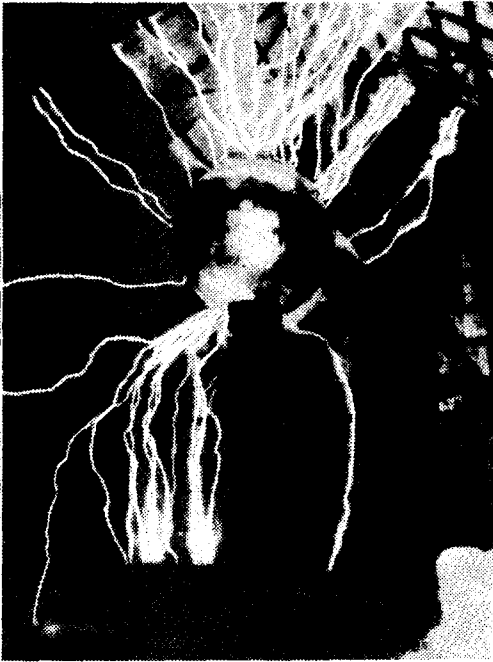
A — Spectre obținute cu o rețea de difracție. 1. Spectru continuu; 2. Spectrul hidrogenului; 3. Spectrul sodiului; 4. Spectrul fierului; 5. Spectrul clorofitei.

B — Spectre obținute cu o prismă. 1. Spectru continuu; 2. Spectrul heliului; 3. Spectrul unei hidrocarburi; 4. Spectrul Soarelui (cu liniile Fraunhofer); 5. Spectrul stelei  $\alpha$ —Orionis.



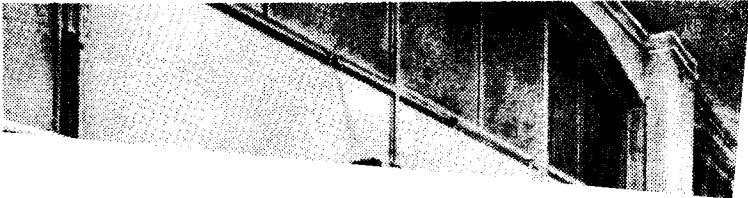
#### Analiză spectrală

1. Spectru continuu al unui bec cu incandescență obținut la dispersia luminii albe printr-o prismă; 2. Spectru discontinuu al unui gaz luminescent (ex.: tub cu vapori de mercur, cromosfera); 3. Spectru discontinuu al unei surse incandescente înconjurată de un strat de gaz absorbant; 4. Principalele linii de absorbție (exprimate în Å) din spectrul Soarelui și notația Fraunhofer corespunzătoare.

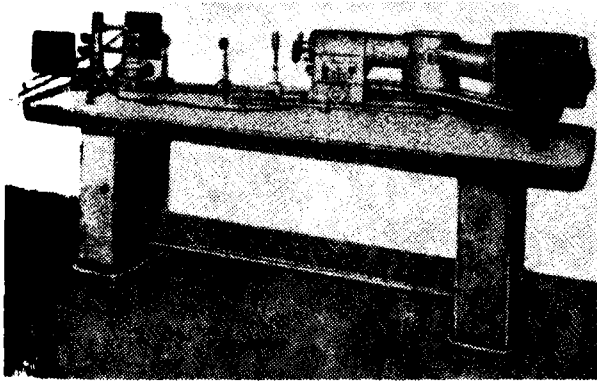


Generator  
van de Graaf

Laser  
de mare putere (700 W)



**Spectrograf**



**Sincrofazotronul de la C.E.R.N.**

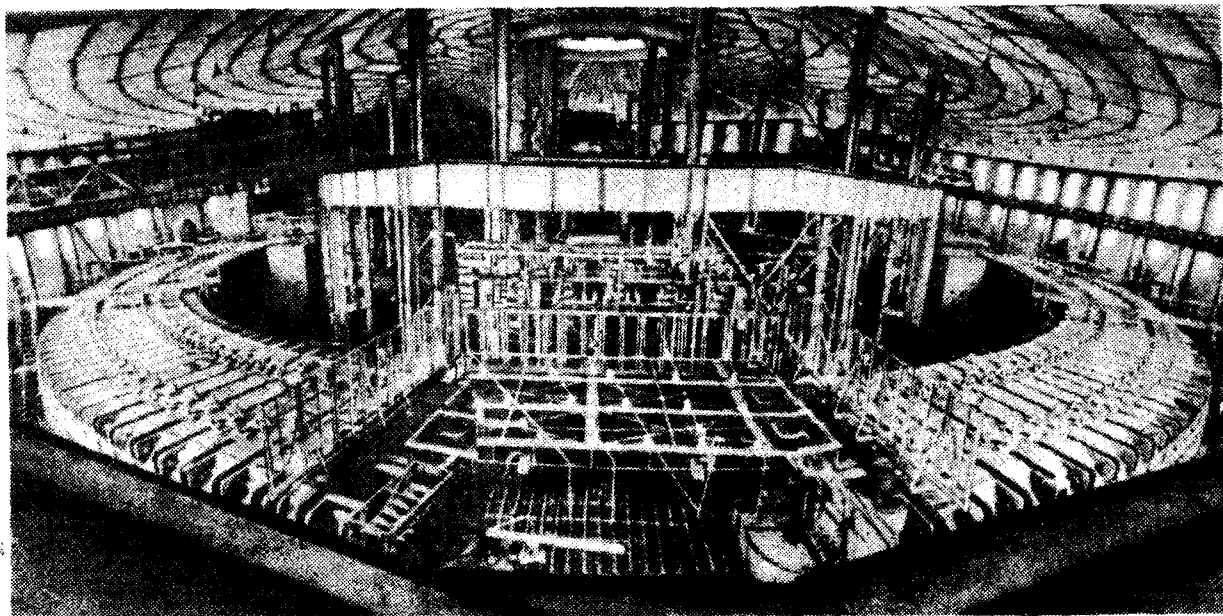
10

11



Fotoelasticimetrie

Rază laser perforind o placă metalică



Sincrofazotronul Institutului de Cercetări Nucleare de la Dubna

**omografie optică**, corespondență biunivocă între punctele spațiului obiect și cele ale spațiului-imagini, realizată de un sistem optic stigmatic. În practică, nu există un sistem optic caracterizat printr-o omografie perfectă pentru toate punctele spațiului. Nu poate obține însă o corespondență aproximativ riguroasă (în limitele puterii separatoare finite a ochiului) utilizând sisteme optice centrate și fascicule de lumină paraxiale. V. stigmatism.

**opacitate ( $\sigma$ )**, raportul dintre fluxul energetic (sau luminos) incident  $\Phi$  pe un corp și cel transmis  $\Phi_t$  de către acesta:

$$\sigma = \frac{\Phi}{\Phi_t} = \frac{1}{\tau};$$

este inversul factorului de transmisie  $\tau$ .

**opalescență**, aspect turbure lăptos pe care îl prezintă unele medii dispersive, datorită fenomenului de împrăștiere a luminii. Starea specială de opalescență, în care se găsește un lichid sau un gaz în punctul critic cînd, datorită fluctuațiilor spațiale ale densității diferența dintre lichid și gaz, precum și suprafața de separație dintre lichid și vaporii săi, dispar (tensiunea interfacială a sistemului fiind egală cu zero), se numește *opalescență critică*.

**operator d'Alembert** v. funcție de undă.

**operator Laplace** v. funcție de undă.

**opoziție** v. oscilație.

**optică**, ramură a fizicii care se ocupă cu studiul luminii și

al fenomenelor luminoase (modul de producere al acestora, legile propagării și interacției radiațiilor luminoase cu substanța, metodele de măsurare a mărimilor ce caracterizează lumina), precum și al radiațiilor electromagnetice aparținînd domeniilor infraroșu și ultraviolet, al razelor X etc. Cuprinde domeniile: *optică geometrică* — ce studiază propagarea fasciculelor (razelor) de lumină, *optică fizică* — în care este cercetată natura fenomenelor luminoase, studiindu-se fie aspectul ondulatoriu al lor (*optica ondulatorie*), fie cel corpuscular (*optica fotonică*), și *fotometrie*. Legile fundamentale ale opticii se extind și asupra propagării fasciculelor de corpusculi ale căror unde asociate au lungimi de undă comparabile cu cele ale undelor electromagnetice; ex.: electroni (*optica electronică*), neutroni (*optica neutronilor*) etc.

**optică albastră** v. luminozitate.

**oră (h)**, unitate de măsură a timpului egală cu  $3,6 \cdot 10^3$  s.

**orbită**, traiectorie, de forma unei curbe închise, a unei particule sau a unui corp care se deplasează într-un cîmp de forțe centrale.

**orbită de accelerare** v. accelerator.

**orbită de echilibru** v. accelerator.

**orbită electronică** v. model atomic.

**ortogonalitate** v. funcție de undă

**ortohelium**, heliu în care cei doi electroni de pe stratul  $1s$  au spini paraleli, dînd un spin total diferit de zero, caracterizat de numărul cuantic de spin total  $S=1$ . Prezintă serii spectrale de tripleți.

**ortohidrogen**, hidrogen molecular, ale cărui molecule sînt formate din atomi cu momente nucleare paralele.

**oscilație**, variație în timp a mărimilor caracteristice unui sistem fizic, însoțită de o transformare a energiei dintr-o formă în alta, în mod periodic sau aproape periodic (cvasiperiodic), reversibil sau parțial reversibil. După natura acestor mărimi, se deosebesc oscilații: *meccanice* — în care energia cinetică se transformă în energie potențială și invers; *electromagnetice* — în care energia electrică se transformă în energie magnetică și invers; *electromecanice* — în care energia electrică se transformă în energie mecanică și invers etc. Oscilația în care mărimea variabilă  $f(t)$  revine la aceeași valoare după intervale de timp egale (cu perioada de oscilație  $T$ ):  $f(t) = f(t+T)$ , oricare ar fi momentul de timp  $t$  considerat, se numește *periodică*. Oscilația care satisface o relație de forma:

$$|f_1(t) - f_1(t + \tau)| \leq \varepsilon$$

pentru orice  $t$ , unde  $\tau$  și  $\varepsilon$  sînt constante determinate,  $\tau$  (în general funcție de  $\varepsilon$ ) purtînd denumirea de *pseudoperioadă*, se numește *cvasiperiodică*. În cazul fenomenelor fizice ale căror mărimi caracteristice variază periodic după legi armonice (sinusoidale), oscilațiile se numesc *armonice*. Din punct de vedere dinamic, oscilațiile pot fi *liniare*, cînd mărimile ce caracterizează sistemul oscilant (masa, momentul de inerție, constantele elastice, coeficienții de proporționalitate între frecări și viteze etc.) sînt constante în timp, ecuația de mișcare fiind, în acest caz, o

ecuație diferențială liniară. Cînd aceste mărimi variază în timp, oscilațiile sînt *neliniare*; dacă variația este periodică, oscilația se numește *parametrică*. Tot oscilații neliniare sînt și așa-numitele *oscilații de relaxare*, care sînt întreținute de însuși sistemul oscilant și se caracterizează prin faptul că energia potențială a sistemului crește de la o limită inferioară trecînd printr-un maxim, după care scade brusc la o anumită valoare și fenomenul se repetă. În funcție de complexitatea lor, sistemele oscilante se împart în sisteme cu un singur grad de libertate, cu mai multe grade de libertate și cu un număr infinit de grade de libertate. În fiecare din aceste clase se întîlnesc oscilații proprii, amortizate și forțate. *Oscilațiile proprii* (sau *libere*), care apar în sistemele oscilante în urma unei perturbații exterioare inițiale, pot fi neamortizate sau amortizate.

*Oscilația neamortizată* (sau *nedisipativă*) este o oscilație periodică și se poate produce într-un sistem izolat. Pentru ilustrare, se consideră cazul cel mai simplu, al oscilațiilor mecanice armonice ale unui punct material. Fiind supus numai acțiunii unei forțe elastice  $F$  (fig. 252) pe direcția axei  $OX$ , punctul material  $M$  de masă  $m$ , aflat la distanța  $x$  de poziția sa de echilibru  $O$ , va oscila armonic neamortizată.

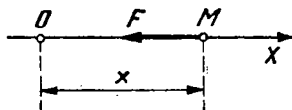


Fig. 252

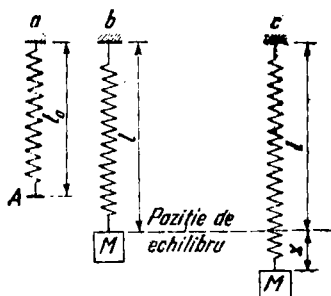


Fig. 253

lizat. Un exemplu de astfel de sistem poate fi considerat un corp  $M$  suspendat de un resort  $A$  de lungime  $l_0$  și aflat în afara poziției de echilibru, când resortul prezintă alungirea  $x$  (fig. 253,  $a$ ,  $b$ , și  $c$ ). Ecuația diferențială a mișcării este:

$$m\ddot{x} = -kx,$$

în care  $k$  este constanta elastică, sau:

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0,$$

unde  $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$  poartă numele de *pulsăție proprie* a mișcării. Soluția ecuației este:

$$x = c_1 e^{i\omega_0 t} + c_2 e^{-i\omega_0 t}$$

( $c_1$  și  $c_2$  fiind constante de integrare care se pot determina din condițiile inițiale ale mișcării, iar  $i = \sqrt{-1}$ ) sau:

$$x = a \sin(\omega_0 t + \varphi),$$

unde:  $a = 2\sqrt{c_1 c_2}$  și  $\operatorname{tg} \varphi =$

$$= \frac{(c_1 + c_2)}{i(c_1 - c_2)}.$$

Distanța  $x$  de la punctul material pînă la poziția de echilibru, obținută astfel pentru orice moment de timp  $t$ , poartă numele de *elongație*;  $a$  reprezintă elongația maximă și se numește *amplitudine*;  $\omega_0 t + \varphi$  — argumentul funcției sinus — poartă numele de *fază* a mișcării oscilatorii, *pulsăția*  $\omega_0$  reprezentînd viteza de variație a fazei, iar  $\varphi$  este faza inițială a mișcării. Perioada  $T_0$  a mișcării oscilatorii este dată de relația:

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}},$$

iar frecvența:

$$\nu_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Viteza punctului material oscilant este:

$$v = \dot{x} = a\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi),$$

iar accelerația:

$$a = \ddot{x} = -a\omega_0^2 \sin(\omega_0 t + \varphi) = -\omega_0^2 x.$$

Graficele elongației, vitezei și accelerației în funcție de timp sînt redată comparativ în fig. 254.

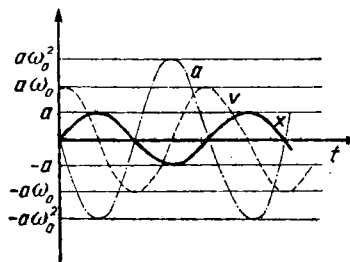


Fig. 254

Energiile cinetică și potențială ale punctului material au, respectiv, expresiile:

$$W_c = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} ma^2 \omega_0^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi)$$

și

$$W_p = \frac{kx^2}{2} = \frac{1}{2} ma \omega_0^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi),$$

iar energia totală:

$$W = W_c + W_p = \frac{1}{2} ma^2 \omega_0^2 = 2\pi^2 ma^2 \nu_0^2,$$

depinzînd de pătratele amplitudinii și frecvenței (care sînt constante), se conservă în timp (v. energie mecanică).

Același punct material poate fi supus simultan la două mișcări oscilatorii armonice, mișcarea rezultantă putînd fi tot armonică sau pierzîndu-și acest caracter, dar rămînînd periodică. Dacă se consideră că un punct material execută simultan două mișcări oscilatorii armonice pe aceeași direcție, caracterizate de ecuațiile:

$$x_1 = a_1 \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$x_2 = a_2 \sin(\omega t + \varphi_2),$$

mișcarea rezultantă va fi tot o oscilație armonică, de ecuație:

$$x = x_1 + x_2 = a \sin(\omega t + \varphi),$$

unde, pe cale analitică, se poate găsi:

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\text{și } \operatorname{tg} \varphi = \frac{a_1 \sin \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_2}{a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos \varphi_2}.$$

Valorile amplitudinii și fazei rezultante se pot găsi și pe cale grafică (v. construcția Fresnel). După valoarea *diferenței de fază*  $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ , numită și *defazaj*, există trei cazuri particulare:  
 -  $\Delta\varphi = 2n\pi$ , oscilațiile sînt în *concordanță de fază* (sau *în fază*), amplitudinea luînd valoarea maximă:  $a = a_1 + a_2$ ;

$$- \Delta\varphi = (2n + 1) \frac{\pi}{2}, \text{ oscilațiile sînt}$$

*îndiscordanță de fază* (sau *în opoziție*) și amplitudinea este minimă:  $a = |a_1 - a_2|$ ;

$$- \Delta\varphi = (2n + 1) \frac{\pi}{2}, \text{ oscilațiile}$$

sînt în *cuadratură*, iar amplitudinea este:  $a^2 = a_1^2 + a_2^2$ .

Cînd  $a_1 = a_2 = a_0$ , amplitudinea este

$$a = 2a_0 \cos \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} \text{ și } \varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2},$$

iar ecuația de mișcare devine:

$$x = 2a_0 \cos \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} \sin\left(\omega t + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right).$$

În cazul unui punct material supus la două mișcări armonice de pulsații apropiate, ecuațiile de mișcare au forma:

$$x_1 = a_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1)$$

$$x_2 = a_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2)$$

(unde diferența pulsațiilor  $\varepsilon = \omega_2 - \omega_1 = \frac{2\pi}{T_2} - \frac{2\pi}{T_1}$  este foarte

mică). Mișcarea rezultantă va fi tot o oscilație armonică, caracterizată prin:

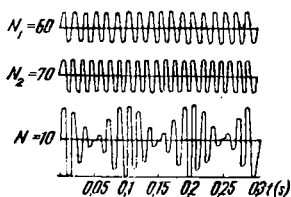


Fig. 255

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos(\varepsilon t + \varphi_1 - \varphi_2)$$

și

$$\text{tg } \varphi = \frac{a_1 \sin \varphi_1 + a_2 \sin(\varepsilon t + \varphi_2)}{a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos(\varepsilon t + \varphi_2)}$$

Amplitudinea rezultantă  $a$  nu este o mărime constantă, ci variază periodic, lent în timp. În cazul particular  $a_1 = a_2 = a_0$ , ultimele relații devin:

$$a = 2a_0 \cos \frac{\varepsilon t + \varphi_1 - \varphi_2}{2}$$

și

$$\varphi = \frac{\varepsilon t + \varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

ecuația de mișcare este:

$$x = 2a_0 \cos \left( \frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t + \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} \right) \cdot$$

$$\cdot \sin \left( \frac{\omega_2 + \omega_1}{2} t + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \right),$$

perioada de oscilație a amplitudinii fiind:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{2\pi}{\varepsilon}$$

$$\text{Frecvența } \nu = \frac{1}{T} = \frac{\varepsilon}{2\pi} = \nu_2 - \nu_1$$

este foarte mică și, deci, variația amplitudinii mișcării rezultante este foarte lentă în timp (fig. 255), în care  $N_1$ ,  $N_2$  și  $N$  sînt numerele de oscilații pe secundă, numeric egale cu frecvențele (caracteristice mișcărilor oscilatorii componente și celei rezultante). Fenomenul de variație lentă a amplitudinii unei oscilații rezultate din compunerea a două oscilații (paralele) de pulsații puțin diferite poartă numele de *bătăi*.

Dacă un punct material este supus simultan la două mișcări oscilatorii pe direcții *perpendiculare*, caracterizate separat de ecuațiile:

$$x = a \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$y = b \sin(\omega t + \varphi_2),$$

traectoria sa rezultantă, obținută prin eliminarea timpului din ecuațiile de mai sus, este elipsa:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{2xy}{ab} \cos(\varphi_1 - \varphi_2) = \sin^2(\varphi_1 - \varphi_2),$$

înscrisă într-un dreptunghi  $ABCD$  de laturi  $2a$  și  $2b$  (fig. 256). Excentricitatea, direcția axelor elipsei și sensul de mișcare a punctului

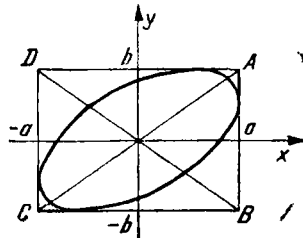


Fig. 256

material pe elipsă depind de valoarea defazajului (fig. 257). Există următoarele situații:

—  $\Delta\varphi = n\pi$  ( $n$  fiind un număr natural), elipsa degenerază într-o dreaptă;

—  $\Delta\varphi = (2n - 1) \frac{\pi}{2}$ , axele elipsei

coincid cu axele de coordonate;

—  $0 < \Delta\varphi < \pi$ , traiectoria este parcursă în sens invers de ceasornic (elipsă stângă);

—  $\pi < \Delta\varphi < 2\pi$ , traiectoria este parcursă în sensul acelor de ceasornic (elipsă dreaptă).

Cînd  $a_1 = a_2$ , elipsa devine un cerc înscris într-un pătrat de latură  $2a$ , ce este parcurs în sens invers acelor de ceasornic, dacă  $0 < \Delta\varphi < \pi$  (oscilație circulară stîngă), și în sensul lor, dacă  $\pi < \Delta\varphi < 2\pi$  (oscilație circulară dreaptă). Par-

ticularizînd, pentru  $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$  se poate scrie:

$$x_s = a \sin \omega t$$

$$y_s = a \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right) = -a \cos \omega t$$

și, în mod analog pentru  $\Delta\varphi = \frac{3\pi}{2}$ ,

$$x_d = a \sin \omega t$$

$$y_d = a \sin \left( \omega t - \frac{3\pi}{2} \right) = a \cos \omega t.$$

Compunerea a două astfel de oscilații circulare (dreaptă și stîngă) se poate face însumînd componentele fiecăreia pe cele două direcții. Se obține:

$$x = x_s + x_d = 2a \sin \omega t$$

$$y = y_s + y_d = 0.$$

Deci rezultatul este o oscilație liniară cu amplitudine dublă.

În cazul general al compunerii a două oscilații armonice de pulsații diferite, punctul material se mișcă pe traiectorii de forme com-

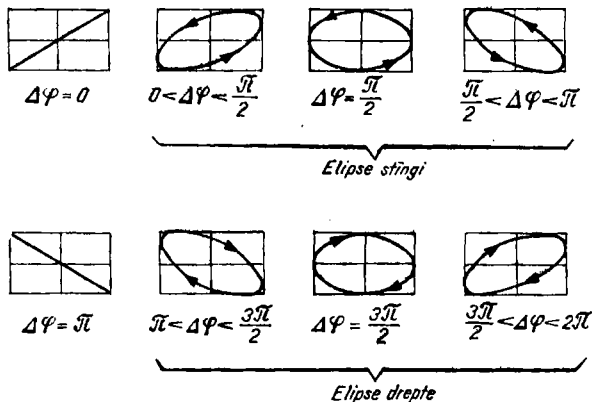


Fig. 257



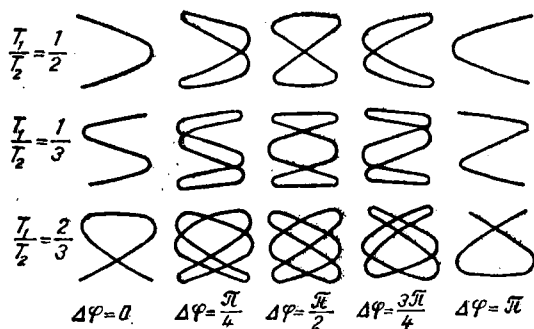


Fig. 258

plicate, numite *figuri Lissajous*; acestea se simplifică dacă raportul perioadelor de oscilație  $\frac{T_1}{T_2}$  este un

număr rațional (fig. 258). Figurile Lissajous permit determinarea rapidă a frecvenței unor oscilații (ex. ale unor mărimi electrice), precum și recunoașterea unei oscilații nesinusoidale. V. cuplaj elastic.

**oscilație amortizată (sau disipativă)**, oscilație în care energia sistemului nu se conservă, datorită faptului că acesta pierde continuu energie, amplitudinea mărimilor sale caracteristice micșorându-se în timp prin frecări (la oscilații mecanice), efect Joule-Lenz (la oscilații electromagnetice) etc. În cazul oscilațiilor mecanice, forța de frecare la viteze mici este proporțională cu viteza:  $F = -rx$ ,  $r$  reprezentând *rezistența mecanică* a sistemului. Ecuația de mișcare este deci:

$$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x}$$

sau:

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0,$$

unde  $\delta$  poartă numele de *coeficient (sau factor) de amortizare*.

Soluția ecuației este de forma:

$$x = c_1 e^{r_1 t} + c_2 e^{r_2 t},$$

unde  $c_1$  și  $c_2$  sînt constante, iar  $r_1$  și  $r_2$  — rădăcinile ecuației caracteristice

$$r^2 + 2\delta r + \omega_0^2 = 0,$$

$$r_{1,2} = -\delta \pm \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2}.$$

În funcție de valorile numerice ale parametrilor  $\delta$  și  $\omega_0$  ce caracterizează sistemul, se disting următoarele trei cazuri:

—  $\delta > \omega_0$  (frecare puternică) — rădăcinile ecuației caracteristice sînt reale și soluția ia forma:

$$x = e^{-\delta t} \left( c_1 e^{\sqrt{\delta^2 - \omega_0^2} t} + c_2 e^{-\sqrt{\delta^2 - \omega_0^2} t} \right).$$

Se observă că această soluție nu-și schimbă semnul, deci mișcarea este *aperiodică*,  $x$  tinzînd asimptotic către zero cu creșterea timpului (fig. 259); ex.: mișcarea unui pendul ușor într-un lichid viscos;

—  $\delta = \omega_0$  — rădăcinile  $r_1$  și  $r_2$  sînt reale și confundate, iar elongația este:

$$x = e^{-\delta t} (c_1 t + c_2),$$

valoare ce tinde asimptotic către zero cu creșterea timpului. Pentru  $x_0 = c_2$  și  $\dot{x}_0 = 0$ , funcția  $x = x(t)$  este reprezentată în fig. 260; se remarcă micșorarea mai rapidă a elongației cu timpul. Rezistența mecanică pentru care se obține mișcarea aperiodică critică se numește *rezistență critică* și are valoarea:

$$r_c = 2\sqrt{km};$$

—  $\delta < \omega_0$  (frecare mică) — rădăcinile ecuației caracteristice sînt complex conjugate:  $r_{1,2} = -\delta \pm i\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ , elongația mișcării fiind:

$$x = e^{-\delta t} \left( c_1 e^{i\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} t} + c_2 e^{-i\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} t} \right)$$

sau:

$$x = ae^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi),$$

unde:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$$

și

$$a = 2\sqrt{c_1 c_2}, \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{c_1 + c_2}{i(c_1 - c_2)}.$$

Mișcarea punctului material este oscilatorie amortizată, cu amplitudinea monoton descrescătoare:

$$A = ae^{-\delta t}.$$

În fig. 261 se reprezintă variația elongației în timp pentru  $x_0 = a$  și  $\dot{x}_0 = 0$ . Pentru oscilațiile



Fig. 259

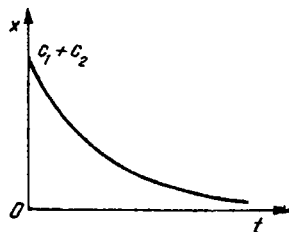


Fig. 260

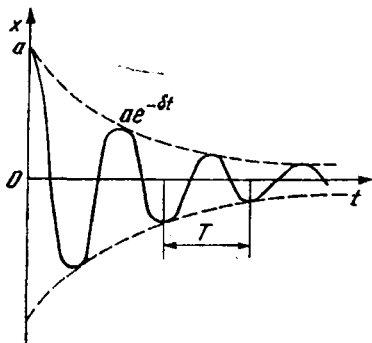


Fig. 261

amortizate, se definește *pseudo-perioada* (sau *perioada convențională*) ca reprezentînd timpul dintre două treceri succesive ale punctului material prin poziția de echilibru în același sens sau dintre

două elongații extreme în același timp:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}}.$$

În afară de factorul de amortizare, pentru caracterizarea amortizării se mai folosește *constantă de timp* (sau *timpul de relaxare*),  $\tau = \frac{1}{\delta}$ ,

și *decrementul logaritmic*, care se definește ca logaritmul natural al raportului a două amplitudini succesive ale oscilației amortizate:

$$\theta = \ln \frac{A_n}{A_{n+1}} = \ln \frac{ae^{-\delta t}}{ae^{-\delta(t+T)}} = \delta T,$$

sau ca invers al numărului  $N$  de oscilații după care amplitudinea mișcării scade de  $e$  ori:

$$\theta = \frac{1}{N}.$$

Valoarea sa variază în funcție de sistemul oscilant astfel: la sistemele oscilante acustice este  $\sim 10\%$ , la circuitele electrice  $\sim 2 - 5\%$ , la diapazoane  $\sim 0,1\%$ , la plăci de cuarț  $\sim 10^{-2} - 10^{-3}\%$ . Dependența de timp a energiei totale a sistemului mecanic care oscilează amortizat este:  $W(t) =$

$$= \frac{1}{2} ma^2 e^{-2\delta t} [\omega_0^2 - \delta^2 \cos(2\omega t + 2\varphi) - \delta \omega \sin(2\omega t + 2\varphi)], \text{ iar } \frac{dW}{dt} = r\dot{x}^2 = -2\Phi, \text{ unde } \Phi = -\frac{1}{2} r\dot{x}^2$$

se numește *funcție de disipație*.

**oscilație de rezonanță** v. oscilație forțată.

**oscilație de torsiune** v. pendul de torsiune.

**oscilație forțată** (sau **intreținută**), oscilație caracteristică sistemelor supuse unor perturbații periodice exterioare, ai căror parametri depind de aceste perturbații. De obicei, ele sînt studiate în cazul în care acționează și forțe disipative. Numeroase sisteme mecanice (ex. membrana difuzorului, fundația unui motor etc.) oscilează atunci cînd se află sub influența unei forțe periodice exterioare. Dacă asupra unui sistem acționează o forță sinusoidală de forma:

$$F = F_0 \sin \omega_1 t,$$

care nu este influențată de oscilația sistemului (sistemele sînt independente), în prezența forțelor de frecare ecuația mișcării este:

$$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x} + F_0 \sin \omega_1 t$$

sau:

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = f \sin \omega_1 t,$$

unde  $f = \frac{F_0}{m}$ . Soluția ecuației

este de forma  $x = x_1 + x_2$ , unde:

$$x_1 = ae^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi) \text{ și } x_2 = b \sin(\omega_1 t + \varphi_1),$$

în care:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{2\delta\omega_1}{\omega_0^2 - \omega_1^2}$$

$$b = \pm \frac{f}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega_1^2)^2 + 4\delta^2\omega_1^2}}.$$

Se observă că  $x_1$  scade cu timpul și caracterizează starea tranzitorie de mișcare a sistemului, iar după un timp oarecare, mișcarea este reprezentată numai de  $x_2$ , intrînd în regim staționar, în care pulsația

mişcării devine egală cu pulsația forței perturbatoare. Notînd:

$$\frac{\omega_1}{\omega_0} = \gamma \text{ și } \frac{\omega_0}{2\delta} = Q, \text{ unde}$$

$Q$  poartă numele de *factor de calitate*, rezultă:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = -\frac{\gamma}{Q(1-\gamma^2)},$$

$$b = \pm \frac{f}{\omega_0^2 \sqrt{(1-\gamma^2)^2 + \frac{\gamma^2}{Q^2}}}.$$

Ultima relație poate fi scrisă și sub forma:

$$\alpha = \pm \frac{1}{\sqrt{(1-\gamma^2)^2 + \frac{\gamma^2}{Q^2}}},$$

unde  $\alpha = \frac{b\omega_0^2}{f}$  este o mărime adimensională. În fig. 262 este reprezentată dependența acestor mărimi de  $\gamma$ , pentru diverse valori ale lui  $Q$ ;  $\alpha$  posedă un maxim pentru o valoare a lui  $\gamma$ , obținută prin anularea derivatei numitorului:

$$\gamma_m = \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}.$$

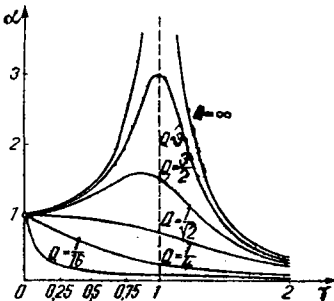


Fig. 262

Oscilația cu amplitudine maximă a sistemului se numește *oscilație de rezonanță* și se produce cînd  $\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}$ . Amplitudinea oscilației devine în acest caz:

$$b = \pm \frac{f}{2\delta \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}}.$$

Cu cît factorul de amortizare  $\delta$  este mai mic, cu atît rezonanța se obține pentru  $\omega_1$  mai apropiat de  $\omega_0$ ; pentru  $\delta = 0$ ,  $Q \rightarrow \infty$ ,  $\omega_1 = \omega_0$ , iar  $\gamma_m = 1$ . În acest caz (v. oscilație amortizată), energia oscilatorului este:

$$W = 2\pi^2 \frac{f^2 \omega_1^2}{\omega_0^4 \left[ (1-\gamma^2)^2 + \frac{\gamma^2}{Q^2} \right]}.$$

La rezonanță,  $W_{rez} = \frac{2\pi^2 f^2 Q^2}{\omega_0^2}$ ,

deci: 
$$\frac{W}{W_{rez}} = \frac{\gamma^2}{Q^2(1-\gamma^2)^2 + \gamma^2}.$$

În cazul  $W = \frac{1}{2} W_{rez}$ , relația devine:

$$\gamma^2 + \frac{\gamma}{Q} - 1 = 0,$$

iar dacă  $\gamma_1$  și  $-\gamma_2$  sînt soluțiile acestei ecuații,

$$\gamma_2 - \gamma_1 = \frac{1}{Q}$$

sau:

$$Q = \frac{1}{\gamma_2 - \gamma_1} = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{v_0}{v_2 - v_1}.$$

Diferențele  $\gamma_2 - \gamma_1$  și  $v_2 - v_1$  reprezintă *lărgimea relativă* a curbei de rezonanță și, respectiv, *lărgimea* acesteia. Cu cît factorul  $Q$  este mai mare, cu atît *lărgimea* curbei

de rezonanță este mai mică, iar selectivitatea sistemului mai bună. Prin analogie cu circuitele electrice oscilante, se definește o *impedanță mecanică*:

$$Z_m = r + i \left( \omega_1 m - \frac{k}{\omega_1} \right),$$

$r$  fiind rezistența mecanică și  $\omega_1 m - \frac{k}{\omega_1}$  — *reactanța mecanică* a

sistemului. Produsul  $\omega_1 m$  se mai numește și *inertanță*, iar  $\frac{k}{\omega_1}$  — *compliance mecanică*.

**oscilație sincrotronică** v. accelerator.

**osmometru** v. presiune osmotică.

**osmoză** v. presiune osmotică.

palan v. scripete.

**pană**, dispozitiv din categoria mașinilor simple (de tipul planului inclinat) ce realizează economie de forță la deplasarea corpurilor (fig. 263). Egalând lucrurile mecanice motor (efectuat de forța activă  $F$ ) și rezistente (al forței rezistente  $R$ ), rezultă:

$$F = 2R \sin \alpha = \frac{Ru}{l};$$

deci economia de forță este cu atât mai mare (adică  $F$  este mai mică) cu cât lungimea  $l$  a paniei este mai mare.

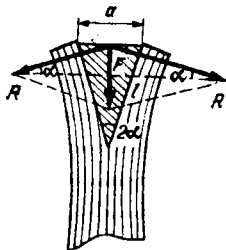


Fig. 263

**paradox hidrodinamic**, fenomen aparent ciudat, constind în exercitarea unei forțe de atracție (nu de apăsare) asupra unei plăci situate în fața unei conducte cu guler prin care iese un lichid. Dacă în fața

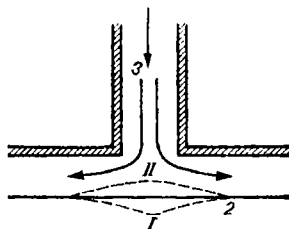


Fig. 264

unei astfel de conducte  $I$  (fig. 264) se află o placă elastică  $2$ , lichidul  $3$  ar trebui să deformeze placa apăsând-o ( $I$ ). Contrar așteptărilor, ea capătă o deformare în sens contrar ( $II$ ). Rezultatul este o consecință firească a legii Bernoulli: în zona gulerului, presiunea dinamică crește, iar cea statică scade — placa fiind astfel atrasă.

**paradox hidrostatic**, fenomen aparent ciudat, constind în faptul că presiunea exercitată de un lichid pe fundul unui vas nu depinde de volumul și forma vasului sau de cantitatea de lichid din el, ci doar de înălțimea  $h$  a coloanei de lichid și de densitatea  $\rho$  a lui:

$$p = \rho gh,$$

$g$  fiind accelerația gravitațională. Astfel se explică ridicarea lichidu-

lui pînă la același nivel în vasele comunicante (v.).

**paraheliu**, heliu în atomul căruia cei doi electroni de pe stratul 1s au spini antiparaleli (compensați) și, deci, spinul total nul. Se caracterizează prin serii spectrale de singleti.

**parahidrogen**, molecule de hidrogen formate din atomi cu spinii nucleari antiparaleli.

**paralaxă** v. vedere.

**paralelogramul forțelor** v. forță.

**paramagnetism**, proprietate a unor substanțe de a avea permeabilitate supraunitară, dar apropiată de unitate, prezentînd o magnetizație proporțională și de același sens cu intensitatea cîmpului magnetic în care se află. Este înfrînit de corpurile constituite din particule (atomi sau molecule) cu momente magnetice permanente care, sub acțiunea unui cîmp magnetic exterior, se orientează pe direcția și în sensul acestuia; acestei orientări i se opune agitația termică a particulelor, ceea ce face ca susceptivitatea magnetică a substanțelor să varieze invers proporțional cu temperatura absolută. Deasupra anumitor valori ale temperaturii, numite punctele Curie și Neél, paramagnetismul este comun tuturor substanțelor fero- sau ferimagnetice și, respectiv, antiferomagnetice. La temperatura obișnuită sînt paramagnetice numeroase substanțe gazoase (ex. oxigen molecular, ozon), lichide (ex. acid azotic) și solide (ex. metale alcaline, platină, paladiu, săruri de fier, de crom, de mangan). Dintre acestea, metalele (alcaline, alcalino-pămîntoase etc.) prezintă o formă

de paramagnetism independent de temperatură (datorat momentelor magnetice de spin ale electronilor de conducție).

**parametri de stare**, mărimi care definesc complet starea unui sistem termodinamic. În formularea principiilor termodinamicii (pentru cazul cînd sistemul interacționează termic și mecanic cu exteriorul) sînt folosiți parametrii: presiune, volum specific (sau molar) și temperatură. În cazul în care intervin și interacții de altă natură (magnetice și electrice) se apelează și la alți parametri de stare — mărimile vectoriale: magnetizație, intensitatea cîmpului magnetic, inducția cîmpului electric și intensitatea cîmpului electric. Deci numărul, ca și tipul parametrilor de stare, poate fi diferit de la un sistem la altul. Ei se împart în: *parametri de forță*, notați în general cu  $A_i$ , și *parametri de poziție*, notați cu  $a_i$  (ex. presiunea este un parametru de forță, în timp ce volumul este un parametru de poziție), astfel încît produsul dintre un parametru de forță  $A_i$  și variația elementară a parametru-lui de poziție corespunzător  $da_i$  să aibă dimensiunile unui lucru mecanic, adică:

$$dL = \sum A_i da_i,$$

unde  $dL$  este lucrul mecanic elementar. Dacă starea sistemului este definită cu ajutorul mai multor parametri de forță  $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n$  și de poziție  $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n$ , atunci lucrul mecanic elementar corespunzător variației tuturor parametrilor de poziție este:

$$dL = \sum_{i=1}^n A_i da_i.$$

parametri de similitudine v. descărcare luminescentă.

parcurs ( $R$ ), lungimea spațiului străbătut de o particulă încărcată electric într-o substanță omogenă, pînă cînd valoarea energiei sale cinetice devine egală cu cea corespunzătoare agitației termice. Mic-

șorarea energiei particulei se datorește, în special, ciocnirilor sale elastice cu electronii atomilor mediului în care aceasta se deplasează; distanța corespunzătoare reducerii energiei particulei la jumătate din valoarea sa inițială poartă numele de *grosime de înjumătățire*. Parcursul masic ( $R_p$ ) este

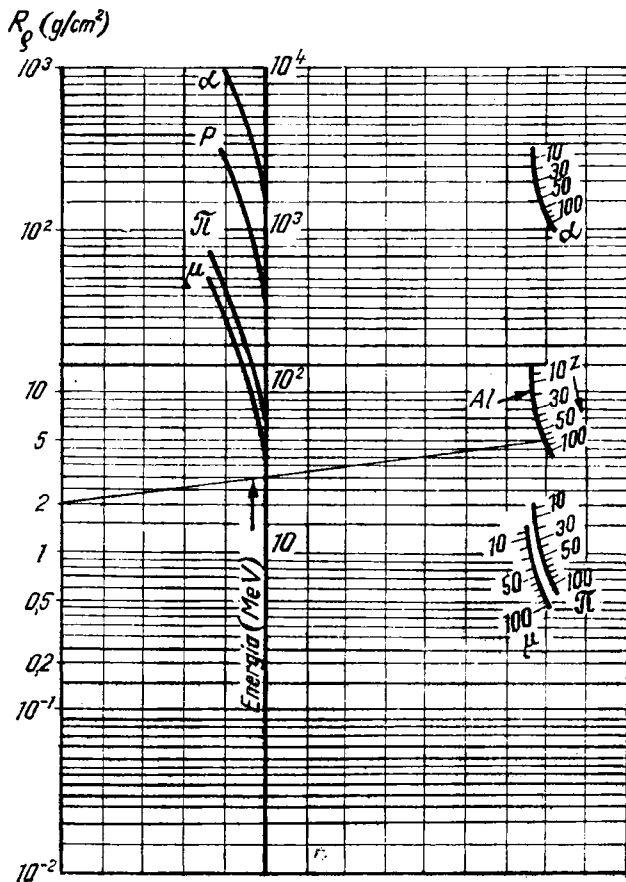


Fig. 265



definit ca produs al parcursului unei particule cu densitatea  $\rho$  a substanței străbătute:  $R_p = R\rho$ ; se măsoară în kilograme pe metru pătrat (în SI) sau, frecvent, în  $\text{g/cm}^2$ . În afară de dependența de natura substanței, parcursul unei anumite particule încărcate depinde de energia acesteia. Astfel, parcursul în aer al protonilor este în funcție de energia  $W$  (sau de viteza) lor, potrivit unei relații (experimentale) parcurs-energie (sau parcurs-viteză):

$$R_p(W) = \left[ \frac{W}{9,3} \right]^{1,8} \text{ m,}$$

unde energia  $W$  este exprimată în megaelectronvolți. Cunoscînd valoarea acestui parcurs, pot fi calculate parcursurile altor particule grele încărcate (particule alfa, deuteroni, mezonii etc.) cu ajutorul formulei:

$$R_{p\mu} = \frac{\mu}{m_p} \left( \frac{Z_\mu}{Z_p} \right)^2 \cdot R_{pp} \left( \frac{m_p W_\mu}{\mu} \right),$$

unde  $\mu$  și  $m_p$  sînt masele particulei și protonului,  $W_\mu$  — energia particulei, iar  $Z_\mu$  și  $Z_p$  — sarcinile particulei și, respectiv, protonului. În cazul parcursului particulelor alfa în aer, se utilizează o relație aproximativă:  $R_p \approx [0,32W^{3/2}] \text{ g/cm}^2$ . În practică, pentru evaluarea parcursului, se utilizează *nomogramele Wilson* (fig. 265).

Cunoscînd energia medie de formare a unei perechi de ioni, se poate determina numărul de ioni formați de o particulă incidentă de o anumită energie pe unitatea de parcurs. Expresia  $\frac{\Delta W}{\Delta x}$  ( $x$  fiind

drumul străbătut) reprezintă pierderea medie de energie pe uni-

tatea de parcurs prin ionizări și poartă numele de *energie specifică de ionizare*, fiind dată de formula Bohr:

$$\frac{\Delta W}{\Delta x} = - \frac{4\pi}{m} \left( \frac{ee_i}{v} \right)^2 n_0 \ln \frac{mv^3}{2\bar{v}|ee_i|},$$

unde  $\bar{v}$  este frecvența medie de recombinare a electronilor cu ionii substanței,  $e_i$  și  $v$  sînt sarcina și viteza particulei incidente,  $e$  este sarcina elementară,  $m$  — masa particulelor mediului, iar  $n_0$  — numărul de electroni cuprinși în unitatea de volum a substanței. În fig. 266 este reprezentată energia specifică a particulelor în funcție de parcursul restant  $R_\alpha - x$  ( $R_\alpha$  fiind parcursul total). La trecerea particulelor grele încărcate printr-o substanță, se imprimă prin ciocniri energii atît de mari unor electroni, încît ei, la rîndul lor, produc ionizări secundare. Astfel de electroni au un parcurs scurt și poartă numele de *radiație delta*; energia lor este

dată de relația:  $W = 4 \frac{m}{\mu} W_i$ ,

unde  $W_i = \frac{\mu v^2}{2}$  este energia ci-

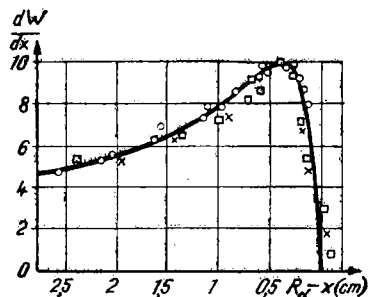


Fig. 266

netică a particulei incidente, iar  $m$  — masa electronului. Sensul de deplasare al electronilor  $\delta$  de energie maximă coincide cu sensul particulei incidente; numărul lor pe unitatea de parcurs poate indica sarcina particulelor (ex. din radiația cosmică). În cazul în care particula incidentă este un electron, pierderea energiei sale are loc pe seama ionizării atomilor substanței (la energii mici) sau pe seama radiației de frinare (la energii mari). Cuantele  $\gamma$  apărute în ultimul caz au energia maximă egală cu:  $h\nu = W_0 - mc^2$ , unde  $W_0$  este energia electronului incident; cu cât valoarea acesteia și cea a numărului atomic al substanței sînt mai mari, cu atît pierderea de energie prin radiație este mai mare. Parcursul pentru care energia electronului incident scade de  $e$  ori poartă numele de *lungime de radiație*; expresia obținută pe cale experimentală a acestuia în cazul aluminiului este:  $R_p = [0,526 W - 0,094] \text{ g/cm}^2$ , unde  $W$  se exprimă în megaelectronvolți.

**paritate**, proprietate a funcției de undă care descrie un sistem cuantic, de a rămîne aceeași în urma inversării sensului axelor de coordonate.

**parsec (ps)**, unitate de măsură pentru distanțe utilizată în astronomie, egală cu distanța de la Pămînt pînă la un punct din care axa mare a orbitei Pămîntului se vede sub un unghi de  $1''$ . Este egal cu 3,2633 ani lumină sau  $3,0857 \cdot 10^{16}$  m și este de 206 265 ori mai mare decît distanța Pămînt-Soare.

**particulă (sau corpuscul)**, porțiune foarte mică de substanță, de dimensiuni atomice sau subatomice, care interacționează ca o entitate cu alte sisteme fizice. V. dualism undă-corpuscul.

**particulă alfa ( $\alpha$ )**, nucleu de heliu constituit din patru nucleoni (doi protoni și doi neutroni). Avînd o energie de legătură foarte mare, posedă o stabilitate deosebită. Această însușire a constituit baza unuia dintre modelele nucleare. V. dezintegrare alfa.

**particulă beta ( $\beta$ )**, electron sau pozitron emis de nucleul unui element radioactiv în procesul dezintegrării beta.

**particulă browniană** v. mișcare browniană.

**particulă elementară**, particulă constitutivă a nucleului atomic și a învelișului său electronic, sau care apare la interacția cu substanța a razelor cosmice sau a particulelor accelerate. Considerate în trecut ireductibile la sisteme de dimensiuni mai mici (de unde și denumirea lor), particulele elementare li se atribuie în prezent o anumită structură. Ele pot să interacționeze între ele, să se transforme unele în altele și prezintă, în unele fenomene, caracter ondulatoriu. O particulă elementară este complet caracterizată prin mărimi fizice frecvent întîlnite ca: masă, sarcină, spin, moment magnetic, viață medie, precum și prin anumite proprietăți specifice ca: paritate și izospin; de asemenea, fiecărei particule îi corespunde o antiparticulă. Masa particulelor variază cu viteza lor potrivit formulei Einstein (v.) și este exprimată, de obicei, în kilograme, în megaelectronvolți sau în mase electronice; masa lor de repaus poate fi apropiată de zero (neutrîn) sau chiar nulă (foton). După semnul sarcinii electrice, particulele elementare

să împart în: particule încărcate pozitiv sau negativ, având sarcina egală în valoare absolută cu un multiplu al sarcinii elementare (a electronului), și particule neutre, fără sarcină (ex. foton, neutron, neutrino). *Spinul* ( $\sigma$ ) particulelor elementare este caracterizat prin faptul că modulul proiecției sale pe axa de rotație este egală cu  $sh$ , unde  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$  ( $h$  fiind con-

stanta Planck), iar  $s$  este numărul cuantic de spin; acesta din urmă are, de cele mai multe ori, una dintre valorile:  $0, \frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$ , sau,

mai rar,  $1$  (ex. foton) și  $\frac{3}{2}$  (omega minus). *Momentul magnetic* ( $\mu$ ) asociat spinului particulelor elemen-

tare este definit prin relația:  $\vec{\mu} = -g \frac{e}{2m} \vec{\sigma}$ , în care  $e$  este sar-

cina elementară,  $m$  — masa particulei, iar  $g$  — factorul Landé al acesteia. Componenta momentului magnetic pe axa de rotație a particulei este  $\mu = -g \frac{e}{2m} sh$ ; valo-

rea acesteia este în cazul electronului  $-g\mu_{BS}$  și în cazul protonului  $-g\mu_{NS}$ , unde  $\mu_B$  și  $\mu_N$  sînt magnetonul Bohr-Procopiu și, respectiv, magnetonul nuclear. *Viața medie* a celor mai multe particule elementare este de scurtă durată (sub  $10^{-8}$ s). Dintre particulele care intră în constituția atomului (numite și *fundamentale*), electronul și protonul sînt stabile, iar neutronul are viața medie de 1013 s. Noțiunea de *paritate* a unei particule este legată de funcția de undă asociată mișcării sale; o particulă este pară (de paritate pozitivă, notată  $+1$ ) sau impară (de paritate negativă, notată  $-1$ ), după

cum, la o schimbare a coordonatelor spațiale  $x, y, z$  în  $-x, -y, -z$ , funcția își păstrează semnul sau este de semn contrar. Paritatea unui sistem de particule este egală cu produsul parităților particulelor componente. Valabilitatea legii de conservare a parității în cazul reacțiilor nucleare (care a fost pusă un timp alături de legile de conservare a energiei și momentului cinetic) a fost infirmată în 1956 de T.D. Lee și C.N. Yang, care au arătat nerespectarea acesteia în cazul dezintegrării radioactive (ex. a cobaltului 60). O grupare (familie) de particule elementare avînd o serie de proprietăți asemănătoare, dar sarcini diferite și mase apropiate (diferența de masă corespunzînd energiei datorate forțelor de natură electromagnetică), este considerată ca fiind formată din particule de același fel aflate în stări diferite, fiind numită și *multiplet de sarcină*. Unei astfel de grupări i se asociază o mărime vectorială ce poartă numele de *izospin* (*spin izotopic* sau *isobaric*)  $T$ , care determină numărul de membri ai unei familii, ca fiind egal cu  $2T + 1$ ; componenta  $T_z$  a izospinului pe axa  $z$  (care nu are o existență reală în spațiul obișnuit) poate lua valori întregi sau semi-întregi, fiecare dintre ele caracterizînd o anumită particulă din multipletul de sarcină respectiv. După numărul acestor valori, gruparea poate fi: singlet (ex.  $A^0$ ), dublet (ex.  $p, n$ ) sau triplet (ex.  $\pi^-, \pi^0, \pi^+$ ). Fiecărei particule (cu excepția fotonului și mezonului  $\pi^0$ ) îi corespunde o *antiparticulă* avînd aceeași masă, dar energie negativă. Existența sa a fost prevăzută teoretic în 1929 de P.A.M. Dirac (pornind de la ecuația Schrödinger) și pusă în evidență experimental în 1932 de C.D. Anderson (prin descoperirea pozitronului). Anti-

Particle	Symbol	Multiplicity	Mass, in $m_e$	Mass, in Mev
Neutrino electronic	$\nu_e$		0	0
Neutrino muonic	$\nu_\mu$		0	0
Electron	$e^-$		1	0.511
Muon	$\mu^-$		206.77	106
Proton	p	Doublet	1836.12	938
Neutron	n		1838.65	940
Lambda (zero)	$\Lambda^0$	Singlet	2182.80	1115
Sigma plus	$\Sigma^+$		2387.7	1289
Sigma zero	$\Sigma^0$	Triplet	2331.8	1192
Sigma minus	$\Sigma^-$		2340.6	1198
Xi minus	$\Xi^-$	Doublet	2580.2	1321
Xi zero	$\Xi^0$		2566	1316
Omega minus	$\Omega^-$	Singlet	3278	1675
Photon	$\gamma$		0	0
Mezon pi zero	$\pi^0$		264.20	135
Mezon pi plus	$\pi^+$	Triplet	273.18	140
Mezon pi minus	$\pi^-$		273.18	140
Mezon K plus	$K^+$		966.6	494
	$K^+\mu^2$			
	$K^+\pi^2$			
	$K^+\pi^3$			
	$K^+\mu^3$			
Mezon K zero	$K^0$	Doublet	974.2	498
	$K^0_1$			
	$K^0_2$			
Mezon eta zero	$\eta^0$		1074	549

Tabelul 20

Spin izotopic	Componenta spinului izotopic	Număr barionic	Strucutate	Viață medie, în s	Schema de dezintegrare	Energia eliberată, în Mev	Abstracțiunea (simbol)
		0 0 0 0		∞ ∞ ∞ 2,21 · 10 <sup>-6</sup>	e <sup>-</sup> + ν <sub>μ</sub> + ν̄ <sub>e</sub>	105	$\frac{\nu_e}{\pi^+}$
1/2	+1/2	1	0	∞			$\frac{\nu_e}{\pi^+}$
1/2	-1/2	1	0	1,01 · 10 <sup>-8</sup>	p + e <sup>-</sup> + ν̄ <sub>e</sub>	0,75	$\frac{\nu_e}{\pi^+}$
0	0	1	-1	2,51 · 10 <sup>-10</sup>	p + π <sup>-</sup> n + π <sup>0</sup>	37 40	$\bar{\Lambda}^0$
1	+1	1	-1	0,81 · 10 <sup>-10</sup>	$\left\{ \begin{array}{l} p + \pi^0 \\ n + \pi^0 \\ \Lambda^0 + \gamma \\ n + \pi^- \end{array} \right.$	116	$\Sigma^+$
1	0	1	-1	< 10 <sup>-11</sup>		109	$\Sigma^0$
1	-1	1	-1	1,6 · 10 <sup>-10</sup>		77	$\Sigma^-$
					n + π <sup>-</sup>	117	$\Sigma^+$
1/2	-1/2	1	-2	1,7 · 10 <sup>-10</sup>	Λ <sup>0</sup> + π <sup>-</sup>	68	$\frac{\pi^+}{\pi^+}$
1/2	+1/2	1	-2	3 · 10 <sup>-10</sup>	Λ <sup>0</sup> + π <sup>0</sup>	64	$\frac{\pi^0}{\pi^+}$
0	0	1	-3		$\Xi^- + \pi^0$ $\Xi^0 + K^-$ Λ + K <sup>-</sup>	219 221 66	$\bar{\Omega}^+$
				∞			
1	0	0	0	1,8 · 10 <sup>-14</sup>	γ + γ	135	$\frac{\pi^0}{\pi^0}$
1	+1	0	0	2,6 · 10 <sup>-6</sup>	μ <sup>+</sup> + ν <sub>μ</sub>	34	$\frac{\pi^0}{\pi^+}$
1	-1	0	0	2,8 · 10 <sup>-6</sup>	μ <sup>-</sup> + ν̄ <sub>μ</sub>	34	$\frac{\pi^0}{\pi^+}$
1/2	+1/2	0	+1	1,22 · 10 <sup>-8</sup>	μ <sup>+</sup> + ν̄ <sub>μ</sub> π <sup>+</sup> + π <sup>0</sup> π <sup>+</sup> + π <sup>+</sup> + π <sup>-</sup> μ <sup>+</sup> + π <sup>0</sup> + ν <sub>μ</sub> e <sup>+</sup> + π <sup>0</sup> + ν <sub>e</sub> π <sup>+</sup> + π <sup>0</sup> + π <sup>0</sup>	388 219 75 253 358 64	$\bar{K}^+$
1/2	-1/2	0	+1	0,9 · 10 <sup>-10</sup>	$\left\{ \begin{array}{l} \pi^+ + \pi^- \\ \pi^0 + \pi^0 \end{array} \right.$	215 224	$\bar{K}^0$
				0,61 · 10 <sup>-7</sup>		$\left\{ \begin{array}{l} \pi^+ + \pi^- + \pi^0 \\ \pi^0 + \pi^0 + \pi^0 \\ \mu^+ + \pi^- + \nu_{\mu} \\ \mu^- + \pi^+ + \bar{\nu}_{\mu} \\ e^+ + \pi^- + \nu_e \\ e^- + \pi^+ + \bar{\nu}_e \end{array} \right.$	
1/2	-1/2	0	-1	≈ 10 <sup>-12</sup>	π <sup>0</sup> + γ + γ π <sup>+</sup> + π <sup>0</sup> + π <sup>0</sup>		

particula are aceeași masă și viață medie cu particula, iar mărimile sale caracteristice: sarcină electrică, straniețate, număr barionic, componenta  $T_2$  a spinului izotopic au aceleași valori absolute, dar semne contrare. Schema sa de dezintegrare este identică cu cea a particulei în care s-au înlocuit particulele rezultate cu antiparticulele lor.

În funcție de comportarea lor, care poate fi descrisă de statistica Fermi-Dirac sau Bose-Einstein, particulele se clasifică în fermioni și bosoni (v. tabelul 20, pag. 338—339). *Fermionii* (care au numărul cuantic de spin semîntreg) cuprind leptonii — particule ușoare, și barionii — particule grele. În categoria *leptonilor* intră: electronii, miuonii (denumire învechită: mezonii  $\mu$ ), neutrinii (care pot fi de origine electronică sau miuonică) și antiparticulele lor. *Miuonii*, care au fost descoperiți în 1937 în razele cosmice, au masa de aprox. 200 de ori mai mare decât a electronului; de la valoarea acesteia li s-a tras prima denumire, deși sînt calitativ deosebiți de mezonii  $K$  și  $\pi$ , asemănîndu-se cu electronii în privința sarcinii, spinului și momentului magnetic. *Neutrinii* (electronici sau miuonici) sînt caracterizați, ca și fotonii, prin sarcină nulă, iar masa lor de repaus se apropie de zero. Prin dezintegrarea unui miuon rezultă un neutrîn miuonic și un antineutrîn electronic care, fiind de naturi diferite, nu se anihilează. Dintre antiparticulele leptonilor, pozitronul și antimiuonul au același spin, iar antineutrinii au spinul egal în valoare absolută, dar de sens contrar, cu spinul particulelor corespunzătoare. Dintre *barionii* fac parte nucleonii (protonul și neutronul) și hiperonii. *Hiperonii* sînt particule instabile (viața lor medie

fiind de ordinul  $10^{-10}$ s), mai grele decît nucleonii. Ei apar în timpul dezintegrării altor particule a căror comportare a contrazis — la data descoperirii lor — prevederile teoretice; acestor particule, numite „stranii“, li s-au asociat numărul cuantic barionic  $B$  și cel de straniețate  $S$ . Suma  $Y = B + S$  poartă numele de *hipersarcină*. *Numărul cuantic barionic* poate avea valorile  $+1$  sau  $-1$  (în cazul anti-barionilor); în timpul reacțiilor nucleare, valoarea sa totală se conservă (*legea conservării numărului barionic*). *Straniețatea* este nulă în cazul particulelor care nu sînt stranii, sau diferită de zero, putînd lua valori întregi pozitive sau negative, în cazul particulelor stranii (hiperoni și kaoni).

*Bosonii* (care au numărul cuantic de spin întreg) cuprind fotonul și mezonii. *Fotonul* are masa de repaus nulă; ca și mezonul  $\pi^0$  nu are antiparticulă. Din clasa *mezonilor* fac parte mezonii  $\pi$  (pionii) și mezonii  $K$  (kaonii). Prin schimbul de mezonii  $\pi$  se stabilesc între nucleoni forțele nucleare de atracție; acești mezonii au sarcina pozitivă ( $\pi^+$ ), negativă ( $\pi^-$ ) sau nulă ( $\pi^0$ ). *Mezonii*  $K$  sînt particule stranii, de spin nul, sarcină pozitivă ( $K^+$ ) sau nulă ( $K^0$ ) și straniețate  $+1$ . După intensitatea de interacție între particulele aceleiași grupări, acestea pot fi clasificate în:

— *hadroni*, corespunzători *interacțiilor tari*, de ordinul de mărime al celor din interiorul nucleelor atomice, a căror durată (sau *constanță de timp*) este de ordinul  $10^{-22}$  s. Aceștia cuprind barionii și mezonii ( $\pi$  și  $K$ );

— *fotoni*, corespunzători *interacțiilor electromagnetice* a căror constantă de timp este de  $10^{-16}$  s;

— *leptoni*, corespunzători *interacțiilor slabe* (electroni, neutrini,

mioni), a căror constantă de timp este  $10^{-8} - 10^{-10}$  s.

În afară de aceste tipuri de interacții între particule pot avea loc interacții de natură gravitațională, prin intermediul unor particule de masă foarte mică, numite *gravitoni* (v.).

O categorie aparte de particule o constituie cele denumite impropriu *rezonanțe* ( $\eta$ ,  $\omega$  și  $\rho$ ), care au fost descoperite experimental, ca rezultat al unor interacții tari. Aceste particule au un timp de viață extrem de mic (de ordinul  $10^{-23}$  s) și se comportă ca oricare barioni sau mezoni.

Fizica particulelor elementare este încă în stadiu descriptiv. O încercare de elaborare a unei teorii unitare în acest domeniu s-a bazat pe ipoteza potrivit căreia în alcătuirea tuturor particulelor elementare cunoscute (al căror număr este în prezent peste o sută) intră trei particule fundamentale numite *quarci* (v.); această ipoteză nu a fost încă verificată.

**pascal** (Pa), unitate de măsură a presiunii în SI, egală cu un newton pe metru pătrat.

**Pascal, Blaise** (1623—1662), matematician, fizician și filozof francez. A descoperit una din legile fundamentale ale hidrostatiei (1663) care-i poartă numele (v. legea Pascal).

**Pauli, Wolfgang** (1900—1958), fizician elvețian. A formulat (1925) principiul excluziunii, care a permis explicarea comportării sistemelor cuantice și a poziției elementelor în sistemul periodic. În acord cu legile de conservare a energiei și momentului cinetic la dezintegrarea beta, a emis (1930) ipoteza neutrinelui. Premiul Nobel (1945).

**pătură electronică** (sau *strat electronic*), grup de electroni ai unui atom, caracterizați prin aceeași valoare a numărului cuantic principal  $n$ . Numărul maxim de electroni ai unei pături, compatibil cu principiul excluziunii al lui Pauli, este  $2n^2$ ; în acest caz, pătura se numește *completă* (ocupată sau închisă). Corespunzător numerelor cuantice  $n = 1, 2, 3, \dots$ , păturile electronice sînt denumite, în ordine,  $K, L, M, \dots$  etc.

**pendul**, corp solid supus unor legături, capabil să oscileze sub acțiunea unor forțe elastice sau cvasielastice. Pentru studii oscilațiilor acestuia, se utilizează un model ideal de pendul, numit *matematic* (sau *simplu*). Acesta constă dintr-un punct material de masă  $m$  (și greutate  $G$ ) suspendat într-un punct fix (prin intermediul unui fir inextensibil de masă neglijabilă, cu lungimea  $l$ ), care execută o mișcare de oscilație în plan vertical, sub influența propriei greutate (fig. 267). Pentru unghiuri de oscilație mici ( $\alpha < 5^\circ$ ), mișcarea este produsă de o forță cvasielastă  $G_t = G - G_n$ , avînd expresia:

$$G_t = -G\alpha = -mga.$$

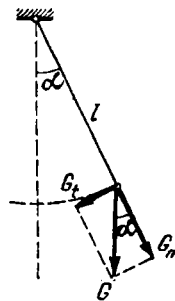


Fig. 267

Accelerația sistemului este  $l\ddot{\alpha}$  (arcul străbătut de mobil fiind  $l\alpha$ ). Conform legii a doua a dinamicii rezultă:

$$m\ddot{\alpha} = -mg\alpha$$

sau

$$\ddot{\alpha} + \omega^2\alpha = 0,$$

unde  $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ ; mișcarea pendulului este deci o mișcare oscilatorie armonică, de perioadă

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

a cărei valoare nu depinde de masa pendulului și de amplitudinea oscilațiilor (*legea izocronismului micilor oscilații*). Mișcarea pendulului matematic poate fi amortizată sau forțată, comportarea mărimii ce variază armonic ( $\alpha$ ) fiind identică cu a elongației liniare în cazul oscilatorului liniar. Energia cinetică a pendulului matematic este

$$W_c = \frac{1}{2} ml^2\dot{\alpha}^2, \text{ iar cea potențială}$$

$$W_p = \frac{mgl\alpha^2}{2}. \text{ Pentru unghiuri de}$$

oscilație mai mari, formula perioadei trebuie corectată, devenind:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2}\right).$$

Un corp cu masa  $m$ , ce poate oscila în jurul unei axe  $O$ , centrul său de greutate  $G$  fiind la distanța  $a$  de axa de oscilație  $O$  (fig. 268), poartă numele de *pendul fizic* (sau *compus*). Pentru unghiuri  $\alpha$  mici, forța (cvasielastică) ce produce mișcarea este dată de relația:

$$G_l = -mg\alpha.$$

Legea a doua a dinamicii se scrie în acest caz:

$$M\ddot{\alpha} = I\ddot{\alpha},$$

adică:

$$I\ddot{\alpha} + mga\alpha = 0$$

sau:

$$\ddot{\alpha} + \omega^2\alpha = 0,$$

unde  $\omega = \sqrt{\frac{mga}{I}}$  este pulsația oscilațiilor pendulului, iar  $I$  — momentul său de inerție. Perioada este  $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mga}}$ , iar mărimea  $L = \frac{I}{ma}$  reprezintă lungimea unui pendul matematic cu aceeași perioadă și se numește *lungime redusă*. Pendulul fizic este folosit la determinarea momentului de inerție a corpurilor solide de diferite forme, la determinarea accelerației gravitaționale etc. Pendulul fizic cu două axe de oscilație paralele ce conțin în planul lor centrul de greutate, perioada fiind aceeași în ambele poziții de oscilație, se numește *reversibil*. Un astfel de pendul este *pendulul Kater*, format dintr-o bară metalică în lungul căreia, în scopul obținerii reversibilității, pot

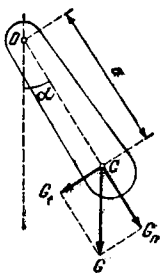


Fig. 268



glisa greutatei mobile (fig. 269). Dacă  $a = a_1 + a_2$  este distanța dintre axele lor de oscilație  $O_1$  și  $O_2$ , atunci valoarea accelerației gravitaționale se poate obține cu ajutorul relației:

$$g = \frac{4\pi^2 a}{T^2},$$

în care  $T$  este perioada de oscilație a pendulului, care poate fi măsurată experimental. Un astfel de pendul este folosit în cercetări geofizice.

Pendulul de torsiune constă dintr-un corp solid suspendat prin intermediul unui fir (sau vergea) legat(ă) rigid în punctul  $O$ , axa  $OZ$  coincidând cu una din axele de simetrie ale corpului (fig. 270) care, prin torsiunea firului, poate efectua mișcări de oscilație în jurul poziției de echilibru. În cazul unei torsiuni de unghi  $\alpha$  mic a firului — a porțiunii inferioare față de cea superioară (fixă), momentul cuplului aplicat este  $M = -c\varphi$  și ecuația de mișcare are expresia:

$$I\ddot{\alpha} = -c\alpha$$

cu soluția  $\alpha = \alpha_{max} \sin(\omega t + \varphi)$ ,

unde  $\omega = \sqrt{\frac{c}{I}}$  este pulsația mișcării. Perioada mișcării este deci  $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{c}}$ . Energia potențială pentru oscilații mici ale pendulului de torsiune este:  $W_p = \frac{1}{2} c\alpha^2$ ,

iar cea cinetică:  $W_c = \frac{1}{2} I\dot{\alpha}^2$ .

Pendulul de torsiune este folosit la balanțele de torsiune destinate măsurătorilor electrice și magnetice.

pendul balistic, dispozitiv constituit dintr-un corp de masă mare  $m$

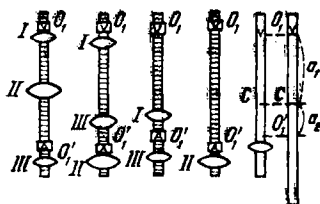


Fig. 269

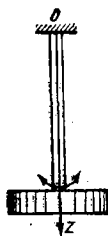


Fig. 270

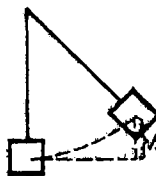


Fig. 271

(de obicei, un recipient cu nisip) suspendat prin intermediul unui cablu, într-un punct fix (fig. 271). Este folosit la determinarea vitezei  $v$  a proiectilelor. Dacă masa  $m_1 \ll m$  se oprește pătrunzând în nisip, conform legilor de conservare a impulsului și energiei, rezultă:

$$m_1 v = (m_1 + m) v'$$

și

$$\frac{(m + m_1) v'^2}{2} = \frac{m_1^2 v^2}{2(m + m_1)} = (m_1 + m)gh,$$

unde  $v'$  este viteza întregului sistem după ciocnire, iar  $h$  — înăl-

țimea la care se ridică pendulul.

De unde  $v = \frac{m + m_1}{m_1} \sqrt{2gh}$  sau,

$$v = \frac{m}{m_1} \sqrt{2gh}.$$

**penetrație** ( $\delta$ ), mărime ce caracterizează absorbția unei unde într-un mediu disipativ, proporțională cu inversul coeficientului de absorbție  $\alpha$ :

$$\delta = \frac{2}{\alpha}.$$

Reprezintă distanța după care amplitudinea unei unde se micșorează de  $e$  ori.

**pentodă**, tub electronic cu vid înaintat, conținând cinci electrozi: trei grile (de comandă, ecran și supresoare), anodul și catodul (fig. 272). Destinația grilei supresoare

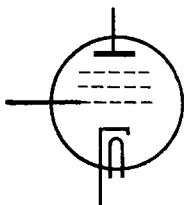


Fig. 272

este de a înlătura efectul dinatron întâlnit la tetrodă; ea este pusă la un potențial foarte mic și, deci, în spațiul dintre grila-ecran și anod se creează un câmp ce împiedică smulgerea electronilor din anod. Din cauza ecranării puternice a anodului, variația tensiunii anodice nu influențează aproape deloc intensitatea curentului prin pentodă. Acest tip de tub electronic este folosit în radio-

recepție ca amplificator sau oscilator. Pentoda cu două grile de comandă este folosită, în montaje de putere mică și mijlocie, ca lampă de amestec în aparatele de recepție (pentode finale), în scheme de coincidență și anticoincidență din fizica nucleară etc.; poate funcționa și ca triodă sau tetrodă.

**penumbră**, regiune a spațiului din care un izvor luminos este observat numai parțial, fiind obturat de un corp opac. Este situată între zona de umbră (din care izvorul nu se vede deloc, fiind complet obturat de către corp) și regiunea luminată (din care izvorul este vizibil în întregime). Luminozitatea ei este intermediară între întunericul complet din zona umbrei și lumina completă a izvorului, iar întinderea sa este apreciabilă numai în cazul în care dimensiunile izvorului luminos sînt comparabile cu dimensiunile corpului opac și cu distanța dintre acesta și izvor; un izvor punctiform (sau de dimensiuni neglijabile) nu formează, practic, penumbră. Un exemplu de formare a penumbrei îl constituie eclipsa parțială de Soare, care poate fi observată pe suprafața Pământului din regiunea situată în imediata vecinătate a conului de umbră creat de Lună.

**percuție**, impuls al forței.

**pereche**, sistem compus dintr-o particulă elementară și antiparticula ei. V. creare de perechi, anihilare.

**perechi analitice** v. analiză spectrală.

**perioadă** ( $T$ ), interval de timp după care se repetă, în aceeași ordine, aceleași valori ale unei mărimi pe-

riodice. Se măsoară, de obicei, în secunde.

**perioadă convențională** v. oscilație amortizată.

**perioadă de dezintegrare** v. dezintegrare.

**perioadă de înjumătățire**, timp de înjumătățire.

**perioadă de oscilație**, interval de timp după care un sistem ce oscilează (armonic) revine în aceeași stare și are aceeași tendință de evoluție. În cazul particular al oscilațiilor mecanice, perioada reprezintă intervalul de timp după care mobilul trece printr-o aceeași poziție, din care pornește în același sens.

**perioadă radioactivă**, timp de înjumătățire.

**permeabilitate (magnetică absolută,  $\mu$ )**, mărime ce caracterizează proprietățile magnetice ale unui mediu, al cărei produs cu intensitatea cimpului magnetic  $\mathbf{H}$  este egal cu inducția magnetică  $\mathbf{B}$  în mediul respectiv:

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}.$$

Unitatea de măsură în SI se numește henry pe metru. Într-un mediu izotrop, este legată de susceptibilitatea magnetică  $\chi_m$  prin relația:

$$\mu = \mu_0(1 + \chi_m),$$

$\mu_0$  fiind permeabilitatea (absolută a) vidului (v. constantă fizică universală). În practică se utilizează o mărime adimensională exprimată prin raportul dintre permeabilitatea unui mediu și cea a vidului:  $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$ , numită **permeabilitate relativă**.

**permeanță ( $\Lambda$ )**, raportul dintre fluxul magnetic  $\Phi$  ce trece printr-un circuit magnetic și tensiunea magnetică  $U_m$  din lungul acestui circuit:

$$\Lambda = \frac{\Phi}{U_m}.$$

Este mărimea inversă reluctanței. Unitatea sa de măsură în SI este henry-ul.

**permitivitate (absolută, sau constantă dielectrică,  $\epsilon$ )**, mărime ce caracterizează proprietățile electrice ale unui mediu, al cărei produs cu intensitatea cimpului electric  $\mathbf{E}$  este egal cu inducția electrică  $\mathbf{D}$  în mediul respectiv:

$$\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E}.$$

Unitatea de măsură în SI se numește farad pe metru. Într-un mediu izotrop, este legată de susceptibilitatea electrică  $\chi_e$  prin relația:

$$\epsilon = \epsilon_0(1 + \chi_e),$$

$\epsilon_0$  fiind permitivitatea (absolută a) vidului (v. constantă fizică universală). În practică este utilizată o mărime adimensională exprimată prin raportul dintre permitivitatea unui mediu și cea a vidului  $\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$ , numită **permitivitate relativă**.

**perpetuum mobile** v. termodinamică.

**Perrin** [peré], Jean (1870—1942), fizician francez. Membru al Academiei de Științe din Paris. Studiind mișcarea browniană a determinat numărul Avogadro (1908), contribuind astfel la dezvoltarea concepției atomiste. A studiat ra-

zele catodice, fluorescența, emisia și recepția sunetelor. Premiul Nobel (1926).

**Petrescu, Paul** (n. 1915), fizician român. M. coresp. al Acad. Studii de fizica cristalelor și spectroscopie.

**plenometru**, balon de sticlă ce delimitează un volum constant de lichid, folosit la determinarea densității relative a corpurilor lichide și solide. Constanța volumului se realizează prin intermediul unui dop de construcție specială (șlefuit și prevăzut cu un tub capilar), care permite eliminarea surplusului de lichid. Prin cântăriri succesive, se determină masa corpului studiat și cea a unui volum egal de apă distilată, raportul lor constituind valoarea densității căutate.

**piez** (Pz), unitate de măsură a presiunii, numeric egală cu forța de un stea uniform repartizată pe o suprafață cu aria de un metru pătrat. Relația de echivalență cu unitatea de măsură a presiunii în SI este:  $1 \text{ Pz} = 10^9 \text{ N/m}^2$ .

**piezoelectricitate**, polarizare electrică a unor substanțe cristaline (ex. cuarț, sare Seignette, titanat de bariu etc.) în urma unor deformații mecanice (*efect piezoelectric direct*) sau modificarea dimensiunilor lor într-un câmp electric variabil (*efect piezoelectric invers*). În primul caz, mărimea tensiunii de polarizare depinde de mărimea și direcția solicitării mecanice; astfel, la cuarț tensiunea de polarizare este maximă dacă direcția de solicitare coincide cu una din *axele polare* (electrice sau piezoelectrice)  $O_x, O_y, O_z$  ale cristallului (fig. 273). La solicitarea cristalelor (comprimarea sau tracțiunea) în direcția axei electrice se produce *efectul piezoelectric direct longitudi-*

*dinal*, constând în apariția unor sarcini electrice opuse (de un semn sau de altul) pe fețele perpendiculare pe această axă. Aceeași operație, efectuată însă în direcția axei mecanice, produce același efect, numit *efect piezoelectric direct transversal*. O solicitare mecanică de orice fel în direcția axei optice  $O_x$  nu produce nici un efect piezoelectric. Dacă, în cazul efectului piezoelectric invers, polarizarea se face în plane perpendiculare pe una din axele electrice ale cristallului, deformațiile mecanice sînt maxime. Aplicând o tensiune de polarizare alternativă, placa cristalină vibrează cu frecvența tensiunii aplicate. Amplitudinea vibrației este maximă dacă această frecvență coincide cu frecvența de oscilație proprie (de obicei  $> 16 \text{ kHz}$ ) a plăcii, iar în spațiul înconjurător se propagă unde ultrasonore. Frecvența proprie de vibrație în lungul unei axe electrice (*efect longitudinal*) este dată de relația:

$$(f_0)_x = \frac{1}{2d} \sqrt{\frac{E_x}{\rho}},$$

unde  $d$  este grosimea,  $\rho$  — densitatea și  $E_x$  — modulul de elasticitate al plăcii. În lungul unei axe mecanice (*efect transversal*), frecvența proprie are o expresie analogă:

$$(f_0)_y = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E_y}{\rho}},$$

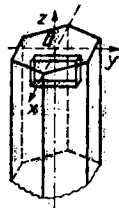


Fig. 273

$l$  fiind lungimea plăcii și  $E_V$  — modulul de elasticitate. Produsele  $(f_0)_x \cdot d$ , respectiv  $(f)_y \cdot l$ , poartă numele de *constante de frecvență*. Mărimea deformației pentru efectul longitudinal este  $\delta_l = K_l V$ , iar pentru efectul transversal  $\delta_t =$

$$= K_t \frac{a}{l} V, \text{ în care } V \text{ este tensiunea}$$

aplicată,  $l$  — grosimea cristalului, iar  $a$  — lungimea lui pe direcția axei mecanice.  $K_l$  și  $K_t$  sînt *modulii piezoelectrice* și, pentru cuarț,  $K_l = K_t = -2,13 \cdot 10^{-12} \text{m/V}$ . Aceste efecte prezintă aplicații la recepția și la generarea ultrasunetelor (v.).

pilă atomică, reactor nuclear.

pilă electrică, element galvanic.

pilă termoelectrică v. termocuplu.

pion v. mezon, particula elementară.

**piroelectricitate**, proprietate a unor cristale de a se polariza electric cînd sînt supuse unei variații de temperatură (*efect piroelectric direct*) sau de a-și modifica temperatura sub acțiunea unui cîmp electric exterior (*efect piroelectric invers*). Dintre acestea fac parte cuarțitul, turmalina, sulfatul de litiu etc. Uneori, cristale piroelectrice sînt și feroelectrice.

**pirometrie**, ansamblul metodelor experimentale de determinare a temperaturilor înalte ale corpurilor. Utilizează pirometre electrice sau optice.

**pirometru electric**, instrument utilizat în pirometrie, bazat pe măsurarea forței electromotoare a

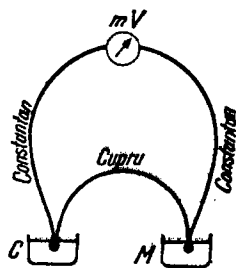


Fig. 274

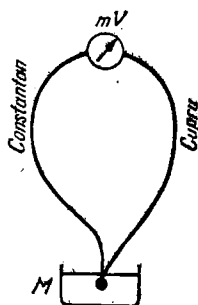


Fig. 275

unui termocuplu. Una din sudurile unui astfel de termocuplu este introdusă în corpul  $C$  a cărui temperatură trebuie măsurată, iar cealaltă se găsește într-un amestec de apă cu gheață  $M$  (fig. 274); milivoltmetrul  $mV$ , inseriat în circuit, este etalonat direct în grade de temperatură. Pentru măsurări de mică precizie se folosește un montaj mai simplu reprezentat în fig. 275. Cîteva tipuri de termocuple frecvent utilizate, împreună cu domeniile de temperatură corespunzătoare, sînt indicate în tabelul 21.

Tabelul 21

Termocuplul	Domeniul de temperatură °C
Cupru-constantan	-200 ... + 300
Fier-constantan	-200 ... + 600
Cromel-capel	0 ... + 600
Cromel-alumel	0 ... +1 100
Platină rodiată-platină	0 ... +1 600

**pirometru optic**, instrument a cărui funcționare se bazează pe legile radiației termice, utilizat în pirometrie la măsurarea temperaturii corpurilor incandescente cu proprietăți apropiate de cele ale corpului negru (v.). Se deosebesc pirometre cu radiație și pirometre fotometrice.

*Pirometrul cu radiație* măsoară luminanța energetică integrală  $L_e$  a corpului incandescent, bazându-se pe corespondența dintre valoarea acesteia și temperatura  $T$  a corpului, dată de legea Stefan-Boltzmann (modificată):

$$L_e = \frac{\sigma}{\pi} T^4.$$

Cu ajutorul unei lentile convergente se formează imaginea reală a corpului incandescent pe elementul fotosensibil al aparatului (receptorul de radiație, care poate fi un termocuplu, un bolometru, o spirală bimetalică ce se îndoaie la încălzire, un gaz etc.). Datorită încălzirii termocuplului, ia naștere un curent electric proporțional cu strălucirea sursei. Dacă corpul studiat nu este un corp negru, pirometrul nu indică temperatura reală a acestuia, ci temperatura de radiație. Deoarece

pentru toate corpurile care nu sînt negre puterea de emisie este subunitară, temperatura reală a lor este mai mare decît temperatura de radiație. Temperatura corpului negru poate fi determinată și prin măsurarea lungimii de undă corespunzătoare maximului distribuției strălucirii radiante după lungimile de undă, dată de legea Wien. Pentru corpurile care nu sînt negre, temperatura astfel determinată se numește temperatură de culoare.

Cel mai răspîndit tip de *pirometru fotometric* este cel cu *dispariție de filament*, bazat pe compararea radiației unui corp incandescent cu radiația corpului negru, corespunzătoare unui anumit interval spectral. În ocularul unui astfel de instrument optic imaginea filamentului lămpii etalonate a pirometrului se vede suprapusă peste imaginea corpului incandescent studiat. Variind cu ajutorul unui reostat intensitatea luminoasă a filamentului, pentru o anumită valoare acesta nu mai poate fi distins, „dispărînd“ pe fondul luminos al corpului studiat; un aparat de măsură (de obicei, un ampermetru etalonat corespunzător), inseriat în circuit, indică direct temperatura. Dacă izvorul studiat ar fi corpul negru, temperatura citită

ur fi cea reală; în caz contrar, ea se numește temperatură de strălucire.

**pirghie**, dispozitiv din categoria mașinilor simple, constituit dintr-o bară rigidă care se poate roti în jurul unei axe (sau al unui punct de sprijin,  $O$ ) sub acțiunea unei forțe active  $F$  și a unei forțe rezistente  $R$ . Permite efectuarea unui lucru mecanic util cu economie de forță sau de deplasare. Pirghiile sînt de trei genuri (fig. 276):

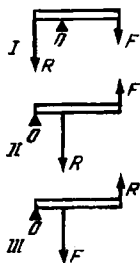


Fig. 276

*I* — axul de sprijin se află între forța activă și forța rezistentă;  
*II* — forța rezistentă se află între axul de sprijin și forța activă;  
*III* — forța activă se află între axul de sprijin și forța rezistentă.  
 În timp ce primele două genuri realizează o economie de forță, cel de al treilea permite o economie de deplasare. La echilibru, pentru orice pirghie este valabilă relația:

$$Fb_f = Rb_r,$$

în care  $b_f$  și  $b_r$  sînt brațele forțelor  $F$  și  $R$  față de punctul de sprijin.

**placă (vibrantă)**, corp care, asemenea membranei, are una din

dimensiuni mult mai mică decît celelalte dar, spre deosebire de aceasta, posedă rigiditate la încovoiere. Frecvența fundamentală de vibrație a unei plăci circulare este:

$$f = \frac{0,47 h}{r} \sqrt{\frac{E}{\rho(1 - \sigma^2)}},$$

unde  $h$  este grosimea plăcii,  $r$  — raza ei,  $E$  — modulul de elasticitate,  $\rho$  — densitatea materialului și  $\sigma$  — coeficientul Poisson. Ca și în cazul membranei, în placa ce vibrează se formează unde staționare care duc la apariția de linii nodale; sunetele superioare sînt nearmonice. Plăcile sînt folosite în construcția receptoarelor telefonice, a emițătoarelor subacvatice, a difuzoarelor etc.

**placă fotografică**, placă de sticlă avînd depusă pe una din fețe o emulsie fotografică. Este folosită pentru obținerea imaginilor fotografice pozitive (diapozitive) sau negative, în spectroscopie, optica electronică etc. Plăcile fotografice se deosebesc după *sensibilitatea cromatică* (proprietatea stratului fotosensibil de a absorbi selectiv radiațiile luminoase de diferite lungimi de undă), după gradul de contrast (dependent de granulația emulsiei — fină, medie, mare — putînd fi moale, normal, contrast) și după felul imaginii (alb-negru sau color). Halogenura de argint, componentă a emulsiei fotografice, este sensibilă la radiațiile din domeniile albastru și violet ale spectrului vizibil. Pentru lărgirea zonei de sensibilitate cromatică, la fabricarea emulsiei se mai adaugă, în afară de componentii chimici obișnuiți, o serie de coloranți numiți *sensibilizatori*. Moleculale a acestora se depun pe cristalele de

bromură de argint și le cedează energia luminoasă absorbită din domeniile verde, galben, portocaliu, roșu. În funcție de sensibilitatea cromatică obținută cu ajutorul sensibilizatorilor, materialele fotografice sînt:

— *pancromatice*, folosite în condiții defavorabile de lumină artificială, sensibile la toate radiațiile vizibile, însă mai pronunțat, pentru roșu și aproape deloc, pentru verde;

— *ortopancromatice*, cu sensibilitate universală la toate radiațiile spectrului vizibil;

— *ortocromatice*, sensibile, în mod egal, la radiațiile corespunzătoare culorilor galben, verde, albastru și violet și practic insensibile, la cele cu lungimi de undă mari ale spectrului vizibil (începînd cu portocaliu), dînd posibilitatea controlului procesului de dezvoltare în lumină roșie.

Acoperită cu emulsii speciale pentru înregistrarea parcursului particulelor elementare, placa fotografică (numită *nucleară*) este folosită pe larg în fizica nucleară.

Într-o astfel de emulsie, la trecerea particulelor încărcate rapide bromura de argint este descompusă local și, după dezvoltare, traiectoriile lor pot fi observate cu ajutorul unui microscop. O metodă bazată pe utilizarea plăcilor nucleare este *autoradiografia*, folosită pentru studiul substanțelor radioactive, naturale sau artificiale, aflate în interiorul corpurilor. Metoda constă în aplicarea directă a corpului de studiat pe placa nucleară și a fost folosită prima dată de H. Becquerel în 1896 pentru studiul minerului de uraniu, cînd a descoperit fenomenul de radioactivitate. O altă metodă este folosită la studiul particulelor rapide provenind de la o sursă exterioară.

După impresionare, prelucrarea unei plăci trebuie făcută simultan pe întreaga sa suprafață, evitîndu-se astfel micile deformări ale emulsiei. Pentru a se produce în mod uniform în întreg volumul emulsiei, dezvoltarea se face la o temperatură scăzută, care crește treptat. În general, plăcile nucleare sînt folosite pentru înregistrarea evenimentelor rare, un dezavantaj al utilizării lor constînd în faptul că nu poate fi aflat momentul în care aceste evenimente au loc.

**plan de incidență**, plan determinat de raza incidentă și normala în punctul de incidență la suprafața de separare a două medii.

**plan de polarizație**, plan, normal pe planul de vibrație, care conține direcția de propagare și vectorul magnetic al unei raze de lumină polarizată.

**plan de reflexie**, plan determinat de raza reflectată și normala în punctul de incidență la suprafața reflectantă.

**plan de refracție**, plan determinat de raza refractată și normala în punctul de incidență la suprafața de separare a două medii refringente.

**plan de vibrație**, plan ce conține direcția de propagare și vectorul electric al unei raze de lumină polarizată. Este perpendicular pe planul de polarizație.

**plan focal** v. sistem optic centrat.

**plan înclinat**, dispozitiv din categoria mașinilor simple, avînd o suprafață plană și rigidă, înclinată cu un unghi oarecare față de orizontală; este folosit în scopul



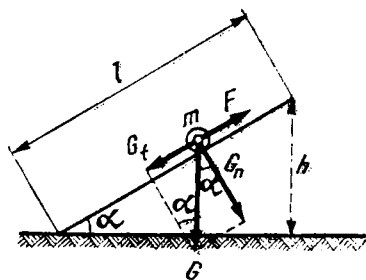


FIG. 277

deplasării pe verticală a unor corpuri grele, cu economie de forță (fig. 277). Dacă această deplasare se produce fără frecare, forța activă  $F$  este egală cu componenta tangențială  $G_t$  a greutății  $G$  a corpului ( $G = G_t + G_n$ ), adică:

$$F = G_t = G \sin \alpha = R \frac{h}{l},$$

economia de forță fiind cu atât mai mare (forța  $F$  mai mică) cu cât lungimea  $l$  a planului inclinat de unghi  $\alpha$  și înălțime  $h$  este mai mare. În cazul mișcării cu frecare:

$$F = R(\sin \alpha + \mu \cos \alpha),$$

iar randamentul planului inclinat este:

$$\eta = \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha},$$

în care  $\mu$  este coeficientul de frecare.

**plan nodal v. sistem optic centrat.**

**plan principal v. sistem optic centrat.**

**Planck, Max (1858—1947),** fizician german. Membru al Academiei

de Științe din Berlin. A pus bazele teoriei cuantelor (1900), explicând distribuția energiei în spectrul radiației corpului negru; a arătat că o cantă asumată are energia  $h\nu$ , unde  $h$  este constanta care-i poartă numele (constanta Planck), iar  $\nu$  — frecvența luminii. Contribuții în domeniile teoriei relativității, termodinamicii etc. Premiul Nobel (1918).

**plasmatron,** arc electric într-o atmosferă de gaz în regim dinamic, produs într-o incintă închisă, prevăzută cu un orificiu prin care iese un jet de plasmă, la o temperatură foarte ridicată. De obicei, catodul este constituit din wolfram (sau wolfram teriat), iar anodul, din cupru. Gazul (argon, heliu etc.), injectat tangențial față de direcția de ardere catod-anod a arcului, are rolul de stabilizare a acestuia și provoacă ejectarea plasmei fierbinți prin canalul practicat în anod. Corpul plasmatronului are în jurul său o cămașă de răcire (cu apă sau cu gaz). Alimentarea se poate face atât în curent continuu cât și în curent alternativ, la intensități de ordinul  $10^2 - 10^3$  A și tensiuni de ardere de ordinul zecilor de volți. Plasmatronul funcționează la presiuni de zeci de atmosfere, realizând temperaturi de ordinul  $10^3 - 10^4$  K, viteza jetului fiind, în aceste condiții, de ordinul  $10^6$  m/s. Este utilizat la tăierea metalelor (cuțit cu plasmă), la topirea celor mai greu fuzibile materiale, la depunerea prin pulverizare a diverselor substanțe (aluminiiu, cupru, argint, aur, platină, oxizi de aluminiiu, beriliu, zirconiu, diferite carburi etc.) pe suprafețele corpurilor, în generatoarele magneto-hidrodinamice, precum și în cercetările științifice din laboratoare.

plasmă, substanță aflată într-o stare de agregare asemănătoare stării gazoase, alcătuită din electroni, ioni, atomi neutri și fotoni. Toate componentele plasmă se află într-o neconținută mișcare haotică, sarcina electrică spațială caracterizându-se printr-o serie de oscilații locale și de ansamblu.

Starea de plasmă este considerată ca a patra stare de agregare a materiei, în care atomii neutri, atomii excitați, ionii, electronii și fotonii formează un „gaz” comprimisibil, asemănător stării gazoase; se deosebește însă, fundamental, de aceasta din urmă prin compoziție și prin natura forțelor de interacție dintre componenții ei. De aceea, statistica gazului neutru clasic nu este suficientă pentru descrierea fenomenelor din plasmă, acestea fiind studiate de teoria cinetică a plasmă, care folosește ecuațiile magnetohidrodinamicii în diferite aproximații, aplicabile în anumite condiții date. La temperaturi foarte ridicate (peste  $10^6$  K), orice substanță se află sub formă de plasmă puternic (uneori complet) ionizată; în aceste condiții, energia cinetică a agitației termice devine echivalentă cu energia de legătură a electronilor în interiorul atomilor, plasma obținută constând, practic, din nuclee și electroni liberi. Astfel de plasmă, numite plasmă fierbinți sau izoterme, se găsesc în Soare și în alte stele fierbinți sau în dispozitivele termonucleare create în laborator (v. fuziune). Inițial, termenul de plasmă (introdus de I. Langmuir în 1929) desemna numai plasmă izoterme; astăzi denumirea este extinsă asupra oricărui gaz ionizat, care satisface următoarele condiții generale:

1) concentrația sarcinilor pozitive să fie egală (sau aproximativ egală) cu concentrația sarcinilor nega-

tive. Dacă  $n_{i1}$ ,  $n_{i2}$ ,  $n_{i3}$  etc. sint concentrațiile ionilor de tip 1, 2, 3, ..., avind fiecare sarcinile  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$ , ..., iar  $n_e$  este concentrația electronilor (sau a sarcinilor negative),

$$n_e = n_{i1}Z_1 + n_{i2}Z_2 + n_{i3}Z_3 + \dots,$$

sau

$$n_e \simeq \sum_r n_{ir}Z_r,$$

plasma apărind neutră din punct de vedere macroscopic;

2) volumul plasmă să fie mai mare decît volumul unei sfere de rază (numită *raza Debye*) egală cu distanța pînă la care sarcina electrică a unei particule este practic ecranată de către norul purtătorilor de sarcină, aflați în continuă mișcare, din jurul ei;

3) mediul gazos respectiv să fie izotrop și omogen, gradientii de presiune, concentrație, densitate, potențial sau temperatură fiind nuli (sau neglijabili).

În cazul plasmelor fierbinți, gazul electronic și cel ionic au (teoretic) aceeași temperatură. În plasmă obținute în laborator (ex. plasmă coloanei pozitive din descărcările luminescente) gazul electronic are o temperatură mult mai mare decît gazul ionic sau atomic; de aceea, aceste gaze nu se află în echilibru termodinamic, plasmă numindu-se *neizoterme* sau *reci*. În cazul acestora, principalele procese elementare care intervin în emisia radiațiilor electromagnetice sint:

— excitarea directă sau în trepte a atomilor prin ciocniri electronice;

— recombinarea ionilor pozitivi cu electronii sau cu ionii negativi;

— ciocniri de genul al doilea care anulează excitările (ex. ciocnirea unui atom excitat cu un electron);

— interacții la care iau parte nive-

lele metastabile ale atomilor;  
 -- difuzia atomilor excitați;  
 -- împrăștierea radiației electromagnetice de rezonanță (care este absorbită cel mai mult în plasmă);  
 -- formarea ionilor moleculari, ca urmare a ciocnirilor dintre atomii excitați sau a altor interacții.

La presiuni nu prea mari (de ordinul torrului) și la densități de curent relativ mici, numărul ciocnirilor de genul al doilea, care duc la extincția radiației, este atât de mare încît ele influențează viața medie a atomului în stare excitată. Astfel, se realizează un microechilibru statistic între ciocnirile de genul întâi și al doilea, iar intensitatea radiației monocromatice emisă de o anumită specie de atomi este dată de relația:

$$I_{\nu} = N A_{\nu} h \nu \frac{g_n}{g_0} e^{-\frac{eVn}{kT_e}},$$

unde  $N$  este concentrația atomilor,  $g_n$  și  $g_0$  sint ponderile statistice ale celor două nivele excitat și, respectiv, fundamental,  $T_e$  este temperatura electronilor din plasmă,  $eVn$  — energia acestora,  $A_{\nu}$  — probabilitatea emisiei spontane a cuantei  $h\nu$  în lipsa proceselor de extincție, iar  $h$  și  $k$  sint constantele Planck și, respectiv, Boltzmann. În cazul plasmelor aflate la presiuni foarte mari și de densități considerabile, temperatura gazului neutru poate deveni egală cu temperatura gazului electronic. O astfel de plasmă se numește *izotermă* sau *fierbinte*, iar în interiorul ei au loc procese de excitare termică; cînd acestea predomină, radiația capătă caracterul radiației de echilibru, plasma comportîndu-se ca un corp negru. Intensitățile radiației pot fi determinate, în acest caz, cu ajutorul legilor radiației corpului negru (Planck, Wien etc.).

Principalul proces care contribuie la emisia radiației electromagnetice a plasmei fierbinți este frînarea radiativă a electronilor în cîmpul coulombian al nucleelor atomice. La viteze foarte mari (relativiste) ale electronilor, o mare pondere au ciocnirile electron-electron, care produc o radiație de frînare intensă; datorită acestora, plasmale foarte fierbinți (bogate în electroni extrem de rapizi) emit și o intensă radiație Röntgen, uneori foarte dură, avînd o energie pînă la cîțiva megaelectronvolți.

În anumite condiții, în plasmale închise în capcane magnetice (v.) poate deveni importantă radiația betatronică, emisă de electron în mișcarea sa accelerată, după o linie elicoidală, în cîmpul magnetic al capcanelor. Spectrul de radiație al unui astfel de electron este format din linia principală corespunzătoare frecvenței Larmor și din linii corespunzătoare armonicilor simple ale acestei frecvențe. La plasmale dense, de mare putere, o bună parte din radiația magnetică ce revine frecvenței principale și primelor armonici este absorbită în plasmă, iar în exteriorul acesteia sint radiate, practic, radiațiile de frecvențe superioare. În cazul plasmelor produse la descărcări în impulsuri, de mare putere, în gaze rarefiate de greutate atomică mică (ex. deuteriu), se pot obține radiații alcătuite din neutroni rapizi. Plasma este folosită pe larg ca: sursă de radiații (în vizibil sau în alte domenii spectrale) în electronică și electrotehnică (tuburi electronice cu plasmă, redresoare, stabilizatoare etc.), sursă de temperaturi foarte înalte necesare sudurii și topirii unor materiale greu fuzibile (v. plasmatron), mediu activ pentru dispozitivele laser, agent termic în

generatoarele termoionice, magneto-hidrodinamice etc.

**plasmon**, particulă fictivă cu ajutorul căreia este descrisă mișcarea de ansamblu a purtătorilor de sarcină (electroni sau ioni) din interiorul unei plasmă.

**plasticitate**, proprietate a unor corpuri solide de a păstra parțial sau total deformațiile căpătate sub acțiunea unor agenți externi (forțe, căldură etc.), după ce cauzele care le-au produs încetează.

**pleocroism**, proprietate optică a unor substanțe de a absorbi selectiv lumina. Se manifestă la cristalele birefringente, ducând la modificarea culorii acestor cristale atunci când sînt luminate cu lumină albă polarizată, ca efect al fenomenului de interferență. Culoarea cristalului se modifică odată cu variația unghiului de incidență a luminii și a unghiului dintre planul de polarizație și axa optică. În cazul cristalelor uniaxe, fenomenul se numește di-croism. Sin. *policroism*.

**poise (P)**, unitate de măsură a viscozității dinamice în sistemul CGS, ce reprezintă viscozitatea unui fluid în care, pentru a deplasa tangențial cu viteza de 1cm/s o suprafață plană de 1 cm<sup>2</sup>, este necesară o forță de 1 dină. Valoarea poise-ului în SI este:

$$1P = 0,1N \cdot s/m^2.$$

**pol electric**, regiune a unui corp electricizat sau a unui circuit electric, de la care diverg (*polul pozitiv*) sau către care converg (*polul negativ*) liniile de cîmp electric principal.

**pol magnetic**, regiune a unui corp aflat în stare de magnetizare sau a unui circuit magnetic, de la care

diverg (*polul nord*) sau către care converg (*polul sud*) liniile de cîmp magnetic principal.

**polarimetru** v. polarizare a luminii.

**polariscop** v. fotoelasticitate.

**polarizare**, transformare a unei radiații electromagnetice, din stare naturală (nepolarizată) în stare polarizată în care vectorul cîmp electric și vectorul cîmp magnetic prezintă direcții preferențiale de oscilație; planele de vibrație și de polarizație, perpendiculare între ele, au o orientare spațială definită. Se poate produce, prin reflexie pe o suprafață, prin transmisie printr-un mediu transparent, prin dublă refracție, prin împrăștiere etc.

**polarizare a luminii**, polarizare a radiațiilor electromagnetice din domeniul vizibil. În scopul polarizării luminii *prin reflexie*, se utilizează un dispozitiv (fig. 278) alcătuit din două suprafețe plan-paralele de sticlă înnegrită sau dintr-un alt dielectric, avînd funcțiile de polarizor ( $O_1$ ) și analizor ( $O_2$ ).

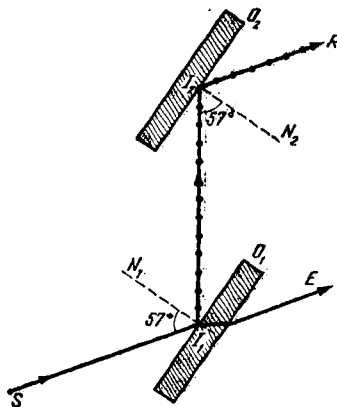


Fig. 278

Raza de lumină naturală  $SI_1$  incidentă pe prima devine, după reflexie, polarizată. Pentru un unghi de incidență egal cu unghiul Brewster (v. legea Brewster), care depinde de proprietățile dielectricului folosit, raza reflectată  $I_1I_2$  este total (sau liniar) polarizată. Pentru alte valori ale unghiului de incidență, raza  $I_1I_2$  este parțial polarizată. Descompunând vectorul electric (numit și „vector luminos“) al unei raze de lumină după două direcții, una paralelă cu planul de incidență iar cealaltă perpendiculară pe acesta, și notînd cu  $I_{\parallel}$  și  $I_{\perp}$  intensitățile de radiație corespunzătoare celor două componente, expresia:

$$P = \frac{I_{\perp} - I_{\parallel}}{I_{\perp} + I_{\parallel}}$$

poartă numele de *grad de polarizare* și ia valori între 0 și 1. Lumina naturală are gradul de polarizare nul ( $I_{\perp} = I_{\parallel}$ ), iar lumina total polarizată are gradul de polarizare maxim ( $P = 1$ ), ea conținînd numai vibrații perpendiculare pe planul de incidență, cele paralele cu acest plan fiind absente ( $I_{\parallel} = 0$ ); în cazul  $0 < P < 1$ , lumina este parțial polarizată. Gradul de polarizare prin reflexie al razei  $I_1I_2$  poate fi determinat prin rotirea oglinzii analizoare  $O_2$  în jurul direcției  $I_1I_2$ . După cum planele de incidență (sau normalele  $I_1N_1$  și  $I_2N_2$ ) ale celor două oglinzi sînt paralele sau perpendiculare, intensitatea razei  $I_2R$  are valoarea maximă sau minimă; în cursul unei rotații de  $360^\circ$ , intensitatea trece prin două maxime și două minime, iar dacă incidența este brewsteriană (pentru sticlă, unghiul Brewster este aprox.  $57^\circ$ ), minimele sînt nule (lumina este total polarizată). Analizorul poate fi nu numai o oglindă, ci orice

dispozitiv polarizor (ex. un nicol). În acest caz, intensitățile maxime ale razei emergente vor fi obținute pentru cazul în care planul secțiunii principale a nicolului este perpendicular pe planul de reflexie al oglinzii polarizoare  $O_1$ , iar cele minime — pentru poziția paralelă a acestor două plane. Dacă mediul dielectric folosit este transparent, o parte din lumina naturală incidentă în  $I_1$ , care străbate placa, conform legilor refracției, este polarizată prin refracție (sau prin transmisie); la incidența brewsteriană ea are cel mai mare grad de polarizare dar subunitar, lumina fiind parțial polarizată. Dacă placa dielectrică este din sticlă ( $n = 1,5$ ) atunci, după o primă refracție, gradul de polarizare al luminii este de aprox. 0,08, iar după o a doua refracție, valoarea acestuia crește cu încă 0,08. Deci, o lamă de sticlă cu fețe plan-paralele polarizează lumina prin transmisie în proporție de 15—16%. Alcătuiind un pachet de mai multe lame, gradul de polarizare poate fi mărit, în urma refracțiilor succesive; un astfel de dispozitiv, cu 8—10 lame, poate furniza lumină aproape total polarizată. Trimițînd un fascicul îngust de lumină naturală de la sursa  $S$  printr-un cristal birefringent de spat de Islanda (v. anizotropie optică), tăiat cu fețe plan-paralele (fig. 279), se poate obține lumină polarizată prin dublă refracție. Lumina incidentă se va despica în două fascicule (pe ecranul  $E$  apărînd două pete luminoase alcătuite din lumină total polarizată), care vor avea în interiorul cristalului direcții diferite, iar în afara cristalului vor fi paralele cu direcția fasciculului incident. Vectorul electric al unuia din fascicule oscilează după o singură direcție, perpendiculară pe direcția

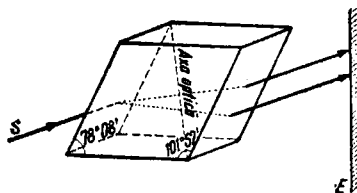


Fig. 279

de vibrație corespunzătoare celui-lalt fascicul.

Unele cristale birefringente pot produce lumină polarizată *prin dichroism* (v.); astfel, într-o lamă de turmalină suficient de groasă (aprox. 1 mm), raza ordinară de lumină este practic complet absorbită (cea extraordinară fiind total polarizată).

*Polarizarea eliptică* a luminii se obține cu ajutorul unei lame 2 plan-paralele, tăiată dintr-un cristal uniax (ex. spat de Islanda), astfel ca cele două fețe ale ei să fie paralele cu axa optică (fig. 280). Dacă, perpendicular pe suprafața lamei cade o rază de lumină total polarizată de către nicolul 1, aceasta va fi descompusă în două raze — ordinară și extraordinară — care se vor propaga în aceeași direcție, dar cu viteze diferite. Planul de vibrație al razei extraordinare conține axa optică, iar cel al razei ordinară este perpendicular pe această axă. Având viteze diferite în lamă, ele ajung la ieșire cu o diferență de drum optic

$$\delta = l(n_e - n_o),$$

în care  $l$  este grosimea lamei, iar  $n_e$  și  $n_o$  sînt indicii ei de refracție pentru raza extraordinară și, respectiv, ordinară. Virful vectorului luminos rezultat din compunerea celor două oscilații

perpendicularare descrie, în general, o elipsă, iar lumina conținînd astfel de vibrații poartă numele de lumină polarizată eliptic. Cele două direcții de vibrație  $Ox$  și  $Oy$  ale vectorilor electrici ai razei ordinare și extraordinare ce se propagă în interiorul lamei se numesc *axele neutre* ale lamei (fig. 281). Notînd cu  $x$  și  $y$  coordonatele virfului vectorului luminos de-a lungul axelor neutre, ecuația traiectoriei eliptice descrisă de acesta este:

$$\frac{x^2}{a_e^2} + \frac{y^2}{a_o^2} - \frac{2xy}{a_e a_o} \cos \varphi = \sin^2 \varphi,$$

unde  $a_e = A \cos \alpha$  și  $a_o = A \sin \alpha$  sînt componentele amplitudinii  $A$  a vibrației incidente, ce face unghiul  $\alpha$  cu axa optică. Unghiul

$\varphi = \frac{2\pi\delta}{\lambda}$  reprezintă diferența de

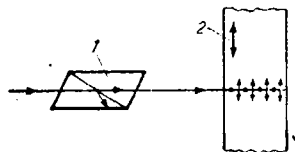


Fig. 280

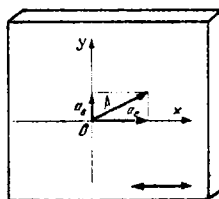


Fig. 281

fază dintre cele două vibrații perpendiculare cu lungimea de undă  $\lambda$ , după ce acestea au străbătut grosimea  $l$  a lamei. Lama, pentru care  $\varphi = 2k\pi$  sau  $\delta = l(n_e - n_o) = k\lambda$  (unde  $k = 1, 2, 3, \dots$ ), se numește *lamă-undă*. În acest caz, ecuația elipsei se reduce la ecuația unei drepte, din lama-undă lumina ieșind liniar polarizată în planul de vibrație al razei incidente. Dacă  $\varphi = (2k + 1)\pi$  sau

$$\delta = l(n_e - n_o) = (2k + 1) \frac{\lambda}{2},$$

lama se numește *lamă-semiundă*; în acest caz, lumina emergentă este tot liniar polarizată, direcția ei de vibrație fiind de asemenea unghiul  $\alpha$  cu axa optică, dar avînd o poziție simetrică față de această

axă. Dacă  $\varphi = (2k + 1) \frac{\pi}{2}$  sau

$$\delta = l(n_e - n_o) = (2k + 1) \frac{\lambda}{4},$$

elipsa are ecuația:  $\frac{x^2}{a_e^2} + \frac{y^2}{a_o^2} = 1$ .

Lama se numește, în acest caz, *lamă-sfert de undă* și produce lumină eliptic polarizată; elipsa descrisă de virful vectorului electric are semiaxe sale de-a lungul axelor neutre ale lamei. Dacă planul de vibrație al razei incidente face un unghi de  $45^\circ$  cu axele neutre, raza emergentă este circular polarizată.

Fenomenul optic de rotire a planului de polarizație a luminii liniar polarizate, întîlnit în cazul anumitor substanțe (ex. cuarț, cristale de zahăr, zahăr în soluție, cinabru, clorat de sodiu, terebentină, sulfat de chinină etc.), este numit *polarizare rotatorie*. Această proprietate a lor poartă numele de *activitate optică*. Unele substanțe

*optic-actives* sînt *dextrogire* adică rotesc planul de polarizare „spre dreapta“ (în sensul de rotire a acelor de ceasornic) pentru observatorul spre care vine lumina, iar altele sînt *levogire*, adică dau o rotire „spre stînga“ (în sens invers acelor de ceasornic) a acestui plan. Unghiul  $\varphi$  de rotire a planului de polarizație este proporțional cu grosimea  $l$  a stratului străbătut de lumină:  $\varphi = \alpha l$ ; coeficientul  $\alpha$  se numește *putere rotatorie* și este o constantă caracteristică substanței. Valoarea acesteia depinde de lungimea de undă a radiației incidente, ceea ce duce la producerea fenomenului de *dispersie rotatorie*. Fenomenul de rotire a planului de polarizație se datorește structurii asimetrice a cristalelor (optic-actives — în cazul solidelor), sau a moleculelor (în cazul lichidelor). Fiind o proprietate moleculară, rotirea crește proporțional cu numărul moleculelor din calea fasciculului de lumină polarizată, deci cu grosimea stratului străbătut, și cu concentrația. Pe această bază sînt construite *polarimetrele* și *zaharimetrele*, aparate folosite la determinarea concentrației unei substanțe optic-actives dizolvate într-un solvent.

Polarizarea rotatorie care se produce într-un mediu izotrop introdus într-un cîmp magnetic intens, datorită interacției dintre acesta și electronii opticii ai atomilor și moleculelor mediului, se numește *polarizare rotatorie magnetică* (sau *efect Faraday*). Unghiul de rotire a planului de polarizație este direct proporțional cu lungimea  $l$  a drumului străbătut de lumină în substanță și cu intensitatea  $H$  a cîmpului magnetic:

$$\varphi = \rho l H,$$

unde  $\rho$  este o constantă caracteristică substanței și se numește *constantă Verdet*. Pentru un anumit corp, sensul rotirii magnetice nu depinde de sensul de propagare a luminii, ci de sensul cîmpului magnetic exterior; majoritatea substanțelor introduse în cîmp magnetic devin dextrogire și numai un mic număr — levogire. În general, polarizarea rotatorie magnetică depinde de lungimea de undă a luminii folosite (fenomen denumit *dispersie rotatorie magnetică*) prin intermediul constantei Verdet:

$$\rho = \frac{A}{\lambda^2} + \frac{B}{\lambda^4},$$

unde  $A$  și  $B$  sînt constante ce depind de natura substanței.

**polarizare electrică**, obținerea unei asimetrii în distribuția sarcinilor electrice pozitive și negative ale unui mediu, corp sau sistem fizic (atom, moleculă etc.).

**polarizare electrochimică** (sau **electrolitică**), acumulare la electrozi a ionilor care realizează conducția într-o baie electrolitică, într-un element galvanic etc., micșorînd astfel intensitatea curentului electric prin soluție.

**polarizare magnetică**, magnetizare.

**polarizație a luminii**, ansamblul fenomenelor legate de polarizarea luminii și de efectele luminii polarizate.

**polarizație electrică (P)**, mărime vectorială exprimată prin limita raportului dintre momentul electric elementar  $\Delta p$  al unui volum

elementar  $\Delta V$  și acesta din urmă cînd valoarea sa tinde către zero:

$$P = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta p}{\Delta V} = \frac{dp}{dV}.$$

În SI se măsoară în coulombi pe metru.

**polarizor**, dispozitiv cu ajutorul căruia se poate obține lumină polarizată, dintr-un fascicul de lumină naturală. Poate furniza lumină polarizată prin reflexie, prin refracție, prin dublă refracție sau prin dicroism. Pentru polarizarea luminii prin reflexie se utilizează oglinzi plane dielectrice (sticlă, marmură etc.) neacoperite cu vreun strat metalic. Un polarizor prin transmisie este alcătuit din mai multe plăci dielectrice transparente alipite, montate într-un tub suport, astfel ca lumina să cadă pe suprafața sistemului sub un unghi de incidență egal cu unghiul Brewster. Pe baza fenomenului de dublă refracție, se construiesc polarizori de forma unor prisme speciale, numite nicoli. O altă categorie de polarizori o constituie lamelele dicroice (v. dicroism).

**polaron**, particulă fictivă cu ajutorul căreia este descrisă deplasarea unui electron printr-un cristal în care acesta creează o polarizare locală.

**polierolism**, pleocroism.

**poligon al forțelor** v. forță.

**polimorfism**, proprietatea unor substanțe de a cristaliza în mai multe tipuri de cristalizare (ex. carbonatul de calciu poate apărea sub formă de aragonit sau de calcit).



**pompaj optic**, procedeul de excitare a atomilor, moleculelor sau ionilor unui mediu prin iradiere cu radiații electromagnetice de o anumită lungime de undă. Dacă  $E_m$  și  $E_n$  sînt două nivele de energie, inferior și, respectiv, superior, ale unei specii de atomi din mediul dat, interacția rezonantă a fotonilor de energie  $h\nu_0 = E_n - E_m$  din radiația incidentă cu atomii respectivi duce la absorbția fotonilor de către atomi și excitarea acestora pe nivelul  $n$  în urma tranziției  $m \rightarrow n$ . Pompajul optic constituie unul din mijloacele folosite pentru realizarea inversiei de populație (v.) în dispozitivele de tip laser, maser și iraser.

**pompă de vid**, dispozitiv cu ajutorul căruia este evacuat aerul sau un alt gaz dintr-un spațiu închis, în care se obține astfel o presiune inferioară celei atmosferice. O pompă de vid preliminar funcționînd pe baza proprietății de expansiune a gazelor este *pompa mecanică (cu palete) rotativă* (fig. 282). Printr-un orificiu  $I$  al unei astfel de pompe gazul este aspirat din incinta de vidat, iar prin  $E$  este evacuat în exterior. Rotorul  $R$  al pompei este situat în centrul camerei pompei  $C$ , fiind prevăzut cu două palete  $A$  și  $B$  care sînt

acționate de un arc pentru a se asigura o etanșeitate cît mai perfectă cu pereții camerei. La rotirea paletelor (care trec succesiv prin pozițiile  $a$ ,  $b$  și  $c$ ), gazul din incintă este supus în mod periodic unei detente, trecînd în spațiul din camera pompei limitat de cele două palete, pentru ca apoi să fie evacuat. Presiunea realizată în incintă poate ajunge în acest caz pînă la valoarea de  $10^{-3}$  Torr. Pentru obținerea vidului înaintat se folosesc *pompele de difuzie* (cu vapori de ulei sau de mercur); utilizarea lor începe numai după ce în incinta de vidat s-a realizat (cu pompa mecanică — de vid preliminar) presiunea de  $10^{-2}$  Torr. În interiorul unei pompe de difuzie (fig. 283), o cantitate de ulei (sau de mercur)  $U$  este încălzită pînă în punctul de fierbere. Vaporii acesteia se ridică prin coloana cilindrică  $G$  și sînt dirijați prin  $c$  spre peretele  $A$  al pompei răcit cu apă, pe care condensează. Printre moleculele de ulei difuzează moleculele gazului, care vin prin  $I$  din incinta de vidat și sînt antrenate prin tubul  $E$  spre pompa de vid preliminar. În funcție de calitățile lichidului (mercur sau ulei), de caracteristicile constructive ale instalației de vid și de capca-

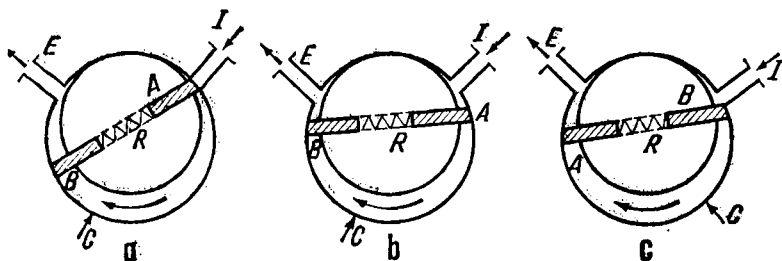


Fig. 282

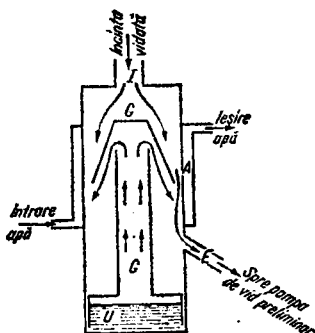


Fig. 283

nele cu vid folosite, presiunea gazului poate coborî pînă la valori de ordinul  $10^{-6}$  Torr. Vidul cel mai înaintat (de pînă la  $10^{-12}$  Torr) este obținut cu ajutorul pompei de ionizare al căror principiu de funcționare este același cu cel al manometrului de ionizare. V. vid.

**pondere statistică** v. nivel energetic.

**Popovici, Andrei** (1914—1963), fizician român, profesor la Universitatea București. Studii în fizica teoretică, fizica statistică, mecanica cuantică.

**portanță**, forță perpendiculară pe liniile de curent ale unui fluid

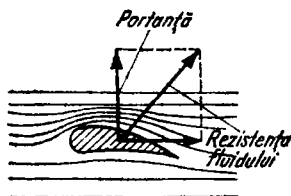


Fig. 284

viscos ce curge în jurul unui corp asimetric, componentă a forței de rezistență opusă de corp înaintării fluidului (fig. 284). Apare ca urmare a diferenței de presiune statică ce apare între fețele opuse ale corpului, datorită presiunii dinamice superioare pe suprafața de arie mai mare (viteza fluidului fiind mai mare). În cazul deplasării în aer a corpurilor de profil aerodinamic, portanța este o componentă a rezistenței aerodinamice care asigură susținerea lor. V. legea Bernoulli.

**postulatele Bohr** v. model atomic.

**postulatul Clausius** v. termodinamică.

**potențial 1.** Funcție scalară sau vectorială de coordonate spațiale asociată unui cîmp vectorial care, prin derivare în raport cu coordonatele, servește la obținerea componentelor intensității cîmpului respectiv în direcția acestor coordonate. În cazul *potențialului scalar* intensitatea cîmpului într-un anumit punct este dată de gradientul cu semn schimbat al funcției scalare, iar în cazul *potențialului vectorial* — de rotorul funcției vectoriale. Suprafața în ale cărei puncte valoarea potențialului este aceeași se numește *suprafață echi-potențială*.

**2.** Diferența dintre valorile potențialului(1) în două puncte ale spațiului; se numește, de obicei, *tensiune*.

**3.** Denumire dată uneori energiei potențiale; v. barieră de potențial, groapă de potențial.

**potențial cinetic, funcție Lagrange.**

**potențial critic, potențial (2) electric** necesar accelerării electronilor care, prin ciocniri neelastice, aduc o anumită specie de atomi într-o

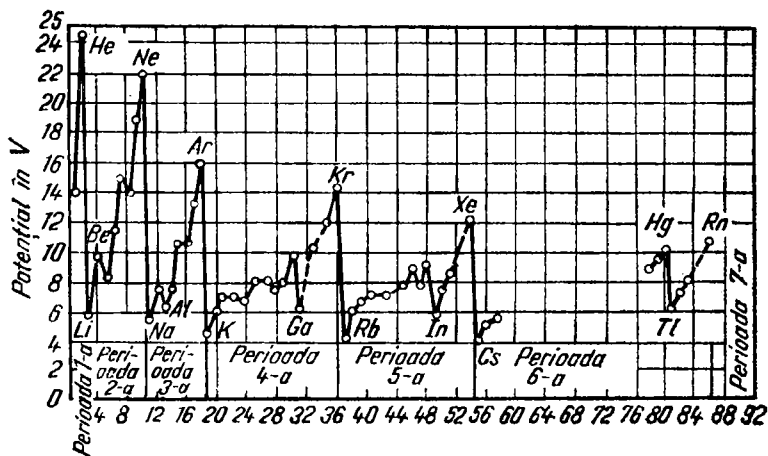


Fig. 285

stare energetică superioară. Dacă atomii se află în starea fundamentală, iar în urma ciocnirilor trec în prima stare energetică excitată, potențialul de accelerare respectiv este *primul potențial critic* sau *potențialul de rezonanță*.

**potențial de aprindere v. descărcare electrică.**

**potențial de ionizare, potențial (2) electric, necesar accelerării electronilor pentru a ioniza o anumită specie de atomi prin ciocniri neelastice.** Este caracteristic fiecărei specii de atomi și variază periodic cu numărul de ordine al elementului (fig. 285), în mod analog cu prima energie de ionizare.

**potențial de rezonanță v. potențial critic.**

**potențial de străpungere v. descărcare electrică.**

**potențial disruptiv v. descărcare electrică,**

**potențial electric (V), potențial (1) scalar, numeric egal cu lucrul mecanic executat de forțele electrice care deplasează o sarcină  $q$ , egală cu o unitate, dintr-un punct al câmpului electric creat de sarcina electrică  $Q$  la infinit.** În SI se măsoară în volți. Expresia sa se poate calcula prin integrarea lucrului mecanic elementar  $dL = \int qEds$  ( $E$  fiind intensitatea câmpului electric, iar  $ds$  — spațiul elementar străbătut); cunoscând

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q}{r^3} r \text{ și } rds = rdr, \text{ rezultă:}$$

$$L = \frac{qQ}{4\pi\epsilon} \int_r^\infty \frac{dr}{r^2} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon r},$$

în care  $\epsilon$  este permitivitatea mediului, iar  $r$  — vectorul de poziție al punctului considerat. Pentru  $q = 1$ , rezultă:

$$V(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon r}.$$

În cazul în care câmpul este creat de un sistem de sarcini electrice (pozitive și negative), potențialul rezultat într-un anumit punct va fi egal cu suma algebrică a potențialelor produse de fiecare sarcină a sistemului în parte.

**potențial gravitațional** v. câmp gravitațional.

**potențial izobar** v. potențial termodinamic.

**potențial (sau funcție) termodinamic(ă)**, funcție de stare a cărei variație, în condiții determinate, este egală cu lucrul mecanic efectuat de sistemul termodinamic considerat. Se cunosc patru potențiale termodinamice: energia internă, entalpia, energia liberă și entalpia liberă.

*Energia internă* ( $U$ ) este o funcție a cărei variație nu depinde de transformarea pe care o suferă sistemul. Dacă se alege ca variabile de stare entropia  $S$  și volumul  $V$ , variația elementară a energiei interne se exprimă prin:

$$dU = TdS - dL,$$

unde  $T$  este temperatura sistemului,  $TdS$  — cantitatea de căldură, iar  $dL$  — lucrul mecanic schimbat de sistem cu exteriorul. Când transformarea este izentropică, sistemul schimbă doar lucru mecanic cu exteriorul, iar relația devine:

$$dU = -dL.$$

De unde, prin integrare, se obține:

$$U_1 - U_2 = L_{12},$$

adică, într-o transformare izentropică și reversibilă variația energiei interne este egală cu lucrul mecanic schimbat de sistem cu exteriorul.

În cazul *entalpiei* ( $H$ ), sint alese ca variabile de stare entropia  $S$  și presiunea  $p$ ; expresia finită a sa este:

$$H = U + pV,$$

iar cea diferențială:

$$d(U + pV) = TdS + pdV + Vdp - dL.$$

Când sistemul interacționează mecanic, electric, magnetic etc. cu exteriorul, lucrul mecanic total schimbat într-o transformare elementară este  $dL$ . Lucrul mecanic efectuat în sens opus presiunii exterioare  $p$  fiind  $pdV$ , lucrul mecanic util este:

$$dL_{util} = dL - pdV.$$

Din ultimele două relații se obține:

$$dH = TdS + Vdp - dL_{util},$$

iar în cazul transformărilor reversibile izentropice și izobare:

$$dH = -dL_{util};$$

de unde, prin integrare, rezultă:

$$H_1 - H_2 = L_{12util},$$

adică variația entalpiei unui sistem este egală cu lucrul mecanic util schimbat de sistem cu exteriorul.

*Energia liberă* ( $F$ ) este exprimată în funcție de variabilele de stare volum  $V$  și temperatură  $T$ . Pentru a obține expresia acestei funcții, se pornește de la relația:

$$dU - d(TS) = dU - SdT - TdS,$$

unde, substituind variația elementară a energiei interne  $dU$ , se obține:

$$dU - d(TS) = -SdT - dL,$$

Potențialul termodinamic	Parametrii de stare	Expresia diferențială	Mărimile calculate	Relații rezultate
$U$	$S, V$	$dU = TdS - pdV$	$\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V = T, \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S = p$	$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial p}{\partial S}\right)_S$
$H = U + pV$	$S, p$	$dH = TdS + Vdp$	$\left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_p = T, \left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_S = V$	$\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_p$
$F = U - TS$	$T, V$	$dF = -SdT - pdV$	$\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = -p, \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = -S$	$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$
$G = H - TS$	$T, p$	$dG = Vdp - SdT$	$\left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T = V, \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = -S$	$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = -\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T$

În cazul unei transformări izoterme reversibile, această relație devine:

$$-d(U - TS) = dL;$$

expresia energiei libere este

$$F = U - TS,$$

iar variația sa finită,

$$F_1 - F_2 = L_{12},$$

este egală cu lucrul mecanic schimbat de sistem cu exteriorul. *Entalpia liberă* (sau *potențialul izobar*,  $G$ ) are ca variabile de stare temperatura  $T$  și presiunea  $p$ . Expresia finită a sa este:

$$G = U + pV - TS = F + pV,$$

iar cea diferențială:

$$dG = Vdp - SdT - (dL - pdV),$$

care se mai poate scrie:

$$dG = Vdp - SdT - dL_{util}.$$

În transformările izoterme și izobare această relație devine:

$$dG = -dL_{util},$$

din care, prin integrare, se obține:

$$G_1 - G_2 = L_{2util},$$

adică variația entalpiei libere este egală cu lucrul mecanic util schimbat de sistem cu exteriorul. Cunoașterea potențialelor termodinamice este necesară pentru calcularea mărimilor caracteristice unui sistem termodinamic. În cazul interacțiilor mecanice și termice, modul de calcul al acestora este ilustrat în tabelul 22.

**potențiomtru.** montaj folosit pentru divizarea tensiunii electrice, format dintr-un reostat cu unul sau mai multe cursoare, prevăzut

cu borne de acces. Tensiunea de divizat se aplică la bornele aflate la capetele reostatului, iar fracțiunea de tensiune necesară se obține între două puncte de pe reostat și este egală cu căderea de tensiune între aceste două puncte.

**pozitron**( $e^+$ ), particulă elementară a cărei masă este egală cu cea a electronului, avind sarcina electrică egală în valoare absolută cu a acestuia, dar de semn pozitiv. Este antiparticula electronului. A fost descoperit (1932) în radiația cosmică de C.D. Anderson; pe cale artificială, a fost pus în evidență la crearea de perechi electron-positron, în procesul de interacție al radiației gama cu substanța, de P.M. Blackett, G. Occhialini și F. Joliot-Curie. Sin. *antielectron*.

**pozitroniu**, ansamblu instabil, compus dintr-un electron și un pozitron care gravitează în jurul centrului lor de masă. A fost descoperit în 1951.

**prag fotoelectric** v. efect fotoelectric.

**praguri auditive**, limite de frecvențe, intensități și durată, între care urechea umană poate percepe sunetele. Pentru o sensibilitate auditivă normală, limita minimă de intensitate sonoră la o frecvență de 1 000 Hz este  $I_0 = 10^{-12} \text{W/m}^2$  și se numește *prag auditiv inferior*. El corespunde unei presiuni sonore eficace de  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{N/m}^2$ .  $I_0$  și  $p_0$  se mai numesc *intensitate* și, respectiv, *presiune de referință*. Pentru alte frecvențe, valoarea pragului auditiv inferior este diferită (fig. 286). Limita maximă de intensitate sonoră perceptibilă pentru un sunet normal, fără ca senzația să fie dureroasă, este  $I_M = 10^3 \text{W/m}^2$  și se numește *prag auditiv superior*;

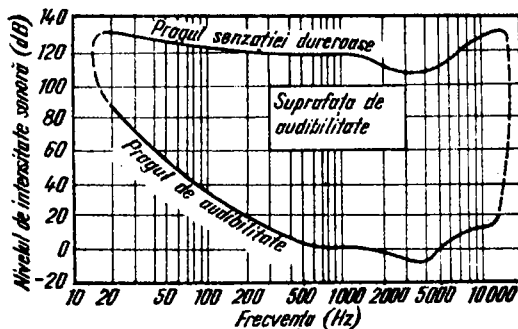


Fig. 286

presiunea acustică corespunzătoare este de  $20 \text{ N/m}^2$ . Se observă că  $\frac{I_M}{I_0} = 10^{14}$ , adică domeniul de sensibilitate al urechii este foarte larg. Durata minimă a unei excitații sonore pentru ca ea să fie percepută este de 60 ms; când durata este mai mică, sunetul este perceput sub formă de pocnet. Urechea umană posedă și o anumită inerție, o senzație auditivă persistând un timp de 50–60 ms. Organul auditiv al omului, urechea, este alcătuită din trei părți: urechea externă, urechea medie (sau mijlocie) și urechea internă. Urechea externă este constituită din pavilionul urechii, care colectează și dirijează undele sonore spre canalul auditiv și, de aici, spre urechea mijlocie, de care este separat printr-o membrană, numită timpan. Canalul auditiv, de formă aproximativ cilindrică, cu un diametru de 0,7 mm și o lungime de 2,5 cm, este o cavitate rezonantă cu frecvența proprie de aprox. 3 000 Hz, ce realizează la nivelul timpanului o amplificare a presiunii sonore de aproximativ 10 dB, pentru sunetele cu frecvența între 2 000 și 6 000 Hz,

motiv pentru care sensibilitatea urechii este maximă în acest domeniu de frecvență. Timpanul are o formă conică și este caracterizat de o frecvență proprie de 1 200–1 400 Hz. Urechea mijlocie este o cavitate cu volumul de  $1\text{--}2 \text{ cm}^3$ , în care se găsesc trei oscioare: ciocânelul, nicovala și scărița, ce realizează o amplificare în raportul 30 : 1 a presiunii preluate de la timpan. Prin intermediul unui canal, numit trompa lui Eustache, care comunică cu cavitatea bucală, urechea mijlocie se află în legătură cu mediul exterior. Aceasta permite realizarea unui echilibru între presiunea aerului de o parte și de cealaltă a timpanului, evitându-se distrugerea acestuia de către sunetele prea puternice. Urechea internă este alcătuită din trei părți: vestibulul, canalele semicirculare și melcul. Acesta din urmă este un tub răsucit de 2,75 ori, cu lungimea de 3,1 cm și volumul de  $0,2 \text{ cm}^3$ , fiind împărțit în două de membrana bazilară pe care se găsesc terminațiile a aprox. 24 000 de fibre nervoase de diferite lungimi (0,04 – 0,5 mm); ele se comportă ca niște coarde vibrante, care, având lungimi diferite, reac-

ționează la frecvențe diferite, realizând astfel o descompunere a sunetului.

**precesie**, mișcare relativ lentă a axei de rotație ce trece printr-un punct fix, a unui corp (sau a unei particule) care se rotește rapid; în timpul mișcării, axa descrie un con cu vârful în punctul fix.

**presă hidraulică**, dispozitiv cu ajutorul căruia se exercită o forță de apăsare statică. Este alcătuită din două vase cilindrice comunicante, de diametre diferite, limitate în partea superioară de două pistoane aflate în legătură cu un rezervor cu lichid  $R$  (fig. 287). Prin apă-

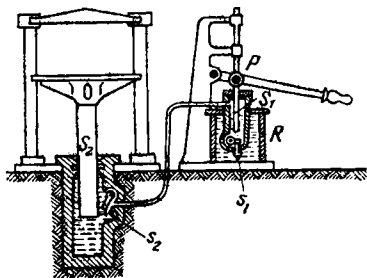


Fig. 287

sarea pe pistonul mic  $P$ , supapa  $s_1$  este închisă și lichidul este obligat să intre în cilindrul mare, împingând cu o forță  $F_2 = pS_2$  pistonul mare  $O$ , de suprafață  $S_2$ . Presiunea  $p$  este aceeași pe pistonul mic  $p = \frac{F_1}{S_1}$ , dar forța de apă-

sare corespunzătoare este mai mică,  $F_1 < F_2$ , obținindu-se astfel o economie de forță. În caz ideal, lucrul mecanic efectuat de forța activă  $F_1$  este egal cu lucrul efectuat de forța rezistentă  $F_2$ . În

prezența frecărilor, randamentul este

$$\eta = \frac{F_2 h_2}{F_1 h_1},$$

$h_1$  și  $h_2$  fiind deplasările pistoanelor.

**presiune ( $p$ )**, mărime fizică egală cu raportul dintre mărimea forței  $F$ , care apasă normal și uniform pe o suprafață, și aria  $A$  a acestei suprafețe:

$$p = \frac{F}{A}.$$

Este numeric egală cu forța uniform repartizată pe unitatea de suprafață. Se măsoară în newtoni pe metru pătrat (în SI) și în unitățile tolerante: bar, barie, torr, atmosferă tehnică și atmosferă fizică.

**presiune acustică ( $p_a$ )**, diferența dintre presiunea totală dintr-un punct al unui câmp acustic și presiunea statică (presiunea care ar exista în absența undelor acustice, egală de obicei cu presiunea atmosferică în acel punct), la un moment dat. Apare datorită transportului de impuls de către particulele mediului, atinse de undă. În cazul undelor plane, expresia sa este:

$$p_a = a\omega R_a \sin(\omega t - kx),$$

unde  $a$  este amplitudinea de oscilație a particulelor mediului,  $\omega$  — pulsația undei,  $R_a$  — rezistența acustică specifică a mediului,  $k$  — numărul de undă și  $x$  — distanța la sursă. Presiunea acustică maximă este egală cu  $a\omega R_a$ , iar cea eficace:

$$p_{ef} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T p_a^2 dt \right]^{1/2} = \frac{a\omega R_a}{\sqrt{2}},$$

unde  $T$  este perioada undei. În cazul undelor sonore presiunea se numește **sonoră**.



**presiune aerodinamică** v. presiune dinamică.

**presiune aerostatică** v. presiune statică.

**presiune atmosferică** ( $p_0, H$ ), presiune statică exercitată asupra corpurilor de către atmosferă. *Presiunea atmosferică normală* este egală cu o atmosferă fizică. Se măsoară cu ajutorul barometrelor (v.), iar variația sa cu altitudinea este dată de formula barometrică (v.).

**presiune critică** v. punct critic, gaz real.

**presiune de radiație** ( $p$ ), presiune exercitată asupra unui corp iradiat în direcția și sensul propagării radiațiilor prin reflexie sau absorbție. Expresia sa este:

$$p = (1 + \rho)w_i,$$

în care  $w_i$  este densitatea de energie radiantă a unei unde incidente plane, iar  $\rho$  — factorul de reflexie al suprafeței corpului iradiat. În cazul absorbției complete ( $\rho = 0$ ) a unei unde incidente plane,  $p = w_i$ , iar în cazul reflexiei perfecte ( $\rho = 1$ ),  $p = 2w_i = w_r$ ,  $w_r$  reprezentînd suma densităților de energie din unda incidentă și cea reflectată. Dacă radiațiile cad din toate direcțiile pe o suprafață complet absorbantă, presiunea va fi:  $p = \frac{1}{3} w_i$ , iar

pe o suprafață perfect reflectătoare:

$$p = \frac{2}{3} w_i = \frac{1}{3} w_r.$$

**presiune de radiație acustică** ( $p_r$ ), presiune ce se exercită pe o suprafață într-o câmp acustic, atunci cînd de o parte și de cealaltă a

suprafeței densitatea de energie diferă. Este egală cu diferența densităților de energie  $w_1$  și  $w_2$  ale celor două domenii din imediata apropiere a suprafeței:

$$p_r = w_1 - w_2.$$

**presiune** (sau tensiune) de vapori, presiune a vaporilor aflați în echilibru termodinamic cu lichidul din care provin. Valoarea sa maximă corespunde vaporilor saturați. V. higrometrie.

**presiune dinamică** ( $p_d$ ), presiune exercitată asupra corpurilor aflate într-un fluid, în mișcare relativă față de acesta. Este normală pe direcția de mișcare și are expresia:

$$p_d = \frac{\rho v^2}{2},$$

în care  $\rho$  este densitatea fluidului și  $v$  — viteza sa. După cum mișcarea are loc în aer sau într-un lichid, presiunea se numește *aerodinamică* sau *hidrodinamică*.

**presiune hidrodinamică** v. presiune dinamică.

**presiune hidrostatică** v. presiune statică.

**presiune internă** ( $p_i$ ), presiune statică, pe care stratul superficial de molecule o exercită asupra fluidului din care face parte. Grosimea acestui strat este egală cu raza de acțiune a moleculelor fluidului. Presiunea se datorește faptului că fiecare din moleculele sale interacționează cu moleculele vecine, încălcînd simetria sferică pe care o au forțele ce acționează asupra unei molecule din interiorul fluidului. În fig. 288 sînt reprezentate forțele ce acționează asupra unei molecule  $M$ , ce ocupă diferite poziții într-un lichid. Asu-

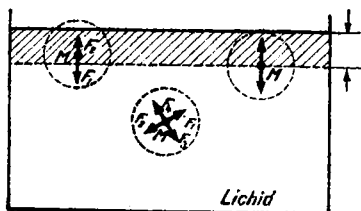


Fig. 288

pra moleculelor aflate în interiorul lichidului, la o adâncime mai mare decât raza lor de acțiune, acționează forțe de atracție  $F_1, F_2, F_3, F_4$  (din partea celorlalte molecule) care își fac echilibru; forțele ce acționează asupra unei molecule aparținând stratului superficial au rezultanta  $F_3$ , a forțelor orientate către exterior, mai mică decât rezultanta  $F_1$ , a celor orientate spre interiorul fluidului, prin compunerea lor obținându-se o forță orientată către interior. Însumind mulțimea acestor forțe ce acționează asupra unui strat superficial de suprafață egală cu unitatea, se obține expresia presiunii interne. Dacă se consideră o porțiune de suprafață curbă din pătura superficială a unui lichid (fig. 289) caracterizată de două secțiuni normale cu raze de curbură  $R_1$  și

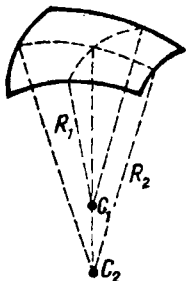


Fig. 289

$R_2$  ( $C_1$  și  $C_2$  fiind centrele cercurilor respective), presiunea internă produsă de stratul superficial este dată de formula Laplace:

$$p_i = p_{i0} \pm \sigma \left[ \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right],$$

unde  $p_{i0}$  este presiunea internă în cazul unei suprafețe plane, iar  $\sigma$  — tensiunea superficială a lichidului; după cum meniscul considerat este convex (ca în figură) sau concav, se consideră semnul plus sau minus. În cazul unui menisc sferic de rază  $R$ , formula Laplace devine:

$$p_i = p_{i0} \pm \frac{2\sigma}{R}.$$

În cazul unui gaz real, presiunea internă are (după Van der Waals) expresia:

$$p_i = \frac{va}{V^2},$$

în care  $V$  este volumul,  $v$  — numărul de moli, iar  $a$  — o constantă ce depinde de natura gazului.

presiune osmotică, presiune statică suplimentară care apare în soluții, producând fenomenul de *osmoză*. Se poate pune în evidență separînd printr-o membrană semi-permeabilă solutul de soluția respectivă. În cazul soluțiilor diluate, presiunea osmotică este egală cu presiunea gazului ideal care, la temperatura soluției, ocupă un volum egal cu al acesteia și are un număr de moli egal cu cel al substanțelor dizolvate. Astfel, cînd soluția este diluată, presiunea osmotică este dată de *ecuația van't Hoff*:

$$p = \frac{C}{\mu} RT,$$

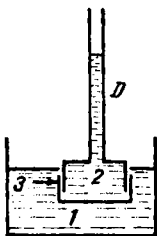


Fig. 290

unde  $C$  este concentrația (masică a) substanței dizolvate,  $\mu$  — masa molară a acesteia,  $R$  — constanta universală a gazelor, iar  $T$  — temperatura absolută a soluției. Presiunea osmotică a unei soluții poate fi măsurată cu un dispozitiv numit *osmometru*, a cărui schemă de principiu este redată în fig. 290; prin membrana semipermeabilă 3 pot trece moleculele solventului 1, dar nu și cele ale dizolvanțului din soluția 2. Astfel, solventul pătrunde în soluție ridicând nivelul acesteia în tubul  $D$  pînă la egalarea presiunii hidrostatice cu cea osmotică.

**presiune statică** ( $p_0$ ), presiune exercitată în toate direcțiile asupra corpurilor situate în interiorul unui fluid, aflate în mișcare sau în repaus. Se datorește greutateții coloanei de fluid de deasupra nivelului considerat. Este denumită *aerostatică* — în cazul aerului, și *hidrostatică* — în cazul lichidelor. În ultimul caz, este numeric egală cu greutatea coloanei de lichid cu secțiunea de o unitate, considerată de la nivelul corpului respectiv:

$$p_0 = \frac{G}{S} = \rho gh,$$

$\rho$  fiind densitatea lichidului,  $h$  — înălțimea coloanei de lichid și  $g$  — accelerația gravitațională.

primar v. transformator.

principiul acțiunii și reacțiunii v. dinamică.

principiul Arhimede, legea Arhimede.

principiul autofazării v. accelerator.

principiul conservării energiei v. termodinamică, energie.

principiul corespondenței: legile unui fenomen exprimate într-o anumită teorie trebuie să coincidă, în urma particularizării, cu legile aceluiași fenomen exprimate în cadrul unei teorii mai generale (ex. legile mecanicii cuantice tind la limită, în cazul numerelor cuantice mari, către legile mecanicii clasice).

principiul d'Alembert: în fiecare moment, forțele de inerție ale unui sistem de puncte materiale și cele aplicate asupra lui își fac echilibrul. Într-o formulare mai riguroasă, acest principiu analitic al dinamicii precizează că lucrul mecanic al forțelor efective, ce acționează asupra unui punct material aflat într-o deplasare reversibilă, compatibilă cu legăturile la care este supus corpul, este nul. Servește ca metodă de calcul în studiul dinamicii sistemelor fizice.

principiul de combinare Rydberg-Ritz v. termen spectral.

principiul deplasării echilibrului: cînd un sistem se transformă sub acțiunea unei cauze externe sau interne, în el apare o transformare suplimentară, care tinde

să o slăbească pe prima. A fost formulat pentru prima oară (în 1864) de van't Hoff și apoi (tot în 1884) generalizat de Le Châtelier. Citeva exemple de aplicare a acestui principiu sînt: dizolvarea unui corp solid într-un lichid (pentru a se împotrivi procesului, sistemul se răcește), încălzirea vaporilor de iod (sistemul absoarbe căldura prin disociere), legea Lenz din electromagnetism.

**principiul excluderii:** într-un atom sau sistem atomic (moleculă) nu poate exista decît un singur electron caracterizat de același grup de patru numere cuantice:  $n, l, j, m_j$ . A fost enunțat de către W. Pauli în 1925, în urma analizei schemei termenilor spectrali ai atomilor, pentru a explica absența unor stări energetice posibile din punct de vedere formal. Conform acestui principiu, numărul de electroni ce pot exista într-o pătură electronică este limitat la  $N = 2n^2$ , în care  $n$  este numărul cuantic principal și se permite astfel explicarea succesiunii elementelor în sistemul periodic al elementelor ( $v$ ).

**principiul Fermat:** parcursul real al unei raze de lumină între două puncte este acela de-a lungul căruia drumul optic are o valoare minimă, maximă sau staționară. Notînd cu  $n_i$  și  $l_i$  indicii de refracție și, respectiv, drumurile geometrice parcurse, principiul lui Fermat sub formă diferențială este:

$$\delta \sum_i n_i l_i = 0$$

sau, dacă raza străbate un mediu continuu neomogen:

$$\delta \int_B^A n dl = 0,$$

unde  $A$  și  $B$  sînt cele două puncte prin care trece raza de lumină. Deoarece  $n = c/v$ , iar  $dl = v dt$ , unde  $c, v$  sînt vitezele luminii în vid, respectiv în mediul optic dat, și  $dt$  este timpul în care lumina străbate elementul  $dl$ , se poate scrie:

$$\delta \int_A^B dt = 0.$$

**principiul Huygens:** orice sursă primară de unde poate fi înlocuită prin surse secundare, distribuite pe o suprafață închisă (de obicei, suprafața de undă) ce conține sursa primară. A fost demonstrat pe baza teoriei generale a elasticității, pornind de la observația că perturbația inițială ce se propagă într-un mediu este reprodusă de toate punctele lui, atinse de undă. În fig. 291,  $a$  și  $b$ , este arătată construcția cu ajutorul acestui principiu a frontului de undă, în cazul unei surse  $C$  de unde sferice, la distanțele  $R$  respectiv  $R_1$ , și, respectiv, în cazul undelor plane. Frontul de undă coincide cu cel al undeii primare și reprezintă înfășurătoarea undelor secundare. Acest principiu a permis explicarea, pe baza teoriei ondulatorii, a nume-

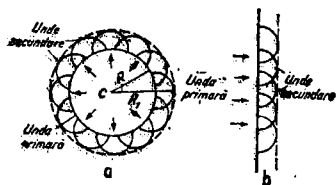


Fig. 291

roase fenomene cum arfi: reflexia, refracția, interferența, difracția, dubla refracție.

**principiul inerției v. dinamică.**

**principiul minimei acțiuni v. acțiune.**

**principiul Nernst v. termodinamică.**

**principiul Pascal, legea Pascal.**

**principiul peretelui rece, principiul Watt.**

**principiul suprapunerii (sau al superpoziției):** un sistem cuantic, care este descris de funcția de undă  $\Psi_1$ , în starea cuantică 1 și de funcția de undă  $\Psi_2$  în starea 2, se poate afla și în starea cuantică descrisă de funcția de undă:

$$\Psi = a_1 \Psi_1 + a_2 \Psi_2,$$

$a_1$  și  $a_2$  fiind amplitudinile celor două funcții de undă. În general, dacă sistemul se poate găsi în stările cuantice 1, 2, ..., n, descrise de funcțiile de undă  $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_n$ , starea descrisă de funcția:

$$\Psi = \sum_{i=1}^n a_i \Psi_i$$

este o stare posibilă a sistemului.

**principiul Watt (sau al peretelui rece):** un lichid care se află într-o incintă închisă se găsește în echilibru cu vaporii săi numai dacă presiunea acestora este egală cu presiunea vaporilor saturați, corespunzătoare temperaturii celei mai coborâte din incintă. Stă la baza funcționării capcanelor de vid și a instalațiilor de distilat.

**principiile calorimetrice v. calorimetrie.**

**principiile dinamicii v. dinamică.**

**principiile teoriei relativității v. teoria relativității.**

**principiile termodinamicii v. termodinamică.**

**prismă optică,** piesă optică dintr-un material transparent limitat de doi dioptri plani, care formează între ei un unghi numit unghi refringent sau *unghiul prismei*. Linia de intersecție a celor doi dioptri se numește *muchia prismei*, iar un plan perpendicular pe muchie se numește *secțiune principală a prismei*. Pentru razele cuprinse într-o secțiune principală (fig. 292) formulele prisme au o formă simplă:

$$\sin i_1 = n \sin r_1$$

$$\sin i_2 = n \sin r_2$$

$$r_1 + r_2 = A$$

$$\delta = i_1 + i_2 - A,$$

unde  $\delta$  este unghiul de deviație, iar  $n$  — indicele de refracție relativ al prisme, față de mediul înconjurător (în figură este considerat cazul  $n > 1$ ). Dacă  $\delta_{min}$  este unghiul de deviație minimă (pentru care deviațiile produse de

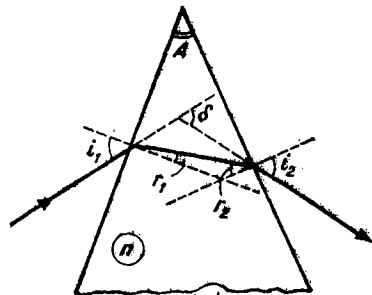


Fig. 292

prismă sînt minime),  $i_1 = i_2 = i_0$  și  $r_1 = r_2 = r_0$ , iar relațiile de mai sus devin:

$$\sin i_0 = n \sin r_0$$

$$A = 2r_0$$

$$\delta_{min} = 2i_0 - A;$$

de unde poate fi dedusă expresia indicelui de refracție:

$$n = \frac{\sin \frac{\delta_{min} + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

folosită pentru determinarea indicelui de refracție cu ajutorul unui goniometru. Pentru prisme cu unghiul  $A$  suficient de mic, se poate scrie:

$$n \approx 1 + \frac{\delta_{min}}{A}$$

Notînd cu  $l$ —unghiul de reflexie totală, condiția ca orice rază intrată în prismă să poată ieși din ea este:

$$A \leq 2l.$$

Pentru  $A > 2l$ , orice rază de lumină intrată în prismă prin primul dioptru se reflectă total pe cel de al doilea. V. putere separatoare.

**probabilitate** v. funcție de undă.

**Proca, Alexandru** (1897—1955), fizician român. Și-a desfășurat cea mai mare parte a activității științifice la Paris. Lucrări teoretice în domeniile particulelor elementare, mecanicii cuantice. A stabilit ecuațiile cîmpului mezonice și a prevăzut existența mezonilor.

**Procopiu, Ștefan** (n. 1890), fizician român. Academician. Profesor la Universitatea din Iași. A calculat, înaintea lui N. Bohr (1913), magnetonul Bohr-Procopiu. A cercetat birefringența electrică și magnetică a soluțiilor coloidale și a suspensiilor cristaline și a descoperit (1921) depolarizarea longitudinală a acestora (*fenomenul Procopiu*). Studiind efectul Barkhausen transversal, descoperă (1929) un fenomen care-i poartă numele (v. efect Procopiu). A studiat, de asemenea, variațiile cîmpului magnetic terestru.

**proiector**, dispozitiv constituit dintr-o sursă de lumină (ex. arc electric) și un sistem de oglinzi, prisme sau lentile, care concentrează lumina emisă de sursă producînd un fascicul luminos de secțiune redusă, foarte intens.

**proiector electronic** v. microscop electronic.

**proton** (p), particulă elementară stabilă, cu masa de 1 836,12 ori mai mare decît masa electronului, sarcina electrică egală în valoare absolută cu a acestuia, dar de semn opus și de spin semiîntreg. Este nucleul celui mai simplu atom (de hidrogen) și intră în compoziția tuturor nucleelor atomice. Cu ajutorul protonilor accelerați la diferite energii, pot fi declanșate reacții nucleare din care rezultă alte genuri de particule elementare. V. particulă elementară.

**pseudoperioadă** v. oscilație amortizată.

**psihrometru** v. higrometru.

**pulsatie** ( $\omega$ ), mărime caracteristică fenomenelor periodice, egală cu

frecvența  $\nu$  a acestora multiplicată cu  $2\pi$ :

$$\omega = 2\pi\nu.$$

În funcție de perioada  $T$ , expresia sa devine:  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ .

În SI se măsoară în unu pe secundă.

**punct critic** v. gaz real.

**punct material** v. mișcare mecanică.

**punct nodal** v. sistem optic centrat.

**punct principal** v. sistem optic centrat.

**punct triplu**, punct caracteristic unui sistem unicomponent, în care fazele solidă, lichidă și gazoasă se găsesc în echilibru; în planul  $p$ - $T$  (fig. 293) se reprezintă ca

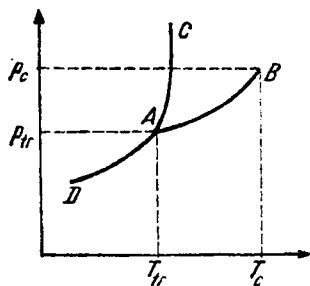


Fig. 293

fiind punctul (A) de intersecție al curbelor de transformare a lichidului în vapor (AB), a solidului în lichid (DA) și a solidului în vapor (AC). Punctul triplu al sistemului gheață-apă-vapor de apă ocupă un loc special, fiind utilizat în metrologie pentru stabilirea scării

termodinamice de temperatură. în care temperatura acestui punct este egală cu 273,16 K.

**puncte aplanatice** v. aplanetism.

**puncte conjugate**, oricare pereche de puncte — unul al obiectului, celălalt al imaginii sale formată cu ajutorul unui sistem optic centrat.

**puncte stigmatice** v. stigmatism.

**punctul Curie**, temperatură deasupra căreia substanțele feromagnetice devin paramagnetice. Prin încălzire, momentele magnetice elementare ale acestor substanțe își pierd orientarea comună, ceea ce face ca magnetizația substanțelor să scadă, iar în punctul Curie să se reducă brusc. Transformarea magnetică este însoțită de un slab efect termic.

**punctul Neel**, temperatură peste care corpurile antiferomagnetice devin paramagnetice. În acest punct, susceptivitatea magnetică trece printr-un maxim.

**punte simplă** (sau Wheatstone), dispozitiv pentru măsurarea rezistențelor electrice în curent continuu, constituit dintr-un circuit electric de forma unui patrulater pe laturile căruia sînt montate patru rezistențe și, pe una din diagonalele sale, un galvanometru (fig. 294). Puntea este echilibrată cînd prin galvanometrul G nu circulă curent. În acest caz, valoarea rezistenței măsurate se poate exprima în funcție de rezistențele cunoscute  $R_1, R_2, R_3$ :

$$R_x = \frac{R_1 R_2}{R_3};$$

variînd pe  $R_1$ , se poate obține echilibru pentru orice valoare a lui  $R_x$ .

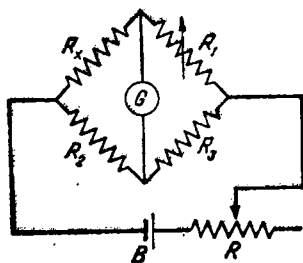


Fig. 294

**purător de sarcină** v. curent electric.

**putere** ( $P$ ), raportul dintre energia  $W$  primită, transferată sau cedată de un sistem fizic și timpul  $t$  în care s-a desfășurat acest proces:

$$P = \frac{W}{t};$$

este numeric egală cu lucrul mecanic efectuat de sistem (sau asupra sistemului), în mod uniform, în unitatea de timp. Se măsoară în wați (în SI) și în unitățile tolerate numite cai putere.

**putere absorbantă**, factor de absorbție.

**putere calorifică** (căldură de ardere sau de combustie), căldură dezvoltată la arderea completă a unității de masă a unui combustibil. Se măsoară în jouli pe kilogram (în SI) sau în kilocalorii pe kilogram.

**putere de emisie** (sau emisivitate,  $\epsilon$ ), raportul dintre emitanța energetică a unui corp  $M_e$  și cea a corpului negru  $M_{0e}$ , pentru aceeași temperatură:

$$\epsilon = \frac{M_e}{M_{0e}}.$$

Raportul dintre densitatea spectrală a emitanței energetice a unui corp  $m\lambda$  și cea a corpului negru  $m_{0\lambda}$ , considerate la aceeași temperatură:

$$\epsilon_\lambda = \frac{m\lambda}{m_{0\lambda}}$$

poartă numele de **putere de emisie** (sau **emisivitate**) **spectrală**.

**putere de rezoluție** (sau de separare), putere separatoare.

**putere dispersivă** v. aberație.

**putere electrică** ( $P$ ), putere dezvoltată prin trecerea unui curent continuu de intensitatea  $I$  printr-o rezistență ohmică  $R$ , la capetele căreia s-a aplicat o tensiune  $U$ , egală cu:

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}.$$

În cazul curentului alternativ, din cauza unghiului de defazaj dintre intensitatea și tensiunea curentului, se ia în considerare **puterea activă**, egală cu produsul

dintre tensiunea eficace  $\frac{U}{\sqrt{2}}$ , inten-

sitatea eficace  $\frac{I}{\sqrt{2}}$  și factorul de

putere  $\cos \varphi$ ; aceasta mai poartă numele de **putere reală** (sau **wattată**).

Produsul  $\frac{U}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I}{\sqrt{2}}$  se numește **pu-**

**tere aparentă** ( $P_a$ ), iar produsul

$\frac{U}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I}{\sqrt{2}} \sin \varphi$  — **putere reactivă**



( $P_r$ ). Puterea aparentă este egală curadical din suma dintre pătrățele puterii reale și puterii reactive:

$$P_a = \sqrt{P^2 + P_r^2}.$$

Aceste mărimi se măsoară în wați (puterea reală), volt amperi (puterea aparentă) și vari (puterea reactivă).

putere optică ( $P$ ), raportul dintre tangenta trigonometrică a unghiului  $\alpha$ , sub care se vede imaginea prin instrumentul optic, și dimensiunea transversală  $y_1$  a obiectului:

$$P = \frac{\lg \alpha_2}{y_1}.$$

Caracterizează instrumentele ce dau imagini virtuale, iar valoarea sa depinde de poziția obiectului. De obicei, această poziție este astfel aleasă încît imaginea virtuală să se formeze departe, practic la infinit (puterea optică numindu-se în acest caz *nominală*,  $P_n$ ). Unitatea sa de măsură în SI este dioptria.

putere radiantă, factor de reflexie.

putere reflectătoare, factor de reflexie.

putere rotatorie v. polarizare a luminii.

putere separatoare (de separare sau de rezoluție), mărime ce caracterizează capacitatea unui instrument optic (lunetă, microscop, aparat fotografic, spectrograf, spectroscop etc.) sau a unui material fotosensibil (film, placă spectrală, hîrtie fotografică etc.), de a pune în evidență distinct, separat, două puncte vecine; cu cît valoarea sa este mai mare, cu atît pot fi dis-

tinse puncte sau linii mai apropiate. Raportul dintre lungimea de undă medie  $\lambda$ , a două radiații monocromatice ce pot fi separate în spectru, și diferența  $\Delta\lambda$ , dintre lungimile de undă ale lor:

$$A = \frac{\lambda}{\Delta\lambda},$$

se numește *putere separatoare cromatică* (sau *spectrală*). Valoarea sa este limitată de difracția datorată dimensiunilor finite ale fantei de intrare. Pentru o prismă cu indice de refracție  $n$ , a cărei secțiune principală este un triunghi isoscel cu baza  $B$ , relația devine:

$$A = B \frac{dn}{d\lambda},$$

unde  $dn/d\lambda$  este dispersia prismei. În cazul spectrului de ordin  $k$  al unei rețele cu un număr total de trăsături  $N$ , expresia lui  $A$  este:

$$A = kN.$$

Inversul distanței minime  $d$ , dintre două puncte ale unui obiect plan, perpendicular pe axa optică principală, care mai pot fi observate distinct

$$L = \frac{1}{d},$$

poartă numele de *putere separatoare liniară*. Dacă  $2\alpha$  este deschiderea obiectivului unei lunete (din punctul de pe axa optică în care se află obiectul), atunci:

$$d = 0,61 \frac{\lambda}{n \sin \alpha},$$

$n$  fiind indicele de refracție al spațiului-obiect, iar  $\lambda$ —lungimea

de undă a luminii folosite la iluminarea obiectului; produsul  $n \sin \alpha$  se numește *deschidere* (sau *apertură*) *numerică*. Inversul celui mai mic unghi  $\epsilon$ , sub care se mai pot vedea distinct din centrul pupilei de intrare a ochiului două puncte vecine de pe obiectul studiat

$$U = \frac{1}{\epsilon},$$

este denumit *putere separatoare unghiulară*. În cazul unei lunete

$$\epsilon = 1,22 \frac{\lambda}{D},$$

unde  $D$  este diametrul obiectivului acesteia.

**putere transmițătoare**, factor de transmisie.

**quarc**, particulă ipotetică cu sarcina electrică fracționară, egală în valoare absolută cu  $\frac{1}{3}$  sau  $\frac{2}{3}$  din sarcina elementară  $e$ . Pentru înțelegerea proprietăților particulelor, fizicianul american Gell-Mann Murray, laureat al premiului Nobel (1969), a propus (1964) „modelul quarc”. Acesta constituie o dezvoltare a modelului propus de fizicianul japonez S. Sakata, care a încercat explicarea proprietăților tuturor particulelor pornind numai de la trei particule fundamentale: protonul  $p$ , neutronul  $n$  și particula lambda  $\Lambda$ . În locul acestora, Gell-Mann folosește: proton-quarc  $p'$ , neutron-quarc  $n'$  și lambda-quarc  $\Lambda'$ . Sarcina electrică a lui  $n'$  și  $\Lambda'$  este  $-\frac{1}{3}e$ , iar

a lui  $p'$  este  $+\frac{2}{3}e$ . Cu ajutorul acestei ipoteze s-ar putea explica întreaga varietate a proprietăților particulelor elementare cunoscute în prezent. Fizicianul Mc Cusker de la Universitatea din Sydney (Australia) a comunicat (în august 1969) descoperirea unei particule cu sarcina electrică egală cu  $\frac{2}{3}e$ , în razele cosmice. Această comunicare nu este însă suficientă pentru confirmarea existenței quarcilor.

**quintal (q)**, unitate tolerată de măsură a masei, multiplu zecimal al kilogramului:

$$1q = 10^3 \text{ kg.}$$

# R

**rad** v. dozimetrie.

**radian** v. sistem de unități.

**radianță**, emitanță energetică.

**radiator integral**, corp negru.

**radiator termic** v. temperatură de culoare.

**radiație** (sau *rază*), emisie și propagare în spațiu a unor unde (*radiație ondulatorie*) sau particule (*radiație corpusculară*), însoțită de un transport de energie. Produce numeroase efecte de natură fizică, chimică sau biologică și exercită o presiune asupra corpurilor pe care cade. După natura lor, radiațiile ondulatorii se împart în: *acustice* (care se propagă sub formă de unde acustice) și *electromagnetice*. După felul particulelor care le compun (particule alfa, electroni, atomi, molecule etc.), radiațiile corpusculare se împart în: *radiații alfa*, *radiații beta*, *radiații atomice*, *radiații moleculare*, *radiații canal*, *radiații catodice* etc. Pe lângă caracterul continuu, radiațiile ondulatorii au un caracter discontinuu (ex. radiația electromagnetică este un flux de fotoni) care este cu atât mai pronunțat cu cât lungimea lor de undă este mai mică; de asemenea, radiațiile corpusculare prezintă caracter continuu, putând fi considerate ca alcătuite din undele

asociate particulelor care le compun. V. dualism undă-corpusul.

**radiație canal**, radiație corpusculară compusă din ioni pozitivi care, după ce au fost accelerați în câmpul electric intens al unei descărcări electrice, se propagă în spatele catodului perforat al unui tub de descărcare. În afară de ioni pozitivi, această radiație conține atomi excitați și ioni negativi (formați prin transfer de electroni sau excitați). A fost descoperită în 1886 de E. Goldstein.

**radiație catodică**, radiație corpusculară alcătuită din electronii emiși de catodul unui tub de descărcare. Datorită proceselor de excitație provocate de ciocnirile electronilor cu atomii gazului, radiația este însoțită de o emisie de lumină. Descoperită de J. Plücker în 1859, radiația canal a fost studiată cantitativ de către J.J. Thomson în 1899, care a determinat cu această ocazie sarcina specifică  $\frac{e}{m}$  a corpusculilor componenți (electroni, după cum s-a dovedit ulterior).

**radiație Cerenkov** v. efect Cerenkov.

**radiație cosmică**, radiație corpusculară și electromagnetică prove-

nită direct din spațiul cosmic (*radiație cosmică primară*, putînd fi detectată la înălțimi de peste 10–30 km) sau rezultată în urma unor reacții nucleare ale radiației extraterestre cu nucleele atomilor din atmosferă (*radiație cosmică secundară*—detectată la înălțimi mici), care ajunge la suprafața Pămîntului cu aceeași intensitate în toate direcțiile. Radiația cosmică primară are o distribuție spațială izotropă și este formată din protoni (91,5%), particule alfa (7,5%) și diferite nuclee ale elementelor ușoare (cu număr atomic  $Z \leq 41$ ), din componența lor lipsind particulele ușoare ca electronii și pozitronii. Energia protonilor este, de obicei, de 3–5 GeV, putînd atinge chiar  $10^9$  GeV. Pătrunzînd în atmosfera terestră, radiațiile primare cu energii mai mari de 5 GeV ciocnesc atomii din aer, formînd jerbe de particule constituite din protoni secundari, neutroni și mezoni  $\pi$ , precum și cuante gama. Radiația cosmică secundară, formată sub acțiunea celei primare, este constituită din particule; unele dintre acestea sînt instabile, cu o viață medie foarte scurtă (mezoni  $\pi$ ), și nu ajung departe de locul formării, dezintegrîndu-se. Procesul de formare în cascadă a cuantelor  $\gamma$  și a perechilor electron-pozitron determină componența moale a radiației secundare:  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma \rightarrow e^+ + e^-$ . Componenta dură constă în cea mai mare parte din mezoni  $\mu$ :  $\pi^\pm \rightarrow \mu^\pm \rightarrow e^\pm$ . Pe măsura pătrunderii în atmosfera terestră, componența moale este absorbită mai puternic, astfel încît proporția componentei dure, mai penetrantă, este la nivelul mării în proporție de 2/3. Datorită capcanei magnetice create de cîmpul magnetic terestru, la suprafața Pămîntului ajung

doar radiațiile cosmice cu energie suficient de mare; particulele încărcate a căror energie este sub o anumită limită nu ating suprafața Pămîntului, ci urmează liniile de cîmp magnetic, fiind deviate spre poli. La o incidență normală, energia minimă a particulei care atinge suprafața Pămîntului depinde de latitudinea  $\phi$  conform relației  $W = 1,9 \cdot 10^{10} \cos^4 \phi$  eV. Deci, cu creșterea latitudinii energia minimă a particulei scade, ceea ce face ca intensitatea radiației cosmice secundare să fie mai mare la poli. Acest fenomen este cunoscut sub numele de *efect geomagnetic* (sau de *latitudine*). De asemenea, intensitatea radiației cosmice este mai mare spre vest și mai mică spre est (anomalia est-vest), ceea ce înseamnă că în radiația cosmică primară numărul de particule încărcate pozitiv este mai mare decît numărul de particule încărcate negativ.

**radiație de frinare** v. radiație X.

**radiație delta** v. parcurs.

**radiație electromagnetică**, cîmp electromagnetic variabil în timp și în spațiu, care se propagă sub formă de unde electromagnetice, însoțit de un transport de energie radiantă. După lungimea de undă, radiațiile se împart în: termice, infraroșii, vizibile, ultraviolete (v. lumină), X și gama. O radiație de o anumită frecvență (numită *monocromatică*) corespunde, la scară atomică, unui act elementar de trecere a unui atom (moleculă sau nucleu) izolat de pe un nivel superior, de energie  $W_m$ , pe pe unul inferior, de energie  $W_n$ ; valoarea frecvenței acesteia este:

$$\nu = \frac{W_m - W_n}{h}$$

unde  $h$  este constanta Planck. Deoarece existența unui atom izolat (care nu suferă perturbații din partea altor atomi vecini) este practic imposibilă, radiația emisă nu poate fi riguros monocromatică, ci este cuprinsă într-un mic interval de frecvențe, a cărui lărgime crește cu cât influența factorilor perturbatori asupra atomului excitat, în cursul procesului de emisie, este mai puternică. Astfel, atomii excitați într-o descărcare electrică luminescentă la presiuni joase (sub  $10^{-1}$  Torr) emit radiații riguros monocromatice, ce corespund unor linii spectrale foarte subțiri. Odată cu creșterea presiunii și temperaturii, liniile spectrale se lărgesc. Din această cauză, în cazul descărcării în arc la presiuni mari (de ordinul atmosferelor) lărgimea liniilor spectrale este mai mare (spectru de benzi), iar spectrul unui corp solid incandescent este continuu ( $\nu$  spectru). Dar, chiar în cazurile în care gazul este foarte rarefiat și temperatura — foarte joasă, lărgimea liniilor spectrale nu tinde către zero, ci către o lărgime naturală, fiind condiționată de o nedeterminare probabilistică a nivelelor de energie atomică. Orice nivel energetic  $E$  este determinat cu o anumită imprecizie  $\Delta E$ , invers proporțională cu timpul  $\Delta \tau$  cit electronul rămîne pe acest nivel, în conformitate cu relația de nedeterminare (Heisenberg) a mecanicii cuantice:

$$\Delta E \cdot \Delta \tau \geq \frac{h}{2\pi}.$$

După compoziția spectrală și gradul de monocromatism, există trei tipuri de izvoare de radiație electromagnetică: izvoare termice (corpuri incandescente) — cu compoziția spectrală apropiată de cea

a radiației corpului negru, izvoare luminescente — care dau un spectru discontinuu de linii sau de benzi, și generatorii cuantici — care dau, practic, o radiație monocromatică.

**radiație gama** ( $\gamma$ ), radiație electromagnetică cu lungimea de undă sub  $1 \text{ \AA}$ , emisă în timpul tranzițiilor nucleelor atomice de pe un nivel superior pe unul inferior, la frînarea într-o substanță a particulelor încărcate rapide, la anihilarea unei perechi de particulă-antiparticulă, în procesul dezintegrării unor particule ori a radionucleelor. După valoarea mare sau mică a energiei lor, radiațiile  $\gamma$  pot fi *dure* sau *moi*. La tranziția unui nucleu între două stări energetice, energia cuantei  $\gamma$  emise este dată de expresia  $h\nu_{ih} = W_i - W_h$ . Întrucît nivelele energetice nucleare sînt discrete, spectrul de radiații  $\gamma$  emise este un spectru de linii. Trecînd printr-o substanță radiația  $\gamma$  este atenuată, intensitatea sa scăzînd după o lege exponențială de forma:

$$I = I_0 e^{-\mu x},$$

în care  $I_0$  este intensitatea fasciculului incident,  $I$  — intensitatea fasciculului după parcurgerea unei distanțe  $x$  în mediul considerat, iar  $\mu$  — coeficientul de atenuare. Valoarea acestui coeficient depinde de densitatea substanței, de numărul atomic al elementelor din care aceasta este alcătuită, precum și de energia  $h\nu$  a fotonilor incidenti. Atenuarea radiației gama se datorește unor procese care se petrec la scară atomică, dintre care, mai importante, sînt: efectul fotoelectric, efectul Compton și crearea de perechi; atenuarea datorată efectului fotoelectric este considerabilă în cazul radiațiilor gama de energie mică care străbat substanțe alcătuite din elemente

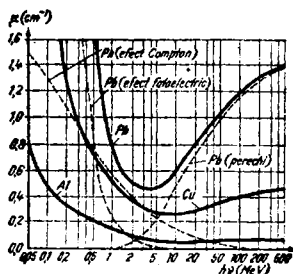


Fig. 295

cu număr atomic mare, cea datorată efectului Compton este proporțională cu numărul atomic, fiind importantă la energii medii (ex. între 0,5 și 5 MeV, în cazul plumbului), iar cea prin formare de perechi este importantă în cazul radiațiilor cu energii mari și materialelor constituite din elemente grele. Variația coeficientului de atenuare cu energia  $h\nu$  a radiației gama este redată comparativ în fig. 295, în cazul elementelor aluminiu, cupru și plumb.

radiație Röntgen, radiație X.

radiație solară v. actinometrie.

radiație termică, radiație de natură electromagnetică, emisă de un corp cu temperatura absolută  $T > 0$  K. O dată cu ridicarea temperaturii corpului, radiația crește în intensitate, iar la temperaturi mai mari (de 700–800 K) aparține în parte domeniului vizibil, putînd fi percepută de ochiul omului. Considerînd o cavitate vidată (în care nu pătrund radiații din exterior) menținută un timp suficient la o temperatură  $T$  constantă (fig. 296), corpurile din interiorul său vor ajunge după un anumit interval de timp la aceeași temperatură, obținîndu-se astfel

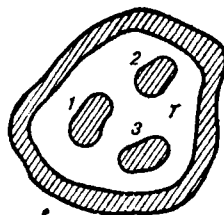


Fig. 296

radiația termică de echilibru. G.R. Kirchhoff a stabilit că radiația termică de echilibru este izotropă și omogenă și că proprietățile acesteia nu depind de natura și forma geometrică a corpurilor din cavitatea vidată; în acest caz, există relațiile:

$$\frac{m_{\nu 1}}{\alpha_{\nu 1}} = \frac{m_{\nu 2}}{\alpha_{\nu 2}} = \frac{m_{\nu 3}}{\alpha_{\nu 3}} = \dots = \frac{m_{\nu n}}{\alpha_{\nu n}} = f(\nu, T)$$

sau

$$\frac{m_{\lambda 1}}{\alpha_{\lambda 1}} = \frac{m_{\lambda 2}}{\alpha_{\lambda 2}} = \frac{m_{\lambda 3}}{\alpha_{\lambda 3}} = \dots = \frac{m_{\lambda n}}{\alpha_{\lambda n}} = f(\lambda, T)$$

unde  $m_\nu$  ( $m_\lambda$ ) este densitatea spectrală a emitanței,  $\alpha_\nu$  ( $\alpha_\lambda$ ) — factorul spectral de absorbție, iar indicii 1, 2, 3, ...,  $n$  se referă la corpurile din incintă. Deci, pentru o astfel de radiație termică, raportul dintre densitatea spectrală a emitanței și factorul spectral de absorbție este o funcție (aceeași pentru toate corpurile) de lungimea de undă și de temperatură (*legea Kirchhoff*); corpurile care absorb mai intens radiații emit mai intens la aceeași

temperatură, densitatea spectrală a emitanței și factorul spectral de absorbție ale lor fiind proporționale. V. corp negru.

**radiație X** (sau **Röntgen**), radiație electromagnetică cu lungimea de undă cuprinsă în domeniul 0,01–100 Å. A fost descoperită de W. C. Röntgen în 1895. Este emisă fie prin excitarea atomului pe unul din nivelele interioare, fie la frînarea într-o substanță a unor particule rapide, încărcate electric. Schema de principiu a dispozitivului utilizat ca sursă a unor astfel de radiații este reprezentată în fig. 297. Acesta este constituit dintr-un tub de descărcare (numit *tub de raze X*), în interiorul căruia electronii  $e^-$  emiși de catodul  $K$  și supuși unei diferențe mari de potențial de accelerare (zeci de kilovolți) se ciocnesc de anticatodul  $A$  determinând generarea radiației (sau razelor)  $X$ . Într-un astfel de tub iau naștere două tipuri de radiații  $X$  — cu spectru continuu și cu spectru de linii. Radiația  $X$  cu spectru continuu (sau de frînare) este emisă de electronii frînați pe anticatod. Din dependența intensității spectrale  $I_\lambda$  a acesteia de lungimea de undă  $\lambda$  (fig. 298) rezultă că există o lungime de undă minimă  $\lambda_{min}$  a radiației astfel emise, a cărei valoare se poate calcula punând condiția ca întreaga energie cinetică  $\frac{mv^2}{2}$  a elec-

tronului să fie preluată de energia radiației  $X$ ,  $h \frac{c}{\lambda_{min}}$  (unde  $h$  este constanta Planck, iar  $c$  — viteza luminii):

$$h \frac{c}{\lambda_{min}} = \frac{mv^2}{2},$$

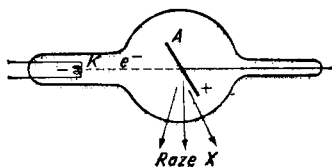


Fig. 297

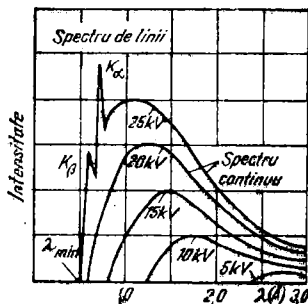


Fig. 298

Dar

$$\frac{mv^2}{2} = eV,$$

unde  $eV$  este lucrul mecanic efectuat de câmpul electric pentru accelerarea electronului sub diferența de potențial  $V$ . Radiația  $X$  cu spectru de linii (sau caracteristic) apare când diferența de potențial de accelerare a electronilor depășește o valoare critică (25 kV, pentru  $\lambda_{min} = 0,5 \text{ \AA}$ ), proprietățile acesteia fiind determinate de natura anticatodului. Într-un tub de raze  $X$ , ciocnindu-se cu atomii anticatodului electronii accelerați între catod și anticatod smulg acestora electroni de pe păturile cu număr cuantic principal mic ( $n = 1$  — pătura  $K$ ,



$n = 2$  — pătura  $L$ ,  $n = 3$  — pătura  $M$ ,  $n = 4$  — pătura  $N$  etc.). Locurile rămase libere sînt completate apoi de electroni prin tranziții de pe pături cu  $n$  mai mare, în timpul cărora are loc emisia de radiații  $X$  cu lungimi de undă determinate, grupate în serii. De exemplu, tranzițiile de pe păturile  $L, M, N, \dots$  pe pătura  $K$  dau naștere seriei  $K$  (cu liniile  $K_{\alpha}, K_{\beta}, K_{\gamma}, \dots$ ), tranzițiile de pe păturile  $M, N, O, \dots$  pe pătura  $L$  dau naștere seriei  $L$  (cu liniile  $L_{\alpha}, L_{\beta}, L_{\gamma}, \dots$ ) etc. (fig. 299). În cazul unor specii atomice diferite, aceeași tranziție determină generarea radiației  $X$  cu frecvențe diferite. *Legea Moseley* arată că între rădăcina pătrată a frecvenței și numărul atomic  $Z$  al speciei există o relație liniară, care poate fi scrisă sub forma:

$$\tilde{\nu} = R(Z - \sigma)^2 \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

unde  $\tilde{\nu}$  este numărul de undă,  $R$  — constanta Rydberg,  $\sigma$  — o constantă (pentru o tranziție determinată) numită *constantă de ecranare*,  $n'$  — numărul cuantic principal al păturii de energie inferioară,  $n$  — numărul cuantic principal al păturii de energie superioară. Un fascicul incident paralel, normal pe suprafața unui corp,

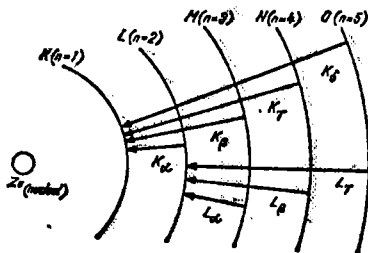


Fig. 299

este atenuat la trecerea prin substanța corpului, potrivit legii:

$$I = I_0 e^{-\mu x},$$

unde  $I$  este intensitatea fascicului după ce a străbătut grosimea  $x$ ,  $I_0$  — cea a fascicului incident, iar  $\mu$  — coeficientul de atenuare. *Atenuarea* fascicului de radiații  $X$  se datorește proceselor de împrăștiere și absorbție ale acestuia; coeficientul  $\mu$  se poate exprima prin:

$$\mu = \tau + \sigma,$$

unde  $\tau$  este coeficientul de absorbție propriu-zisă, iar  $\sigma$  — coeficientul de împrăștiere, ambii depinzînd de natura substanței. Puterea de pătrundere diferită a razelor  $X$  prin diferite substanțe poate da indicații asupra naturii acestora, proprietate care le conferă o largă aplicabilitate în tehnică, biologie și medicină. Adesea, pentru caracterizarea proceselor de absorbție și difuzie, se folosesc coeficienții masici  $\frac{\mu}{\rho}$ ,  $\frac{\tau}{\rho}$ ,  $\frac{\sigma}{\rho}$  (unde  $\rho$  este densitatea de masă a substanței); coeficientul masic de împrăștiere  $\frac{\sigma}{\rho}$  nu depinde de lungimea de undă a radiației, pe cînd cel de absorbție  $\frac{\tau}{\rho}$

este dependent de valoarea lungimii de undă. Datorită ordinului de mărime al acesteia, comparabil cu cel al constantei unei rețele cristaline, difracția radiației  $X$  se poate obține utilizînd ca rețele de difracție — cristalele. Condiția de maxim în procesul de interferență a razelor reflectate de planele atomice este dată de *legea (Wulf-) Bragg*, care se exprimă prin relația:

$$2d \sin \theta = n\lambda,$$

unde  $d$  (fig. 300) este constanta rețelei,  $\theta$  — unghiul dintre raza incidentă și planul atomic,  $\lambda$  — lungimea de undă a radiației X, iar  $n$  — un număr care ia valori întregi ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ). Valorile unghiului  $\theta$  care satisfac această relație corespund maximelor de interferență ale razelor difractate. Difrakția radiației X oferă un instrument de investigație a proprietăților cristaline ale corpurilor, această lege fiind la baza spectroscopiei radiației X. Pentru determinarea proprietăților de structură a cristalelor sînt utilizate diferite procedee experimentale ca: metoda Laue, metoda cristalului rotitor și metoda Debye-Scherrer. *Metoda Laue* utilizează un dispozitiv experimental ca cel din fig. 301; asupra unui monocristal este trimis un fascicul de radiații X cu spectru continuu, iar maximele de interferență obținute în urma difrakției se formează pentru unghiuri  $\theta$  și lungimi de undă  $\lambda$  care satisfac legea Bragg și sînt înregistrate pe o placă fotografică. Din distribuția spațială a acestora (fig. 302), se poate deduce tipul cristalografic căruia îi aparține substanța cercetată. În cazul celei de a doua metode (*metoda cristalului rotitor*), cristalul asupra căruia cade un fascicul monocromatic de radiații X este rotit în jurul unei axe; reflexia acestora se va produce numai pentru poziții ale cristalului care satisfac legea Bragg. În *metoda Debye-Scherrer* (sau a pulberilor), proba conținînd substanța (pulberea) policristalină este de formă cilindrică și așezată pe axul unei camere cilindrice (fig. 303), iar asupra ei este trimis un fascicul monocromatic de radiații X. Printre cristalele pulberii, se găsesc cristale a căror orientare satisface legea Bragg. În urma difrakției razelor X, pe o

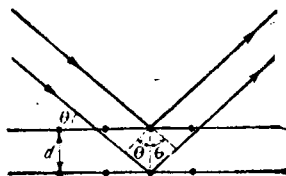


Fig. 300

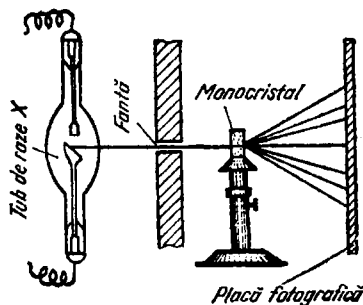


Fig. 301

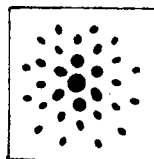


Fig. 302

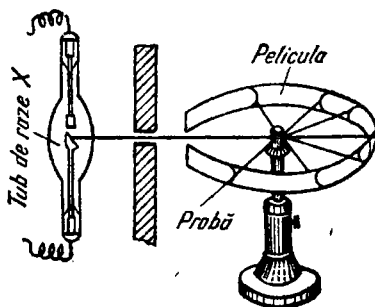


Fig. 303

peliculă fotografică fixată pe pereții camerei cilindrice, se vor obține maxime de interferență (sub formă de linii), din distribuția căroră se poate determina constanta rețelei cristaline a substanței cercetate.

**radiere, luminanță energetică.**

**radioactivitate, proprietate a nucleelor de a se dezintegra spontan prin emisia unor radiații de tip alfa, beta sau gama.** Ca urmare a procesului radioactiv, nucleul inițial se transformă într-un nucleu final (v. transmutație), iar atomul rezultat își schimbă poziția în sistemul periodic al elementelor potrivit unor reguli de deplasare (v.). *Radioactivitatea naturală* a fost descoperită în 1896 de H. Becquerel, în urma studiului unor minereuri de uraniu. *Radioactivitatea artificială* este aceea provocată în laborator, prin bombardarea unor nuclee stabile cu neutroni sau cu particule accelerate; a fost descoperită în 1933 de soții Joliot-Curie, care au observat că, la bombardarea aluminiului cu particule alfa, acesta prezintă o dezintegrare pozitronică și după îndepărtarea sursei de radiații  $\alpha$ .

**radiofizică, capitol al fizicii care se ocupă cu studiul oscilațiilor electromagnetice de înaltă frecvență, precum și al producerii și propagării undelor radio.**

**radioizotop, izotop (instabil) care prezintă radioactivitate.**

**radiometru acustic, aparat pentru măsurarea presiunii de radiație acustică, constituit dintr-o balanță de torsiune. Cuprinde o mică vergea orizontală, suspendată cu un fir de cuarț, ce are fixată pe el**

o mică oglindă. Vergea are la un capăt un disc foarte ușor, pe care se trimite fasciculul acustic de studiat, iar la celălalt capăt — o mică contragreutate. Pentru evitarea curenților de aer, balanța este așezată într-o cutie de protecție. Aparatul indică presiunea acustică prin deviația spotului luminos format în urma reflexiei pe oglindă a unui fascicul de lumină provenit de la o lampă de proiecție.

**radiometru optic, aparat pentru măsurarea presiunii de radiație electromagnetică, alcătuit dintr-o vergea orizontală foarte ușoară având la capete două foite înnegrite pe cite una din fețe, suspendată de un fir sau sprijinită pe un suport cu frecare negliabilă în punctul de sprijin. Iluminând sistemul, aerul din vecinătatea fețelor înnegrite (care absorb mai puternic radiația) se încălzește mai mult, ceea ce dă naștere la o presiune mai mare a aerului pe aceste fețe, iar sistemul se rotește în sens invers celui datorat presiunii luminii (dacă dispozitivul s-ar afla în vid).**

**radionucleu, nucleu (instabil) care prezintă radioactivitate.**

**radionuclid, nuclid radioactiv.**

**Raman, Chandrasekhara Venkata (1888—1970), fizician indian. Membru al Academiei Indiene de Științe. Cercetări în domeniile opticii, acusticii și fizicii moleculare. Studiind difuzia luminii în lichide, a descoperit (1928) fenomenul de împrăștiere combinată (numit și efect Raman). A cercetat difracția luminii pe unde ultrasonore. Premiul Nobel (1930).**

**randament ( $\eta$ ), mărime caracteristică sistemelor fizice în care are**

loc o transformare de energie, definită prin raportul dintre energia utilă  $W_u$ , produsă de sistem, și cea consumată  $W_c$ , sau cu raportul dintre puterea cedată (sau utilă  $P_u$ ) și cea absorbită (sau cheltuită,  $P_c$ ):

$$\eta = \frac{W_u}{W_c} = \frac{P_u}{P_c}.$$

**rarefiere**, aducere a unui gaz la o presiune mai joasă decât presiunea atmosferică.

**Rayleigh** [réili], **John William Strutt** (1842—1919), fizician englez. Membru al Societății Regale din Londra. În 1900 a stabilit o formulă pentru distribuția energiei în spectrul corpului negru, valabilă doar în domeniul lungimilor de undă mari. Cercetînd împrăștierea luminii în atmosferă, a explicat culoarea albastră a cerului. Studiind propagarea undelor, a stabilit expresiile vitezei de grup și presiunii de radiație. Premiul Nobel (1904).

**raza Bohr** v. model atomic, constantă fizică universală.

**raza Debye** v. plasmă.

**rază**, fascicul de radiații sau corpuscular extrem de îngust, a cărui secțiune este neglijabilă în raport cu dimensiunile sistemului în care se propagă. Realizarea practică a unei raze perfecte (cu secțiunea nulă) este imposibilă, diametrul fascicului nu neputînd fi micșorat prin diafragmare sub o valoare comparabilă cu lungimea sa de undă, datorită fenomenului de difracție. *Raza de lumină* este un concept idealizat al opticii geometrice, utilizat pentru explicarea

formării imaginilor în aparatele și dispozitivele optice.

**rază extraordinară** v. anizotropie.

**rază ordinară** v. anizotropie.

**raze**, radiație.

**răcire** v. temperatură.

**răsucire** v. deformație elastică.

**reactanță electrică** ( $X$ ), mărime caracteristică circuitelor de curent alternativ, egală cu produsul dintre impedanța  $Z$  și sinusul unghiului  $\varphi$  de defazaj între tensiunea aplicată și curentul care trece prin circuit:

$$X = Z \sin \varphi.$$

În SI se măsoară în ohmi. Această mărime este condiționată de prezența elementelor reactive (bobine și condensatori), putînd fi pozitivă (sau *inductivă*,  $X_L$ ) ori, respectiv, negativă (sau *capacitivă*  $X_C$ ), iar valoarea sa depinde de pulsația  $\omega$  a curentului alternativ; astfel  $X_L = \omega L$ , iar  $X_C = -1/\omega C$ ,  $L$  și  $C$  fiind inductanța și, respectiv, capacitatea circuitului considerat.

**reactanță mecanică** v. oscilație forțată.

**reactor nuclear** (sau *pilă atomică*), instalație complexă în care se realizează reacția controlată de fisiune în lanț a unor substanțe constituite din izotopii unor elemente grele radioactive, în scopul utilizării energiei degajate. Primul reactor nuclear a fost construit (1942) la Chicago de E. Fermi. Condiția de menținere a reacției în lanț în reactor este ca producerea neutronilor prin fisiune să fie echilibrată

tă de pierderea lor prin absorbție sau prin eliminare în exterior. Astfel, are loc reacția în lanț dirijată, în care factorul de amplificare a neutronilor este sensibil egal cu unitatea. Un reactor cuprinde cinci elemente principale: materialul fisionabil, moderatorul, reflectorul, sistemul de răcire și sistemul de control și protecție.

*Materialul fisionabil* (sau *combustibilul nuclear*) utilizat, aflat în *zona activă* (sau *inima*) reactorului, poate fi: uraniu natural (îmbogățit cu  $^{235}\text{U}$ ), uraniul pur  $^{235}\text{U}$ , izotopii plutoniului  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  și  $^{241}\text{Pu}$ , toriul  $^{232}\text{Th}$  sau un amestec al lor. După energia neutronilor care produc majoritatea fisiunilor, reactorii se împart în *reactori (cu neutroni) termici*, (cu neutroni) *intermediari* și (cu neutroni) *rapizi*. În prezent majoritatea reactorilor sînt termici, foarte puțin rapizi și extrem de rari intermediari.

*Moderatorul*, substanța al cărui rol este de a încetini neutronii pînă la energii pentru care secțiunea de fisiune este maximă, este alcătuit din elemente care au o secțiune de împrăștiere neelastică mare și o secțiune de captură pentru neutroni relativ mică; nucleele lor trebuie să fie de mase comparabile cu masa neutronilor, fapt care le limitează la elementele ușoare. De asemenea, moderatorii trebuie să fie cât mai stabili din punct de vedere chimic sub acțiunea fluxului de neutroni. Astfel de substanțe sînt: grafitul, beriliul, oxidul de beriliu, apa distilată ( $\text{H}_2\text{O}$ ), apa grea ( $\text{D}_2\text{O}$ ). După felul de așezare a materialului fisionabil în *zona activă*, există *reactori omogeni*, în care acesta și moderatorul sînt amestecați uniform, și *eterogeni*, în care combustibilul nuclear este introdus sub formă de bare sau casete în moderator. Reactorii

omogeni sînt în general mai puțin utilizați, exceptînd cei care folosesc moderatori lichizi; avantajul celor eterogeni este faptul că aceștia permit efectuarea operațiilor de urmărire a reacției în lanț.

Substanța care înconjoară *zona activă* este *reflectorul*, al cărui rol este de a readuce neutronii în *inima* reactorului, reducînd cît mai mult pierderea lor în exterior. Este constituit de obicei din grafit, iar în cazul reactorilor rapizi — din elemente grele.

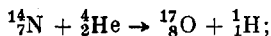
*Sistemul de răcire* este necesar în scopul preluării energiei termice eliberate în timpul reacției de fisiune și constă, de obicei, dintr-un curent de gaze, apă, apă grea etc. ce trece prin *zona activă* a reactorului; prin intermediul acestuia, energia degajată este transferată mediului exterior.

*Sistemul de control și protecție* asigură menținerea reactorului la puterea nominală (în regim critic) și reducerea dozei de radiație neutronică și gama sub un anumit nivel, pentru a împiedica iradierea personalului și contaminarea aparaturii și echipamentului auxiliar din apropierea reactorului. Cea mai răspîndită metodă de control este utilizarea unor substanțe care au o secțiune mare de captură a neutronilor, cum sînt cadmiul sau borul, care, sub formă de bare (de reglare și de avarie), sînt introduse în *inima* reactorului. Protecția contra radiațiilor se realizează cu ajutorul unui perete gros de beton și plumb, ce absoarbe neutronii și cuantele gama din *zona* care înconjoară reactorul.

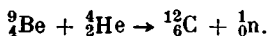
După destinația pe care o au, există *reactori de cercetare*, folosiți ca sursă de neutroni și de radiații gama pentru producerea radioizotopilor, *energetici*, care produc energie (în centralele atomoelectrice, submarinele atomice, navele

cosmice etc.), și *reproducători*, pentru producerea de combustibil nuclear, transformînd un material mai puțin fisionabil (ex.  $^{238}\text{U}$ ) într-unul mult mai eficient (în  $^{239}\text{Pu}$ ).

**reacție nucleară**, ansamblu de fenomene care se produc cînd se schimbă structura unui nucleu atomic în urma ciocnirii sale cu un alt nucleu, cu o particulă (ex. neutron, proton, particulă alfa etc.) sau cu un foton. Prima reacție nucleară a fost realizată în 1919 de E. Rutherford prin bombardarea cu particule alfa a nucleelor de azot:



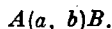
altă reacție nucleară, din studiul căreia au fost descoperiți neutronii, are loc la bombardarea beriliului:



O reacție nucleară se produce la ciocnirea unei particule incidente *a* cu un nucleu *A* și conduce la formarea unui nucleu *B* și a particulei *b*:



sau, prescurtat:

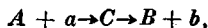


După semnul energiei de reacție *Q*, reacțiile nucleare se împart în *endoenergetice* ( $Q < 0$ ) și *exoenergetice* ( $Q > 0$ ). Reacțiile endoenergetice pot avea loc numai dacă particula incidentă are o anumită energie de prag a cărei valoare este dată de expresia:

$$W_{\text{prag}} = \frac{M_A + M_a}{M_A} |Q|,$$

unde  $M_A$  este masa nucleului-țintă (considerat în repaus), iar  $M_a$  — cea

a particulei incidente. În cazul reacțiilor exoenergetice,  $W_{\text{prag}} = 0$ , energia rezultată din reacție fiind dată de relația  $Q = c^2[(M_A + M_a) - (M_B + M_b)]$ , unde *c* este viteza luminii în vid. Raportul dintre numărul de reacții produse într-un anumit interval de timp și numărul de particule incidente în același interval se numește *randamentul reacției*. Raportînd randamentul reacției la numărul de nuclee-țintă aflate pe unitatea de suprafață pe care cade fluxul incident, se obține secțiunea eficace de reacție  $\sigma$ . În reacțiile nucleare are loc conservarea energiei, impulsului, momentului cinetic, sarcinii și (în cazul în care energia cinetică a particulei nu depășește valoarea celei necesare generării de perechi particulă-antiparticulă) numărului de particule. În cazul reacțiilor nucleare în care are loc captarea particulei de către nucleu, energia particulei incidente se repartizează între nucleoni, însă nici unul dintre ei nu are energia necesară pentru a ieși din nucleu. Sistemul format din particula incidentă și nucleul-țintă, care nu se dezintegrează într-un interval de timp ce depășește cu mult timpul nuclear ( $10^{-22}$  s), se numește *nucleu compus*; potrivit ipotezei emise de N. Bohr în 1936, reacția nucleară are loc în două etape:



unde *C* este nucleul compus; viața acestuia este de aprox.  $10^{-13}$  s. O astfel de reacție este:

${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$ ,  
în care energia ce se degajă este  $Q = 5,6$  MeV. Nucleului compus format îi corespund nivele energetice de largime finită  $\Gamma$ , care este legată de probabilitatea de dezintegrare în unitatea de timp  $\omega$  prin relația  $\Gamma = \Delta W = \hbar\omega$  (unde

$\hbar = \frac{h}{2\pi}$ ,  $h$  fiind constanta Planck).

În cazul celor două procese ce pot avea loc — împrăștiere elastică cu probabilitatea  $w_s$  și reacție nucleară cu probabilitatea  $w_r$ , lărgimea nivelelor energetice se poate exprima sub forma:  $\Gamma = \Gamma_r + \Gamma_s$ , unde  $\Gamma_s = \hbar w_s$ ;  $\Gamma_r = \hbar w_r$ . Când energia particulei incidente este mare, are loc o suprapunere a nivelelor și, deci, descrierea comportării individuale a nucleonilor în cadrul reacției nu are sens. În acest caz, se utilizează o descriere statistică (propusă de L.D. Landau și I.I. Frenkel), particula incidentă fiind considerată ca o sursă de căldură ce ridică temperatura nucleului, iar particula rezultată — ca un fenomen de evaporare a substanței nucleare. Pentru un nucleu izolat, secțiunea eficace cu formarea de nucleu compus, pentru neutroni de masă  $m_n$ , este dată de formula Breit-Wigner:

$$\sigma_r = \frac{\pi}{K^2} \cdot \frac{\Gamma_s \Gamma_r}{(W - W_0)^2 + \frac{1}{4} (\Gamma_s + \Gamma_r)^2},$$

unde  $K^2 = \frac{2m_n W}{\hbar^2}$ , iar  $\Delta W =$

$W - W_0 \ll W_0$ . O astfel de reacție are un caracter de rezonanță, secțiunea de reacție  $\sigma_r$  avind valoarea maximă pentru o particulă incidentă de energie  $W$  egală cu energia  $W_0$  a unuia dintre nivelele nucleului intermediar; variația secțiunii eficace  $\sigma_r$  a nucleelor de oxigen cu energia neutronilor incidenti  $W_n$  este redată în fig. 304. După energia particulei ce produce reacția nucleară există reacții la

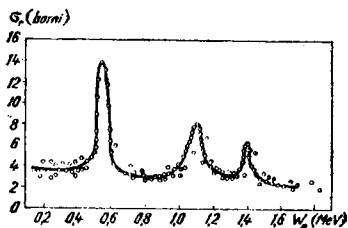
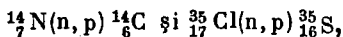


Fig. 304

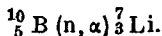
energii joase, la energii medii și la energii înalte. Reacțiile la energii joase (de ordinul electronvoltilor) sînt produse de neutroni. Reacțiile la energii medii (pînă la cîțiva MeV) sînt produse de către particule încărcate, cuante  $\gamma$  sau raze cosmice secundare. Reacțiile la energii înalte (sute și mii de MeV) au loc prin descompunerea în nucleonii componenți și formarea de noi particule elementare libere. După felul particulelor incidente se întîlnesc:

— reacții nucleare produse sub acțiunea neutronilor; ex.  ${}^6_3\text{Li}(n, \alpha){}^3_1\text{H}$  sau  ${}^6_3\text{Li}(n, t){}^4_2\text{He}$ . Lipsa barierei de potențial pentru neutroni permite ca reacția să aibă loc la o energie a particulei incidente mult mai mică decît în cazul particulelor încărcate, unde intervin forțele de respingere electrostatică. Neutronul care a pătruns în nucleu cedează acestuia o energie egală cu suma dintre energia cinetică și energia sa de legătură (ultima fiind de aprox. 7–8 MeV). Aceste reacții pot fi de tipuri diferite:  $(n, \gamma)$ ,  $(n, p)$ ,  $(n, \alpha)$ ,  $(n, 2n)$  sau  $(n, f)$ . Cu neutronii incidenti de energie mare pot avea loc reacții de tipul  $(n, 2n)$ , cum ar fi reacția  ${}^9_4\text{Be}(n, 2n){}^8_4\text{Be}$ , a cărei energie de prag este de 1,8 MeV și reacția  ${}^{63}_{29}\text{Cu}(n, 2n){}^{62}_{29}\text{Cu}$  cu energia de prag de 12 MeV. Prin aceste reacții se obține o multipli-

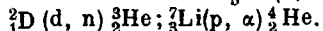
care a neutronilor. Reacțiile produse de neutroni cu energii mici (termici) prezintă rezonanțe, trecînd prin stadiul de nucleu compus (v. fig. 304). O reacție răsîndită a neutronilor este aceea cu protonii (nuclee de hidrogen), în care nucleul rezultat revine din starea excitată în starea fundamentală, prin emisia unei cuante gama. Reacțiile de tipul (n, p) nu au loc la energii mici, deoarece protonul rezultat trebuie să aibă energia necesară pentru a învinge bariera de potențial la ieșirea din nucleu. În cazul nucleelor ușoare există două reacții ce se abat de la regulă:



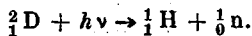
ambele conducînd la izotopi  $\beta$ -activi. Reacțiile de tipul (n,  $\alpha$ ) cu neutroni lenți au loc numai în cazul elementelor ușoare, deoarece bariera de potențial pentru ieșirea particulei  $\alpha$  este de două ori mai mare decît pentru proton; ex.:



— reacții nucleare produse de particule încărcate accelerate, ca protoni: (p,  $\gamma$ ), (p, n), (p, d), (p,  $\alpha$ ), deuteroni: (d, n), (d, p), (d,  $\alpha$ ), (d, t), (d, 2n), particule  $\alpha$ : ( $\alpha$ , p), ( $\alpha$ , n), ( $\alpha$ , 2n), ( $\alpha$ , pn) și ioni multipli ionizați ai diferitelor elemente chimice. Ex.:  ${}^{11}_5\text{B}(\alpha, n) {}^{14}_7\text{N}$ ;



— reacții nucleare produse de cuante gama: ( $\gamma$ , n), ( $\gamma$ , p), cunoscute sub denumirea de *efect fotonuclear*. Acest efect a fost observat mai tîrziu decît reacțiile nucleare produse de particule încărcate sau de neutroni (de J. Chadwick și M. Goldhaber), la iradierea deutერიului cu cuante  $\gamma$  (de frecvență  $\nu$ ):



Reacția fiind endoenergetică, energia cuantei  $\gamma$  trebuie să fie mai mare decît energia de legătură a particulei ce părăsește nucleul. Tipuri deosebite de reacții nucleare sînt reacțiile de fuziune a nucleelor ușoare, precum și cele de desprindere (stripping).

reacție stripping (sau de desprindere), reacție nucleară de tip (d, p) sau (d, n), produsă la ciocnirea deuteronilor de energii mari (de ordinul MeV-ilor), în urma căreia se emit nucleoni. O astfel de reacție poate fi interpretată ca o desprindere a unui proton sau neutron din componența deuteronului, în urma „agățării” acestuia de nucleul țintă; particula care nu s-a „agățat” își continuă drumul în aceeași direcție și sens, avînd o energie egală cu jumătate din energia deuteronului incident.

reacțiune v. dinamică.

recombinare v. ion.

recol, mișcare bruscă a sistemelor în care, la un moment dat, se declanșează un fenomen însoțit de generarea unui impuls într-o direcție oarecare. Se produce în sens contrar impulsului generat (pentru ca impulsul total să se conserve); ex.: reculul nucleelor, al armelor de foc etc.

redresare, transformare a curențului electric alternativ în curenț continuu, realizată cu ajutorul unui redresor (ex. diodă).

referențial, sistem de referință.

reflectanță spectrală v. factor de reflexie.

reflexie, întoarcere (parțială), în mediul din care au venit, a radiației



țiilor ondulatorii sau corpusculare care întâlnesc suprafața de separare a unui alt mediu. Poate fi difuză, în cazul unei suprafețe care prezintă neregularități, sau regulată, dacă aceasta este netedă. *Reflexia regulată*, în urma căreia fasciculul reflectat păstrează caracterul celui incident, are loc potrivit următoarelor două legi:

- 1) raza incidentă, normala la suprafața de reflexie în punctul de incidență și raza reflectată se află în același plan;
- 2) unghiul de incidență este egal cu unghiul de reflexie.

**reflexie acustică**, reflexie a undelor acustice. Este caracterizată de *factorul de reflexie acustică*  $R$  (raportul dintre presiunea acustică maximă  $p_r$  a undei reflectate și  $p_i$  — cea a undei incidente), și *coeficientul de reflexie acustică*  $\rho$  (raportul dintre fluxul de energie reflectat  $\Phi_r$  și cel incident  $\Phi_i$ ). Dacă reflexia are loc fără disipare de energie la suprafața de separare a celor două medii (fig. 305), atunci:

$$R = \frac{p_r}{p_i} = \frac{m \cos \theta_i - \cos \theta_t}{m \cos \theta_i + \cos \theta_t}$$

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_i} = \left( \frac{m \cos \theta_i - \cos \theta_t}{m \cos \theta_i + \cos \theta_t} \right)^2,$$

în care  $m = \frac{\rho_2 v_2}{\rho_1 v_1}$  ( $\rho_1, \rho_2$  fiind den-

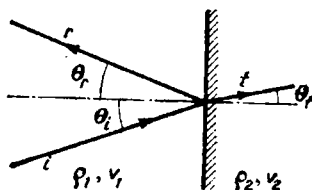


Fig. 305

sitățile celor două medii, iar  $v_1$  și  $v_2$  — vitezele de propagare ale undelor în aceste medii) reprezintă raportul rezistențelor acustice a celor două medii, cu  $\theta_i, \theta_r$  și  $\theta_t$  notându-se unghiurile de incidență, reflexie și transmisie. Dacă  $v_1 < v_2$ , iar unghiul de incidență este mai mare decât unghiul limită ( $i > i_L$ , unde  $\sin i_L = \frac{v_1}{v_2}$ ), reflexia undelor acustice este *totală*.

**reflexie optică**, reflexie a undelor electromagnetice luminoase. Este rezultatul interacției cîmpului electromagnetic al undei incidente cu sarcinile libere și legate din vecinătatea frontierei dintre cele două medii; cîmpul primar induce o mișcare oscilatorie a acestor sarcini care, la rîndul lor, radiază un cîmp secundar atît înapoi, în mediul undei incidente (reflexie), cît și înainte, în celălalt mediu (transmisie). Pe oricare suprafață se produc reflexii difuze și regulate ale luminii, dar în proporții diferite. Astfel, o oglindă reflectă aproape în întregime lumina, în mod regulat, în timp ce, pe suprafața unui geam mat reflexia este, practic, difuză. Lumina obținută prin reflexie pe suprafețele dielectrice bine șlefuite (ex. de sticlă) este polarizată; suprafețele metalice nu polarizează lumina prin reflexie. La suprafața de separare față de un mediu cu indice de refracție mai mic decît cel al mediului razei incidente, lumina poate prezenta fenomenul de *reflexie totală* pentru unghiuri de incidență mai mari decît unghiul limită,  $i_L$ , definit prin relația:

$$\sin i_L = \frac{n_2}{n_1},$$

unde  $n_1$  și  $n_2$  sînt, respectiv, indicele de refracție al mediului de unde provine raza incidentă și cel

al mediului pe suprafața căruia se produce reflexia.

**refractometrie**, capitol al opticii care se ocupă cu studiul metodelor de determinare a indicilor de refracție ai substanțelor transparente, precum și al proprietăților lor (ex. concentrația, dispersia etc.) legate de valorile acestor indici.

**refractometru**, instrument optic utilizat pentru determinarea indicilor de refracție ai substanțelor (în special lichide). După principiul lor de construcție, se deosebesc refractometre cu reflexie totală (ex. Abbe), interferențiale, cu deviație etc.

**refracție**, schimbare a direcției de propagare a unei unde la traversarea suprafeței de separare a două medii diferite. În cazul unor medii omogene, fenomenul se produce potrivit următoarelor două legi:

1) raza incidentă, normala la suprafața de separare în punctul de incidență și raza refractată (transmisă) se află în același plan;  
2) raportul dintre sinusurile unghiului de incidență și celui de refracție este constant și egal cu raportul vitezelor undelor în cele două medii.

**refracție acustică**, refracție a undelor acustice. Fenomenul este caracterizat de *factorul de transmisie acustică*  $T$  (raportul dintre presiunea acustică maximă a unei transmise  $p_t$  și cea a unei incidente  $p_i$ ) și *coeficientul de transmisie acustică*  $\tau$  (raportul dintre fluxul de energie transmis  $\Phi_t$  și cel incident  $\Phi_i$ ). În cazul unei refracții fără disipare de energie,

$$T = \frac{p_t}{p_i} = \frac{2 m \cos \theta_i}{m \cos \theta_i + \cos \theta_t}$$

$$\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi_i} = \frac{4 m \cos \theta_i \cos \theta_t}{(m \cos \theta_i + \cos \theta_t)^2},$$

unde  $m = \frac{\rho_2 v_2}{\rho_1 v_1}$  ( $\rho_1$  și  $\rho_2$  reprezentînd

densitățile celor două medii, iar  $v_1$  și  $v_2$  — vitezele undelor în aceste medii),  $\theta_i$  și  $\theta_t$  fiind unghiurile de incidență și de transmisie ale celor două unde (v. fig. 305).

**refracție optică**, refracție a undelor electromagnetice din domeniul vizibil. O undă refractată este formată prin suprapunerea undelor secundare, induse la frontiera celor două medii de către câmpul electromagnetic al undeii incidente. Refracția nu este aceeași pentru orice lungime de undă, mediile optice omogene prezentînd fenomenul de dispersie (v.). În mediile neomogene din punct de vedere optic, în care există un gradient al indicelui de refracție (v.), au loc refracții succesive ale razei de lumină, în urma cărora aceasta se curbează (ex.: refracția astronomică, mirajul); în mediile optice anizotrope are loc fenomenul de dublă refracție (v. anizotropie).

**refracție specifică** (sau *masică*,  $r$ ), mărime utilizată în teoria dispersiei luminii definită prin relația:

$$r = \frac{1}{\rho} \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2},$$

unde  $n$  și  $\rho$  sînt indicele de refracție și, respectiv, densitatea mediului optic. În primă aproximație această mărime este aditivă, adică

refracția specifică a unui amestec de  $n$  substanțe este:

$$r = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{100} r_i,$$

În care  $P_i$  este procentul în amestec al componentului de refracție specifică  $r_i$ . Produsul dintre masa atomică și refracția specifică ale unei substanțe se numește *refracție atomică*, iar produsul dintre masa molară și refracția specifică se numește *refracție molară*.

**refringență** ( $n - 1$ ), mărime folosită în teoria dispersiei în medii optice izotrope, egală cu diferența dintre indicii de refracție  $n$  al unui mediu și indicii de refracție al vidului (egal cu unitatea).

**regim Poiseuille** v. numărul Reynolds.

**regim Venturi** v. numărul Reynolds.

**regula burghiului** v. cîmp magnetic.

**regula Fleming** v. inducție electromagnetică.

**regula paralelogramului** v. forță.

**regula poligonului** v. forță.

**regula Stokes:** energia fotonului emis în timpul luminescenței este inferioară celei a fotonului absorbit. În consecință, liniile spectrale corespunzătoare sînt deplasate spre lungimi de undă mai mari.

**regulator centrifugal,** dispozitiv atașat de obicei mașinilor cu abur, ce permite reglarea automată a admisie aburului în cilindrul unei mașini termice. Este alcătuit (fig.

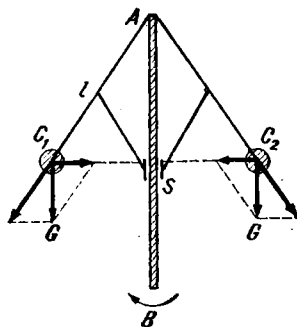


Fig. 306

306) dintr-o bară verticală  $AB$ , de care în capătul  $A$  sînt fixate articulat două tije de lungime egală  $l$ , la capetele cărora se află două bile  $C_1$  și  $C_2$ , de greutate egală  $G$ . De  $AC_1$  și  $AC_2$  sînt articulate alte două tije, care susțin mufa  $S$  legată direct de mecanismul ce reglează admisia vaporilor în cilindrul mașinii. Variația vitezei unghiulare  $\omega$  a tije  $AB$  atrage după sine modificarea unghiului  $\alpha$ , potrivit relației:

$$\cos \alpha = \frac{g}{l\omega^2}$$

( $g$  fiind accelerația gravitațională), deci și a poziției mufei  $S$ , corectînd automat viteza de rotație și aducînd astfel mașina la turația prestabilită.

**reguli de cuantificare** v. cuantificare, model atomic.

**reguli (sau legi) de deplasare,** reguli valabile în cazul proceselor radioactive naturale sau artificiale, în concordanță cu legile de conservare a masei și sarcinii radionuclizilor. Acestea sînt:

1) la o dezintegrare  $\alpha$  numărul atomic  $Z$  al unui radionuclid se

micșorează cu două unități, iar numărul de masă  $A$  — cu patru unități. Astfel, nuclidul derivat este deplasat în sistemul periodic al elementelor cu două căsuțe la stînga față de cel inițial:

$${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-2}Y + {}^4_2\alpha;$$

2) în cazul dezintegrării  $\beta^+$ , numărul atomic al radionuclidului se micșorează cu o unitate, iar numărul de masă rămîne neschimbat. Nuclidul derivat este deplasat cu o căsuță la stînga (trecînd în izobarul anterior):

$${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + e^+;$$

3) dezintegrarea  $\beta^-$  duce la creșterea cu o unitate a numărului atomic al radionuclidului, numărul de masă rămînd același. Nuclidul derivat este deplasat cu o căsuță la dreapta (trecînd în izobarul imediat următor):

$${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + e^-;$$

4) în cazul emisieii  $\gamma$ , nu are loc transmutația elementului respectiv (adică numărul atomic și cel de masă rămîn aceleași), schimbîndu-se numai energia internă a radionuclidului:

$${}^A_ZX \rightarrow {}^A_ZX + h\nu.$$

V. dezintegrare, radioactivitate.

**reguli de selecție, condiții care precizează tranzițiile permise în realitate, dintre toate tranzițiile virtuale posibile din punct de vedere energetic, ale unui sistem cuantic. Se exprimă prin anumite relații matematice pe care trebuie să le îndeplinească numerele cuantice caracteristice sistemului înainte și după tranziție. Astfel, în cazul unui oscilator armonic liniar, numărul cuantic de vibrație poate varia numai conform rela-**

**ției  $\Delta n = \pm 1$ ; în cazul rotatorului, numărul cuantic principal poate varia după regula  $\Delta n = \pm 1$ , iar numărul cuantic azimutal  $\Delta l$ , după regula  $\Delta l = \pm 1$  (aceasta exclude echivalența traiectoriilor eliptice); numărul cuantic magnetic se supune regulii de selecție  $\Delta m_l = \pm 1$  sau 0, iar cel de spin, regulii  $\Delta s = \pm 1$  sau 0 etc. V. model atomic.**

**relativitate v. teoria relativității.**

**relația Boltzmann v. entropie.**

**relații de nedeterminare (de imprecizie sau de incertitudine) Heisenberg, relații ce leagă impreciziile în determinarea simultană a două coordonate conjugate (coordonate de poziție  $x, y, z$  — impulsuri generalizate  $p_x, p_y, p_z$ ; energie  $E$  — viață medie  $\tau$  etc.), stabilind o valoare minimă pentru produsul lor:**

$$\Delta x \Delta p_x \geq h$$

$$\Delta y \Delta p_y \geq h$$

$$\Delta z \Delta p_z \geq h$$

$$\Delta E \Delta \tau \geq h,$$

în care  $h$  este constanta Planck. Aceste relații, stabilite în 1927 de W. Heisenberg, arată că mărirea preciziei de determinare a uneia dintre coordonatele conjugate, sub o anumită limită, duce la micșorarea preciziei în determinarea celeilalte. Aceste condiții, de limitare teoretică a posibilității de determinare experimentală a caracteristicilor unei microparticule, derivă din caracterul ei dualist (corpuscular-ondulatoriu). În consecință, reprezentările mecanicii clasice își pierd sensul și nu reușesc să descrie în mod satis-

făcător o microparticulă. Evoluția microparticulelor poate fi caracterizată cauzal cu metodele mecanicii cuantice, proprietățile corespondente celor din mecanica clasică avînd, în acest caz, un aspect probabilistic.

**relaxare**, proces ireversibil de restabilire a regimului de echilibru termodinamic al unui sistem, după încetarea unei perturbații exterioare. Dacă, de exemplu, se dereglează local regimul de echilibru al unei plume prin introducerea unei sonde ce poate extrage electronii cei mai rapizi dintr-o anumită regiune din jurul ei, echilibrul se restabilește după un anumit timp, numit *timp de relaxare*. Distanța față de sondă, pînă la care se manifestă influența perturbatoare a acesteia, se numește *distanță de relaxare*; în afara acestei distanțe, plasma își păstrează echilibrul statistic, distribuția particulelor sale după viteze fiind aceeași, ca și în absența sondei. Dacă un fascicul de electroni pătrunde din afară într-un volum de plasmă (sau trece dintr-o regiune a unei descărcări electrice în gaze în alta), ca urmare a interacțiunii lor cu particulele plumei (electroni, ioni, atomi neutri, fotoni etc.), aceștia capătă treptat o distribuție a vitezelor corespunzătoare condițiilor din regiunea respectivă. Timpul cît durează această redistribuire a vitezelor electronilor din fascicul este *timpul de relaxare*, iar drumul parcurs în acest timp se numește *drum de relaxare*.

**reluctanță** ( $R_m$ ), raportul dintre tensiunea magnetică  $U_m$  dintr-o porțiune de circuit magnetic și fluxul magnetic  $\Phi$  ce-l străbate:

$$R_m = \frac{U_m}{\Phi}.$$

Este mărimea inversă permeanței magnetice. În SI se măsoară în unu pe henry.

**reluctanță specifică**, reluctivitate.

**reluctivitate** (sau **reluctanță specifică**,  $\eta$ ), reluctanța dintre două fețe opuse ale unui cub, avînd mărimea egală cu unitatea, dintr-o substanță. Este mărimea inversă permeabilității (magnetice absolute)  $\mu$  a substanței respective:

$$\eta = \frac{1}{\mu}.$$

În SI se măsoară în metri pe henry.

**rem v. dozimetrie.**

**remanență electrică**, stare de polarizare electrică a unui corp feroelectric, caracterizată de o polarizație diferită de zero în absența vreunui cîmp electric exterior.

**remanență magnetică**, stare de magnetizare a unui corp feromagnetic, caracterizată de o magnetizație diferită de zero în absența vreunui cîmp magnetic exterior.

**reologie**, parte a mecanicii care se ocupă cu studiul curgerii și al deformației în timp ale materialelor considerate ca medii continue, sub acțiunea forțelor exterioare. Mecanica corpurilor plastice și mecanica fluidelor sînt capitole ale reologiei.

**reostricțiune**, efect pinch.

**repaus** (relativ), stare a unui punct material sau a unui corp care nu-și modifică poziția în raport cu un sistem de referință.

**rest atomic**, ansamblu format dintr-un nucleu atomic și electro-

nii de pe păturile închise (mai puțin electronii de valență). Din punct de vedere electric, restul atomic al unui element alcalin se comportă la distanțe mari la fel cu un nucleu de hidrogen, ca o sarcină punctiformă pozitivă.

### rețea cristalină v. cristal.

**rețea de difracție**, dispozitiv optic constând dintr-un număr mare de linii (trăsături) foarte apropiate între ele, paralele și echidistante. Rețelele pot fi realizate prin transmisie sau prin reflexie, după cum liniile sînt tratate pe suprafața unui mediu transparent (ex. sticlă) sau opac. În ambele cazuri, fantele de difracție a luminii sînt reprezentate de intervalele dintre trăsături. Rețelele prin transmisie sînt, de regulă, plane; cele prin reflexie pot fi și curbe (ex. concave), servind în același timp la focalizarea fasciculelor difractate. Rețelele prin reflexie sînt utilizate pentru difracția radiațiilor ultraviolete și infraroșii, ce sînt absorbite de sticla din care sînt confecționate de obicei rețelele prin transmisie. Distanța dintre două trăsături succe-

sive se numește *constanta rețelei*  $d = 1/m$ , unde  $m$  este numărul de trăsături pe unitatea de lungime. Dacă pe distanța  $L$  sînt  $N$  trăsături, atunci  $m = N/L$ , iar  $d = L/N$ . În fig. 307 este reprezentată o rețea  $R$  prin transmisie. În planul focal  $E$  al lentilei  $L_2$  se formează maxime de difracție pentru acele direcții  $\alpha$  ale razelor de lumină emise de sursa  $S$  (aflată în planul focal  $E$  al lentilei  $L_1$ ) pentru care este satisfăcută condiția:

$$(n_2 \sin \alpha - n_1 \sin i) d = k \lambda,$$

unde  $k = 0, 1, 2, \dots$ . Pentru incidență normală ( $i = 0$ ), unghiuri de difracție  $\alpha$  mici ( $\sin \alpha \approx \alpha$ ) și  $n_1 = n_2 = 1$ , maximele se află la distanțele  $x_k$  date de relația:

$$x_k = \frac{1}{d} k \lambda f = m k \lambda f,$$

unde  $\lambda$  este lungimea de undă a radiației monocromatice folosite. În centrul  $O(x = 0)$  se află franja centrală sau albă ( $k = 0$ ). Distanța dintre două franje succesive (interfranja) este

$$i = x_{k+1} - x_k = \lambda / d = m \lambda f.$$

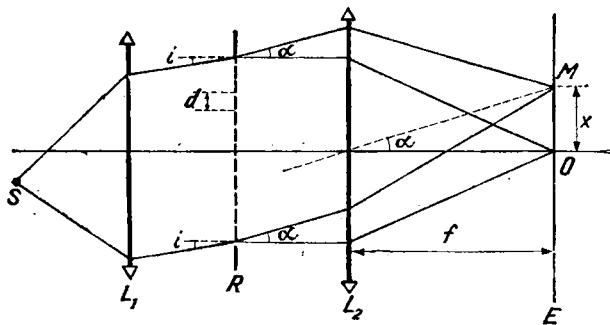


Fig. 307

*Rețeaua bidimensională* este alcătuită din deschideri echidistante așezate după două direcții; atomii situați în nodurile unei rețele cristaline formează o *rețea tridimensională*. Rețelele bidimensionale și tridimensionale sînt de mare importanță pentru studiul difracției radiației X și a electronilor (v. experiența Davisson-Germer).

**reverberație**, fenomen de persistență a unui sunet într-un spațiu închis (după ce sursa încetează să emită), datorită reflexiilor multiple suferite pe pereții încăperii înainte de absorbția sa totală. Timpul în care densitatea energiei sonore se micșorează de  $10^8$  ori se numește *durată de reverberație*, a cărei valoare depinde de volumul încăperii (fig. 308). Ea se poate calcula cu ajutorul legii de variație în timp a densității de energie sonoră:

$$w = w_0 e^{-\frac{\bar{\alpha} S v}{4V} t},$$

în care  $w_0$  și  $w$  sînt densitățile de energie sonoră la momentul inițial și, respectiv, la momentul  $t$ ;  $S$  este suprafața totală a pereților ( $S = S_i$ ),  $V$  — volumul încăperii,  $v$  — viteza de propagare a sune-ului,  $t$  — timpul, iar  $\bar{\alpha}$  — coeficientul mediu de absorbție al pereților pentru undele sonore:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i S_i}{S}.$$

În această relație  $S_i$  este suprafața peretelui  $i$ , iar  $\alpha_i$  — coeficientul de absorbție corespunzător, egal cu raportul dintre fluxul de energie sonoră absorbit și cel

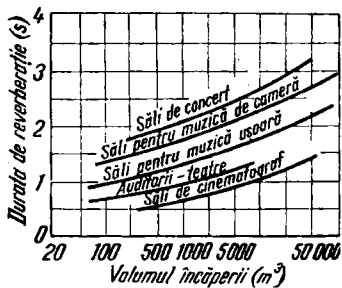


Fig. 308

incident. Durata de reverberație devine astfel:

$$T = 0,161 \frac{V}{\bar{\alpha} S},$$

relație cunoscută sub numele de *formula Sabine*.

**reziliență** ( $K_n$ ), mărime fizică egală cu raportul dintre lucrul mecanic  $L$  necesar ruperii dintr-o singură lovitură a unei bare și aria  $A$  a secțiunii acesteia:

$$K_n = \frac{L}{A}.$$

În SI se măsoară în jouli pe metru pătrat.

**rezistență acustică specifică** ( $R_a$ ), mărime acustică egală cu produsul dintre densitatea  $\rho$  a unui mediu și viteza de propagare  $v$  a undelor acustice în acest mediu:

$$R_a = \rho v.$$

În SI se măsoară în kilograme pe metru pătrat-secundă. Permite realizarea unei similitudini între relațiile acustice și cele electrice: dacă se consideră presiunea sonoră maximă  $p_m$  — mărimea corespunzătoare tensiunii electrice, și viteza maximă a particulelor mediu

lui  $u_m$  — corespunzînd intensității curentului, atunci, între aceste mărimi, există o relație numită „legea Ohm din acustică“:

$$R_a = \frac{p_m}{u_m}$$

**rezistență admisibilă**, valoarea limită convențională a efortului unitar, reprezentînd o fracțiune din rezistența de rupere.  $V$ . coeficient de siguranță.

**rezistență (sau forță) aerodinamică** ( $R$ ), forță ce se opune mișcării relative a unui corp solid într-un mediu gazos. Depinde de forma corpului, de natura fluidului și de viteza relativă de mișcare. După cum mișcarea se face în regim laminar sau turbionar (v. numărul Reynolds), rezistența este sau nu dependentă de viscozitatea fluidului. În primul caz, rezistența este dată de o relație de forma:

$$R = kSf(v),$$

în care  $k$  este coeficientul de rezistență în regim laminar și depinde de natura (viscozitatea) fluidului, de profilul corpului, de starea suprafeței sale;  $S$  — secțiunea transversală a corpului, normală pe direcția de deplasare, iar  $f(v)$  — o funcție de viteza relativă  $v$ , care la viteze mici este egală cu  $v$  (v. legea Stokes), iar la viteze mari, cu  $v^2$  sau cu  $v^3$ . La mișcarea în regim turbionar

$$R = k_1 S \frac{\rho v^2}{2},$$

unde  $k_1$  este coeficientul de rezistență în regim turbionar, iar  $\rho$  — densitatea fluidului.

**rezistență de rupere** ( $\sigma_r$ ), valoarea maximă pe care o poate atinge

efortul unitar dintr-un material solid sub acțiunea unei solicitări simple (întindere, compresiune, forfecare etc.), raportată la aria secțiunii transversale a materialului. Este o caracteristică principală de material și depinde de natura și forma acestuia, de tipul și durata solicitării, de modul prelucrării anterioare etc.

**rezistență electrică** (sau ohmică,  $R$ ,  $r$ ), mărime ce caracterizează rezistența pe care o opune trecerea curentului electric printr-un conductor. În SI se măsoară în ohmi. În curent continuu, este egală cu raportul dintre tensiunea electrică  $U$  aplicată unui conductor, care nu este sediul unor forțe electromotoare, și intensitatea  $I$  a curentului electric care îl străbate:

$$R = \frac{U}{I}$$

Pentru un conductor omogen, valoarea sa depinde numai de temperatură, de natura materialului din care este confecționat, precum și de forma și dimensiunile acestuia potrivit relației:

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

unde  $\rho$  este rezistivitatea conductorului,  $S$  — secțiunea, iar  $l$  — lungimea sa. În cazul legării în serie a trei rezistențe  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  (fig. 309), între capetele exterioare ale circuitului aplicîndu-se diferența de potențial  $U = V_A -$

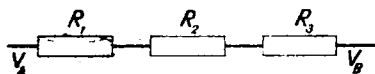


Fig. 309



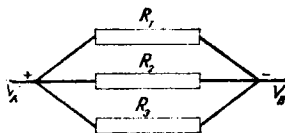


Fig. 310

—  $V_B$ , rezultă:  $U = I(R_1 + R_2 + R_3) = IR$ . Deci, rezistența echivalentă a circuitului este egală cu suma tuturor rezistențelor circuitului respectiv; în general, în cazul a  $n$  rezistențe,

$$R = \sum_{k=1}^n R_k.$$

În cazul a trei rezistențe  $R_1$ ,  $R_2$  și  $R_3$  (fig. 310) legate în derivație (sau paralel), conform legilor Kirchhoff:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

și

$$U = V_A - V_B = \frac{I_1}{\frac{1}{R_1}}$$

$$= \frac{I_2}{\frac{1}{R_2}} = \frac{I_3}{\frac{1}{R_3}} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

(unde  $I_1$ ,  $I_2$  și  $I_3$  sînt intensitățile curenților electrici prin cele trei rezistențe), rezultă:

$$U = \frac{I}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{I}{R}.$$

Deci rezistența echivalentă a unui astfel de circuit, alcătuit din  $n$  rezistențe, este dată de relația

$$\frac{1}{R} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}.$$

Măsurarea rezistențelor se poate face cu ajutorul punții simple (v.). În curent alternativ, expresia rezistenței unui conductor electric este:

$$R = Z \sin \phi,$$

unde  $Z$  este impedanța, iar  $\phi$  — unghiul de defazaj între intensitatea curentului electric și tensiunea aplicată.

**rezistență electrică specifică, rezistivitate.**

**rezistență mecanică v. oscilație amortizată.**

**rezistivitate (sau rezistență electrică specifică,  $\rho$ ),** mărime caracteristică materialelor egală cu rezistența electrică a unui cub din materialul respectiv, cu latura egală cu unitatea. În SI se măsoară în ohm-metri.

**rezistivitate termică v. conductibilitate termică.**

**rezoluție v. putere separatoare.**

**rezonanță 1.** Fenomenul de oscilație a unui sistem fizic în raport cu una dintre mărimile sale de stare, pe seama energiei primite (în mod direct sau prin intermediul unor unde) de la un alt sistem fizic care oscilează cu o frecvență apropiată de cea a oscilațiilor proprii ale primului sistem. Amplitudinea oscilațiilor induse este maximă în cazul egalității acestor frecvențe și ar tinde către infinit dacă nu ar exista factori exteriori de genul frecării. După natura mărimilor care oscilează pot exista: **rezonanță mecanică** (v. cuplaj elastic), **rezonanță acustică** (v. rezonator Helmholtz), **rezonanță electrică** (v. circuit electric) etc. Fenomenul prezintă aplicații la

instrumentele muzicale (pentru timbrarea sunetelor), în radiotehnică (la acordarea circuitelor), în cercetările de fizica corpului solid (ex. rezonanță paramagnetică) etc.; în unele cazuri însă provoacă efecte dăunătoare (ex. trepidații), astfel încât trebuie luate măsuri pentru evitarea ei.

## 2. V. particulă elementară.

**rezonanță paramagnetică**, fenomen de absorbție, la rezonanță, a energiei unui cîmp magnetic de înaltă frecvență de către particulele (molecule, atomi sau ioni) unei substanțe paramagnetice aflate într-un alt cîmp magnetic constant (de obicei perpendicular pe primul). Se datorește tranzițiilor induse de cîmpul magnetic alternativ între subnivelele Zeeman ale sistemelor cuantice aflate în cîmp magnetic constant (v. efect Zeeman). În cazul în care cîmpul magnetic constant este suficient de intens pentru a desface spinul nuclear de sub influența electronilor orbitali, la rezonanță paramagnetică participă numai momentele magnetice nucleare, iar fenomenul poartă numele de *rezonanță magnetică nucleară* (RMN). Dacă la rezonanță paramagnetică participă momentele magnetice datorate mișcării orbitale și de spin a electronilor, acestea se numesc *electronică*; în particular, dacă contribuția mișcării orbitale a electronilor este nulă, fenomenul se numește *rezonanță electronică de spin* (RES). Rezonanța paramagnetică stă la baza unor metode moderne de cercetare în fizica nucleară, fizica corpului solid, biofizică etc., permițînd determinarea cu mare exactitate a momentelor magnetice și electrice nucleare, investigarea structurii atomilor și moleculelor, stabilizarea cîmpurilor magnetice, studiul proprie-

tăților corpurilor lichide și solide, al cuplajului spin-spin și spin-orbită etc. Principiul de construcție al maserilor se bazează pe rezonanța paramagnetică electronică.

**rezonator**, sistem fizic capabil să intre în oscilație prin rezonanță, cînd este excitat cu oscilații de frecvență egală cu frecvența sa proprie.

**rezonator Helmholtz**, rezonator ce oscilează sub influența undelor acustice de o anumită frecvență. Este alcătuit dintr-o cavitate cu pereți rigizi care, prin intermediul unui tub îngust numit gîtul rezonatorului (fig. 311), se află în contact cu mediul înconju-

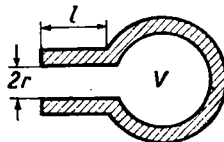


Fig. 311

rător. Frecvența sa proprie de oscilație este:

$$v_0 = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{l_{ef}V}},$$

unde  $v$  este viteza sunetului în aer,  $S$  — secțiunea gîtului rezonatorului,  $V$  — volumul cavității, iar  $l_{ef}$  — lungimea efectivă a gîtului, calculabilă cu relația:

$$l_{ef} = l + 0,62r,$$

în care  $l$  este lungimea geometrică și  $r$  — raza secțiunii gîtului rezonatorului. Rezonatorii Helmholtz sînt folosiți ca absorbanți selecțivi de sunet, în scopul unor corecții acustice a încăperilor.

**rezonator Hertz**, rezonator ce intră în oscilație sub influența undelor

electromagnetice de o anumită frecvență. Constă dintr-o vergea de cupru curbată în formă de cerc, prevăzută cu un mic eclator cu două sfere la cele două capete; între sferele acestuia, la rezonanță, apar scintei. A fost construit și utilizat pentru punerea în evidență a undelor electromagnetice de H. Hertz.

**rezultantă (R)**, forță obținută prin compunerea (însumarea vectorială) tuturor forțelor care acționează asupra unui corp. În anumite situații, este echivalentă cu sistemul forțelor considerate.

**rigiditate**, proprietate a corpurilor solide de a nu se deforma sub acțiunea forțelor ce acționează asupra lor. Nici un corp solid real nu este perfect rigid.

**rigiditate dielectrică**, mărime ce caracterizează rezistența unui material izolant la trecerea curentului electric, exprimată prin valoarea minimă a intensității cimpului electric care poate produce străpungerea electrică a acestuia, în anumite condiții.

**röntgen v. dozimetrie.**

**Röntgen** [röntgən], **Wilhelm Conrad** (1845—1923), fizician german. Studiind descărcările electrice în

tuburi vidate, a descoperit (1895) emisia unor radiații penetrante, pe care le-a numit radiații X. Premiul Nobel (1901).

**röntgenoluminescență v. luminescență.**

**rotație v. mișcare mecanică.**

**rotor v. generator electric, motor electric.**

**rutherford (Rd)**, unitate de măsură folosită în exprimarea activității unei surse radioactive, egală cu  $10^6$  dezintegrări pe secundă.

**Rutherford** [rādʒəfəd], **Ernest** (1871—1937), fizician englez. Membru al Societății Regale din Londra. A descoperit radiațiile nucleare  $\alpha$  și  $\beta$  emise de substanțele radioactive și a stabilit că prin dezintegrarea  $\alpha$  a radiului se formează un gaz radioactiv, radonul, pe care a reușit să-l lichefieze. Studiind împrăștierea particulelor  $\alpha$  în foițe subțiri de substanță, a stabilit existența nucleului atomic și, astfel, a pus bazele (1911) modelului atomic planetar. În 1919 a obținut transmutația azotului în oxigen prin iradiere cu particule  $\alpha$ . Inițiind astfel cercetarea reacțiilor nucleare controlate. Premiul Nobel pentru chimie (1908).

**Sanielevici, Alexandru** (1893-1969), fizician român, profesor la Universitatea București. M. coresp. al Acad. Cercetări în domeniul fizicii nucleare și radioactivității.

**sarcină electrică** (cantitate de electricitate sau electricitate,  $q$  sau  $Q$ ), mărime ce caracterizează proprietatea corpurilor de a crea în jurul lor un câmp electric și de a fi acționate când sînt introduse în câmpul electric al altor corpuri. Produsul acestei mărimi cu intensitatea câmpului electric exterior  $E$  este egal cu forța electrică  $F$  care se exercită asupra corpului respectiv:

$$F = qE.$$

Se măsoară în coulombi (în SI) și în franklini (în sistemul CGS $\epsilon_0$ ). Poate fi pozitivă (în cazul unei lipse de electroni în corp) sau negativă (în cazul unui exces de electroni); sarcinile de același semn se resping, iar cele de semn contrar se atrag. Valoarea absolută a sarcinii electrice a electronului se numește *sarcină elementară* (v. constantă fizică universală).

**sarcină electrică volumică**, densitate de sarcină.

**sarcină elementară** v. sarcină electrică.

**sarcină magnetică** ( $q_m$ ), mărime fictivă ce caracterizează proprietatea corpurilor de a crea în jurul lor un câmp electric sau de a fi acționate când se află în câmpul magnetic al altor corpuri, definită prin analogie cu sarcina electrică. Produsul acestei mărimi cu intensitatea câmpului magnetic exterior  $H$  este egal cu forța magnetică  $F$  ce acționează asupra corpului respectiv:

$$F = q_m H.$$

În SI se măsoară în newton-metru pe amper.

**saturație**, stare a unui sistem fizic în care o anumită mărime caracteristică a atins o valoare maximă. V. vapori saturați, isteresis magnetic.

**Sălceanu, Constantin** (n. 1896), fizician român, profesor la Universitatea din Timișoara. Studii în domeniile acusticii, mecanicii, opticii etc.

**scară termoelectrică** v. termometrie.

**scalar**, mărime complet determinată numai prin valoarea sa numerică (ex.: volumul, masa, densitatea, căldura specifică, energia, lungimea etc.).

**Schrödinger** [șrödinger], **Erwin** (1887—1961), fizician austriac. Ținând seama de natura ondulatorie a particulelor elementare, a stabilit o ecuație care constituie unul din elementele matematice de bază ale mecanicii cuantice (v. ecuația Schrödinger). A arătat echivalența formulării ondulatorii și a celei matriciale dată de Heisenberg mecanicii cuantice. Contribuții importante în domeniul teoriei câmpurilor. Premiul Nobel (1933).

**scintilație v. contor cu scintilație.**

**scintilator v. contor cu scintilație.**

**scinteie electrică**, descărcare electrică produsă la presiuni mari și tensiuni înalte, având caracter intermitent și fiind concentrată într-o serie de canale luminoase, înguste, discontinue, ramificate și neregulate, în spațiul dintre electrozi. Caracterul intermitent al descărcării se datorește puterii limitate a generatorului de înaltă tensiune, iar caracterul discontinuu al canalului este o consecință a faptului că inițierea unui nou canal (numit *strimer*) poate avea loc în orice punct al spațiului dintre electrozi. După aprinderea descărcării, tensiunea dintre electrozi scade pînă ce descărcarea se stinge din cauza puterii reduse a generatorului, apoi crește brusc pînă la valoarea necesară străpunerii (aprinderii), și procesul se repetă. Intervalul de timp dintre două aprinderi depinde de puterea generatorului și de capacitatea electrică a celor doi electrozi, ultima putînd fi mărită prin legarea în paralel a unor condensatori de mare capacitate. Pe această cale se obține o scinteie cu densitate mare de curent, numită *scinteie conden-*

*sată*. Dacă configurația electrozilor creează un câmp electric foarte neomogen, apariția scinteii este precedată de descărcarea în coroană. Scinteia electrică este folosită în spectroscopie ca sursă spectrală cu mare putere de excitare; datorită temperaturilor înalte pe care le dezvoltă (10 000—30 000 K), oferă condiții pentru apariția liniilor spectrale ale ionilor. Din această cauză, spectrele de scinteie se mai numesc *spectre ionice*.

**scripete**, mașină simplă de tipul pîrghiei, constînd dintr-un disc metallic ce se poate roti în jurul axei proprii, prevăzută la periferie cu un șanț prin care trecе un cablu. Permite realizarea unei economii de forță, sau schimbă sensul acesteia pentru echilibrarea unei forțe rezistente. Se deosebesc scripete fixe, mobili și compuse (mufla, palanul și scripetele exponențiale). *Scripetele fix* (fig. 312, a) are axul prins într-o furcă fixată rigid. La echilibru, momentele forțelor (față de ax) care acționează asupra sistemului sînt egale, sau:  $Fr = Rr$ , deci forța activă  $F$  este egală cu forța rezistentă  $R$ . Este folosit în scopul schimbării sensului de aplicație al unei forțe ce trebuie învinsă pentru deplasarea (de obicei, pe verticală) a unui corp. *Scripetele mobil* (fig. 312, b) are axul mobil, de care este

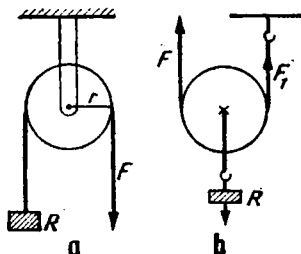


Fig. 312

suspendată greutatea de ridicat. La echilibru, momentele forțelor față de capătul scripetelui opus forței active sînt egale:  $F \cdot 2r = R \cdot r$  de unde  $F = \frac{R}{2}$ , reali-

zîndu-se astfel o economie de forță. *Scripetele compus* este un sistem de mai mulți scripeți ficși și mobili, cuplați în diferite moduri. Astfel, *mufła* este constituită din mai mulți scripeți fixați pe aceeași furcă. Fixarea se poate face pe același ax (cînd diametrele scripetilor sînt egale) sau pe axe paralele (cînd diametrele lor diferă). *Palanul* este alcătuit din două mufle identice (fig. 313, *a* și *b*); forța rezistentă se aplică la furca muflei inferioare, realizîndu-se ast-

fel o economie de forță, conform relației:  $F = \frac{R}{2n}$ , în care  $n$  este

numărul de scripeți (mobili) ai unei mufle. *Scripetele exponențial* conține un scripete fix și  $n$  scripeți mobili și realizează o economie de forță, potrivit relației:  $F = \frac{R}{2^n}$ .

**secțiune eficace ( $\sigma$ )**, mărime ce caracterizează eficacitatea diferitelor procese (ex.: împrăștiere, absorbție, ionizare, fisiune, recombinare, captură, excitare etc.) care se produc la interacția unui flux de particule cu substanța. Este definită ca raportul dintre numărul  $n_i$  al proceselor de un anumit tip  $i$ , care au loc la interacția dintre fluxul incident și o particulă-țintă, și numărul  $n$  de particule-proiectil, care străbat în unitatea de timp o suprafață (trezind prin ținta considerată în poziția inițială) perpendiculară pe direcția fasciculului, cu aria egală cu o unitate:

$$\sigma = \frac{n_i}{n}$$

Reprezintă aria atribuită unei particule-țintă, astfel încît numărul proceselor să fie egal cu numărul de particule care pătrund într-o sferă a cărei secțiune diametrală este egală cu această arie. Se măsoară în centimetri pătrați sau, de obicei, în barni. În cazul proceselor elastice,  $\sigma$  este proporțională cu pătratul razei  $R$  de acțiune a forțelor de interacție:

$$\sigma = \pi R^2;$$

determinînd experimental valoarea secțiunii eficace, poate fi deci evaluată mărimea acestei raze.

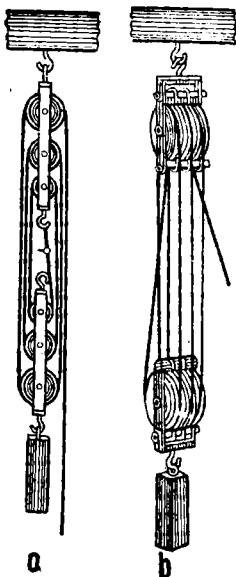


Fig. 313

Suma tuturor secțiunilor eficace corespunzătoare diferitelor tipuri de procese care se produc la interacția dintre fluxul incident și particulele-țintă poartă numele de *secțiune eficace totală* (sau *integrală*):

$$\sigma_{tot} = \sum_i \frac{n_i}{n}$$

În particular, dacă în urma procesului considerat (ex. împrăștiere, emisie) particulele incidente sînt deviate într-un unghi solid elementar, se definește mărimea numită *secțiune eficace diferențială*, ca raport dintre secțiunea eficace elementară  $d\Omega$  în acel element de unghi solid  $d\sigma$  și valoarea acestuia:

$$\sigma_{\Omega} = \frac{d\sigma}{d\Omega}$$

În cazul proceselor de împrăștiere se poate determina pe cale experimentală numărul  $\Delta n$  al particulelor deviate în unghiul solid  $\Delta\Omega$  de particulele-țintă ale unui strat de material de grosime  $\Delta x$ , într-un interval de timp egal cu o unitate. Cu ajutorul relației:

$$\frac{\Delta n}{n_0} = \Delta\sigma N_0 \Delta x,$$

unde  $N_0 = \frac{\rho N_A}{A}$  este numărul particulelor difuzante din unitatea de volum ( $\rho$  fiind densitatea materialului,  $N_A$  — numărul Avogadro, iar  $A$  — numărul de masă), se poate determina valoarea secțiunii diferențiale. În cazul împrăștierii particulelor  $\alpha$  pe nuclee, dependența secțiunii diferențiale de unghiul de deviere  $\theta$ , în aproximația forțelor de interacție electro-

statică, este dată de formula Rutherford:

$$\Delta\sigma = \left(\frac{Ze^2}{2W}\right)^2 \cdot \frac{\Delta\Omega}{\sin^4 \frac{\theta}{2}},$$

unde  $\Delta\Omega = 2\pi \sin \theta \Delta\theta$  este elementul de unghi solid în care sînt observate particulele împrăștiate,  $W$  — energia particulelor incidente,  $Z$  — numărul atomic al nucleelor-țintă, iar  $e$  — sarcina elementară.

**secundar** v. transformator.

**secundă** v. sistem de unități.

**seignettoelectricitate, feroelectricitate.**

**selecție** v. reguli de selecție.

**selfinducție, autoinducție.**

**semiconductor**, corp solid avînd o conductivitate cuprinsă între cea a metalelor și a izolatoarelor (dielectricilor), caracterizat printr-o lărgime a zonei interzise mai mică de 3 eV. Proprietățile sale electrice depind de factori externi cum sînt: temperatură, iluminare, presiune, cîmpuri electrice și magnetice etc. Astfel, conductivitatea  $\sigma$  crește cu temperatura după o lege exponențială în intervale largi de valori (fig. 314). Studiul distribuției purtătorilor de sarcină din semiconductor, în

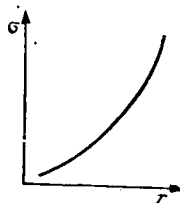


Fig. 314

funcție de energie, se poate face fie cu ajutorul statisticii Fermi-Dirac, fie cu ajutorul statisticii Maxwell-Boltzmann (v. statistică). În cazul semiconductorilor cu concentrație mare de electroni (așa-numitele „semimetale“), probabilitatea ca un electron să se găsească în starea de energie  $W$  se calculează cu ajutorul funcției Fermi-Dirac:

$$f = \frac{1}{e^{kT} \frac{W - \mu}{kT} + 1},$$

unde  $\mu$  este nivelul de energie Fermi,  $k$  — constanta Boltzmann, iar  $T$  — temperatura absolută a semiconductorului. În cazul semiconductorilor cu concentrație mică de electroni, probabilitatea ca un electron să se găsească pe starea de energie  $W$  se calculează cu ajutorul funcției Maxwell-Boltzmann:

$$f = e^{-\frac{W - \mu}{kT}}.$$

Funcția  $f'$  de distribuție a golurilor, purtători de sarcină pozitivi, este dată de relația:

$$f' = 1 - f.$$

Cu ajutorul funcțiilor de distribuție date mai sus se poate calcula concentrația purtătorilor de sarcină, ale căror energii sînt cuprinse într-un anumit interval. Astfel, concentrația  $dn$  a electronilor, cu energii în intervalul  $dW$ , se calculează cu ajutorul relației:

$$dn = fN(W)dW,$$

unde  $N(W)$  este densitatea stărilor cuantice de energie  $W$ . În mod analog, concentrația  $dp$  a golurilor în intervalul energetic  $dW$  se calculează cu ajutorul relației:

$$dp = f'N(W)dW.$$

Concentrația  $n$  a electronilor, respectiv  $p$  — a golurilor, într-un interval energetic finit (ex.: de la 0 la  $W$ ), se poate calcula prin integrarea ultimelor expresii.

Între substanțele semiconductoare se întâlnesc elemente simple ca: B, C, Si, Ge, Sn, P, As, Sb, S, Se, Te; combinații de tipuri diferite:  $A^I B^{VII}$  (CaCl, AgBr, ...),  $A^{II} B^{VI}$  (ZnS, CdS, ZnO, CdO, ZnSe, CdSe, ZnTe, CdTe...)  $A^{III} B^V$  (AlP, GaAs, GaP, ...)  $A^{IV} B^{IV}$  (PbS, PbSe, PbTe, ...) etc. și compuși intermetalici cum sînt: AlSb, InSb, CdSb etc. Semiconductorul pur, a cărui conducție electrică este asigurată (fig. 315) numai de mișcarea electronilor din zona de conducție Z.C. și a golurilor din zona de valență Z.V. (ambele tipuri de purtători de sarcină apărînd pe seama trecerii electronilor din zona de valență în zona de conducție), se numește *intrinsec*. Trecerea curentului electric printr-un astfel de semiconductor poate avea loc cînd un electron a părăsit legătura de valență și s-a deplasat către regiuni în care legăturile chimice sînt satisfăcute; în locul liber rămîne o legătură nesatisfăcută, formîndu-se astfel un gol pozitiv numit, uneori, lacună. Acest proces este ilustrat de fig. 316 în

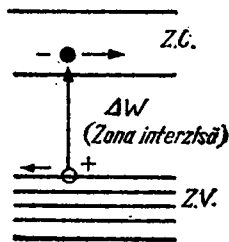


Fig. 315



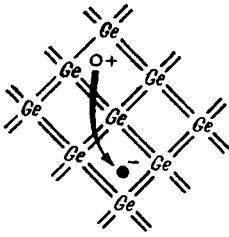


Fig. 316

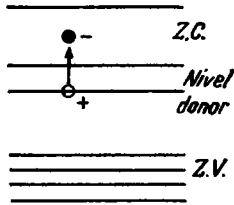


Fig. 317

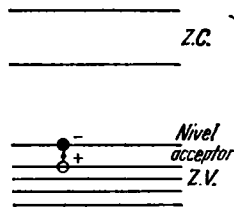


Fig. 318

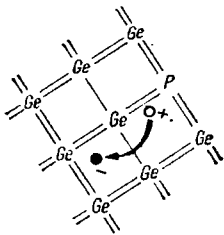


Fig. 319

cazul germaniului (Ge). Conductivitatea electrică a unui astfel de semiconductor se calculează cu ajutorul relației:

$$\sigma = en\mu_n + ep\mu_p,$$

unde  $e$  este sarcina elementară,  $n$  — concentrația electronilor,  $\mu_n$  — mobilitatea electronilor,  $p$  — concentrația goliurilor;  $\mu_p$  — mobilitatea goliurilor; în general  $n = p$ , iar  $\mu_n > \mu_p$ .

Semiconductorul cu conductivitate mărită în urma unui adaos de impurități se numește *extrinsec*. Prin procedee tehnice diferite, se poate obține impurificarea dirijată a semiconductorilor. Când atomii de impuritate prezintă nivele situate în apropierea benzii de conducție, ei pot furniza electroni acestuia și poartă numele de *donori*, iar nivelele respective sînt denumite *donoare* (fig. 317). Dacă acești atomi se află în apropierea benzii de valență, ei pot primi electroni și se numesc în acest caz *acceptori*, iar nivelele respective — *nivele acceptoare* (fig. 318).

În primul caz, pe seama energiei termice, la temperatura obișnuită are loc cedarea unui electron (sau a mai multora) al atomului donor zonei de conducție. Astfel, în cazul germaniului tetravalent rolul de impuritate donoare pot să-l joace atomii de fosfor (pentavalent, cu cinci electroni de valență). Intrac în rețeaua germaniului (fig. 319), atomul de fosfor participă cu patru electroni la legăturile chimice cu patru atomi vecini de germaniu; al cincilea electron, fiind slab legat, poate trece în zona de conducție. Conducția semiconductorului cu impurități donoare fiind dominant electronică, conductivitatea sa se calculează cu ajutorul relației:

$$\sigma = en\mu_n,$$

contribuția golurilor din zone de valență fiind neglijabilă. În cazul impurităților donoare, la temperatura obișnuită are loc trecerea unora dintre electronii zonei de valență pe nivelul acceptor, iar conducția electrică este asigurată de golurile rămase în zona de valență. În cazul germaniului, rolul de impuritate acceptoare îl pot juca atomii de bor (trivalent); în rețeaua germaniului (fig. 320) un

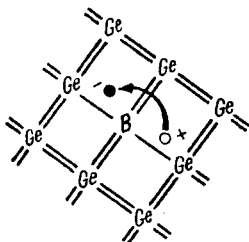


Fig. 320

atom de bor se poate lega cu trei atomi de germaniu, o legătură a celui de al patrulea atom de germaniu rămânând nesatisfăcută. În aceste condiții, se poate produce transferul unui electron în zona de valență către legătura nesatisfăcută. Locul rămas liber în legătura rețelei de bază este golul pozitiv; conducția electrică asigurată de deplasarea lacunelor în câmp electric se numește *conducție lacunară*. Conductivitatea semiconductorului cu impurități acceptoare se calculează astfel cu ajutorul relației:

$$\sigma = e\rho\mu_p,$$

contribuția electronilor din zona de conducție putîndu-se practic neglija. Semiconductorii extrinseci sînt folosiți în construcția diodelor

și a tranzistorilor, a laserilor cu joncțiune, a detectorilor de particule etc. și prezintă largi aplicații în electronica modernă.

**semilărgime v. linie spectrală.**

**sensibilitate**, proprietate a unui instrument de măsură, aparat, emulsie fotografică, de a-și modifica starea la variația unui factor extern. Se măsoară prin valoarea minimă a acestei variații care provoacă o modificare sesizabilă.

**sensibilitate cromatică v. placă fotografică.**

**sensibilitate spectrală v. flux luminos.**

**sensibilizator v. placă fotografică.**

**sensitometrie**, tehnică de măsurare a sensibilității materialelor fotometrice, cuprinzînd și stabilirea relațiilor cantitative dintre proprietățile imaginii fotografice și tratamentele la care a fost supus materialul fotosensibil (expunere, dezvoltare etc.). Noțiunile mai importante ale sensitometriei sînt: cantitatea de iluminare (sau expunerea), opacitatea  $o$ , factorul de transmisie  $T = 1/o$  și densitatea optică. Curba care reprezintă dependența dintre densitatea  $D$  și logaritmul expunerii se numește *curba sensitometrică* (sau *caracteristică*), fiind, uneori, numită și *curbă de înnegrire*. Curba caracteristică a unui material fotosensibil se construiește iluminînd diferite porțiuni ale sale cu expuneri diferite. Aparatul care permite o astfel de impresionare, în expuneri gradate cunoscute, se numește *sensitometru*, iar aparatul cu care se măsoară densitățile de înnegrire ale porțiunilor respective, după dezvoltare și fixare, este *densitometru*.

separare v. putere separatoare.

serie (sau familie) radioactivă, ansamblu de elemente radioactive, constituit dintr-un element inițial și din alte elemente care se formează succesiv, în urma unor dezintegrări alfa sau beta, sfîr-

sîndu-se cu un element stabil. Elementele grele cu numărul de masă  $A > 200$  sînt radioactive, formînd trei serii radioactive naturale a căror denumire provine de la elementul radioactiv inițial: a uraniului ( ${}^{238}_{92}\text{U}$ ), a toriului ( ${}^{232}_{90}\text{Th}$ ), a

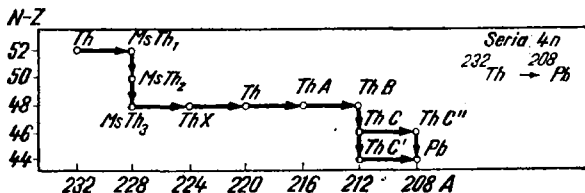


Fig. 321

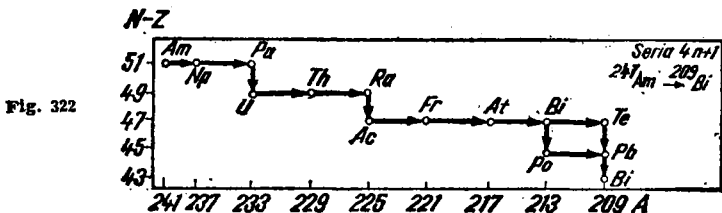


Fig. 322

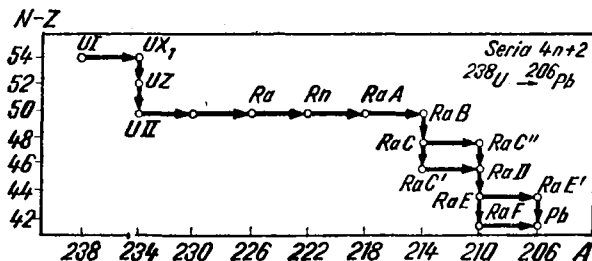


Fig. 323

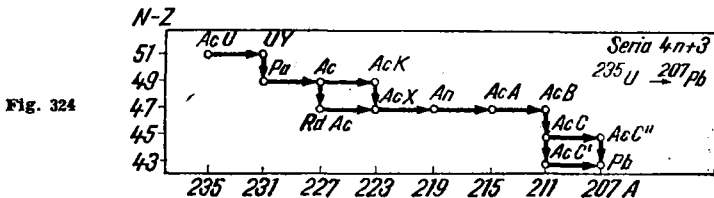


Fig. 324

actiniului ( $^{235}_{89}\text{Ac}$ ) și o serie radioactivă artificială compusă din elemente sintetice, a americiului ( $^{241}_{95}\text{Am}$ ). În general, numărul de masă al acestor serii se poate exprima cu ajutorul relației  $A = 4n + a$ , unde  $n$  este un număr întreg, iar  $a = 0$  — pentru seria toriului,  $a = 1$  — pentru seria americiului,  $a = 2$  — pentru seria uraniului, și  $a = 3$  — pentru seria actiniului. Pentru seria toriului, elementul final stabil este plumbul ( $^{208}_{82}\text{Pb}$ ), pentru a americiului — bismutul ( $^{208}_{83}\text{Bi}$ ), pentru a uraniului — plumbul ( $^{206}_{82}\text{Pb}$ ), și pentru a actiniului — plumbul ( $^{207}_{82}\text{Pb}$ ). Cele patru serii radioactive sînt cuprinse în figurile 321, 322, 323 și 324, reprezentîndu-se pe ordonatã diferența dintre numărul neutronilor  $N$  și numărul atomic  $Z$  al elementelor și pe abscisă — numărul lor de masă  $A$ ; pe direcția orizontală este indicat, prin săgeți, procesul de dezintegrare  $\alpha$ , iar pe verticală — procesul de dezintegrare  $\beta$ . În cadrul fiecărui proces radioactiv sînt respectate regulile de deplasare (v.). În prezent sînt cunoscute 13 elemente transuraniene (cu  $Z > 92$ ); acestea nu există în stare naturală, ele fiind obținute pe cale artificială. Cu creșterea numărului atomic viața medie a elementelor scade foarte repede, iar numărul lor de masă este determinat numai orientativ. Cu cît numărul  $N$  de neutroni al unui izotop transuranian este mai mic, cu atît el este mai stabil. Elementele transuraniene sînt, în general, instabile în raport cu fisiunea spontană și cu dezintegrarea  $\alpha$ .

**serie spectrală**, ansamblul liniilor spectrale corespunzătoare tranzițiilor unui atom sau ale unei molecule de la o singură stare energetică (*spectru de absorbție*) sau

către aceeași stare energetică (*spectru de emisie*).

Seriile spectrale ale hidrogenului atomic sînt denumite: Lyman, Balmer, Paschen, Brackett, Pfund, Humphry. *Seria Lyman* aparține domeniului ultraviolet, corespunzînd tranzițiilor din sau către nivelul fundamental. Numerele de undă ale liniilor spectrale se calculează cu ajutorul relației:

$$\tilde{\nu} = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

unde  $n = 2, 3, 4, \dots$ , iar  $R = 1,0973731(3) \cdot 10^7 \text{m}^{-1}$  este constanta Rydberg. Din seria Lyman se cunosc 15 linii cu lungimile de undă între 1 215,4 și 915,3 Å. *Seria Balmer* este cuprinsă în domeniul vizibil și ultraviolet și corespunde tranzițiilor din (sau către) primul nivel excitat; pentru calculul lungimilor de undă ale liniilor, Balmer a stabilit relația empirică:

$$\lambda = \frac{3\,645,6\,n^2}{(n^2 - 4)} \cdot 10^{-8} \text{ cm}$$

(*formula Balmer*), unde  $n = 3, 4, 5, 6, \dots$ . Lungimile de undă ale seriei Balmer sînt cuprinse între 6 563,04 și 3 645,6 Å. Modificînd relația corespunzătoare seriei Lyman, Rydberg a găsit pentru numerele de undă expresia:

$$\tilde{\nu} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

unde  $n = 3, 4, 5, \dots$ . *Seria Paschen* din domeniul infraroșu conține linii spectrale emise sau absorbite în tranziții la care participă al doilea nivel excitat, ale căror numere de undă se calculează cu ajutorul relației:

$$\tilde{\nu} = R \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

unde  $n = 4, 5, 6, \dots$  Lungimile de undă ale seriei Paschen sînt cuprinse între 18 751,3 și 12 817,5Å. *Seria Brackett* aparține domeniului infraroșu, corespunzînd celui de al treilea nivel excitat; numerele de undă ale liniilor sale sînt date de expresia:

$$\tilde{\nu} = R \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

unde  $n = 5, 6, 7, \dots$  *Seria Pfund* este cuprinsă în domeniul infraroșu, fiind compusă din linii emise sau absorbite la tranziții către al patrulea nivel excitat; numerele de undă ale acestor linii verifică relația:

$$\tilde{\nu} = R \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

unde  $n = 6, 7, 8, \dots$  *Seria Humphry* din domeniul infraroșu conține linii cu numere de undă ce se calculează cu ajutorul relației:

$$\tilde{\nu} = R \left( \frac{1}{6^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

unde  $n = 7, 8, 9, \dots$  Aceste relații sînt forme particulare ale relației:

$$\tilde{\nu} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n''^2} \right)$$

(unde  $n'' = n' + 1, n' + 2, n' + 3, \dots$ ), care se stabilește pe cale teoretică cu ajutorul modelului atomic Bohr.

Heliul neutru (HeI) este caracterizat de linii spectrale care pot fi interpretate cu ajutorul mecanicii cuantice, în timp ce spectrul heliului o dată ionizat (HeII) cuprinde linii spectrale care pot fi explicate, pe baza modelului atomic Bohr. Potrivit acestui model, seriile spectrale ale heliului o

dată ionizat satisfac relația generală:

$$\tilde{\nu} = Z^2 R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n''^2} \right),$$

unde  $\tilde{\nu}$  este numărul de unde corespunzător liniei,  $Z$  — numărul atomic (în cazul de față  $Z = 2$ ),  $n'$  — numărul cuantic principal al stării de energie inferioară,  $n''$  — cel al stării de energie superioară. Dintre aceste serii, cele pentru care  $n' = 2$  și  $n'' = 4$  prezintă un interes deosebit. Cînd  $n' = 2$ , se obține:

$$\tilde{\nu} = 4R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n''^2} \right),$$

unde  $n'' = 3, 4, 5, \dots$ , sau

$$\tilde{\nu} = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{\left(\frac{n''}{2}\right)^2} \right).$$

Această relație arată că liniile seriei pentru  $n''$  par sînt suprapuse peste liniile seriei Lyman a hidrogenului și pentru  $n''$  impar — sînt dispuse între acestea. Cînd  $n' = 4$ , se obține *seria Pickering* caracterizată prin:

$$\tilde{\nu} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{\frac{n''}{2}} \right),$$

unde  $n'' = 5, 6, 7, \dots$  Se observă că pentru  $n''$  par, liniile acestei serii se suprapun peste liniile seriei Balmer a hidrogenului, iar cînd  $n''$  este impar — se află între aceste linii. *Seria Pickering* a fost atribuită inițial hidrogenului și, abia după elaborarea modelului atomic Bohr, s-a clarificat faptul că ea aparține heliului o dată ionizat (ceea ce a constituit o confirmare a acestui model). Suprapunerile menționate se produc

numai în primă aproximație căci, dacă se ține seamă de masa finită a nucleului, se constată o ușoară deplasare spre ultraviolet a liniilor spectrale ale heliului.

În cazul metalelor alcaline, la formarea seriilor spectrale ia parte electronul de valență (optic) al atomilor metalelor alcaline. Aceștia conțin pături electronice complete și o pătură periferică incompletă, cu un singur electron. De aceea, modelul atomic al metalelor alcaline seamănă cu cel al atomului de hidrogen, electronul optic fiind suficient de departe de restul atomic pentru ca acesta să interacționeze cu el ca o sarcină pozitivă (întrucât acțiunea celorlalte sarcini pozitive ale nucleului este neutralizată de acțiunea sarcinilor negative — electronii — de pe păturile complete). La tranzițiile electronului optic de pe stări de energie superioară pe stări de energie inferioară (sau invers), atomilor metalelor alcaline le corespund spectre de emisie (sau de absorbție) constituite din serii spectrale formate din linii ale căror numere de undă se calculează cu ajutorul relației:

$$\tilde{\nu} = R \left( \frac{1}{(n' + c_1)^2} - \frac{1}{(n'' + c_2)^2} \right),$$

unde  $R$  este constanta Rydberg,  $n'$  și  $n''$  — numerele cuantice principale ale stărilor de energie inferioară și, respectiv, superioară, iar  $c_1$  și  $c_2$  — constante caracteristice unei anumite serii. *Seria fină* ia naștere atunci când  $n' = 3$ ,  $n'' = 4, 5, 6, \dots$ , iar  $c_1 = -1,35$ ,  $c_2 = -0,87$ . *Seria principală* se formează când  $n' = 3$ ,  $n'' = 3, 4, 5, \dots$ , iar  $c_1 = -0,87$ ,  $c_2 = -1,35$ . *Seria difuză* corespunde numerelor  $n' = 3$ ,

$n'' = 3, 4, 5, \dots$ , iar  $c_1 = -0,01$ ,  $c_2 = -0,87$ . *Seria fundamentală* se caracterizează prin  $n' = 3$ ,  $n'' = 4, 5, 6, \dots$ , iar  $c_1 = 0,00$ ,  $c_2 = 0,01$ . Se observă că, uneori, serii spectrale diferite corespund tranziției electronului între stări cu același număr cuantic principal; acest lucru este posibil deoarece stările respective sînt caracterizate de numere cuantice orbitale (deci de energii) diferite, ceea ce se reflectă în valorile constantelor  $c_1$  și  $c_2$ . Unele linii spectrale se prezintă sub formă de dublet, acesta datorîndu-se mișcării de spin a electronului.

Seriile spectrale produse de atomi diferiți (ex. de hidrogen neutru, de heliu simplu ionizat, de litiu dublu ionizat etc.), dar care au același număr de electroni se numesc *izoelectronice*. Lungimile de undă ale liniilor acestora pot fi calculate după formule de tip Balmer. Datorită diferenței dintre masele nucleare, constanta Rydberg diferă întrucîtva de la un ion la altul; astfel, spre deosebire de constanta Rydberg pentru hidrogen (v. constantă fizică universală),  $R_{Li} = 1,097286 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$  și  $R_{Be} = 1,097305 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ .

sferă fotometrică v. fotometru.

siemens (S), unitate de măsură a conductanței în SI. Reprezintă conductanța unui conductor a cărui rezistență electrică este de un ohm. Sin. *mho* ( $\Omega^{-1}$ ).

simbol v. sistem de unități.

simetrie, proprietate a funcției de undă asociată unui sistem de particule de a rămîne neschimbată la permutarea coordonatelor unei perechi de particule.

**simultaneitate**, proprietate a unor evenimente sau fenomene de a se produce în același moment. V. transformări Lorentz.

**sinerociclotron**, fazotron.

**sinerofazotron** (consmotron, beva-tron sau sinerotron de protoni), accelerator ciclic rezonant utilizat pentru obținerea particulelor grele, încărcate electric (ex. protoni) și de energie foarte mare, al cărui principiu de funcționare se aseamănă cu cel al microtronului și al fazotronului. Este un sincrotron de rază mărită, la care tensiunea de accelerare aplicată pe o cavitate rezonantă are frecvență variabilă. Traectoria particulelor este curbată cu ajutorul unor electromagneți plasați în lungul tunelului circular, în interiorul căruia are loc accelerarea. Scăderea frecvenței tensiunii de accelerare (ca la fazotron), aplicate pe una sau mai multe porțiuni de pe traiectorie, are loc simultan cu mărirea intensității cîmpului magnetic (ca la microtron), astfel asigurându-se sincronismul cu mișcarea particulelor. După accelerarea pînă la energia maximă, intensitatea fasciculului de particule accelerate cu energii înalte scade brusc, deoarece cîmpul magnetic și frecvența generatorului revin la valoarea inițială pentru începerea unui nou ciclu de accelerare (a unui alt grup de particule). În sincrofazotroanele mari, un ciclu de accelerare se repetă la cîteva secunde. Creșterea frecvenței tensiunii de accelerare trebuie controlată continuu, iar valoarea intensității cîmpului magnetic trebuie să corespundă unei anumite energii a particulelor; altfel, ciocnindu-se de pereții camerei vidate, acestea și-ar pierde din energia acumulată. Injecția

particulelor în sincrofazotron se face de la un accelerator preliminar (liniar rezonant Van de Graaff, ciclotron etc.), energia acestora avînd inițial valori cuprinse între 4 și 20 MeV. În prezent, energia maximă a protonilor accelerați cu ajutorul sincrofazotronului este de 70 GeV, valoare ce depășește de aprox. 3 000 de ori valoarea energiei acestora atinsă în ciclotron.

**sincronism**, proprietate a unor fenomene periodice asemănătoare de a se desfășura simultan, în mod paralel.

**sincrotron**, accelerator ciclic rezonant folosit pentru obținerea electronilor de mare energie, superioară celei obținute în betatron, în care se realizează un sincronism între mișcarea de rotație a electronilor și variația tensiunii acceleraatoare. În sincrotron este utilizat un cîmp magnetic crescător în timp, concentrat în vecinătatea orbitei de echilibru care corespunde variației frecvenței de rotație a electronilor datorită creșterii masei cu viteza. Tensiunea de accelerare aplicată rezonatorului are frecvența constantă. În expresia frecvenței

$$f = \frac{c}{2\pi r} \sqrt{1 - \left(\frac{m_0 c^2}{W}\right)^2},$$

$W$  este energia totală, iar  $m_0 c^2$  ( $\ll W$ ) — energia de repaus a electronilor; deci  $f = \frac{c}{2\pi r}$ . Frec-

vența  $f$  de mișcare a electronilor pe orbita de accelerare și raza  $r$  a orbitei sînt constante. Cavitatea (sau cavitățile) rezonantă(e) pe care este aplicată tensiunea de accele-

rare, de frecvență egală cu frecvența de rotație a particulelor, se află pe traiectoria acestora. Energia acumulată de electroni, după străbaterea spațiului de accelerare, este  $\Delta W = eV_0 \cos \varphi$ , unde  $V_0$  este amplitudinea maximă a diferenței de potențial aplicată rezonatorului, iar  $\varphi$  — faza cîmpului în momentul trecerii electronilor; în afara acestui spațiu, electronii se mișcă cu viteză constantă. Accelerarea sincrotronică este posibilă atunci cînd energia electronului este de 2—3 MeV, altfel nu ar exista o orbită de accelerare cu rază constantă; pentru atingerea ei, sincrotronul lucrează la început în regim de betatron (v.), după care are loc aplicarea tensiunii de înaltă frecvență la rezonator și intrarea în regim de sincrotron. Cu ajutorul sincrotronului se obțin electroni cu energii de cca. 5—7 GeV, întrecînd cu un ordin de mărime energia limită obținută în cazul betatronului; ca și betatronul, poate fi utilizat la producerea unor radiații  $\gamma$  foarte dure.

**sincrotron de protoni, sincrofazoron.**

**singlet v. multipllet.**

**sintonie, acord.**

**sistem cristalografie v. cristal.**

**sistem de referință** (sau **referențial**), ansamblu de elemente geometrice (puncte, linii, suprafețe) sau corpuri considerate fixe, față de care se consideră poziția și mișcarea unui corp. Sistemul de referință, fix sau aflat în mișcare rectilinie și uniformă, în care este valabil principiul inerției se numește *inercial*. Exprimarea legii de mișcare a unui corp față de

două sisteme inerțiale distincte se face prin ecuații similare. Prin nici o experiență fizică, efectuată în interiorul unui sistem de referință inercial, nu se poate stabili dacă el este în repaus sau în mișcare rectilinie și uniformă. V. teoria relativității.

**sistem de unități**, ansamblu de unități de măsură constituit dintr-un număr restrîns de unități fundamentale din care se pot obține, pe baza unor legi fizice, unitățile derivate. Dacă se măsoară o mărime fizică cu două unități diferite,  $[A_1]$  și  $[A_2]$ , se obțin valori numerice diferite,  $a_1$  și, respectiv,  $a_2$ , al căror raport este egal cu inversul raportului unităților de măsură:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{[A_2]}{[A_1]}$$

Această egalitate numită *teorema fundamentală a unităților* de măsură poate fi ușor demonstrată plecînd de la relațiile:

$$a_1 = \frac{A}{[A_1]} \text{ și } a_2 = \frac{A}{[A_2]}$$

Există o deosebire fundamentală între *formula matematică*, în care intră numai mărimi, și *formula fizică* corespunzătoare, care cuprinde numai valori măsurate. De exemplu, formula matematică a vitezei unui corp în mișcare rectilinie și uniformă este:

$$v = \frac{S}{T},$$

care poate fi scrisă:

$$v[V] = \frac{s}{t} \frac{[S]}{[T]},$$



de unde se obține formula fizică:

$$v = k \frac{s}{t},$$

unde  $k = \frac{[S]}{[V] [T]}$  poartă numele de *coeficient parazit* și este în general diferit de 1, deoarece unitățile  $[S]$ ,  $[T]$ ,  $[V]$  au fost alese în mod cu totul arbitrar. Rezultă că formula fizică care se folosește în practică diferă de formula matematică prin coeficientul parazit  $k$ . Sistemul unităților alese arbitrar ( $k \neq 1$ ) constituie un *sistem incoerent*. Dacă se egalează expresia coeficientului parazit  $k$  cu unitatea, formula fizică obținută nu conține coeficientul parazit și poartă numele de *relație de condiție*. Astfel, dacă se egalează coeficientul parazit  $k$  din formula vitezei cu unitatea:

$$k = \frac{[S]}{[V] [T]} = 1,$$

relația de condiție capătă forma:

$$v = \frac{s}{t}.$$

Astfel, formula fizică în care intervin direct valorile măsurate devine identică cu formula matematică. Din expresia lui  $k$  se observă că, în acest scop, pot fi alese arbitrar doar două din unități, cea de a treia urmînd să fie aleasă în funcție de primele două. Egalînd coeficienții paraziți din formulele fizice cu unitatea, numărul unităților alese arbitrar se reduce mult, ele constituind *unitățile fundamentale*; celelalte unități, a căror alegere nu mai este arbitrară și definirea lor se face cu ajutorul unităților fundamentale, sînt *unități derivate*. Sistemele de unități astfel constituite poartă numele de

*sisteme coerente* de unități. Formulele fizice specifice sistemelor coerente de unități nu conțin coeficientul parazit. Aceste sisteme sînt caracterizate prin natura și mărimea unităților fundamentale, iar denumirea lor derivă, în general, de la denumirile unităților fundamentale (ex. sistemele centimetru-gram-secundă: CGS; metru-kilogram-secundă: MKS etc.). Sistemul Internațional de Unități este primul sistem coerent al cărui simbol (SI) nu mai derivă de la denumirile unităților fundamentale. Unitatea de măsură  $[A]$  a unei mărimi fizice oarecare este în funcție de unitățile fundamentale, care stau la baza sistemului  $LTMX$ , unde  $L$  este unitatea de lungime,  $T$  — unitatea de timp,  $M$  — unitatea de masă, iar  $X$  — unitatea caracteristică sistemului considerat. Se poate scrie:

$$[A] = f(L, T, M, X),$$

unde  $f$  are forma:

$$f(L, M, T, X) = L^\alpha T^\beta M^\gamma X^\delta.$$

Formula

$$[A] = L^\alpha M^\beta T^\gamma X^\delta$$

indică felul în care unitatea de măsură a unei mărimi derivate depinde de unitățile fundamentale ale sistemului  $LMTX$  și poartă numele de *ecuația unității derivate*. Exponenții  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  se numesc *dimensiunile* (sau *gradele de omogenitate*) ale unității derivate:  $\alpha$  este dimensiunea în raport cu unitatea de lungime  $L$ ,  $\beta$  — în raport cu unitatea de masă  $M$ ,  $\gamma$  — în raport cu unitatea de timp  $T$ , iar  $\delta$  — în raport cu cea de a patra unitate,  $X$ . În cazul unei formule matematice, este respectată *condiția de omogenitate*, potrivit căreia ambii membri ai săi au aceleași dimensiuni în raport

cu unitățile fundamentale. Dacă o unitate derivată nu depinde de vreuna dintre unitățile fundamentale, atunci dimensiunea sa în raport cu acea unitate este zero. Spre exemplificare, unitatea derivată de energie din Sistemul Internațional, joule-ul (J), se poate exprima în funcție de unitățile fundamentale: metru (m), kilogram (kg) și secundă (s), ecuația sa dimensională fiind:

$$J = \text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}.$$

Au fost elaborate mai multe sisteme de unități, dintre care mai cunoscute sînt:

— CGS (centimetru-gram-secundă), folosit în mecanică;

— CGS $\epsilon_0$  (centimetru-gram-secundă-permitivitatea vidului, fără dimensiuni și egală cu 1), folosit în electricitate;

— CGS $\mu_0$  (centimetru-gram-secundă-permeabilitatea vidului, fără dimensiuni și egală cu 1), folosit în magnetism (ultimele două sisteme constituie împreună sistemul Gauss);

— MKfS (metru-kilogram forță-secundă), folosit în mecanică.

Toate sistemele amintite, deși încă folosite, sînt sisteme tolerate. În prezent, singurul sistem de unități considerat legal este *Sistemul Internațional* (SI), adoptat în anul 1960 de cea de a XI-a Conferință Generală de Măsuri și Greutăți. Legiferat în țara noastră în august 1961, acesta conține un număr de șase unități fundamentale, două unități suplimentare și un mare număr de unități derivate. *Unități fundamentale* ale SI sînt:

— *metrul* (m) — lungimea egală cu 1 650 763,73 lungimi de undă, în vid, ale radiației emise de atomul de kripton 86 la tranziția între nivelele  $5d_5$  și  $2p_{10}$ ;

— *kilogramul* (kg) — masa „kilogramului internațional” — prototipul de

platină iridiată, păstrat la Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți de la Sèvres, în Franța;

— *secunda* (s) — intervalul de timp egal cu 9 192 631 770 perioade de oscilație ale radiației emise la tranziția între două nivele hiperfine ( $F = 4$ ,  $M_F = 0$  și  $F = 3$ ,  $M_F = 0$ ) ale stării fundamentale  $^3S_{1/2}$  a atomului de cesiu 133;

— *amperul* (A) — intensitatea unui curent electric constant care, menținut în doi conductori rectilinii și paraleli, de lungime infinită și secțiune neglijabilă, aflați în vid la distanța de un metru unul de altul, produce între aceștia o forță de  $2 \cdot 10^{-7}$  N pe fiecare metru de lungime;

— *kelvinul* (K) — unitatea de măsură în scara termodinamică de temperatură în care pentru punctul triplu al apei se alege valoarea 273,16 K;

— *candela* (cd) — intensitatea luminoasă în direcția normală a unei suprafețe cu aria de  $\frac{1}{600\,000}$  m<sup>2</sup> a

unui corp negru aflat la temperatura de solidificare a platinei, la presiune atmosferică normală.

*Unitățile suplimentare* ale SI sînt:

— *radianul* (rad) — unghiul plan care subîntinde un arc de cerc egal cu raza (1 rad = 57°17'45'');

— *steradianul* (sr) — unghiul solid sub care se vede din centrul unei sfere suprafața sferică egală cu  $R^2$ . Tabelul 23 conține unitățile Sistemului Internațional adoptate pînă în prezent de Conferința Generală de Măsuri și Greutăți (din 1967).

*Multiplii și submultiplii* cu denumire specială ai unităților de măsură din SI, care au fost recunoscute pînă în prezent de Conferința Generală de Măsuri și Greutăți, sînt cuprinși în tabelul 24.

Tabelul 23

Nr.	Mărimea	Unitatea de măsură	
		Denumire	Simbol
<i>Unități fundamentale</i>			
1	lungime	metru	m
2	masă	kilogram	kg
3	țimp	secundă	s
4	intensitate a curentului electric	amper	A
5	temperatură termodinamică	kelvin	K
6	intensitate luminoasă	candelă	cd
<i>Unități suplimentare</i>			
1	unghi plan	radian	rad
2	unghi solid	steradian	sr
<i>Unități derivate</i>			
<i>Mărimi geometrice și mecanice</i>			
1	suprafață	metru pătrat	m <sup>2</sup>
2	volum	metru cub	m <sup>3</sup>
3	număr de undă	unu pe metru	1/m
4	frecvență	hertz	Hz, 1/s
5	densitate (masă volumică)	kilogram pe metru cub	kg/m <sup>3</sup>
6	viteză	metru pe secundă	m/s
7	viteză unghiulară	unu pe secundă	1/s
8	acclerație	metru pe secundă la pătrat	m/s <sup>2</sup>
9	acclerație unghiulară	unu pe secundă la pătrat	1/s <sup>2</sup>
10	forță	newton	N, kg·m/s <sup>2</sup>
11	presiune, tensiune mecanică	newton pe metru pătrat	N/m <sup>2</sup>
12	viscozitate dinamică	newton-secundă pe metru pătrat	N·s/m <sup>2</sup>
13	viscozitate cinematică	metru pătrat pe secundă	m <sup>2</sup> /s
14	lucru mecanic, energie, cantitate de căldură	joule	J, N·m
15	putere	watt	W, J/s
<i>Mărimi electrice și magnetice</i>			
16	sarcină electrică (cantitate de electricitate)	coulomb	C, A·s
17	tensiune electrică, diferență de potențial, forță (tensiune) electromotoare	volt	V, W/A

18	intensitate a cîmpului electric	volt pe metru	V/m
19	rezistență electrică	ohm	$\Omega$ , V/A
20	capacitate electrică	farad	F, A·s/V
21	fluxul inducției magnetice	weber	Wb, V·s
22	inductanță	henry	H, V·s/A
23	inducție magnetică	tesla	T, Wb/m <sup>2</sup>
24	intensitatea cîmpului magnetic	amper pe metru	A/m
25	forță magnetomotoare	amper	A
	<i>Mărimi termice</i>		
26	entropie	joule pe kelvin	J/K
27	căldură specifică	joule pe kilogram-kelvin	J/kg·K
28	conductivitate termică	watt pe metru-kelvin	W/m·K
	<i>Mărimi optice</i>		
29	intensitate energetică	watt pe steradian	W/sr
30	flux luminos	lumen	lm, cd·sr
31	luminanță	candelă pe metru pătrat	cd/m <sup>2</sup>
32	iluminare	lux	lx, lm/m <sup>2</sup>
	<i>Mărimi nucleare</i>		
33	activitatea unui radionuclid sau a unei surse radioactive	unu pe secundă	1/s

Tabelul 24

Nr.	Mărime	Multiplu sau submultiplu al unității din SI	Denumire specială	Simbol
1	volum, capacitate	10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>	litru	l
2	masă	10 <sup>3</sup> kg	tonă	t
3	forță, greutate	10 <sup>-5</sup> N	dină	dyn
4	presiune	10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup>	bar	bar
5	lucru mecanic, energie, cantitate de căldură	10 <sup>-7</sup> J	erg	erg
6	viscozitate dinamică	10 <sup>-1</sup> N·s/m <sup>2</sup>	poise	P

În Sistemul Internațional, *multiplii* și *submultiplii zecimali* ai unităților de măsură se alcătuiesc cu ajutorul prefixelor redată în tabelul 25.

Tabelul 25

Factorul de multiplicare	Prefixul	Simbolul prefixului
$10^{12}$	tera	T
$10^9$	giga	G
$10^6$	mega	M
$10^3$	kilo	k
$10^2$	hecto	h
10	deca	da
$10^{-1}$	deci	d
$10^{-2}$	centi	c
$10^{-3}$	mili	m
$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^{-9}$	nano	n
$10^{-12}$	pico	p
$10^{-15}$	iemto	f
$10^{-18}$	atto	a

sistem optic apocromat v. acromatizare.

**sistem optic centrat**, succesiune de suprafețe sferice, care separă o serie de medii optice izotrope diferite, având centrele și vîrfurile dioptrilor pe aceeași dreaptă, numită *axa optică* a sistemului. Elementele sale mai importante sînt: — *focarele principale* ( $F_1$  și  $F_2$ ); — *planele focale* — planele perpendiculare pe axă, în focare; — *planele principale* ( $H_1$  și  $H_2$ ) — două plane conjugate, perpendiculare pe axa optică pentru care mărirea liniară este egală cu unitatea; dacă din focarul-obiect izvoară o rază ce cade pe sistem după o direcție care înțeapă planul principal-obiect  $H_1$  la o distanță  $h$  de axa optică, ea va părăsi sistemul după o direcție (paralelă

cu axa) care înțeapă planul principal-imagini la aceeași distanță  $h$  de axă;

— *punctele principale—obiect și imagini* ( $\pi_1$  și  $\pi_2$ ) — punctele în care axa optică înțeapă planele principale;

— *interstițiul* ( $\Delta$ ) — distanța dintre planele principale;

— *punctele nodale* ( $N_1$  și  $N_2$ ) — puncte situate pe axa optică, avînd proprietatea că o rază incidentă ce trece prin punctul nodal-obiect  $N_1$ , făcînd un unghi  $\alpha$  cu axa, părăsește sistemul, trecînd prin punctul nodal-imagini  $N_2$ , sub același unghi  $\alpha$  față de axă;

— *planele nodale* — planele perpendiculare pe axa optică în punctele nodale.

Planele și punctele definite mai sus se numesc *elementele cardinale* ale sistemului optic centrat. Distanțele focale  $f_1$  și  $f_2$  ale sistemului se măsoară de la punctele principale. Sistemul optic centrat alcătuit din două sisteme optice  $S'$  și  $S''$ , pentru care focarul principal posterior (focarul-imagini)  $F_2'$  al sistemului  $S'$  coincide cu focarul principal anterior (focarul-obiect)  $F_1''$  al sistemului  $S''$ , se numește *afocal* (sau *telescopic*); acest sistem are interstițiul  $\Delta$  egal cu suma distanțelor focale-obiect și imagini ale sistemelor componente. Mărirea liniară  $\gamma$  a sistemului afocal nu depinde de poziția obiectului. Dacă sistemul se află în aer (sau dacă mediul este același de o parte și de alta a sistemului), atunci:

$$|\gamma| = \frac{f''}{f'}$$

unde  $f'$  și  $f''$  sînt distanțele focale ale sistemelor optice componente.

sistem termodinamic, porțiune din spațiu de dimensiuni relativ mici, conținând un mare număr de molecule, a cărei stare este definită cu ajutorul unui grup de mărimi, numite parametri de stare ( $v$ ). Când parametrii de stare rămân independenți de timp, sistemele termodinamice sînt considerate în echilibru și sînt studiate în termodinamica clasică.

**sistemul periodic al elementelor**, sistem unitar ce prezintă elementele chimice într-o succesiune bazată pe modificarea numărului atomic și pe anumite asemănări fizice (spectre, volume atomice etc.) și chimice (valență, compuși similari etc.). Propus, în forma inițială, de D.I. Mendeleev în 1869 (*tabloul Mendeleev*), reprezenta o succesiune a elementelor după masa atomică și asemănările chimice. În condițiile în care se cunoșteau destul de inexact unele caracteristici a numai 63 de elemente, întocmirea acestui tablou i-a permis lui Mendeleev să corecteze caracteristicile unor elemente (ulterior confirmate experimental) și să prevadă existența altora (descoperite mai tîrziu). Asemănările fizice și chimice ale unor elemente care explică poziția acestora în sistemul periodic (v. tabelul

36 — pag. 500—501) rezidă în principal din așezarea electronilor periferici în atomi pe nivele energetice, în conformitate cu principiul Pauli (tabelul 27, în care este indicat simbolul termenului spectral al stării fundamentale  $E_0$  și energia de ionizare  $E_I$  a atomului). Numărul maxim  $N$  de electroni pe diferitele pături (cu diferite numere cuantice principale  $n$ ) și subpături (cu diferite numere cuantice azimutale  $l$ ) este cel indicat în tabelul 26. În realitate, în sistemul periodic prima perioadă conține 2 elemente, a 2-a—8, a 3-a—8, a 4-a—18, a 5-a—18, a 6-a—32, iar a 7-a este numai parțial completată. Începînd cu perioada a treia numărul de elemente nu mai coincide cu valoarea cerută de principiul Pauli; așa cum se vede în tabelul 27, perioada a 3-a este alcătuită din elemente ce au electroni numai pe nivelele  $1s$ ,  $2s$ ,  $2p$ ,  $3s$  și  $3p$ , nivelul  $3d$  fiind incomplet. Perioada a 4-a începe cu elemente ce au ultimii electroni pe nivelul  $4s$ , deși nivelul  $3d$  nu este completat etc. Aceasta se explică prin faptul că energia electronului pe substratul  $4s$  este mai mică decît pe  $3d$ . Așa cum se observă în tabel, situații asemănătoare se întîlnesc și mai departe în sistemul periodic al elementelor.

Tabelul 26

$n \backslash l$	0	1	2	3	4	$N = 2n^2$
	s	p	d	f	g	
1	2	—	—	—	—	2
2	2	6	—	—	—	8
3	2	6	10	—	—	18
4	2	6	10	14	—	32
5	2	6	10	14	18	50

Tabelul 27

Element	K	L	M			N		O			P	R	$E_0$	$E_I$
	1s	2s2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s				
H 1	1												$^2S_{1/2}$	13,539
He 2	2												$^1S_0$	24,45
Li 3	2	1											$^2S_{1/2}$	5,37
Be 4	2	2											$^1S_0$	9,48
B 5	2	2	1										$^2P_{1/2}$	8,4
C 6	2	2	2										$^3P_0$	11,217
N 7	2	2	3										$^4S_{3/2}$	14,47
O 8	2	2	4										$^3P_2$	13,56
F 9	2	2	5										$^2P_{3/2}$	18,6
Ne 10	2	2	6										$^1S_0$	21,5
Na 11	2	2	6	1									$^2S_{1/2}$	5,12
Mg 12	2	2	6	2									$^1S_0$	7,61
Al 13	2	2	6	2	1								$^2P_{1/2}$	5,96
Si 14	2	2	6	2	2								$^3P_0$	7,39
P 15	2	2	6	2	3								$^4S_{3/2}$	10,3
S 16	2	2	6	2	4								$^3P_2$	10,31
Cl 17	2	2	6	2	5								$^2P_{3/2}$	12,96
Ar 18	2	2	6	2	6								$^1S_0$	15,69
K 19	2	2	6	2	6	1							$^2S_{1/2}$	4,32
Ca 20	2	2	6	2	6	2							$^1S_0$	6,09
Sc 21	2	2	6	2	6	1	2						$^2D_{3/2}$	6,57
Ti 22	2	2	6	2	6	2	2						$^3F_2$	6,80
V 23	2	2	6	2	6	3	2						$^4F_{3/2}$	6,76
Cr 24	2	2	6	2	6	5	1						$^7S_3$	6,74
Mn 25	2	2	6	2	6	5	2						$^6S_{3/2}$	7,40
Fe 26	2	2	6	2	6	6	2						$D_4$	7,83
Co 27	2	2	6	2	6	7	2						$^4F_{1/2}$	7,81
Ni 28	2	2	6	2	6	8	2						$^3P_4$	7,606
Cu 29	2	2	6	2	6	10	1						$^2S_{1/2}$	7,69
Zn 30	2	2	6	2	6	10	2						$^1S_0$	9,35
Ga 31	2	2	6	2	6	10	2	1					$^3P_{1/2}$	5,97
Ge 32	2	2	6	2	6	10	2	2					$^3P_0$	7,85
As 33	2	2	6	2	6	10	2	3					$^4S_{3/2}$	9,4
Se 34	2	2	6	2	6	10	2	4					$^3P_2$	9,75

Tabelul 27 (continuare)

Element	K		L			M			N			O			P	R	$E_0$	$E_I$
	1s	2s2p	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d				
Br 35	2	2	6		2	6	10	2	5								$2P_{3/2}$	11,80
Kr 36	2	2	6		2	6	10	2	6								$1S_0$	13,940
Rb 37	2	2	6		2	6	10	2	6			1					$2S_{1/2}$	4,16
Sr 38	2	2	6		2	6	10	2	6			2					$1S_0$	5,67
Y 39	2	2	6		2	6	10	2	6	1		2					$2D_{3/2}$	6,5
Zr 40	2	2	6		2	6	10	2	6	2		2					$3F_2$	6,95
Nb 41	2	2	6		2	6	10	2	6	4		1					$6D_{1/2}$	6,77
Mo 42	2	2	6		2	6	10	2	6	5		1					$7S_3$	7,35
Tc 43	2	2	6		2	6	10	2	6	6		1					$6S_{5/2}$	7,45
Ru 44	2	2	6		2	6	10	2	6	7		1					$5F_5$	7,7
Rh 45	2	2	6		2	6	10	2	6	8		1					$4F'_{3/2}$	7,7
Pd 46	2	2	6		2	6	10	2	6	10							$1S_0$	8,5
Ag 47	2	2	6		2	6	10	2	6	10		1					$2S_{1/2}$	7,54
Cd 48	2	2	6		2	6	10	2	6	10		2					$1S_0$	8,95
In 49	2	2	6		2	6	10	2	6	10		2	1				$2P_{1/2}$	5,76
Sn 50	2	2	6		2	6	10	2	6	10		2	2				$3P_0$	7,37
Sb 51	2	2	6		2	6	10	2	6	10		2	3				$4S_{3/2}$	8,5
Te 52	2	2	6		2	6	10	2	6	10		2	4				$3P_2$	8,89
J 53	2	2	6		2	6	10	2	6	10		2	5				$2P_{3/2}$	10,44
Xe 54	2	2	6		2	6	10	2	6	10		2	6				$1S_0$	12,078
Cs 55	2	2	6		2	6	10	2	6	10		2	6	1			$2S_{1/2}$	3,88
Ba 56	2	2	6		2	6	10	2	6	10		2	6	2			$1S_0$	5,19
La 57	2	2	6		2	6	10	2	6	10		2	6	1			$2D_{3/2}$	5,59
Ce 58	2	2	6		2	6	10	2	6	10	2	2	6	2			$3H_4$	6,54
Pr 59	2	2	6		2	6	10	2	6	10	3	2	6	2			$4I(4K_{11/2})$	5,76
Nd 60	2	2	6		2	6	10	2	6	10	4	2	6	2			$5I(5L_6)$	6,31
Pm 61	2	2	6		2	6	10	2	6	10	5	2	6	2			$6H(6L_{9/2})$	
Sm 62	2	2	6		2	6	10	2	6	10	6	2	6	2			$7F(7K_4)$	6,55
Eu 63	2	2	6		2	6	10	2	6	10	7	2	6	2			$8S(8H_{3/2})$	5,64
Gd 64	2	2	6		2	6	10	2	6	10	7	2	6	2			$9D_2$	6,65
Tb 65	2	2	6		2	6	10	2	6	10	9	2	6	2			$6H(8H_{17/2})$	6,74
Dy 66	2	2	6		2	6	10	2	6	10	10	2	6	2			$5I(7K_{10})$	6,82
Ho 67	2	2	6		2	6	10	2	6	10	11	2	6	2			$4I(6K_{19/2})$	
Er 68	2	2	6		2	6	10	2	6	10	12	2	6	2			$3H(5L_{10})$	



Tabelul 27 (continuare)

Element	K		L		M		N		O		P		R 7s	$F_0$	$E_I$
	1s	2s2p	3s3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f			
Tu 69	2	2 6	2 6	10	2 6	10	13	2 6	2	2				${}^2F({}^4K_{19/2})$	7,06
Yb 70	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6	2	2			${}^1S({}^3H_6)$		
Lu 71	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 1	2	2			${}^3D_{3/2}$		
Hf 72	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 2	2	2			${}^3F_2$	5,5	
Ta 73	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 3	2	2			${}^4F_{3/2}$	6	
W 74	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 4	2	2			${}^5D_0$	7,18	
Re 75	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 5	2	2			${}^6S_{5/2}$	7,87	
Os 76	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 6	2	2			${}^5D_4$	8,7	
Ir 77	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 7	2	2			${}^4F_{9/2}$	9,2	
Pt 78	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 8(9)	2(1)	2			${}^3D_3$	8,96	
Au 79	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10	1	1			${}^3S_{1/2}$	9,20	
Hg 80	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10	2	2			${}^1S_0$	10,39	
Tl 81	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10	2 1	2			${}^2P_{1/2}$	6,08	
Pb 82	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10	2 2	2			${}^3P_0$	7,39	
Bi 83	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10	2 3	2			${}^4S_{3/2}$	8,0	
Po 84	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10	2 4	2			${}^3P_2$		
At 85	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10	2 5	2			${}^2P_{3/2}$		
Rn 86	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10	2 6	2			${}^1S_0$	10,689	
Fr 87	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10	2 6	1			${}^2S_{1/2}$	5,21	
Ra 88	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10	2 6	2			${}^1S_0$		
Ac 89	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10	2 6 1	2			${}^2D_{3/2}$		
Th 90	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10	2 6 2	2			${}^3F_2$		
Pa 91	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10 2	2 6 1	2			${}^4K_{11/2}$		
U 92	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10 3	2 6 1	2			${}^5L_6$		
Np 93	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10 4(5)	2 6 1(0)	2			${}^6M({}^6L_{11/2})$		
Pu 94	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10 5(6)	2 6 1(0)	2			${}^7K({}^7F_0)$		
Am 95	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10 6(7)	2 6 1(0)	2			${}^8H({}^8S_{7/2})$		
Cm 96	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10 7	2 6 1	2			${}^9D_2$		
Bk 97	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10 8(9)	2 6 1(0)	2			${}^8H_{17/2}$		
Cf 98	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10 10	2 6	2			${}^5I_3$		
Es 99	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10 11	2 6	2			${}^4I_{15/2}$		
Fm100	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10 12	2 6	2			${}^3H_6$		
Md101	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10 13	2 6	2			${}^2F_{7/2}$		
No 102	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10 14	2 6	2			${}^1S_0$		
Lw 103	2	2 6	2 6	10	2 6	10	14	2 6 10 14	2 6 1	2			${}^2D_{5/2}$		

**Skobelțin, Dmitri Vladimirovici** (n. 1892), fizician sovietic. Membru al Academiei de Științe a U.R.S.S. Contribuții în domeniile razelor cosmice și fizicii nucleare. În 1928, a obținut primele fotografii ale razelor cosmice în camera Wilson, introdusă într-un câmp magnetic. A studiat efectul Compton și crearea de perechi electron-pozitron.

**solenajie** (©), mărime egală cu suma algebrică a curenților electrici de conducție din conductorii îmbrățișați de o curbă închisă. În SI se măsoară în amperi și este numeric egală cu tensiunea magnetomotore calculată de-a lungul curbei date.

**solenoid**, bobină electrică fără miez de fier, de formă cilindrică, ale cărei spire sînt dispuse în unul sau mai multe straturi.

**solid**, corp aflat în stare de agregare solidă. Corpul solid (ideal) în care, indiferent de forțele la care este supus sau de mișcarea sa, poziția relativă a punctelor materiale care îl compun rămîne neschimbată — se numește *solid rigid*. V. corp solid.

**solidificare**, transformare de fază de speța întâi, din stare lichidă în stare solidă.

**solubilitate**, proprietate a unei substanțe de a putea fi dizolvată într-un solvent.

**soluție**, sistem omogen solid, lichid sau gazos, constituit din cel puțin două substanțe pure.

**Sommerfeld** [zómærfelt], **Arnold** (1868—1954), fizician german. A dezvoltat modelul atomic Bohr

(1915), considerînd că electronul se mișcă pe orbite eliptice. A calculat corecțiile relativiste ale acestui model, ceea ce i-a permis să explice structura fină a liniilor spectrale.

**son** (son), unitate de măsură a tăriei sunetelor, egală cu tăria unui sunet cu frecvența de 1 000 Hz și cu nivelul de tărie de 40 fon.

**sonar**, aparat de recepție (pasiv) sau de emisie-recepție (activ) a undelor sonore sau ultrasonore, utilizat pentru reperarea obiectelor subacvatice, pentru telecomunicații subacvatice etc. Măsurarea distanței emițător-obiect se realizează determinînd intervalul de timp între emisia unui semnal și recepția lui după ce a fost reflectat de obiect.

**sonicitate**, ramură a fizicii care se ocupă cu transmiterea energiei prin unde elastice în medii lichide (*hidrosonicitate*) și solide (*stereosonicitate*). Energia mecanică transmisă în mod periodic mediului elastic se poate propaga și utiliza la distanțe mari (ex. perforator sonic, ciocan sonic) sau poate produce efecte termice apreciabile. Puterea transmisă  $P$  este dată de relația:

$$P = pQ_V,$$

unde  $p$  este presiunea și  $Q_V$  — debitul volumic. Această metodă de transmitere a energiei la distanță prin unde elastice, imaginată pentru prima dată de inginerul român George Constantinescu, prezintă analogii formale cu transmiterea energiei electrice.

**sonoluminescență** v. cavitație.

spat de Islanda v. anizotropie.

spațiu întunecos v. descărcare luminescentă.

**spațiul fazelor**, spațiu cu  $2f$  dimensiuni, în care un punct este caracterizat de  $f$  coordonate generalizate și  $f$  impulsuri generalizate. Un astfel de punct reprezintă starea unui sistem la un moment dat;  $f = 3n - k$  este numărul de coordonate generalizate independente ce caracterizează sistemul ( $n$  fiind numărul de particule al sistemului și  $k$  — numărul de legături).

**spectrofotometrie**, metodă de determinare a intensității componentelor monocromatice ale unui spectru, prin compararea acestuia cu un alt spectru de referință. După natura receptorului folosit, se distinge spectrofotometria vizuală, fotoelectrică și fotografică. Prezintă aplicații în astrofizică, la studiul spectrelor stelelor.

**spectrograf**, aparat spectral destinat înregistrării fotografice a spectrelor. După natura sistemului optic folosit și a sensibilității emulsiiei fotografice, spectrograful poate fi pentru: vizibil, infraroșu, ultraviolet sau radiații X. Sistemul optic este asemănător celui folosit la spectroscop, cu excepția dispozitivului de recepție: locul lunetei este luat de camera fotografică. Majoritatea spectrografelor pentru vizibil și ultraviolet au prisma și lentilele din cuarț (care prezintă transparență pînă la aprox. 2500Å). Spectrografele pentru infraroșu folosesc prisme speciale din fluoruri sau clorură de sodiu, iar cele pentru radiații X — cristale speciale din beriliu sau mică, ale căror rețele cristaline produc spectre de difracție.

**Spectrograful cu autocolimație** are prisma metalizată pe una din fețe; radiațiile provenite de la fantă, care trec prin colimator, străbat prisma dus și întors, apoi o părăsesc în aceeași direcție, lentila colimatorului avînd astfel și rolul de obiectiv al camerei fotografice.

**Spectrograful cu rețea** are drept sistem dispersiv o rețea (plană sau concavă) prin transmisie sau prin reflexie. Spectrografele cu rețele plane sînt stigmatice, în timp ce aparatele cu rețele concave dau linii spectrale puternic afectate de astigmatism. Rețelele prin reflexie se folosesc de obicei în cazurile în care nu există materiale suficient de transparente pentru domeniul spectral respectiv.

**spectrograf de masă**, aparat utilizat în scopul determinării și separării izotopilor unui element, bazat pe deflexia diferențiată a ionilor unui fascicul în câmp electric și magnetic, dependentă de masele lor. A fost construit de fizicianul englez F.W. Aston în 1905. Metoda (sau experiența) Thomson permite determinarea maselor relative ale particulelor individuale ce alcătuiesc un fascicul de radiații canal (fig. 325). Deviațiile lor, datorate câmpului electric (pe direcția  $Ox$ ) și celui magnetic (pe direcția  $Oz$ ), depind în mod diferit de viteza  $v$  a particulelor:  $x = B \frac{q}{mv^2}$  și  $z = A \frac{q}{mv}$ ;

urmele particulelor sînt dispuse în planul  $xOz$ , în care este așezată placa fotografică, pe curbe diferite, de ecuații:  $z^2 = x \frac{A^2 q}{Bm}$  ( $m$  fiind masa

unei particule, iar  $q$  — sarcina ei), ce formează o familie de

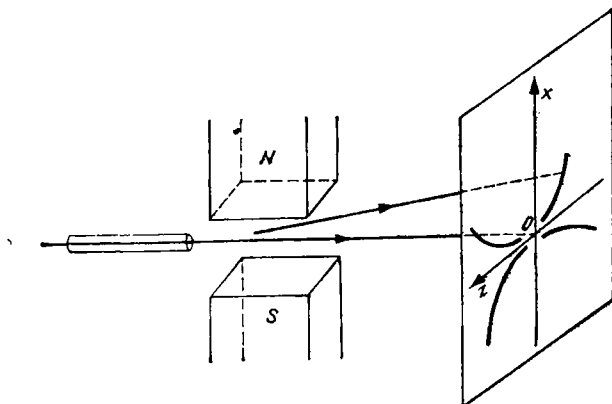


Fig. 325

parabole  $MN$  și  $PQ$  (fig. 326). Schimbând sensul cîmpului magnetic, se pot obține arcele de parabolă simetrice primelor față de axa  $Ox$ ,  $M'N'$  și  $P'Q'$ . Pentru  $x = \text{const}$ , masele izotopilor situate pe diferite arce de parabolă sînt invers proporționale cu  $z^2$ . Această metodă este dezavantajoasă prin faptul că cele două cîmpuri, electric și magnetic, lărgesc fasciculul de ioni, iar parabolele obținute sînt difuze. Pentru anumite valori ale cîmpurilor  $E$  și  $H$ , se obțin spec-

trografele de masă cu focalizare avînd o bună putere de rezoluție. Cu ajutorul spectrografelor se determină în mod direct masele relative ale izotopilor. Pentru aceasta, se alege o masă cunoscută a unui izotop standard, după care se construiește o curbă de etalonare cu distanțele  $D$  ale liniilor spectrale, măsurate de la un punct fix al plăcii fotografice pe abscisă, și cu valorile corespunzătoare ale abundenței izotopice  $M$  (în procente) pe ordonată (fig. 327).

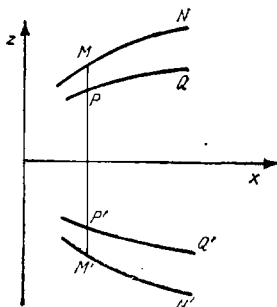


Fig. 326

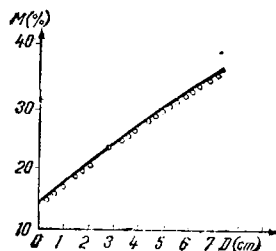


Fig. 327

spectrometru, aparat spectral folosind receptori fotoelectrici sau termici (celule fotoelectrice, pile termoelectrice, bolometre etc.), care măsoară intensitatea componentelor monocromatice ale spectrului radiației electromagnetice. Construcția sa nu se deosebește, în general, de cea a spectroscopului (v.), cu excepția sistemului de recepție, obiectivul lunetei fiind înlocuit cu un obiectiv de proiecție a radiației pe elementul fotosensibil. Aproape în mod exclusiv, spectrometrele folosesc prisme cu deviație constantă. În aceste montaje receptorul rămâne fix, iar fasciculele de diverse lungimi de undă părăsesc sistemul optic după aceeași direcție; aceasta se realizează cu o prismă specială mobilă sau cu un sistem mobil de prisme și oglinzi, care, prin rotație, păstrează neschimbat unghiul de deviație (ales ca fiind egal cu deviația minimă) dintre raza incidentă și razele emergente de diverse lungimi de undă.

**spectrometru de masă**, aparat pentru obținerea distribuției după energii (spectrului energetic sau de viteze) a diferitelor particule elementare emise de surse nucleare, aparținând fasciculelor de particule provenite din acceleratoare etc. Cu ajutorul spectrometrelor de masă se poate determina abundența izotopică a unui element, înregistrarea făcându-se pe cale electrică. În interiorul *spectrometrului de masă Dempster* (fig. 328), ionii obținuți prin încălzirea unei sări a metalului studiat sînt accelerați la diferența de potențial  $V$  (aplicată între anodul  $A$  și catodul  $C$ ) și ajung prin  $S_1$  în cavitățile semicilindrice ale aparatului în care se aplică un cîmp magnetic transversal și omogen, de intensitate  $H$ , care focalizează par-

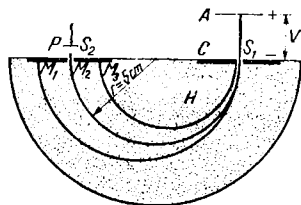


Fig. 328

ticulele în puncte diferite  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , în funcție de sarcina lor specifică  $q/m$ . Viteza particulelor fiind aceeași, razele  $r$  variază cu potențialul de accelerare după legea  $r^2 = 2V \frac{m/q}{H^2}$ . Alegînd po-

tențialul  $V$  astfel încît, pentru un  $q/m$  dat, raza de curbură să fie cea corespunzătoare fantei  $S_2$  prin care ionii pătrund în sistemul electric de înregistrare, aceștia ajung pe o placă colectoare  $P$  încărcînd-o la un anumit potențial, care reprezintă o măsură a cantității de ioni de aceeași masă și cu numărul atomic  $Z$ . Variația curentului electric  $I$ , astfel format, în funcție de numărul de masă  $A$  este redată în fig. 329. Astfel, poate fi făcută analiza compoziției izotopice a oricărui element. Pentru focalizarea ionilor se pot folosi cîmpuri electrice și magnetice, obținîndu-se o mare putere de rezoluție.

**spectroscop**, aparat spectral cu prismă destinată observării directe a spectrelor, folosind ca receptor ochiul (fig. 330). Radiațiile sursei studiate, incidente pe fanta  $F$  a colimatorului  $C$ , sînt transformate de acesta într-un fascicul paralel care cade pe prisma  $P$  la unghiul de deviație minimă, iar spectrul

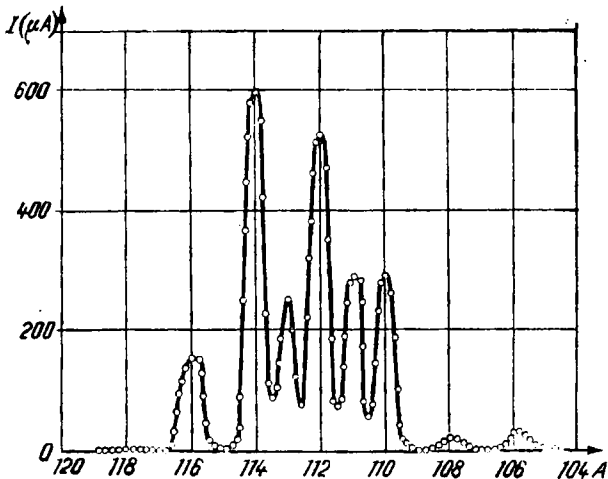


Fig. 329

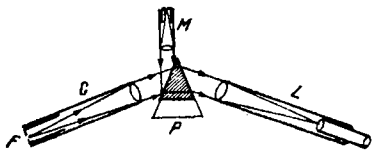


Fig. 330

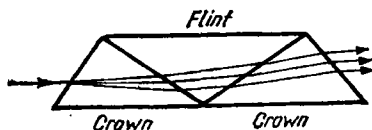


Fig. 331

format este observat cu o lunetă  $L$  acomodată pentru infinit. În scopul măsurării distanțelor dintre liniile spectrale, peste imaginea spectrului din câmpul lunetei se poate suprapune imaginea unei rigle micrometrice  $M$ . Cele patru piese principale indicate în figură sînt montate pe un goniometru de precizie.

*Spectroscopul cu vedere directă* are un sistem dispersiv alcătuit din trei prisme lipite (cea din mijloc din sticlă flint, iar cele laterale din sticlă crown) numit *prismă Amici* (fig. 331), așezat astfel încît razele emergente sînt aproximativ în direcția razei incidente. Puterea de rezoluție cromatică a acestui aparat este mai mare decît cea a spectroscopului cu o singură prismă.

spectroscopie, ramură a fizicii care se ocupă cu studiul metodelor de obținere a spectrelor, precum și cu măsurarea și interpretarea acestora.

Spectrul unei radiații electromagnetice compuse se obține prin descompunerea ei într-un aparat spectral (spectroscop, spectrograf cu prismă, cu rețea etc.) și constă dintr-o succesiune de imagini ale fantei de intrare, formate de diferitele radiații monocromatice ale luminii incidente. Pentru studiul spectrelor, spectroscopia folosește metode vizuale, fotografice și fotoelectrice (v. analiză spectrală). În funcție de domeniul spectral al undelor electromagnetice și de aparatul folosit, există ramurile: *spectroscopia optică* (pentru domeniul vizibil, ultraviolet și infraroșu), *spectroscopia radiației X*, *spectroscopia radiației  $\gamma$* , *spectroscopia hertziiană* (pentru undele hertziene și milimetrice); *spectroscopia alfa* și *spectroscopia beta* se ocupă cu studiul spectrelor energetice ale radiațiilor  $\alpha$  și  $\beta$ . După natura sistemului cuantic emițător (atom, moleculă, nucleu), spectroscopia se clasifică în *spectroscopie atomică*, *moleculară* și *nucleară*.

**spectru 1.** Ansamblu de imagini ale fantei de intrare a unui aparat spectral cu prismă sau cu rețea (numite linii spectrale), rezultate în urma descompunerii luminii albe. După cum aceste imagini corespund tranzițiilor electronilor între nivele energetice ale atomilor sau moleculelor, spectrele pot fi atomice sau moleculare. În cazul spectrelor *continue*, liniile spectrale sînt adiacente, iar în cazul celor *discontinue* (ex. Fraunhofer), ele sînt distincte. În funcție de energia antrenată la tranzițiile electronilor, există spectre de emisie sau de absorbție. *Spectrul de emisie* cuprinde totalitatea tranzițiilor (radiative) de pe nivele energetice superioare ale atomilor sau moleculelor unei substanțe

pe nivele inferioare. Este generat de elemente în condiții potrivite de excitare, fiind caracteristic unui anumit element, și poate servi astfel la identificarea acestuia (în stare pură sau în aliaje). Analiza spectrală este posibilă chiar pentru cantități mici, aflate mult sub limita de sensibilitate a metodelor chimice de analiză. *Spectrul de absorbție* corespunde tranzițiilor (radiative) de pe nivele inferioare pe nivele superioare ale atomilor sau moleculelor. Poate fi obținut la trecerea unui fascicul de radiații electromagnetice cu spectru continuu prin substanța cercetată. În urma excitării electronilor substanței, în fasciculul emergent vor fi absorbite anumite radiații, iar intensitatea liniilor sau benzilor spectrale corespunzătoare se va micșora, uneori pînă la zero. Liniile sau benzile absorbite sînt caracteristice fiecărei substanțe și corespund aceluiași domeniu spectral ca cele emise de acesta, în condiții potrivite de excitare; de aceea, spectrele de absorbție prezintă aplicații în analiza spectrală a substanțelor în amestec.

Spectrul de linii al unui element în stare atomică, în diferite condiții de excitare, se numește *spectru atomic*. Pentru elementele simple ca: hidrogen, heliu, metale alcaline etc., aceste linii pot fi grupate în serii spectrale (v.), iar numerele lor de undă pot fi calculate cu ajutorul unei relații simple. Complet diferite de spectrele emise separat de atomii componenți, *spectrele moleculare* (de emisie sau de absorbție) sînt *spectre de bandă*. Ele se caracterizează prin gruparea în benzi a liniilor spectrale, aranjarea în grup a benzilor și prezența în spectru a cîtorva astfel de grupe; liniile devin din ce în ce mai apropiate la una din extremitățile fiecărei benzi, aceasta aparținînd



Fig. 332

astfel netă la o extremitate și difuză la cealaltă (fig. 332). Structura complexă a spectrelor moleculare se datorește faptului că energia moleculei pentru diverse nivele este dată nu numai de energia electronilor  $W_e$ , ci și de cea de rotație a moleculei  $W_r$  și de vibrație  $W_v$  a nucleelor atomilor componenți ai moleculei, față de poziția de echilibru:

$$W = W_e + W_v + W_r,$$

fiecare energie în parte fiind cuantificată. Această relație este scrisă într-o primă aproximație, deoarece cele trei energii nu sînt independente. Frecvența radiației emise la dezexcitarea moleculei (egală cu cea absorbită la excitarea ei) este:

$$\begin{aligned} \nu &= \frac{\Delta W}{h} = \\ &= \frac{\Delta W_e}{h} + \frac{\Delta W_v}{h} + \frac{\Delta W_r}{h}, \end{aligned}$$

în care  $\Delta W_e > \Delta W_v > \Delta W_r$ . Astfel, în cazul unei molecule polare biatomice, asimilate cu un rotator rigid, expresia cuantificată a energiei de rotație este:

$$W_r = \frac{\hbar^2 J(J+1)}{8\pi^2 \mu r^2},$$

unde  $J$  este numărul cuantic de rotație,  $\mu$  — masa redusă a moleculei,  $r$  — distanța dintre atomii acesteia, iar  $\hbar$  — constanta Planck. Trecerea dintr-o stare de energie inferioară într-o stare de energie superioară se produce cu absorbția unei radiații infraroșii cu un anu-

mit număr de undă. Pentru numărul cuantic  $J$  fiind permisă numai variația  $\Delta J = +1$ , valorile numărului de undă se pot calcula cu ajutorul relației:

$$\tilde{\nu}_r = 2B(J+1),$$

unde  $B = \frac{\hbar}{8\pi^2 c I}$  este constanta

de rotație ( $c$  fiind viteza luminii în vid, iar  $I = \mu r^2$  — momentul de inerție al moleculei). Conform acestei relații, spectrul de rotație prezintă maxime de absorbție echidistante, distanța dintre două maxime vecine fiind egală cu  $2B$ . Într-adevăr, în domeniul infraroșu îndepărtat se constată existența unui astfel de spectru al moleculelor polare (spectrul moleculelor de acid clorhidric în intervalul 45—65 $\mu$ ). În primă aproximație, molecula biatomică poate fi asimilată cu un oscilator armonic liniar; în acest caz, expresia cuantificată a energiei de vibrație a moleculei este:

$$W_v = \frac{\hbar}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \left( v + \frac{1}{2} \right),$$

unde  $v$  este numărul cuantic de vibrație, iar  $k$  — o constantă de elasticitate. Spectrul de vibrație în cazul absorbției ( $\Delta v = +1$ ) prezintă un singur maxim corespunzînd numărului de undă:

$$\tilde{\nu}_v = \frac{\hbar}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{\mu}}.$$

Maximele spectrului de roto-vibrație, obținute considerînd molecula un roto-vibrator de energie egală cu suma celor două energii, de vibrație și de rotație, se distribuie în două șiruri: un șir cu valori mai mari decît  $\tilde{\nu}_v$ , care formează așa-numita ramură  $R$  a spectrului,



și un șir cu valori mai mici decât  $\nu_0$ , care formează ramura *P* a spectrului. Numerele de undă ale maximelor din ramura *R* se calculează cu ajutorul relației:

$$\nu_R = \nu_0 + 2B_v'' + (3B_v'' - B_v')J + (B_v'' - B_v')J^2,$$

unde  $B_v''$ ,  $B_v'$  sînt constantele de rotație pentru stările moleculii care diferă între ele prin  $\Delta J = \pm 1$ . Numerele de undă ale maximelor din ramura *P* se calculează cu ajutorul relației:

$$\nu_P = \nu_0 - (B_v'' - B_v')J + (B_v'' - B_v')J^2,$$

pentru  $\Delta J = -1$ . Pentru ilustrare, în fig. 333 este redat spectrul de absorbție al moleculei de acid clorhidric.

La schimbarea masei izotopice a atomilor componenți se produce *deplasarea izotopică* a spectrelor moleculare, adică modificarea frecvențelor spectrelor de vibrație și de rotație. Depinzînd de masa redusă a moleculei, aceste frecvențe sînt în funcție de compoziția ei izotopică; la creșterea masei reduse de la  $\mu$  la  $\mu' = \mu + \Delta\mu$ , frec-

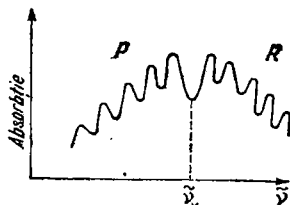


Fig. 333

vența de vibrație se modifică cu valoarea:

$$\Delta\nu_v = -\nu_0 \frac{1}{2} \frac{\Delta\mu}{\mu},$$

iar frecvența de rotație cu:

$$\Delta\nu_r = -\nu_r \frac{\Delta\mu}{\mu}.$$

În fig. 334 se poate observa că, în structura benzii de roto-vibrație a moleculei de  $\text{HCl}^{35}$  și  $\text{HCl}^{37}$ , toate liniile spectrale sînt duble.

2. Multime de valori, discretă sau continuă, pe care le poate avea o anumită mărime în condiții determinate; ex.: energia (sau viteza) particulelor unui fascicul de radiații, nivelele energetice ale unui atom, componentele monocromatice ale unei radiații complexe etc.

3. Reprezentare intuitivă a liniilor unui cîmp magnetic, electric, de forțe, gravitațional etc.

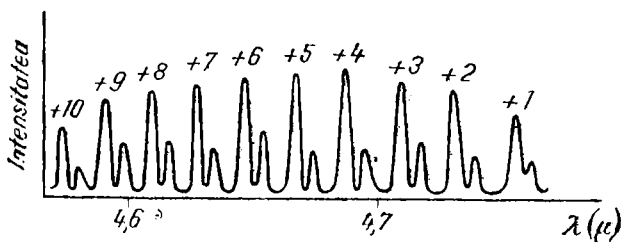


Fig. 334

**spin** ( $p_s, s, \sigma$ ), moment cinetic asociat mișcării de rotație a unei particule elementare în jurul axei proprii. În mecanica cuantică, acestei mărimi îi corespunde un număr cuantic de spin  $s$ , astfel încît modulul său este dat de expresia:

$$|p_s| = \sqrt{s(s+1)} \frac{h}{2\pi},$$

unde  $h$  este constanta Planck. Majoritatea particulelor elementare au numărul cuantic de spin (denumit și spin) semiîntreg — fiind descrise de statistica Fermi-Dirac (sînt fermioni), iar numai un număr mic (fotonul, pionii și kaonii) au spin întreg, supunîndu-se statisticii Bose-Einstein (sînt bosoni). Spinul unei particule generează apariția unui moment magnetic propriu  $\mu = -\gamma s$ ,  $\gamma$  fiind factorul giromagnetice. Ipoteza spinului electronic a fost emisă în 1925 de J. Uhlenbeck și S. Goudsmid și a permis explicarea efectului Zeeman și a structurii de multipleti a spectrelor.

*Spinul nuclear* ( $J$ ) este momentul cinetic al nucleului, rezultat din compunerea spinilor nucleonilor cu momentele lor cinetice orbitale. Modulul acestuia este:

$$|J| = \sqrt{J(J+1)} \frac{h}{2\pi},$$

unde  $J$  este numărul cuantic de spin al nucleului, ce poate avea valori pozitive, întregi sau semiîntregi. Spinul nucleelor cu număr de masă par este întreg, iar al celor cu număr de masă impar este semiîntreg. În cazul unui *cuplaj spin-orbită* [ $L, S$ ] sau *Russel-Sanders*, spinul nuclear se poate calcula prin însumarea vectorială:

$$J = L + S,$$

unde  $L = \sum_{i=1}^A l_i$  este momentul orbital total al celor  $A$  nucleoni de momente orbitale  $l_i$ , iar  $S = \sum_{i=1}^A s_i$  — momentul cinetic total, egal cu suma spinilor  $s_i$  ai celor  $A$  nucleoni. În cazul unui *cuplaj* [ $J, j$ ], spinul nuclear este:

$$J = \sum_{i=1}^A j_i,$$

unde  $j_i = l_i + s_i$ . Spinul  $J$  este o constantă a mișcării nucleonilor; în cazul unei interacții spin-orbită,  $L$  și  $S$  sînt, la rîndul lor, constante ale mișcării.

**spin izobaric** (sau **izotopic**)  $v$ . particulă elementară.

**stabilitate**, proprietate a unui sistem fizic de a reveni la starea inițială, după ce una dintre mărimile sale a variat suficient de puțin sub acțiunea unui factor exterior.  $V$ . echilibru.

**stalagmometru**, aparat cu ajutorul căruia se determină tensiunea superficială a lichidelor, prin determinarea numărului de picături care se formează la curgerea unui anumit volum de lichid printr-un tub cu orificiu capilar. Poate fi utilizat și pentru măsurarea concentrației soluțiilor (tensiunea superficială a lor depinzînd de valoarea acesteia).

**Stamati, Teodor** (1812—1852), profesor de fizică și istorie naturală la Acad. Mihăileană. Lucrări în fizica elementară, mineralogie și botanică. Popularizator al științei.

**stare amorfă**, stare în care ordi-

non de așezare spațială a atomilor într-o încălcată la distanțe relativ mici (de ordinul a câtorva zeci de constante ale rețelei cristaline).

**stare cristalină** v. cristal.

**stare critică** v. gaz real.

**stare de agregare**, stare sub care se poate prezenta o substanță, definită prin proprietăți mecanice, termice, electrice etc. Se cunosc patru astfel de stări: gazoasă, lichidă, solidă și de plasmă (v.). Substanțele aflate în *stare gazoasă* se caracterizează prin:

— forma și volumul vasului în care se găsesc;

— concentrație mică a moleculelor, de cca.  $2,68719 \cdot 10^{25}$  molecule pe metru cub, și densitate de ordinul  $1 \text{ kg/m}^3$ , în condiții fizice normale;

— interacții slabe, uneori neglijabile, între molecule (acestea aflându-se la distanțe relativ mari unele față de altele), care devin puternice în momentul ciocnirii lor;

— compresibilitate mare.

Substanțele aflate în *stare lichidă* prezintă:

— forma vasului în care se găsesc și volum propriu;

— densitate de ordinul  $10^3 \text{ kg/m}^3$  (în condiții fizice normale);

— interacții suficient de puternice între molecule, pentru a se forma complexe moleculare de masă variabilă;

— incompresibilitate, când sînt supuse unor presiuni relativ mici, de câteva atmosfere.

Substanțele în *stare solidă* sînt caracterizate de:

— formă și volum propriu, forma lor rămînînd neschimbată doar atîta timp cît valoarea forțelor exterioare nu depășește o anumită limită;

— interacții foarte puternice între molecule (atomi sau ioni), între care se stabilesc legături chimice stabile;

— structură diferită, în funcție de starea (amorfă sau cristalină) în care se află.

**stare de saturație** v. higrometrie.

**stare de umiditate** v. higrometrie.

**stare degenerată**, stare energetică a unui electron într-un atom, căreia îi corespund mai multe orbite posibile. Toate stările energetice corespunzătoare unui număr cuantic principal  $n > 1$  sînt degenerate. V. model atomic, nivel energetic.

**stare higrometrică** v. higrometrie.

**stare staționară** v. model atomic.

**starter** v. tub electronic.

**statică**, parte a mecanicii care se ocupă cu studiul echilibrului forțelor care, aplicate corpurilor, nu le produc deformații. Cuprinde *statica solidelor* și *statica fluidelor*, aceasta din urmă avînd la rîndul ei capitolele: *aerostatică* (*statica gazelor*) și *hidrostatică* (*statica lichidelor*).

**statistică**, teorie care se ocupă cu studiul sistemelor constituite dintr-un număr foarte mare de particule, utilizînd metode de calcul al probabilităților. Scopul acestei teorii este găsirea *probabilității* (*termodinamice*) ca particulele unui sistem aflat în echilibru termodinamic să aibă o anumită energie, adică a funcției de distribuție a particulelor pe diferite stări energetice posibile. Dacă un astfel de sistem este caracterizat de o anumită *macrostare* (determinată de valorile parametrilor săi: presiune, volum și temperatură), particulele sale pot ocupa locuri diferite în

spațiu și avea energii diferite; fiecare dintre aceste distribuții posibile ale particulelor poartă numele de *microstare*. Cu ajutorul probabilității termodinamice se determină numărul de microstări corespunzătoare unei macrostări date. Pentru ilustrare, se consideră un sistem virtual, simplificat, de două particule care pot ocupa două stări energetice  $\epsilon_1$  și  $\epsilon_2$  (fig. 335); numărul microstărilor sale depinde de faptul dacă se acordă sau nu individualitatea celor două particule, precum și dacă acestea pot ocupa sau nu una și aceeași stare energetică. În *statistica clasică* (sau *Maxwell-Boltzmann*), pe care se bazează legile mecanicii clasice, se acordă individualitate particulelor și se acceptă ca într-o stare energetică să se găsească una sau ambele particule. De aceea pot să existe următoarele patru situații: cele două particule — în prima stare de energie (fig. 335, a); ambele particule — în a

doua stare (fig. 335, b); prima particulă — în prima, iar cea de a doua particulă — în a doua stare (fig. 335, c); prima particulă — în a doua stare, iar cea de a doua — în prima stare (fig. 335, d). Dacă, prin generalizare, se consideră un sistem alcătuit dintr-un număr  $N$  foarte mare de particule, dintre care  $n_1$  se află în starea de energie  $\epsilon_1$ ,  $n_2$  în starea  $\epsilon_2$ , ...,  $n_i$  în starea  $\epsilon_i$ , legea de distribuție a particulelor după energie este de forma:

$$n_i = A e^{-\frac{\epsilon_i}{kT}},$$

unde  $k$  este constanta Boltzmann,  $T$  — temperatura absolută a sistemului, iar  $A = \frac{N}{\sum_i e^{-\frac{\epsilon_i}{kT}}}$ .

O formă particulară a acestei legi o constituie legea de distribuție a

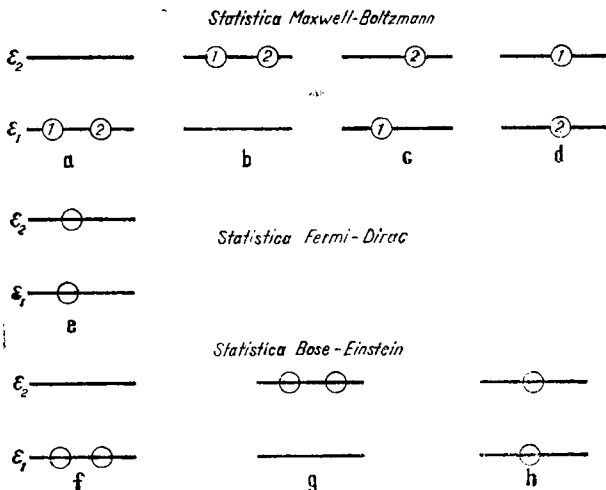


Fig. 335

moleculilor gazului ideal după viteze din teoria cinetică a gazelor (v.).

*Statistica Fermi-Dirac* este o *statistică cuantică* (bazată pe legile mecanicii cuantice) care consideră particulele — identice, și fiecare stare energetică posibilă — liberă sau ocupată de cel mult o particulă (potrivit principiului excluziunii); se aplică sistemelor formate din particule cu spin semiîntreg (fermioni). Potrivit acestei statistici, se constată că în sistemul format din două particule nu se poate realiza decât o singură situație: una dintre particule se află în prima stare, iar cealaltă — în starea a doua (fig. 335, e); schimbarea locului între cele două particule nu conduce la o nouă situație, dată fiind lipsa de individualitate a acestora. Folosind aceeași notație ca mai sus în cazul a  $n$  particule, legea de distribuție a particulelor după energii este:

$$n_i = \frac{z_i}{e^{\frac{\epsilon_i - \mu}{kT}} + 1}$$

unde  $z_i$  este gradul de degenerescență al stării  $\epsilon_i$ , iar  $\mu$  — energia nivelului Fermi, care depinde de temperatura la care se află sistemul (v. semiconductor).

*Statistica Bose-Einstein* este o *statistică cuantică*, ce consideră particulele identice și fiecare stare energetică ocupată de oricâte particule (nu se supun principiului excluziunii); se aplică sistemelor formate din particule cu spin întreg (bosoni). În cazul sistemului format din două particule, pot apărea următoarele situații: ambele particule în prima stare (fig. 335, f); ambele particule în cea de a doua stare (fig. 335, g); una

din particule în prima stare, cealaltă în starea a doua (fig. 335, h). Legea de distribuție a particulelor după energii într-un sistem format din  $N$  particule este de forma:

$$n_i = \frac{z_i - 1}{e^{\frac{\epsilon_i - \mu}{kT}} - 1}$$

**stator** v. generator electric, motor electric.

**stelarator** v. capcană magnetică.

**sten** (sn), unitate tolerată (rar utilizată), de măsură a forței. Legătura cu unitatea din SI este exprimată prin relația:

$$1 \text{ sn} = 10^8 \text{ N.}$$

**steradian** v. sistem de unități.

**stereoscop** v. stereoscopie.

**stereoscopie**, procedeu optic de înregistrare și redare a imaginilor în relief ale obiectelor. Înregistrarea se realizează cu o cameră fotografică cu două obiective; se obțin astfel două fotografii ale aceluiași obiect din două unghiuri diferite. Cele două fotografii sînt privite apoi cu ajutorul *stereoscopului*, care conține două oculare. Imaginile virtuale ale celor două fotografii date de fiecare ocular se suprapun; ochiul privește imaginea comună din două unghiuri diferite, obținînd astfel senzația de relief.

**stereosonicitate** v. sonicitate.

**sticlă optică**, sticlă cu compoziție și proprietăți speciale, avînd un înalt grad de puritate și omogenitate, utilizată la confecționarea lentilelor, prismelor și altor piese

pentru instrumentele optice. Sînt cunoscute două categorii de sticlă optică — crown și flint. *Sticlele crown*, pe lângă oxizii de siliciu ( $\text{SiO}_2$ ), de calciu ( $\text{CaO}$ ) și de sodiu ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) ce intră în compoziția sticlei obișnuite, mai conțin și alți oxizi sau fluoruri ( $\text{BaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{NaF}$ ,  $\text{KF}$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CdO}$ ) în diferite proporții; ele au indici de refracție mici și puteri dispersive mari. *Sticlele flint* conțin foarte mult plumb (pînă la 70%), precum și alți oxizi ai metalelor grele ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CdO}$ ,  $\text{BiO}_3$  etc.); ele au indici de refracție mari și puteri dispersive mici. Calitățile sticlei optice se îmbunătățesc prin folosirea oxizilor de lantan, toriu, tantal, cadmiu, zirconiu și a altor compuși mai puțin obișnuiți. Tehnica modernă realizează sticle optice cu calități superioare pentru domeniul infraroșu (ex. sticle din sulfuri, selenuri și telururi ale arseniului) și ultraviolet (ex. sticle fosfatice).

**stigmatism**, proprietate a unui sistem optic de a realiza o corespondență biunivocă între punctele obiectului și punctele imaginii. Dacă fiecărui punct al obiectului nu-i corespunde un singur punct în imagine, sistemul optic nu realizează imagini stigmatice, acestea prezentînd aberații. Suprafața reflectătoare a unui elipsoid de rotație (fig. 336) este stigmatică numai pentru cele două focare ale sale  $M_1$  și  $M_2$ . Oglinda parabolică (fig. 337) este stigmatică pentru infinit  $M_1 \rightarrow \infty$  și focarul ei  $M_2$ . Oglinda sferică (fig. 338) este stigmatică numai pentru centrul ei; obiectul și imaginea sa stigmatică se află în centrul sferii, iar oricare alt punct  $M_1$  va avea, deci, o imagine astigmatică  $M_2$ , afectată de aberații de sfericitate. Oglinda plană (fig. 339) este stigmatică

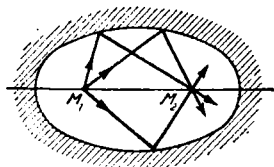


Fig. 336

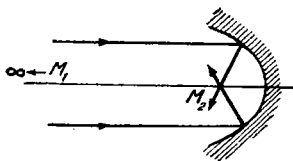


Fig. 337

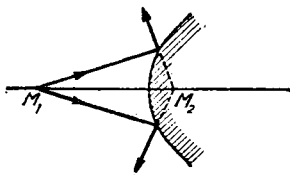


Fig. 338

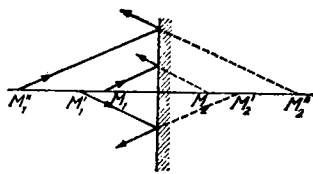


Fig. 339

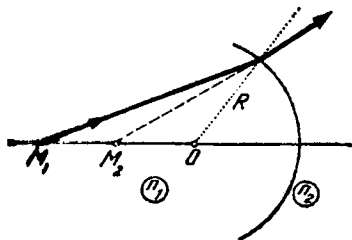


Fig. 340

pentru toate punctele  $M_1, M_1', M_1'', \dots$  ale spațiului (care au imaginile  $M_2, M_2', M_2'', \dots$ ).

Dioptrul sferic (fig. 340) este stigmatice numai pentru două puncte  $M_1$  și  $M_2$ , numite *puncte stigmatice*, dato de relațiile:  $OM_1 =$

$$-R \frac{n_2}{n_1}, OM_2 = R \frac{n_1}{n_2}, \text{ în care } OM_1$$

și  $OM_2$  sînt distanțele de la centrul sferic din care face parte dioptrul,  $R$  este raza acestei sfere, iar  $n_1$  și  $n_2$  sînt indicii de refracție ai mediilor în care se află fasciculul incident, și, respectiv, cel refractat. În cazurile discutate mai sus se realizează un *stigmatism riguros*. Datorită puterii separatoare limitate a ochiului și a plăcii fotografice — principalii receptori de imagini, de cele mai multe ori este suficient un *stigmatism aproximativ*. În cazul sistemelor optice centrate, acesta se realizează prin utilizarea fasciculelor paraxiale. Neclaritatea imaginii poate să nu fie prea mare, cu condiția să rămîină sub o anumită limită, sub care ochiul percepe imaginea ca fiind clară, aproximativ stigmatică.

stillb (sb), unitate de măsură tolerată (din sistemul CGS) pentru

luminanță. Reprezintă luminanța uniformă a unei suprafețe plane de un centimetru pătrat, a cărei intensitate luminoasă în direcția normală pe plan este de o candelă. Valoarea sa în SI este:

$$1sb = 10^4 \text{ nt.}$$

stokes (St), unitate de măsură tolerată (din sistemul CGS) a viscozității cinematice. Reprezintă viscozitatea cinematică a unui fluid a cărui viscozitate dinamică este de un poise, iar densitatea — de un gram pe centimetru cub. Valoarea sa în SI este:

$$1St = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s.}$$

stranietate v. particulă elementară.

strat electronic, pătură electronică.

strat superficial v. presiune interioară.

strălucire, luminanță.

stricțiune, proprietate a unor materiale de a-și modifica dimensiunile sub influența unor câmpuri externe, indiferent de sensul acestora (ex. electrostricțiune, magnetostricțiune).

strimer v. scînteie electrică.

stroboscopie, metodă de studiere a mișcărilor periodice rapide ale unui sistem, prin observarea sa periodică, realizată printr-o iluminare sau obturare intermitentă a imaginii. Când frecvența observării este egală cu frecvența mișcării periodice studiate, sistemul pare a fi în repaus; dacă aceste frecvențe diferă (puțin), sistemul pare că se mișcă cu o frecvență egală cu diferența lor. Aparatul utilizat se numește *stroboscop*; în

construcția sa intră un disc rotitor opac, prevăzut cu o serie de fante transparente, egale și echidistante (*disc stroboscopic*) sau o lampă (de obicei, cu descărcare) cu inerție mică la aprindere și stingere, care poate fi acționată cu o frecvență variabilă, cunoscută.

**sublimare**, transformare de fază de speța întâi, din stare solidă direct în stare gazoasă.

**submultiplu v. sistem de unități.**

**subrăcire**, stare metastabilă a unei substanțe aflată la o temperatură mai coborită decât cea la care ar fi trebuit să treacă (la presiunea respectivă) într-o nouă stare de agregare. Este obținută în urma unui proces de răcire lentă. Sin. *suprarăcire*.

**sufliător Langmuir v. temperatură.**

**sunet**, mișcare oscilatorie a particulelor unui mediu elastic (solid, lichid sau gazos), care produce o senzație auditivă. În funcție de această senzație, sunetele se deosebesc după înălțime (v.), timbru (v.) și tărie (v.). Frecvența lor este cuprinsă în intervalul 16—20 000 Hz; în afara limitelor acestui interval, oscilațiile elastice se numesc *infrasunete* (cu frecvența sub 16 Hz) și *ultrasunete* (cu frecvența peste 20 000 Hz). Sunetele se propagă sub formă de unde sonore, a căror viteză (între anumite limite) nu depinde în general de frecvență și de intensitate, ci doar de natura mediului, de tipul undei și de temperatură. În gaze, viteza sunetului este dată de relația:

$$v = \sqrt{\kappa \frac{RT}{M}} = v_0 \sqrt{1 + \alpha t},$$

în care  $\kappa$  este exponentul adiabatic al gazului,  $R$  — constanta universală a gazelor perfecte,  $M$  — masa molară a gazului,  $T$  — temperatura absolută,  $v_0$  — viteza de propagare a sunetului la 0°C,

$$\alpha = \frac{1}{273,15} \text{ grad}^{-1} \text{ — coeficien-}$$

tul de dilatare al gazelor perfecte,  $t$  — temperatura în °C. În aer, viteza sunetului mai depinde și de starea de umiditate, potrivit relației:

$$v_{umed} = v_{uscat} \left( 1 + 0,16 \frac{p_v}{p_0} \right),$$

unde  $p_0$  este presiunea atmosferică și  $p_v$  — presiunea actuală a vaporilor. În lichide, viteza sunetului este:

$$v = \sqrt{\frac{1}{\beta_a \rho}},$$

unde  $\beta_a$  este coeficientul de compresibilitate adiabatică al lichidului și  $\rho$  — densitatea lui. În solide, sunetul se propagă atît sub formă de unde longitudinale, cît și sub formă de unde transversale. Pentru un mediu infinit, în cazul undelor transversale

$$v_t = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1}{2(1 + \sigma)}},$$

iar în cel al undelor longitudinale,

$$v_l = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1 - \sigma}{1 - \sigma - 2\sigma^2}}$$

(unde  $\sigma$  este coeficientul Poisson). V. și praguri auditive.

**sunet compus v. timbru.**

**sunet fundamental v. timbru.**

**sunet muzical**, sunet care, fiind emis în diferite succesiuni sau



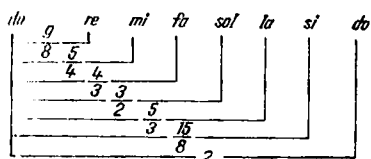


Fig. 341

combinații, produce asupra urechii omului o senzație auditivă plăcută. Sunetele muzicale sînt împărțite în opt game muzicale, fiecare dintre acestea fiind alcătuită din cîte șapte sunete (note muzicale) de frecvențe precise, ce se află între ele în anumite rapoarte. Notele unei game sînt do, re, mi, fa, sol, la, si, iar frecvențele lor sînt crescătoare (fig. 341). După cum se vede, prima notă a gamei următoare este tot do și are frecvența de două ori mai mare decît a notei do din gama precedentă; între ele există un interval numit *octavă*. Prima gamă este gama  $-2$  și începe cu nota do, caracterizată de frecvența 16,31 Hz. Frecvența oricărei note dintr-o gamă se poate calcula din figură.

De exemplu,  $la_3$  (nota la din gama  $+3$ ) are frecvența:

$$la_3 = 2^4 \cdot \frac{5}{3} \cdot do_{-2} = 435 \text{ Hz.}$$

**sunet normal**, sunet cu frecvența de 1000 Hz, pentru care urechea omului prezintă sensibilitate maximă și aproximativ constantă.

**sunet simplu** v. timbru.

**superpoziție** v. principiul superpoziției.

**supraconductibilitate**, stare atinsă la temperaturi joase de către unele substanțe (numite *supraconductori*), caracterizate prin anularea rezistivității lor sub o anumită temperatură (critică). Fenomenul a fost descoperit în 1911 de fizicianul olandez H. Kamerling Onnes, la un conductor de mercur. Se cunosc pînă în prezent cîteva sute de supraconductori, printre care figurează metale, aliaje metalice, precum și cîteva combinații semiconductorilor. Cîteva dintre aceștia sînt cuprinși în tabelul 28. Toți supra-

Tabelul 28

Substanța	$T_c$ , în K	Substanța	$T_c$ , în K	Substanța	$T_c$ , în K
Al	1,17	Ru	0,47	Hg	4,15
Ti	0,40	Rh	1,70	Tl	1,37
V	5,30	Cd	0,56	Pb	7,2
Zn	0,88	In	3,37	La	5,8
Ga	1,1	Sn	3,7	Th	1,40
Zr	0,75	Hf	0,37	Nb <sub>3</sub> Sn	1,82
Nb	9,5	Ta	4,48	Pb <sub>3</sub> Au	7
Mo	1	Re	1,7	NbN	14,7
Tc	11,2	Os	0,71	MoTc	14
		Ir	0,14	V <sub>3</sub> Si	17

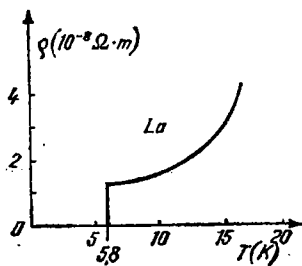


Fig. 342

conductorii au temperatura critică  $T_c$  sub 20 K, iar majoritatea lor sub 5 K; oricare dintre aceste temperaturi nu poate fi atinsă decât cu ajutorul heliului lichid.

În fig. 342 este redată variația cu temperatura a rezistivității unui astfel de supraconductor—lantanol (la valori foarte joase). Se observă că, la temperatura critică de 5,8 K, rezistivitatea sa scade brusc la zero (conductivitatea crescînd de cca.  $10^{17}$  ori). Studiul teoretic al supraconductibilității l-a condus pe B.D. Josephson la previziunea efectelor care îi poartă numele, observate ulterior și experimental (v. efecte Josephson). În ultimul deceniu, s-au preconizat aplicații tehnice ale supraconductibilității. Astfel, prin folosirea supraconductibilității în transportul energiei electrice s-ar putea înlătura pierderile prin efect Joule-Lenz. Există chiar soluții tehnice pentru realizarea transformatoarelor de tensiune confecționate din supraconductori menținuți la temperaturi foarte joase, cu ajutorul heliului lichid. O parte din cercetările actuale sînt orientate spre obținerea de conductori care să atingă starea de supraconductibilitate la temperatura de 100 K, care ar putea fi atinsă cu ajutorul azotului lichid.

**supraconductor v. supraconductibilitate.**

**suprafață de audibilitate v. praguri auditive.**

**suprafață de undă (sau echifază),** locul geometric al punctelor atinse în același moment de undă, care oscilează în fază. Suprafața de undă cea mai depărtată de sursa de unde reprezintă frontul de undă.

**suprafață echipotențială v. potențial.**

**suprafață izocromatică v. curbă izocromatică.**

**suprafluiditate,** stare deosebită a heliului lichid la temperaturi joase, caracterizată în special prin valoarea extrem de mică a viscozității. A fost descoperită (1936) de P.L. Kapița. În stare lichidă (sub temperatura de 4,216 K), izotopul greu al heliului  $^4\text{He}$  prezintă o serie de proprietăți deosebite. Astfel, în punctul triplu, la tem-

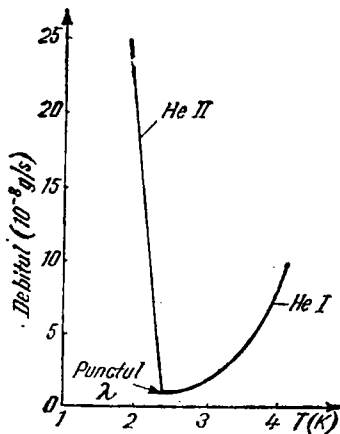


Fig. 343

puterea de 2,186 K și presiunea de 47,80 Torr era de așteptat să existe cele trei faze: gazoasă, lichidă și solidă. În locul acestora apare însă o fază lichidă cu proprietăți speciale, notată simbolic prin He II. La temperatura corespunzătoare trecerii fazei lichide He I în He II a fost denumită *punct lambda* ( $\lambda$ ). Heliumul aflat în această fază curge fără frecări prin capilare, prin deschideri foarte mici etc. Această proprietate poate fi pusă în evidență studiind dependența de temperatură a vitezei de curgere (debitului) a(1) heliului lichid printr-un tub îngust (fig. 343).

**suprafuziune, subrăcire** a unei substanțe care a rămas în stare de agregare lichidă la o temperatură mai joasă decât temperatura de solidificare. Sin. *supratopire*.

**supraîncălzire, stare metastabilă** a unei substanțe încălzite la o temperatură superioară trecerii într-o nouă stare de agregare (la presiunea considerată).

**suprapunere v. principiul superpoziției.**

**suprarăcire v. subrăcire.**

**supratopire, suprafuziune.**

**susceptanță (electrică,  $B$ ), raportul** dintre reactanța electrică (inductivă sau capacitivă)  $X$  și pătratul impedanței  $Z$  ale unui circuit de curent electric alternativ:

$$B = \frac{X}{Z^2}$$

Este egală cu produsul dintre admitanță și sinusul unghiului de defazaj dintre tensiunea aplicată și intensitatea curentului care trece prin circuit. După cum circuitul electric este inductiv sau capacitiv, poate lua valori pozitive sau negative. Unitatea sa de măsură în SI este siemensul.

**susceptibilitate (sau susceptivitate) electrică ( $\chi_e$ ), raportul** dintre mărirea polarizației electrice ( $P$ ) a unui material și cea a intensității câmpului electric ( $E$ ) care a produs această polarizație:

$$\chi_e = \frac{P}{E}$$

**susceptibilitate (sau susceptivitate) magnetică ( $\chi_m$ ), raportul** dintre mărirea magnetizației ( $M$ ) a unui mediu și cea a intensității câmpului magnetic ( $H$ ) ce a produs această magnetizație:

$$\chi_m = \frac{M}{H}$$

**sustentație, menținerea** unui corp cufundat într-un fluid la un anumit nivel, prin mijloace adecvate. În cazul corpurilor cu densitate (medie) mai mică decât a mediului, sustentația este *statică* (în repaus), realizându-se conform legii Arhimede (ex.: la nave, aerostate etc.). La corpurile cu densitate mai mare decât a fluidului, sustentația este *dinamică*, adică poate fi obținută numai printr-o mișcare relativă; se obține cu ajutorul unui consum de energie, pentru realizarea portanței (ex.: la avioane, elicoptere etc.).

șoc v. undă balistică.

șurub, dispozitiv din categoria mașinilor simple cu ajutorul căruia se realizează o economie de forță (fig. 344). Aplicând legea conservării energiei prin egalarea lucrului mecanic activ (al forței  $F$ ) cu cel rezistent (al rezistenței  $R$ ), rezultă:

$$F = \frac{Rh}{2\pi(l+r)},$$

în care  $h$  este pasul șurubului,  $r$  — raza sa și  $l$  — lungimea unei

pîrghii sau a unei chei  $C$  de înșurubat (care, uneori, poate lipsi).

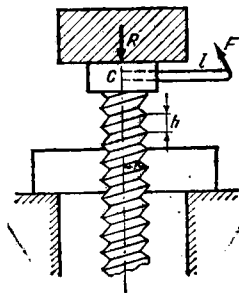


Fig. 344

# T, Ț

**tabloul Mendeleev** v. sistemul periodic al elementelor.

**tahton**, particulă elementară ipotetică, neidentificată experimental, a cărei viteză ar fi superioară celei a luminii.

**Tamm, Igor Evghenievici** (1895 — 1970), fizician sovietic. Membru al Academiei de Științe a U.R.S.S. Contribuții în domeniile teoriei nucleului atomic, corpului solid, radiației electromagnetice. Împreună cu I.M. Frank a dezvoltat (1937) teoria matematică a efectului Cerenkov. Premiul Nobel (1958).

**tautocronism**, proprietate a unui punct material, care se mișcă pe o curbă (numită *tautocronă*) în plan vertical, de a ajunge în același interval de timp în punctul de energie potențială minimă, indiferent de poziția sa inițială. Un exemplu de curbă tautocronă este cicloida cu axa verticală și concavitatea în sus, pe care se deplasează un punct material greu.

**tărie** (sau *intensitate auditivă, N*), mărime acustică psiho-fizică care arată de câte ori un sunet este apreciat de un ascultător otologic normal ca fiind mai intens decît un sunet normal de 40 fon. Se măsoară în soni. V. nivel de tărie.

**telemetru 1.** Instrument optic folosit la măsurarea distanțelor

pînă la puncte îndepărtate sau inaccesibile, bazat pe principiul vederii binoculare, stereoscopice. Este alcătuit din două obiective montate la capetele unui tub așezat perpendicular pe direcția de observație și două oculare situate la jumătatea tubului. De la punctul vizat, prin capetele tubului pătrund în aparat două raze de lumină (dirijate spre obiective și apoi spre oculare, cu ajutorul unor prisme de reflexie totală). Măsurînd unghiurile dintre aceste raze și axul aparatului, se poate determina distanța pînă la un punct îndepărtat. Deseori, instrumentul este etalonat pentru citirea directă a distanței.

2. Dispozitiv optic atașat unor aparate fotografice, care permite punerea la punct a imaginii dată de obiectiv în planul emulsiei fotografice.

**telescop (catoptric)**, instrument optic folosit la observarea corpurilor foarte îndepărtate (astronomice), al cărui obiectiv este o oglindă concavă (sferică sau parabolică). A fost inventat de I. Newton în 1668. Avantajul său asupra lunetelor constă în faptul că diametrul obiectivului poate fi mult mărit; în timp ce la lunete acesta este de maximum 1 m, obiectivele cu oglinzi pot atinge un diametru de 5—5,5 m. Mărirea diametrului obiectivului constituie calea

principală de creștere a puterii separatoare, grosimentului și lăminozității instrumentelor astronomice. Există două tipuri principale de telescoape: telescopul cu vizare laterală, de tip *Newton* și telescopul cu vizare directă, de tip *Cassegrain*.

**telescop dioptric, lunetă.**

**temperatură** ( $T$ ,  $\theta$ ,  $t$ ), parametru ce caracterizează starea de încălzire a unui sistem fizic. Valoarea ei depinde de scara termometrică în care este exprimată (v. termometrie). Determinarea temperaturii corpurilor se bazează pe variația unor mărimi fizice (ex. volum, rezistență electrică, forță termoelectromotoare etc.) cu starea de încălzire a corpului termometric al unui termometru aflat în contact termic cu sistemul fizic respectiv. În tehnica obținerii *temperaturilor înalte*, de până la 1 600°C, sînt utilizate cuptoarele electrice. Temperaturi mai ridicate se obțin în flăcările produse prin reacții chimice de oxidare; arzînd în aer oxidul de carbon poate produce temperatura de 2 090°C, iar în oxigen — temperatura de 2 825°C; prin ardere în aer, acetilena poate produce temperatura de 2 220°C, iar în oxigen — de 3 100°C. În *suflătorul Langmuir*, prin arderea hidrogenului atomic într-un arc voltaic cu electrozi de tungsten, se atinge temperatura de 3 370°C (temperatura de topire a tungstenului). Temperaturi mai ridicate, de la 5 000 pînă la 50 000°C, se obțin în descărcările electrice în gaze; plasma neizotermă astfel obținută este folosită pentru tăierea și sudarea metalelor (v. *plasmatron*). În plasma fierbinte a reacțiilor termonucleare s-au obținut temperaturi pînă la 80 000 000°C; aceste reacții produc

temperaturile de zeci de milioane de grade din stele (temperatura periferică a acestora este însă numai la cîteva mii de grade; ex. 6 000°C pe suprafața Soarelui). *Temperaturile joase* se pot obține cu ajutorul *amestecurilor răcitoare* (sau *refrigerente*) ca: 100 g gheață și 31 g clorură de sodiu (NaCl): — 21°C; 100 g gheață și 143 g clorură de calciu (CaCl<sub>2</sub>): — 55°C; bioxid de carbon (CO<sub>2</sub>) solid și alcool etilic (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH): — 78°C. Coborîrea temperaturii se datorește absorbției căldurii în procesul (endotermic al) dizolvării. Temperaturi mai coborîte se obțin prin răcirea cu ajutorul *metodei ciclurilor* care constă în comprimarea gazelor urmată de lichefiere directă sau prin efect Joule-Kelvin, după care lichidul este evaporat în vid. Comprimată la 5 atm, clorura de metil se lichefiază la temperatura camerei; prin evaporarea lichidului în vid se atinge temperatura de —70°C. Răcită pînă la această temperatură, etilena comprimată la 5 atm se lichefiază, apoi, prin evaporarea sa în vid, se obține o temperatură de —150°C. Răcit la —150°C, oxigenul aflat la presiunea de 10 atm se lichefiază, iar prin evaporare în vid se atinge temperatura de —200°C. După răcirea pînă la —200°C la o presiune de 180 atm, hidrogenul este lichefiat prin destindere, iar, apoi, prin evaporare în vid se solidifică, atînguîndu-se —259°C. Prin comprimarea heliului la această temperatură și lichefierea sa prin destindere urmată de evaporare în vid, se atinge temperatura de —272,2°C (0,9 K). Sub 0,9 K pînă la 0,001 K, temperatura poate fi coborîtă prin demagnetizarea adiabatică a unor săruri paramagnetice (*răcire magnetică*); metoda această se numește și metoda dezorientării momentelor magnetice atomice (inițial orien-

tate în cimpuri magnetice). Dacă perturbarea orientării momentelor magnetice atomice este urmată de o dezorientare imediată a momentelor magnetice nucleare, se poate atinge temperatura de  $1,2 \cdot 10^{-6}$  K. În tabelul 29 sînt cuprinse etapele cele mai importante din istoricul obținerii temperaturilor joase.

*Temperatura termodinamică* (sau *absolută*) este una dintre mărimile fizice fundamentale din SI, avînd drept unitate de măsură kelvinul (v. ciclul Carnot).

Termodinamica dovedește că temperaturile absolute negative nu pot fi atinse trecînd prin zero absolut; la astfel de temperaturi, s-ar putea ajunge prin salt de la temperatura  $+\infty$  la temperatura  $-\infty$ . Cînd sistemul termodinamic nu schimbă lucru mecanic cu exteriorul, temperatura sa absolută este egală cu derivata parțială a energiei interne  $U$  în raport cu entropia  $S$ , la volum  $V$  constant:

$$T = \left( \frac{\partial U}{\partial S} \right)_V \cdot$$

Această mărime ia valori pozitive atunci cînd, la creșterea energiei interne are loc o creștere a entropiei, sau cînd, la scăderea energiei se produce și o scădere a entropiei.

În mod normal, cînd sistemului i se furnizează energie din exterior, energia sa internă crește. Se poate întîmpla însă ca entropia să rămînă constantă ( $dS = 0$ ), iar temperatura să tindă către  $+\infty$ ; de asemenea, se poate întîmpla ca entropia sistemului să dească ( $dS < 0$ ), deci  $T < 0$ , temperatura sistemului luînd valori negative, de la  $-\infty$ , numai după ce a trecut prin valoarea  $+\infty$ . Temperaturile absolute negative nu pot fi obținute în sisteme termodinamice cu un număr infinit de stări energetice, ci numai în sistemele în care se întîlnesc un mic număr de stări energetice. Primul sistem în care s-a realizat o stare caracterizată de temperatură absolută negativă a fost cel al magneților nucleari ai ionilor de litiu din cristalul de fluorură de litiu. Alte sisteme de același fel, cunoscute pînă în prezent, sînt mediile (solide, lichide și gazoase) care intră în componența laserilor și maserilor.

**temperatură caracteristică** v. căldură molară.

Tabelul 29

Anul	Etapa	Temperatura atinsă (K)
1860	Temperatură sub punctul de solidificare a mercurului	234,0
1877	Oxigenul lichefiat sub formă de ceață	90,2
1898	Hidrogen lichefiat	20,4
1908	Helium lichefiat	4,2
1933	Răcire prin demagnetizare adiabatică	0,25
1934	Helium lichefiat cu turbodetentorul Kapița	4,2
1956	Răcire prin demagnetizare nucleară	$10^{-5}$
1960	Răcire prin demagnetizare nucleară	$1,2 \cdot 10^{-6}$

Tabelul 30

Nr. crt.	Sursa de lumină	$T_c$ , în K
1	Bec electric de 40 W	2 700
2	Bec electric de 200 W	2 800
3	Bec electric de 1 000 W	3 000
4	Soarele dimineața și seara	4 000
5	Luna plină	4 000
6	Arc cu cărbuni puri	4 700
7	Lumina de zi	5 500
8	Lampă cu xenon	5 900
9	Lampă cu luminofoři	6 000—7 000
10	Lumina cerului albastru	12 000—27 000

**temperatură critică** v. gaz real.

**temperatură de culoare** ( $T_c$ ), temperatură, în general diferită de temperatura reală a unui corp, pe care trebuie să o aibă corpul negru pentru a prezenta aceeași culoare ca și corpul dat. Se folosește numai în cazul corpurilor cu distribuție continuă a energiei în spectrul radiației (*radiatori termici*). Poate fi însă utilizată și pentru radiatori netermici (de ex. luminescenți) cu emisie selectivă, dacă la o temperatură oarecare culoarea lor se apropie destul de mult de cea a corpului negru (numit și *radiator integral*). Pentru ilustrare, în tabelul 30 sînt indicate temperaturile de culoare  $T_c$  pentru cîteva surse obișnuite de lumină, iar în tabelul 31 sînt redată temperaturile de culoare și de strălucire  $T_s$  ale wolframului, corespunzătoare diferitelor temperaturi reale  $T$  ale sale.

V. pirometru optic.

**temperatură de radiație** ( $T_r$ ), temperatura pe care trebuie să o aibă corpul negru (v.), pentru a prezenta

aceeași emitanță energetică cu un corp dat. Legătura dintre temperatura de radiație  $T_r$  a unui corp și temperatura sa reală  $T$  este exprimată (pe baza legilor Kirchhoff și Stefan-Boltzmann) prin relația:

$$\left(\frac{T_r}{T}\right)^4 = \epsilon,$$

unde  $\epsilon$  reprezintă puterea de emisie a corpului aflat la temperatura  $T$  pentru un flux care are distribuția spectrală identică cu cea a radiației

Tabelul 31

$T$ , în K	$T_c$ , în K	$T_s$ , în K
1 200	1 210	1 150
1 600	1 619	1 510
2 000	2 033	1 859
2 400	2 452	2 193
2 800	2 878	2 517
3 200	3 311	2 829
3 400	3 533	2 978



termice (de echilibru) la această temperatură. V. pirometru optic.

**temperatură de strălucire** ( $T_{s\lambda}$ ), temperatură pe care trebuie să o aibă corpul negru pentru a avea aceeași strălucire spectrală pentru radiația monocromatică cu lungimea de undă  $\lambda$  (în vid) ca și un corp dat. Așa cum se observă din tabelul 32 (v. temperatură de culoare), valoarea acesteia este mai mică decât temperatura reală a wolframiului. Dacă  $\epsilon_{\lambda T}$  este puterea de emisie spectrală a corpului pentru radiația cu lungimea de undă  $\lambda$  la temperatura  $T$ , temperatura sa de strălucire  $T_{s\lambda}$  este legată de temperatura lui reală  $T'$  prin relația:

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{s\lambda}} = \frac{k\lambda}{hc} \ln \epsilon_{\lambda T},$$

unde  $k$  este constanta Boltzmann,  $h$  constanta Planck, iar  $c$  — viteza undelor electromagnetice în vid.

**temperatură Debye** v. căldură molară.

**tensiune contraelectromotoare** v. tensiune electromotoare.

**tensiune de vapori**, presiune de vapori.

**tensiune electrică** ( $U$ ,  $u$ ,  $V$ ), mărime scalară definită prin integrala curbilinie de-a lungul unei curbe închise sau deschise  $C$ , a intensității câmpului electric  $E$ :

$$U = \int_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l},$$

unde  $d\mathbf{l}$  este elementul de arc orientat al curbei  $C$ . În câmpurile electrice produse de sarcini electrice coulombiene, tensiunea este

acee și pe orice curbă  $C$  care unește două puncte  $A$  și  $B$  și este egală cu diferența dintre potențialele  $V_A$  și  $V_B$  ale acestor puncte:

$$U = V_A - V_B,$$

fiind numită *diferență de potențial electric*. Unitatea sa de măsură în SI este voltul. În curent alternativ se definește *tensiunea eficace*, egală cu tensiunea unui curent continuu care, aplicată aceleiași interval de timp unei rezistențe  $R$ , duce la degajarea aceleiași cantități de căldură, ca și tensiunea alternativă  $U = U_0 \sin \omega t$  de amplitudine  $U_0$  și pulsație  $\omega$ . Valoarea tensiunii eficace se poate calcula evaluând energia electrică cheltuită în timp de o perioadă  $T$ :

$$W = \int_0^T \frac{U_0^2}{R} \sin^2 \omega t dt =$$

$$= \frac{U_0^2}{2R} T = \frac{U_{ef}^2}{R} T,$$

obținându-se astfel  $U_{ef} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$ .

**tensiune electrică de ardere**, tensiune electrică aplicată între electrozii unei descărcări electrice staționare care, datorită căderilor de tensiune pe circuitul exterior tubului de descărcare, este întotdeauna mai mică decât potențialul de aprindere. Înainte de străpungere, tensiunea de la bornele tubului este egală cu forța electromotoare  $E$  a sursei de alimentare. După străpungere, tensiunea  $U$  la borne scade, tinzând către o valoare dependentă de intensitatea  $I$  a curentului de descărcare, care trebuie să satisfacă anumite criterii de stabilitate a descărcării. Ca urmare a ionizărilor în

avalanșă, după străpungere curentul are tendința să crească oricât de mult, intensitatea sa fiind limitată numai de parametrii circuitului exterior tubului de descărcare. Notînd cu  $R$ ,  $L$  și  $C$  — rezistența, inductanța și, respectiv, capacitatea circuitului, condiția necesară și suficientă pentru stabilitatea descărcării este satisfacerea simultană a inegalităților:

$$\frac{dU}{dI} + R > 0,$$

$$\frac{dU}{dI} + \frac{L}{RC} > 0.$$

O descărcare cu caracteristica  $U(I)$  crescătoare, adică  $dU/dI > 0$  (ex. descărcarea luminescentă anormală), este totdeauna stabilă, pentru orice valoare a tensiunii de ardere. O descărcare cu caracteristica  $U(I)$  descrescătoare, adică  $dU/dI < 0$  (ex. descărcarea în arc), este stabilă numai dacă:

$$\left(\frac{dU}{dI}\right)^2 > \frac{L}{C}.$$

În cazul unui arc în curent continuu aflat într-un circuit de capacitate neglijabilă, condiția de ardere stabilă este:

$$U(I) > E - RI.$$

**tensiune (sau forță) electromotoare** ( $E$ ,  $e$ ), mărime egală cu tensiunea electrică la bornele unui generator electric în circuit deschis (la mersul în gol). Are același sens cu curentul ce străbate circuitul la închidere, spre deosebire de *tensiunea contraelectromotoare* — care se opune sensului normal al curentului. Poate fi produsă prin inducție electromagnetică (la generatoarele electrice), prin procese electrochimice (la elementele galvanice),

prin efecte termoelectrice, fotoelectrice, fotomagnetoelectrice etc.

**tensiune interfacială**, forță tangențială care se exercită la suprafața de contact a două lichide nemiscibile, sau la cea dintre un lichid și un solid. În cazul unei picături de lichid 2 care stă în echilibru pe suprafața altui lichid 1 (fig. 345), tensiunile superficiale

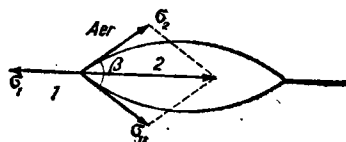


FIG. 345

ale celor două lichide în contact cu aerul fiind  $\sigma_1$  și  $\sigma_2$ , tensiunea interfacială este dată de relația:

$$\sigma_{12} = \sigma_1 - \sigma_2;$$

această relație este valabilă pentru valori mici ale unghiului  $\beta$ , situație apropiată de cea reală.

**tensiune magnetică** ( $U_m$ ), mărime scalară definită prin integrala curbilinie a intensității cîmpului magnetic  $H$  de-a lungul unei curbe închise sau deschise  $C$ :

$$U_m = \int_C \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l},$$

în care  $d\mathbf{l}$  este elementul de arc orientat al curbei  $C$ . În SI se măsoară în amperi (sau amper-spire).

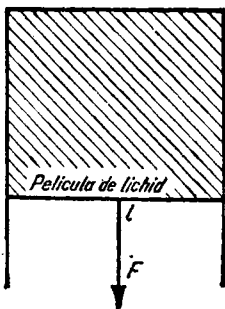
**tensiune (sau forță) magnetomotoare** ( $U_{mm}$ ), tensiunea magnetică considerată pe o curbă închisă, egală cu tensiunea părții solenoidale a intensității cîmpului mag-

netle. În cazul existenței unor curenți electricei de conducție, este numeric egală cu solenația (v.).

**tensiune mecanică (sau efort unitar)**, forța raportată la aria suprafeței pe care acționează. Poate fi *normală* ( $\sigma$ ) pe suprafața corpului sau *tangțială* ( $\tau$ ) la aceasta. În SI se măsoară în newtoni pe metru pătrat.

**tensiune superficială** ( $\sigma$ ), mărime numeric egală cu rezultanta forțelor tangțiale care se exercită pe unitatea de lungime, la suprafața unei membrane de lichid. Moleculele din stratul superficial al lichidului sunt atrase de moleculele din interior și, astfel, acest strat se manifestă macroscopic ca o membrană elastică ce are tendința să se micșoreze cât mai mult. Fenomenul poate fi pus în evidență cu un cadru dreptunghiular format din fire metalice pe care se întinde o peliculă de lichid. Dacă una din laturile dreptunghiului este mobilă, atunci, pentru ca aria peliculei să rămână constantă, trebuie ca pe această latură să acționeze o forță orientată în sens contrar micșorării membranei (fig. 346).

Fig. 346



Întrucât pelicula conține două membrane superficiale, tensiunea superficială se va calcula cu ajutorul relației:

$$\sigma = \frac{F}{2l},$$

unde  $F$  este forța care acționează asupra laturii mobile, iar  $l$  — lungimea ei. În SI unitatea de măsură este newtonul pe metru.

**teorema Bernoulli, legea Bernoulli.**

**teorema Carnot v. ciclu Carnot.**

**teorema fundamentală a unităților v. sistem de unități.**

**teorema Gauss:** fluxul electric total  $\Psi$  (al inducției electrice  $\mathbf{D}$ ) printr-o suprafață închisă  $S$ , de formă arbitrară, este direct proporțional cu suma algebrică a sarcinilor electrice  $q_i$  existente în interiorul acesteia și nu depinde de sarcinile situate în exteriorul ei:

$$\Psi = \oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{A} = \sum_i q_i = q,$$

unde  $q$  este sarcina totală cuprinsă în interiorul suprafeței (iar  $d\mathbf{A} = \mathbf{n} dA$ ,  $\mathbf{n}$  fiind versorul normalei la elementul de arie  $dA$  al suprafeței  $S$ ). Această teoremă permite calculul cimpului electric pentru diferite distribuții de sarcină. V. ecuații Maxwell.

**teorema impulsului v. impuls al forței.**

**teorema Malus-Dupin:** între două fronturi de undă ale unui fascicul (fig. 347), înainte (front incident,  $F.i.$ ) și după trecerea lui (front emergent,  $F.e.$ ) printr-un

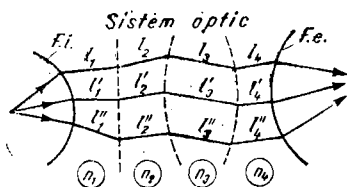


Fig. 347

sistem optic, sau prin orice alt mediu neomogen, drumurile optice străbătute de fiecare rază de lumină sînt egale:

$$n_1 l_1 + n_2 l_2 + n_3 l_3 + n_4 l_4 = \\ = n_1 l'_1 + n_2 l'_2 + n_3 l'_3 + n_4 l'_4 = \dots$$

teoria cinetică a gazelor, teorie care stabilește relații între proprietățile gazelor, pornind de la premisa că acestea sînt formate din particule (atomi sau molecule) aflate în mișcare haotică continuă (numită *agitație termică*); aceste particule se ciocnesc elastic între ele și cu pereții vasului, iar energia lor cinetică este proporțională cu temperatura gazului. Între două ciocniri succesive, particulele (de obicei, molecule) unui gaz ideal străbat drumuri diferite  $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ , de lungimi și direcții diferite (fig. 348); valoarea medie a acestora, numită *drum liber mediu*, poate fi calculată studiind mișcarea unei singure molecule

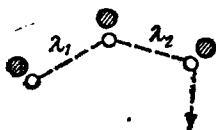


Fig. 348

(celelalte molecule fiind presupuse în repaus). Potrivit fig. 349, o moleculă se va ciocni în timp de o secundă cu toate moleculele din cilindrul de generatoare egală cu viteza medie  $\bar{v}$  a moleculei și cu aria bazei egală cu  $4\pi r^2$ . Frecvența de ciocnire va fi dată de relația:

$$v_c = 4\pi r^2 \bar{v} n,$$

unde  $n$  este concentrația moleculelor, iar  $r$  — raza de acțiune moleculară. Dacă se ia în considerare mișcarea tuturor moleculelor gazului, numărul mediu de ciocniri capătă expresia:

$$v_c = \sqrt{2} \ 4\pi r^2 \bar{v} n.$$

Frecvența de ciocnire fiind egală cu numărul mediu de drumuri libere pe secundă, drumul liber mediu este:

$$\bar{\lambda} = \frac{\bar{v}}{v_c} = \frac{\bar{v}}{\sqrt{2} \ 4\pi r^2 \bar{v} n} = \frac{1}{\sqrt{2} \ \pi \ \sigma^2 n},$$

unde  $\sigma$  este *diametrul eficace* al moleculelor ( $\sigma = 2r$ ). Conform acestei relații  $\bar{\lambda} \sim \frac{1}{p}$  (deoarece  $p \sim n_0$ ).

În cazul aerului, valorile experimentale ale lui  $\bar{\lambda}$  în funcție de  $p$  sînt redată în tabelul 32.

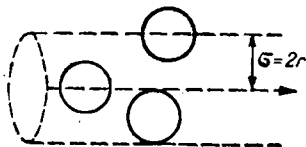


Fig. 349

Tabelul 32

$p$ , în Torr	$\bar{\lambda}$ , în cm
760	$7 \cdot 10^{-6}$
1	$5 \cdot 10^{-3}$
$10^{-6}$	$5 \cdot 10^3$

Tabelul 33

Gazul	$\bar{\lambda}$ , în cm	$\sigma$ , în cm
H <sub>2</sub>	$1,123 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-8}$
O <sub>2</sub>	$0,647 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-8}$
He	$0,666 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-9}$

În realitate,  $\lambda$  depinde și de temperatura absolută  $T$ , potrivit relației:

$$\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_{\infty} \frac{T}{C + T},$$

unde  $\bar{\lambda}_{\infty}$  este drumul liber mediu din formula de mai sus, iar  $C$  — constanta Sutherland. Determinând experimental, prin metoda fasciculelor moleculare, valoarea drumului liber mediu  $\bar{\lambda}$ , se poate calcula diametrul eficace al moleculelor. Valorile lui  $\bar{\lambda}$  și cele ale lui  $\sigma$  pentru câteva gaze sînt redate în tabelul 33.

Moleculele gazului ideal au viteze diferite, care se abat de la valoarea medie. Cînd gazul se găsește în stare de echilibru, aceste viteze se supun statisticii Maxwell-Boltzmann. Numărul de molecule  $dn$  cu vitezele cuprinse în intervalul  $(v, v + dv)$  se calculează conform relației:

$$dn = 4\pi n \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv,$$

unde  $m$  este masa unei molecule, iar  $k$  — constanta Boltzmann; rezultă:

$$\frac{dn}{ndv} = 4\pi \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}}.$$

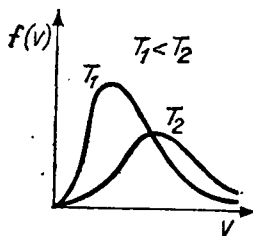


Fig. 350

Această relație permite calculul fracției de molecule cu vitezele cuprinse în intervalul unitate de viteze din unitatea de volum. Mărima din membrul stîng poate fi interpretată ca o densitate de probabilitate, cu ajutorul ei putîndu-se calcula probabilitatea ca o moleculă să aibă viteza în intervalul unitate de viteze din vecinătatea vitezei  $v$ . Funcția

$$f(v) = 4\pi \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$$

poartă numele de funcția Maxwell-Boltzmann de distribuție a vitezelor după modul. În fig. 350 este dată reprezentarea grafică a acestei funcții la două temperaturi  $T_1$  și  $T_2$ . Cunoscînd expresia lui  $f(v)$ , valoarea vitezei medii (aritmice) a moleculelor poate fi obținută ca ajutorul relației:

$$\bar{v} = \frac{\int_0^{\infty} v dn}{n} = \frac{\int_0^{\infty} v n f(v) dv}{n} = \int_0^{\infty} v f(v) dv.$$

Substituind expresia funcției de distribuție se poate scrie:

$$\bar{v} = 4\pi \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \int_0^{\infty} v^3 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv,$$

de unde rezultă:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8}{\pi} \frac{kT}{m}}.$$

Calculul vitezei pătratice medii (media pătratelor vitezelor tuturor moleculelor dintr-un gaz) se efectuează cu ajutorul relației:

$$\bar{v}^2 = \frac{\int_0^{\infty} v^2 dn}{n} = \int_0^{\infty} v^2 f(v) dv;$$

după substituirea expresiei lui  $f(v)$ :

$$\bar{v}^2 = 4\pi \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \int_0^{\infty} v^4 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv,$$

de unde:

$$\bar{v}^2 = \frac{3kT}{m} \text{ sau } \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}.$$

Expresia vitezei (cele mai) probabile (adică viteza pe care o au cele mai multe din moleculele gazului) se obține din condiția de maxim al funcției  $f(v)$ :

$$\frac{df(v)}{dv} = 0.$$

După derivare, rezolvându-se ecuația respectivă, rezultă:

$$v_p = \sqrt{\frac{2kT}{m}}.$$

Între cele trei viteze există relațiile:

$$\sqrt{\bar{v}^2} = 1,09\bar{v} = 1,22 v_p.$$

V. gaz ideal.

teoria electronilor „liberi“, teorie la baza căreia stă ipoteza că electronii dintr-un metal pot fi considerați la fel cu particulele unui gaz ideal. A fost elaborată de P. Drude și H. A. Lorentz la începutul secolului 20. Potrivit acestei teorii, între electroni nu au loc interacții; ei se deplasează independent într-o groapă de potențial constant, supunându-se statisticii Maxwell-Boltzmann. În absența unui câmp electric exterior, electronii din metal au o mișcare de agitație termică dezordonată. Drumul lor liber mediu este presupus egal cu distanța dintre nodurile rețelei cristaline metalice, iar viteza medie este dată de aceeași relație ca și în cazul gazului ideal (v. teoria cinetică a gazelor). Când metalul se află într-un câmp electric exterior, peste mișcarea dezordonată de agitație termică a electronilor se suprapune mișcarea ordonată a lor, sub acțiunea cimpului aplicat. Viteza electronilor este egală cu suma vitezei de agitație termică și a vitezei cîștigate în cimpul electric (numită și viteză de drift). În teoria electronică, expresia conductivității electrice din legea Ohm este:

$$\sigma = \frac{e^2 n \bar{\lambda}}{2m \bar{v}_e},$$

în care  $e$  este sarcina elementară,  $n$  — concentrația electronilor,  $m$  — masa,  $\bar{\lambda}$  — drumul lor liber mediu, iar  $\bar{v}_e$  — viteza medie. Din relație se observă că, pe măsură ce temperatura crește, viteza  $\bar{v}_e$  a electronilor devenind mai mare, conductivitatea metalului scade. Conductivitatea termică a metalului are expresia:

$$\kappa_e = \frac{1}{3} c_e \bar{v}_e \bar{\lambda}_e = \frac{1}{2} n k \bar{v}_e \bar{\lambda}_e,$$

unde  $c_e$  este căldura specifică a electronilor, iar  $k$  — constanta Boltzmann. Făcînd raportul dintre cele două relații și ținînd seama de energia cinetică a electronilor este  $\frac{mv_e^2}{2} = \frac{3}{2} kT$  ( $T$  fiind temperatura absolută), se obține *legea Wiedemann-Franz*:

$$\frac{\kappa_e}{\sigma} = \frac{3k^2}{e^2} T.$$

Teoria electronilor liberi stabilește că metalul este caracterizat, pe lângă căldura atomică a rețelei, și de căldura atomică a electronilor, egală cu  $\frac{3}{2} R$  (unde  $R$  este constanta universală a gazelor). Valoarea totală de  $\frac{5}{2} R$  este în contradicție cu va-

loarea  $\left(\frac{6}{2} R\right)$  dată de regula

Dulong-Petit. Această neconcordanță este explicată în cadrul unei teorii cuantice a electronilor din metal, pe baza statisticii Fermi-Dirac.

Teoria relativității, teorie care stabilește interdependența între spa-

țiu, timp și materia în mișcare, aplicabilă atât în cazul vitezelor relativ mici de deplasare ale corpurilor, cât și, ceea ce îi este caracteristic, în cazul vitezelor relativ foarte mari, comparabile cu viteza luminii. Această teorie a revoluționat concepția științifică despre lumea fizică, stabilind relația dintre masa și energia unui corp (v. formula Einstein). A fost elaborată de A. Einstein în două etape, între anii 1905 și 1916. *Teoria relativității restrînsă*, formulată în 1905, se referă la fenomenele mecanice și electromagnetice care se produc în sistemele de referință inerțiale. La baza ei stau următoarele două principii: *Primul principiu* (sau *principiul special al relativității*), reprezentînd o generalizare a principiului mecanic al relativității formulat de G. Galilei, afirmă că toate sistemele de referință inerțiale sînt echivalente în raport cu legile fizicii (prin sistem de referință inerțial înțelegîndu-se un sistem a cărui mișcare rectilinie și uniformă nu poate fi pusă în evidență prin nici o experiență fizică). Principiul relativității clasice arată că, din punct de vedere matematic, legile mecanicii se formulează la fel în oricare sistem, trecerea de la un sistem inerțial la altul fiind realizată cu ajutorul transformărilor Galilei (v.). Spre deosebire de principiul Galilei, principiul Einstein afirmă invarianța tuturor legilor fizicii la trecerea de la un sistem inerțial la altul (trecere efectuată cu ajutorul transformărilor Lorentz). *Al doilea principiu* susține că viteza luminii în vid are aceeași valoare în toate sistemele inerțiale. La baza acestui principiu au stat experiența Michelson, care a dovedit falsitatea ipotezei existenței eterului, și rezultatele fizi-

cii teoretice, care au demonstrat neaplicabilitatea regulii de compunere a vitezelor din mecanica clasică în cazul interacțiilor de natură electromagnetice.

Teoria relativității restrinse susține că interacțiile de orice natură nu se pot propaga cu viteze mai mari decât viteza luminii în vid, ceea ce este în contradicție cu propagarea cu viteză infinită a interacțiilor, susținută în mecanica clasică. Legile mecanicii, puse sub o formă invariantă în raport cu transformările Lorentz, devin legi ale mecanicii relativiste. Principiul al doilea al dinamicii are următoarea formă invariantă în raport cu transformările Lorentz:

$$\frac{d}{dt} \left[ \frac{m_0 \mathbf{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right] = \mathbf{F},$$

unde  $m_0$  este masa de repaus a corpului, iar mărimea

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

este masa de mișcare a corpului, care depinde de viteza  $v$  a corpului. În mecanica relativistă, impulsul are expresia:

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} = \frac{m_0 \mathbf{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

iar teorema compunerii vitezelor, în cazul a două sisteme inerțiale de coordonate  $x, y, z$  și  $x', y', z'$  aflate în mișcare relativă cu viteza  $u$  (în direcția axei  $x$ ), capătă următoarea formă matematică:

$$v_x = \frac{v'_x + u}{1 + v'_x u / c^2},$$

$$v_y = \frac{v'_y \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}{1 + v'_x u / c^2},$$

$$v_z = \frac{v'_z \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}{1 + v'_x u / c^2},$$

unde  $v_x, v_y, v_z$  și  $v'_x, v'_y, v'_z$ , sînt componentele vitezei punctului material în sistemele  $x, y, z$  și, respectiv,  $x', y', z'$ .

*Teoria relativității generalizate*, formulată în 1908—1916, cuprinde și fenomenele gravitaționale și nu impune nici o restricție sistemelor de referință. În cadrul acestei teorii, forma generală a legilor fizicii este invariantă la trecerea de la un sistem de referință la altul care, în raport cu primul, se află în mișcare accelerată. Potrivit acestor considerații, mișcarea unui corp într-un sistem de referință accelerat este echivalentă cu mișcarea lui într-un câmp gravitațional; astfel, s-a putut explica egalitatea dintre masa inertă și masa gravitațională, problemă pe care mecanica clasică nu a putut-o elucida. Teoria a obținut o serie de rezultate remarcabile privind interacția corpurilor și a câmpurilor. O confirmare a sa a constituit-o constatarea devierii razelor de lumină în apropierea maselor mari, observată în apropierea Soarelui cu ocazia eclipsei din 1919. Teoria relativității a fost verificată practic prin: avansul continuu al periheliului planetei Mercur, curbarea razelor de lumină ale astrilor în vecinătatea Soarelui, deplasarea spre roșu a liniilor spectrale emise de pe o masă gravitică mare, creșterea masei particulelor rapide în acceleratoare, creșterea timpului de viață al mezonilor rapizi în raport cu cel al mezonilor lenți etc.



teoria viscoelastică v. atenuare.

**termen spectral ( $T_n$ )** 1. Raportul dintre energia  $E_n$  corespunzătoare stării cuantice a unui atom sau a unei molecule și produsul între constanta Planck  $h$  și viteza  $c$  a luminii în vid, considerat cu semnul minus:

$$T_n = -\frac{E_n}{hc}$$

Este invers proporțional cu pătratul numărului cuantic principal  $n$  al stării respective. Diferența a doi termeni spectrali  $T_{n'}$  și  $T_{n''}$  reprezintă numărul de undă al unei linii din spectrul (de emisie sau absorbție al) atomului dat (*principiul de combinare Rydberg-Ritz*, formulat în 1908):

$$\tilde{\nu} = T_{n'} - T_{n''}$$

## 2. V. nivel energetic.

**termie (th)**, unitate de măsură tolerată a cantității de căldură, egală cu o megacalorie:

$$1 \text{ th} = 10^6 \text{ cal.}$$

**termionieă**, capitol al fizicii care studiază emisia electronilor sau a ionilor de către corpurile aflate la temperaturi înalte.

**termistor**, semiconductor a cărui rezistență variază între anumite limite după o lege exponențială cu temperatura, folosit drept termometru cu rezistență de mare sensibilitate. Materialele semiconductoră des folosite sînt:  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{UO}_2$ ,  $\text{Ag}_2\text{S}$  sau amestecuri de două sau trei substanțe semiconductoră cum sînt:  $\text{CuO} + \text{Mn}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4 + \text{NiO}$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_4 + \text{NiO} + \text{Co}_3\text{O}_4$ , în ultima vreme folosindu-se amestecurile oxizilor de fier cu substanțele  $\text{MnCO}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CuMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{MnAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{MgCr}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Zn}_2\text{TiO}_4$ . Variația rezistenței elec-

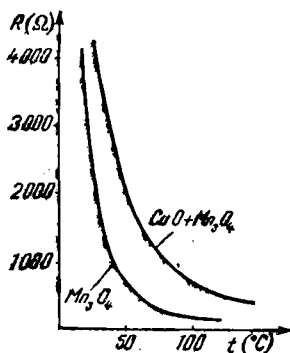


Fig. 351

trice  $R$  a două dintre substanțele amintite cu temperatura teste redată în fig. 351. Tehnologia preparării termistorilor este următoarea: substanțele semiconductoră sub formă de praf sînt presate și, apoi, sinterizate la o temperatură care depinde de natura lor. Termistorii pot fi construiți în formă de disc, cilindru etc. Cu ajutorul lor poate fi decelată o variație a temperaturii de  $0,0005^{\circ}\text{C}$ .

**termocuplu** (sau **termoelement**), dispozitiv constituit din două fire conductoare (sau semiconductoră) diferite, sudate la capete. Dacă temperaturile celor două contacte conductive sînt diferite, termocuplul poate fi folosit ca *traductor termoelectric* la măsurarea diferențelor de temperatură, determinindu-se forța termoelectromotoare care ia naștere prin transformarea energiei termice în energie electrică (v. *pirometru electric*). Alt tip de *termocuplu*, utilizat la măsurarea puterii electrice a curentului alternativ de frecvență joasă sau înaltă, este constituit din două fire (ex. din fier și constantan) puse în cruce

și sudate în punctul de contact; două dintre cele patru capete ale sale sînt legate la sursa de curent, iar celelalte două — la un galvanometru etalonat în mod corespunzător. Pentru mărirea efectului termoelectric se pot lega în serie mai multe termocuple; un astfel de montaj funcționează ca un generator de curent electric continuu, purtînd numele de *pilă termoelectrică*. În scopul obținerii unor parametri superiori de stabilitate și sensibilitate, termoelementele sînt montate în vid. Un exemplu de astfel de pilă este cea formată din benzi foarte subțiri de constantan și manganină, fixate la două bare masive de cupru; în cazul acesteia, la o energie absorbită de cîteva sutimi de microjoule pe secundă corespunde o forță termoelectromotoare de un microvolt. Un număr mare de termocuple unite între ele formează o *baterie de termocuple*, care poate furniza un curent termoelectric cu intensitatea de cîteva amperi. V. efecte termoelectrice.

**termoelement, termocuplu.**

**termodifuzie, difuzie a moleculelor** unei substanțe în care există un gradient de temperatură, de la regiunea mai caldă spre cea mai rece.

**termodinamică, ramură a fizicii** care studiază mișcarea termică a materiei, precum și trecerea acesteia în alte forme de mișcare; se ocupă în special de stările de echilibru ale sistemelor fizico-chimice, precum și de procesele care conduc la atingerea acestor stări. În scopul caracterizării acestor procese se folosește un parametru de stare specific, temperatura, și o serie de mărimi de stare ca: entropia, potențialele termodinamice etc.; acestea sînt mărimi macroscopice

cărora le corespund, la scară microscopică, valorile medii ale unor mărimi fluctuante de natură mecanică, electromagnetică etc., obținute cu ajutorul metodelor fizicii matematice (teoria probabilităților, statistica etc.) aplicate unui colectiv de particule. Din punct de vedere fenomenologic, termodinamica se bazează pe trei *principii* obținute pe cale inductivă, prin generalizarea unui mare număr de date experimentale. În urma interacțiilor cu mediul exterior, un sistem termodinamic considerat într-o stare de energie  $U_I$  poate trece în starea de energie  $U_{II}$ ; variația energiei sale interne este:

$$\Delta U = U_{II} - U_I = \sum \Delta L_i,$$

unde  $\Delta L_i$  sînt lucrurile mecanice echivalente. Relația de mai sus reprezintă expresia matematică a *primului principiu al termodinamicii*. Acest principiu constituie o exprimare matematică a *legii conservării energiei*, arătînd că: la trecerea unui sistem termodinamic dintr-o stare în alta, variația energiei interne este egală cu suma dintre lucrurile mecanice echivalente tuturor acțiunilor externe (mecanice, termice, electrice, magnetice etc.), care au concurat la schimbarea stării. Rezultă că energia internă a sistemului este o funcție de stare, iar diferențiala sa — o diferențială totală exactă. În cazul unei transformări ciclice, această sumă se anulează, deci energia internă finală este aceeași cu cea inițială. Dacă între sistem și mediul exterior au loc doar schimbări de lucru mecanic  $\Delta L$  și de cantități de căldură  $\Delta Q$ , primul principiu are următoarea expresie matematică:

$$\Delta U = \Delta L + \Delta Q.$$

Într-o transformare ciclică (ex.: în cazul unei mașini termice) această relație devine:

$$\Delta L + \Delta Q = 0,$$

exprimând astfel imposibilitatea ca un sistem termodinamic să furnizeze lucru mecanic mediului exterior, fără să primească energie (sub formă de căldură). Un astfel de sistem poartă numele de *perpetuum mobile de speța întâi*, primul principiu putîndu-se formula „este imposibil să se construiască un perpetuum mobile de speța întâi”. Un sistem termodinamic simplu îl constituie gazul ideal, ai cărui parametri de stare sînt presiunea  $p$ , volumul  $V$  și temperatura  $T$ . Lucrul mecanic elementar schimbat de gazul ideal cu mediul exterior se exprimă prin:

$$dL = p dV.$$

Potrivit convenției ca semnul lucrurilor mecanice (sau cantităților de căldură) schimbate cu exteriorul să fie plus sau minus, după cum sistemul le primește sau le cedează, lucrul mecanic elementar capătă expresia:

$$dL = - p dV.$$

Sau, în cazul unei variații finite a volumului (de la  $V_1$  la  $V_2$ ),

$$\Delta L = - \int_{V_1}^{V_2} p dV.$$

În cazul unei transformări elementare oarecare a gazului ideal, expresia matematică a primului principiu este:

$$dU = dQ - p dV.$$

Dacă această transformare este izocoră, relația devine  $dU = dQ$ ,

adică variația energiei interne se face doar pe seama schimbului de căldură cu mediul exterior. Dacă transformarea este adiabatică, se obține  $dU = - p dV$ , adică poate avea loc doar un schimb de lucru mecanic cu mediul exterior.

*Principiul al doilea al termodinamicii* se formulează astfel: toate mașinile termice care funcționează între aceleași temperaturi  $T_1$  și  $T_2$  au randamentul maxim egal cu randamentul ciclului Carnot:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Acest principiu are o serie de formulări echivalente. Potrivit lui, este imposibilă construirea unui *perpetuum mobile de speța a doua*, adică a unei mașini termice care să furnizeze lucru mecanic funcționînd ciclic, în contact cu un singur izvor de căldură. În relația de mai sus se observă că, dacă  $T_2 = 0$ , o astfel de mașină ar lucra ciclic fiind în contact doar cu sursa de căldură cu temperatura  $T_1$ , și ar avea randamentul egal cu 1. O altă formulare a celui de al doilea principiu, analogă celei de mai sus, aparține lui Kelvin și susține imposibilitatea transformării neîntrerupte a căldurii izvorului cald în lucru mecanic, fără transportul unei cantități de căldură de la izvorul cald la cel rece (*postulatul Kelvin*). *Postulatul Clausius* constituie o altă exprimare a acestui principiu. Potrivit lui, urmînd parcurgerea ciclului Carnot în sens invers (în cazul unei mașini frigorifice), transportul neîntrerupt de căldură de la izvorul rece către izvorul cald fără cheltuirea unui lucru mecanic pentru acest transport este imposibil.

*Principiul al treilea al termodinamicii* (numit și *principiul Nernst*),

arată că în vecinătatea lui zero absolut entropia este constantă, adică:

$$\lim_{T \rightarrow 0} \Delta S = 0.$$

Formatul de M. Planck, principiul al treilea afirmă că entropia tinde către zero atunci când temperatura absolută a sistemului tinde către zero. Matematic aceasta se exprimă prin relația:

$$\lim_{T \rightarrow 0} S = 0,$$

care precizează valoarea constantei aditive, nedefinită în formularea lui Nernst, ca fiind egală cu zero. Acest principiu arată imposibilitatea atingerii temperaturii de zero absolut.

**termoelectricitate**, capitol al electricității care studiază efectele termoelectrice în conductori sau semiconductori.

**termoluminescență**, luminescență prezentată de unele substanțe (ex. fluorina), produsă pe seama energiei termice absorbite de acestea la o încălzire moderată.

**termometrie**, ramură a fizicii experimentale al cărei obiect de studiu îl constituie metodele de determinare a temperaturii corpurilor. *Scările termometrice utilizate în prezent pentru determinarea valorii temperaturii sînt: scara Kelvin*, în care temperatura punctului triplu al apei este 273,16 K, 0 K constituind temperatura stării speciale a corpurilor numită *zero absolut (temperatura se notează T)*; *scara Celsius*, în care 0°C este temperatura de topire a gheții, iar 100°C — temperatura de fierbere a apei la presiune normală (temperatura se notează cu t); *scara Fahrenheit*, pentru care temperatura gheții care se topește este de 32°F, iar a apei

Tabelul 34

Puncte de reper (determinate la presiune normală)	T, în K
<i>de bază:</i>	
Punctul triplu al apei	273,16
<i>primare:</i>	
Punctul de topire al gheții	273,15
Punctul de fierbere al apei	373,15
Punctul de fierbere al sulfului	717,75
Punctul de topire al argintului	1 233,95
Punctul de topire al aurului	1 336,15
<i>secundare:</i>	
Punctul de fierbere al heliului	4,22
Punctul de fierbere al hidrogenului	20,37
Punctul de topire al staniului	506,00
Punctul de topire al cadmiului	594,06

care fierbe 212°F; *scara Rankine* în care temperatura de topire a gheții este 492° R, iar cea de fierbere a apei 672° R. Ultimele două scări sînt încă larg folosite în Anglia, S.U.A. și Canada. În fig. 352 sînt reprezentate cele patru scări termometrice în intervalul de temperatură dintre zero absolut și punctul de fierbere a apei. În afară de kelvin — unitate fundamentală în SI, pentru măsurarea temperaturii se folosesc gradele de temperatură: Celsius (°C), Fahrenheit (°F), Rankine (°R), între care există relațiile:

$$1\text{K} = 1^\circ\text{C} = 1,8^\circ\text{F} = 1,8^\circ\text{R},$$

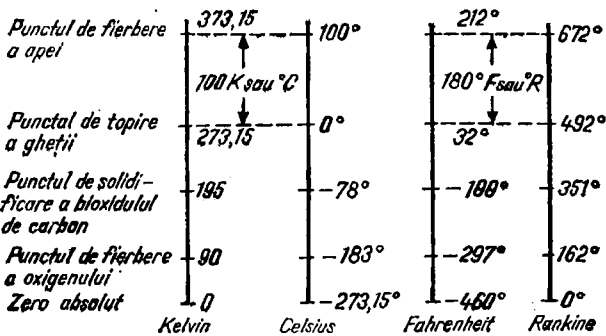


Fig. 352

În scopul etalonării termometrelor, se utilizează un tabel de temperaturi fixe (de reper) ușor reproducibile, purtând numele de *scară practică internațională*. În tabelul 34 sînt redată cîteva puncte ale acestei scări în grade Kelvin. Între valorile indicate în tabel, termometrele pot fi etalonate prin extrapolare.

În intervalul de temperaturi cuprinse între  $-190^{\circ}\text{C}$  și  $0^{\circ}\text{C}$ , extrapolarea se face cu ajutorul termometrului cu rezistență de platină, pentru care dependența rezistenței electrice de temperatură are expresia:

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^2],$$

unde  $R_0$ ,  $A$ ,  $B$ ,  $C$  sînt constante, determinate prin măsurarea rezistenței termometrului în punctul de topire al gheții și cele de fierbere ale apei, sulfurii și oxigenului. De la  $0^{\circ}\text{C}$  pînă la  $660^{\circ}\text{C}$ , pentru extrapolare se folosește aceeași rezistență a cărei dependență de temperatură în acest interval are expresia:

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2).$$

În intervalul de la  $660^{\circ}\text{C}$  pînă la  $1063^{\circ}\text{C}$ , extrapolarea se face cu ajutorul termocuplului platină-platină rodiață, pentru care dependența de temperatură a forței electromotoare are expresia:

$$E_t = a + bt + ct^2,$$

unde constantele  $a$ ,  $b$  și  $c$  sînt determinate prin măsurarea forțelor electromotoare în punctul de fierbere al sulfurii și în cele de topire ale argintului și aurului. Pentru temperaturi mai ridicate de  $1063^{\circ}\text{C}$ , în scopul etalonării se folosește pirometrul optic (v.).

**termometru**, instrument cu ajutorul căruia se determină temperatura corpurilor sau mediilor cu care vine în contact. Conține un *corp termometric*, caracterizat de o mărime fizică ce variază cu temperatura după o anumită lege fizică. Termometrul bazat pe variația volumului corpului termometric, ce poate fi lichid (mercur, alcool) sau gaz, cînd temperatura acestuia se modifică, poartă numele de *ter-*

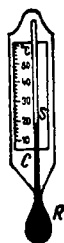


Fig. 353

*metru cu dilatație.* În fig. 353 este reprezentat un termometru cu mercur, format din: rezervorul cu mercur *R*, scara gradată *S* și capilarul *C* în legătură cu rezervorul aflat în contact termic cu corpul a cărui temperatură se determină. În tabelul 35 sînt cuprinse lichidele frecvent folosite drept corpuri termometrice.

Tabelul 35

Lichidul	Domeniul de temperatură °C
Mercur	— 30...+450
Alcool etilic	—110...+70
Toluen	— 90...+110
Izopentan	—160...+25
Propan	—185...—40

Pentru determinarea temperaturilor mai joase de  $-185^{\circ}\text{C}$  se folosesc *termometrele cu gaz*, cum sînt cele cu hidrogen (pînă la  $-250^{\circ}\text{C}$ ) și cu heliu (pînă la  $-269^{\circ}\text{C}$ ), iar între  $-269^{\circ}\text{C}$  și  $-274^{\circ}\text{C}$  se folosesc termometrul cu vapori de heliu (bazat pe dependența de temperatură a presiunii vaporilor saturației ai acestuia). Termometrul bazat pe variația rezistenței electrice a unui conductor sau semicon-

ductor (v. termistor) cu temperatura se numește *termometru cu rezistență*. În domeniul temperaturilor înalte sînt utilizate pirometrele (v.).

**termostat**, dispozitiv experimental care asigură menținerea unei temperaturi constante într-un volum determinat de gaz sau lichid. Funcționează pe principiul echilibrării acțiunii a două surse de căldură, dintre care una este sursa caldă, alta — sursa rece.

**tesla (T)**, unitate de măsură a inducției magnetice în SI. Reprezintă inducția unui cîmp magnetic omogen care exercită forța de un newton asupra unei sarcini electrice de un coulomb, care se deplasează cu viteza constantă de un metru pe secundă în vid, pe o direcție perpendiculară pe liniile de cîmp.

**tetrodă**, tub electronic cu patru electrozi (fig. 354): *catod*, *grilă directoare*, *grilă ecran* și *anod*. Avînd rolul de a amplifica curenții anodici, grila ecran este legată la o tensiune constantă (egală cu 0,5—0,6 din tensiunea anodică); introducerea ei micșorează foarte mult valoarea capacității ce s-ar fi format între grila directoare și anod, mărind factorul de amplificare al tubului electronic cu cîteva ordine de mărime. În timpul funcționării, din cauza efectului

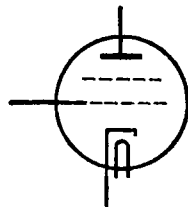


Fig. 354

de *dinatron* (smulgerea electronilor din anod și captarea acestora de către grila ecran), se poate întâmpla ca tensiunea anodică să devină mai mică decât cea aplicată pe grilă, aceasta limitând utilizările practice ale tetrodeii.

**Thomson** [tómson], sir **Joseph John** (1856—1940), fizician englez. Membru al Societății Regale din Londra. A stabilit că razele catodice sînt alcătuite din electroni și a determinat prin metoda deflexiei în câmpuri electrice și magnetice (v. experiența Thomson) sarcina specifică a electronului ( $\frac{e}{m}$ ). În

1898 a elaborat unul din primele modele atomice. Premiul Nobel (1906).

**Thomson** [tómson], sir **William**, lord **Kelvin** (1824—1907), fizician englez. Membru al Societății Regale din Londra. Contribuții importante în domeniile termodinamicii și electromagnetismului. A dat una din formulările principiului al doilea al termodinamicii și a stabilit scara de temperatură care îi poartă numele (v. termometrie). În 1852 a descoperit, împreună cu J.P. Joule, efectul Joule-Thomson, care și-a găsit aplicație la lichefierea gazelor. În 1856, a descoperit unul dintre efectele termoelectrice. A elaborat teoria circuitelor electrice rezonante și a participat la realizarea primului cablu telegrafic transatlantic.

**timbru**, proprietate a sunetelor, prin care se pot deosebi două sunete de aceeași intensitate și înălțime datorită faptului că numărul și intensitatea armonicele care le însoțesc variază de la o sursă la alta. Sunetul de frecvență minimă

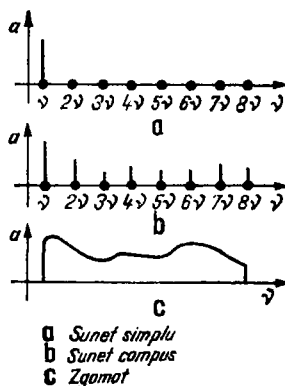


Fig. 355

care, de obicei, are intensitatea maximă poartă numele de *sunet fundamental*. Sunetele alcătuite din unde de o singură frecvență se numesc *sunete simple* sau *tonuri*, iar cele formate prin suprapunerea unui sunet fundamental cu un număr finit de armonice superioare se numesc *sunete compuse*. Sunetul alcătuit prin suprapunerea unor sunete de frecvențe continuu variabile se numește *zgomot*. În fig. 355 este redată comparativ amplitudinea armonicele care compun diferite tipuri de sunete, în funcție de frecvența  $\nu$  a sunetului fundamental.

**timp**, formă de existență a materiei în mișcare care exprimă simultaneitatea și succesiunea proceselor obiective. Constituie una dintre mărimile fizice fundamentale din SI. Unitatea de măsură fundamentală a timpului este secunda. În mecanica clasică, timpul este considerat un continuum unidimensional a cărui metrică este independentă de procesele fizice (v. transformări Galilei);

în teoria relativității restrinse, timpul și spațiul formează un continuum cuadridimensional, iar metrica timpului variază în raport cu diferite sisteme fizice inerțiale (v. transformări Lorentz).

**timp de înjumătățire** (perioadă de înjumătățire sau radioactivă,  $T_{1/2}$ ,  $T$ ), timpul mediu necesar pentru dezintegrarea a jumătate din nucleele unei cantități oarecare dintr-un izotop radioactiv. Relația dintre acest timp și constanta de dezintegrare  $\lambda$  este:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}.$$

Perioadele de înjumătățire sînt variate (de la cîteva nanosecunde pînă la cîteva miliarde de ani).

**timp de relaxare** v. oscilație amortizată, relaxare.

**timp de reverberație** v. reverberație.

**ton** v. timbru.

**tonă** (t), unitate de măsură a masei, egală cu 1 000 kg.

**topire**, transformare de fază de speța întii, din stare solidă în stare lichidă.

**tor gofrat** v. descărcare în camera toroidală.

**torr** (Torr), unitate de măsură tolerată a presiunii, egală cu presiunea hidrostatică a unei coloane de mercur cu înălțimea de un milimetru, la temperatura de 0°C. În SI valoarea sa este  $1,33322 \cdot 10^2 \text{ N/m}^2$ . Sin. *milimetru coloană de mercur* (mm Hg).

**Torricelli**, Evangelista (1608 — 1647), fizician și matematician italian. În 1643, a stabilit că ridicarea mercurului în tuburile barometrice se datorește presiunii atmosferice. A dedus legea de scurgere a unui lichid printr-un orificiu (v. legea Torricelli).

**torță** v. descărcare în torță.

**traductor**, dispozitiv ce stabilește o corespondență univocă între valorile unei mărimi fizice de o anumită natură (mărime de intrare) și valorile unei mărimi fizice de altă natură (mărime de ieșire); ex: termocuplu, cristal piezoelectric, traductor Hall (v. efect Hall) etc.

**traiectorie**, curbă descrisă de un mobil sau de centrul lui de greutate în decursul mișcării sale. Este locul geometric al punctelor succesive prin care acesta trece.

**transductor**, dispozitiv format din două sisteme monoenergetice distincte, asociate, care permite transformarea unei forme de energie în altă formă, realizînd o corespondență perfectă între variațiile unei mărimi caracteristice primului sistem și variațiile produse în cel de-al doilea sistem. După cum transformarea energiei este ireversibilă sau nu, transductorii pot fi *reversibili* sau *ireversibili*. Transductorul, de cele mai multe ori reversibil, în care energia electrică este convertită în energie acustică, se numește *electroacustic* (v. difuzor). De obicei, o componentă principală a lui este o membrană vibrantă care, deși are inerția mecanică mare iar randamentul transformării e mic, prezintă rezonanță pentru anumite frecvențe.

**transfer**, transmitere de energie, de căldură sau de particule (ex.



(electroni) de la un sistem fizic la altul.

**transfer de electron**, proces elementar, constând în transferul unui electron de la un atom neutru la un ion pozitiv, când acestea interacționează. Dacă ionul pozitiv este accelerat într-un câmp electric, după transfer el va deveni atom neutru rapid, în timp ce partenerul său neutru devine ion pozitiv, care începe o mișcare accelerată în câmpul electric până la o nouă interacție cu transfer de electron. Probabilitatea procesului este foarte mare când cei doi parteneri sînt de același tip (de ex.  $H^+$  și  $H$ ;  $He^+$  și  $He$  etc.); în acest caz el se numește *transfer rezonant de electron* și are loc fără vreo modificare a sumei energiilor cinetice ale celor două particule, înainte și după interacție.

**transformare adiabatică**, transformare a unui sistem care are loc fără schimb de căldură cu mediul exterior ( $dQ = 0$ ). Într-o astfel de transformare primul principiu al termodinamicii se exprimă prin:

$$dU = dL,$$

adică lucrul mecanic  $dL$  este egal cu variația  $dU$  a energiei interne a sistemului. Expresia matematică a lucrului mecanic într-o transformare adiabatică a unui gaz ideal se poate obține cu ajutorul *ecuației Poisson*:

$$pV^\gamma = \text{const},$$

unde  $p$  este presiunea,  $V$  — volumul, iar  $\gamma$  — *exponentul adiabatic*, definit de raportul căldurilor molare la presiunea constantă  $C_p$  și la volum constant  $C_V$ :  $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ .

Expresia lucrului mecanic elementar este:

$$dL = -pdV,$$

Lucrul mecanic efectuat la trecerea între două stări caracterizate de volumele  $V_1$  și  $V_2$  ( $V_2 > V_1$ ) are expresia:

$$\Delta L = - \int_{V_1}^{V_2} p dV.$$

Substituind presiunea  $p = p_1 \left(\frac{V_1}{V}\right)^\gamma$ ,

în care  $p_1$  este presiunea inițială a gazului, se obține lucrul mecanic:

$$\begin{aligned} \Delta L &= - \int_{V_1}^{V_2} \frac{p_1 V_1^\gamma}{V} dV = \\ &= \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1} \left[ \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma - 1 \right]. \end{aligned}$$

Primul termen din paranteza dreaptă fiind subunitar (căci  $\gamma$  ia valori între 1 și 2), rezultă că  $\Delta L < 0$ , adică sistemul cedează lucru mecanic exteriorului, deci are loc o micșorare a energiei interne a sistemului. În fig. 356 este reprezentată în planul  $p$ - $V$  o transformare adiabatică ( $\Delta Q = 0$ ) prin comparație cu o transformare izotermă ( $T = \text{const}$ ); lucrul mecanic efectuat într-o astfel de transformare este reprezentat prin suprafața hașurată.

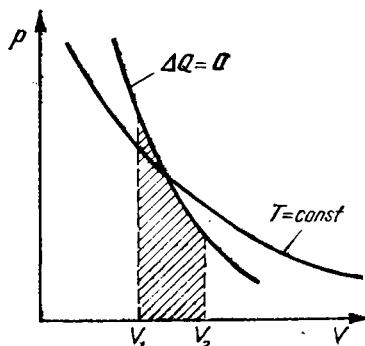
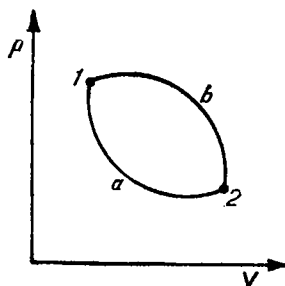


Fig. 356

## TRANSFORMARE

**transformare ciclică**, transformare în urma căreia starea finală a unui sistem termodinamic, care a trecut prin stări succesive diferite, este identică cu cea inițială. În fig. 357 este reprezentată o transformare ciclică (un ciclu) în diagrama  $p$ - $V$ , constând în transformările  $1 \xrightarrow{a} 2$  și  $2 \xrightarrow{b} 1$ .



F. 357

**transformare evasistică**, transformare a unui sistem termodinamic, care se petrece atât de lent încît, în fiecare moment, starea sistemului poate fi considerată o stare de echilibru. În diagrama  $p$ - $V$ , o stare de echilibru este reprezentată printr-un punct. Trecerea sistemului între două stări de echilibru 1 și 2 (fig. 358) se poate face printr-un șir de stări foarte apropiate între ele, adică printr-o linie continuă, parametrul de stare variind foarte puțin în intervale mari de timp.

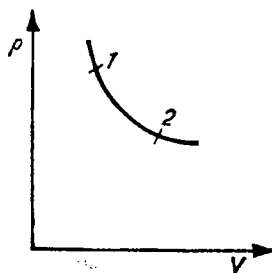


Fig. 358

**transformare de fază**, proces de trecere a unui corp de la o fază la alta, caracterizat de o schimbare bruscă a unei anumite mărimi fizice.

Transformarea în care are loc variația volumului specific și absorbția sau degajarea unei cantități de căldură (căldură latentă), se numește *transformare de fază de speța întâi*. Astfel de procese sînt: topirea, vaporizarea, fierberea, volatilizarea, sublimarea, condensarea, solidificarea etc. În cazul lor, între variația  $v_2 - v_1$  a volumului specific și variația presiunii  $p$  există relația:

$$T \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V = \frac{\lambda}{v_2 - v_1},$$

numită *formula Clausius-Clapeyron*, unde  $\left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$  este derivata par-

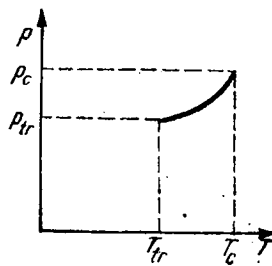


Fig. 359

țială a presiunii în raport cu temperatura  $T$  la volum  $V$  constant, iar  $\lambda$  — căldura latentă a transformării. În particular, la transformarea lichidului în vapori  $\lambda$  este căldura latentă de vaporizare,  $v_1$  — volumul specific al lichidului, iar  $v_2$  — volumul specific al vaporilor. În planul  $p$ - $T$ , transformările de fază de speța întâi se reprezintă printr-o curbă continuă. Astfel, la transformarea unui lichid în vapori (fig. 359) presiunea poate lua valori cuprinse între presiunea punctului triplu  $p_{tr}$  și cea critică  $p_c$ , iar temperatura — între temperatura punctului triplu  $T_{tr}$  și cea a punctului critic  $T_c$ ; se observă că presiunea vaporilor saturați depinde de temperatura la care are loc vaporizarea.

Transformarea de fază care se produce fără variația volumului specific și fără absorbție sau degajare de căldură se numește *transformare de speța a doua*; în timpul ei, are loc o variație continuă a entropiei și a potențialului izobar. Într-o astfel de transformare, căldura specifică la presiune constantă  $c_p$ , coeficientul de compresiune izotermă  $\beta_T = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_T$  și coeficientul de dilatare în volum  $\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$  prezintă variații finite. Legătura dintre variațiile celor trei mărimi este dată de *ecuațiile Ehrenfest*:

$$\Delta c_p = -T \left( \frac{dp}{dT} \right)^2 \Delta \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_T,$$

$$\Delta \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p = -\frac{dp}{dT} \Delta \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_T.$$

În fig. 360 este redat un exemplu al unei astfel de transformări — variația căldurii specifice  $c$  a sta-

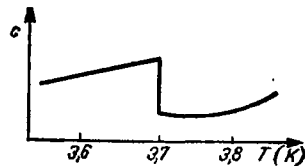


Fig. 360

niului cu temperatura  $T$  la trecerea în starea de supraconductibilitate.

**transformare ireversibilă v. transformare reversibilă.**

**transformare izentropică**, transformare a unui sistem termodinamic care se petrece la entropie constantă ( $S = \text{const}$ ).

**transformare izocoră**, transformare a unui sistem în timpul căreia volumul său nu variază ( $V = \text{const}$ ).

**transformare izotermă**, transformare a unui sistem care are loc la temperatură constantă ( $T = \text{const}$ ). Într-o astfel de transformare a gazului ideal ( $\Delta T = 0$ ), variația totală a energiei interne este nulă:  $\Delta U = 0$  (v. căldură molară). Se poate scrie deci, potrivit principiului întâi al termodinamicii:

$$\Delta Q + \Delta L = 0$$

sau

$$\Delta Q = -\Delta L,$$

adică lucrul mecanic  $\Delta L$  efectuat de gaz este egal cu cantitatea de căldură  $\Delta Q$  primită din exterior. Lucrul mecanic se poate calcula pe baza ecuației de stare a gazelor ideale, pornind de la expresia diferențială:

$$dL = -pdV,$$

unde  $p$  este presiunea, iar  $V$  — volumul gazului. Dacă transformarea izotermă are loc între două stări caracterizate de volumele  $V_1$  și  $V_2$  ( $V_2 > V_1$ ), integrând expresia de mai sus se poate scrie:

$$\Delta L = - \int_{V_1}^{V_2} p dV.$$

Din ecuația de stare a gazului ideal, se obține următoarea expresie a presiunii:

$$p = \nu \frac{RT}{V},$$

unde  $\nu$  este numărul de kilomoli ai gazului,  $R$  — constanta universală a gazelor, iar  $T$  — temperatura gazului. Introduscând sub integrală expresia lui  $p$ , se obține:

$$\begin{aligned} \Delta L &= - \nu RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \\ &= \nu RT \ln \frac{V_1}{V_2}. \end{aligned}$$

Cum  $V_1 < V_2$ , rezultă că  $\Delta L < 0$ , ceea ce înseamnă că sistemul efectuează lucru mecanic. În același timp  $\Delta Q > 0$ , adică sistemul primește o cantitate de căldură din exterior. O transformare izotermă a gazului ideal în diagrama  $p$ - $V$  se reprezintă printr-o hiperbolă echilaterală (fig. 361); lucrul mecanic efectuat de gaz între  $V_1$  și  $V_2$  este reprezentat prin suprafața hașurată.

**transformare politropă**, transformare a unui sistem termodinamic, care se petrece cu variația simultană a presiunii și volumului sistemului.

**transformare reversibilă**, transformare a unui sistem termodinamic

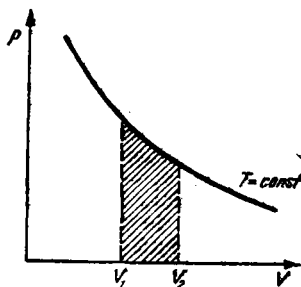


Fig. 361

ce poate avea loc în ambele sensuri; atât sistemul cât și mediul exterior pot reveni în stările inițiale, trecând prin aceleași stări intermediare. Astfel, o transformare izotermă a gazului ideal este reversibilă dacă, fiind comprimat după ce a efectuat un lucru mecanic pe seama cantității de căldură primite din exterior, gazul cedează aceeași cantitate de căldură pe care a primit-o și primește din exterior un lucru mecanic egal cu cel pe care îl efectuase, revenind la starea inițială. Transformarea constă, de fapt, din două transformări cvasistatice care au loc în sensuri opuse și care se reprezintă în planul  $p$ - $V$  printr-o linie continuă, ce poate fi parcursă într-un sens (de la 1 la 2) sau în altul (de la 2 la 1); cele două transformări — directă și inversă — alcătuiesc împreună transformarea reversibilă. Când are loc numai revenirea sistemului în starea inițială, dar nu și a mediului exterior, transformarea se numește *irreversibilă*.

**transformator**, instalație cu ajutorul căreia se obține ridicarea sau coborârea tensiunii electrice, cu scopul reglării acesteia în funcție

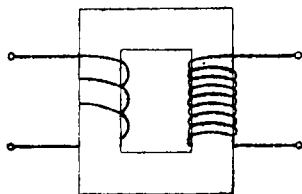


Fig. 362

de nevoile consumatorului. Este format din două bobine situate pe același miez de fier (fig. 362); bobina la bornele căreia se aplică tensiunea exterioară pentru transformare poartă numele de *primar*, iar bobina de la capetele căreia se culege tensiunea transformată se numește *secundar*. Raportul dintre numărul de spire  $n_2$  al secundarului și cel al primarului —  $n_1$  se numește *raport de transformare*. Întrucât cele două bobine fac parte din același circuit magnetic, variația fluxului magnetic prin fiecare spirală este aceeași, iar raportul forțelor electromotoare din cele două bobine este (în cazul *transformatorului ideal*) egal cu raportul de transformare:  $\frac{E_2}{E_1} = \frac{n_2}{n_1}$ . Deci, acest raport arată de câte ori forța electromotoare în a doua bobină este mai mare decât în prima; dacă  $\frac{n_2}{n_1} > 1$  transformatorul se numește *ridicător de tensiune*, iar dacă  $\frac{n_2}{n_1} < 1$  transformatorul se numește *coborâtor de tensiune*.

**transformări Galilei**, relații matematice cu ajutorul cărora se realizează trecerea coordonatelor spațiale și temporale ale unui punct

dintr-un sistem inertial în altul. Acestea sînt:

$$x = x' + vt$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

$$t = t',$$

unde  $x, y, z$  sînt coordonatele spațiale, iar  $t$  — coordonata temporală a punctului în sistemul I, iar  $x', y', z', t'$  — aceleași coordonate în sistemul II (fig. 363), aflat în mișcare rectilinie și uniformă cu viteza relativă  $v$  în raport cu I, pe direcția axei  $Ox$ . Transformările Galilei sînt valabile în mecanica clasică, pentru  $v \ll c$  ( $c$  fiind viteza luminii în vid). Din relațiile respective, rezultă expresia matematică a teoremei compunerii vitezelor, folosită în mecanica clasică:

$$\dot{x} = \dot{x}' + v, \quad \dot{y} = \dot{y}', \quad \dot{z} = \dot{z}',$$

unde  $\dot{y}, \dot{z}$  sînt proiecțiile pe axele sistemului I și  $\dot{x}', \dot{y}'$ , respectiv  $\dot{z}'$ , ale sistemului II ale vitezei punctului. Legile mecanicii clasice, ca și intervalele spațiale și temporale, sînt invariante în raport cu transformările Galilei.

**transformări Lorentz**, relații matematice cu ajutorul cărora se realizează trecerea de la coordonatele spațio-temporale ale unui

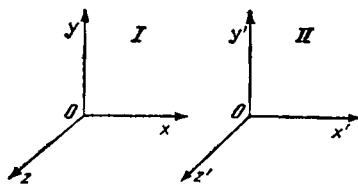


Fig. 363

eveniment dintr-un sistem inerțial, la coordonatele spațio-temporale ale aceluiași eveniment într-un alt sistem inerțial. Stabilirea acestor relații se face pe baza celor două principii ale teoriei relativității restrinse. În cazul a două sisteme inerțiale I și II aflate în mișcare relativă unul față de celălalt, rectilinie și uniformă în direcția axei  $Ox$ , relațiile de transformare sînt:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

unde  $x, y, z, t$  sînt coordonatele spațio-temporale ale evenimentului în sistemul I,  $x', y', z', t'$  — coordonatele acestuia în sistemul II,  $v$  — viteza relativă a unui sistem în raport cu celălalt, iar  $c$  — viteza luminii în vid. Forma matematică a legilor fizice în teoria relativității este invariantă la transformările Lorentz. Considerînd un interval spațial pe direcția axei  $Ox$  în sistemul II,  $x'_2 - x'_1$ , se poate stabili mărimea acestui interval spațial în raport cu sistemul I:

$$x_2 - x_1 = \frac{x'_2 - x'_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Conform acestei relații, dacă sistemul este mobil un interval spațial al său pare contractat (în sistemul imobil I) pe direcția

axei de mișcare a sistemului mobil ( $x_2 - x_1 < x'_2 - x'_1$ ). În general, se poate afirma că un corp care se găsește în repaus față de un sistem mobil va avea dimensiunile contractate pe direcția mișcării în raport cu sistemul considerat imobil, adică are loc contractia spațiului. Dacă un proces de coordonată  $x$  se desfășoară în intervalul temporal  $t_2 - t_1$  în raport cu sistemul mobil II, cu ajutorul relațiilor de transformare Lorentz se poate scrie:

$$t_2 - t_1 = \frac{t'_2 - t'_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

adică durata unui proces aflat în repaus față de un sistem mobil apare dilatată în raport cu cea din sistemul I considerat fix ( $t_2 - t_1 > t'_2 - t'_1$ ). Astfel, se demonstrează în teoria relativității faptul că *simultaneitatea* evenimentelor este relativă. Acest rezultat teoretic a fost confirmat în fizica nucleară; în particular, în cazul mezonilor  $\mu$  s-a constatat că viața lor medie este cu atât mai mare cu cît viteza lor este mai apropiată de viteza luminii în vid.

**translație v.** mișcare mecanică.

**transmitanță spectrală v.** factor de transmisie.

**transmutație,** fenomen de transformare a unui element în altul, în urma unei dezintegrări radioactive sau a unei reacții nucleare.

**tranzistor,** dispozitiv electronic avînd proprietățile unei triode, format din trei domenii semiconductoră, dintre care: două de tip  $n$  și unul de tip  $p$ , sau două de tip  $p$  și unul de tip  $n$  (fig. 364).

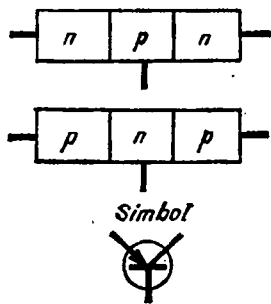


Fig. 364

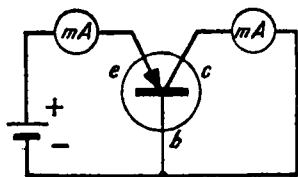


Fig. 365

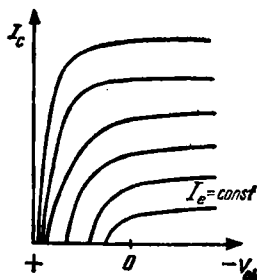


Fig. 366

Conectat într-un circuit ca în fig. 365, tranzistorul poate funcționa ca amplificator; cei trei electrozi ai săi sînt denumiți *emitor e*, *colector c* și *bază b*. Caracteristicile tranzistorului — dependența curentului prin colector  $I_c$  de tensiunea  $V_{cb}$  aplicată între emitor și bază pentru diferiți parametri — curenți prin emitor  $I_e = \text{const}$ , sînt redată în fig. 366. Cei mai răspîndiți sînt tranzistorii construiți cu germaniu sau siliciu. În comparație cu triodele clasice, tranzistorii au un consum de energie mai mic, o durată de funcționare de zece ori mai mare, dimensiuni mult mai reduse și rezistență mărită la șocuri mecanice.

**tranzicție cuantică**, trecere a unui sistem cuantic (ex. nucleu, atom, moleculă) dintr-o stare în alta, în mod spontan sau sub influența unei perturbații exterioare. Are drept consecință emisia sau absorbția unei cuante egală cu diferența de energie a celor două nivele energetice. Numărul tranzițiilor unui sistem este limitat, în realitate producîndu-se doar o parte din numărul celor posibile din punct de vedere energetic. V. reguli de selecție.

**tranzicție izomeră v. izomerie nucleară**.

**trasor radioactiv (sau atom marcat)**, izotop radioactiv cu ajutorul căruia se pot studia și controla procese inaccesibile altor metode de investigare, prin detectarea radiațiilor emise în timpul circulației sale în sistemul cercetat.

**tren de unde v. viteză de grup**.

**triadă v. izotopi**.

triboelectricitate, electrizare produsă prin frecarea a două corpuri solide, dintre care cel puțin unul este dielectric.

triboluminescență v. luminescență.

tribometru v. frecare.

triodă, tub electronic vidat avînd trei electrozi: anod, catod și un electrod intermediar numit grilă de comandă (fig. 367). Variind tensiunea  $U_g$  aplicată grilei de comandă, se poate varia intensitatea curentului anodic. Pentru  $U_g > 0$ , electronii care străbat spațiul dintre anod și catod sînt accelerați, iar în cazul  $U_g < 0$ , ei sînt încetiniți; dacă  $U_g = 0$ , prin tub trece un curent numit de repaus (sau de zero). Datorită prezenței grilei, trioda poate fi folosită în curent alternativ ca amplificator, detector (redresor) sau oscilator (generator). Curba de variație a intensității curentului anodic  $I_a$  cu tensiunea  $U_g$ , pentru o tensiune anodică  $U_a$  constantă, poartă numele de *caracteristică de grilă* a triodei (fig. 368). Tensiunea de grilă (corespunzătoare punctului C) pentru care curentul anodic este întrerupt se numește tensiune de blocaj. În domeniul tensiunilor  $U_g$  pozitive, o parte din electronii curentului anodic sînt reținuți de aceasta, formînd un curent de grilă care duce la micșorarea curentului anodic. Dacă tensiunea  $U_g$  este constantă iar tensiunea anodică variază, se poate obține curba variației intensității curentului  $I_a$  de tensiune  $U_a$  numită *caracteristică anodică* (fig. 369), a cărei formă depinde de valoarea tensiunii  $U_g$  aplicate pe grilă. Caracteristicile de grilă și cele anodice permit determinarea parametrilor

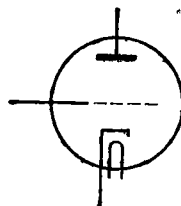


Fig. 367

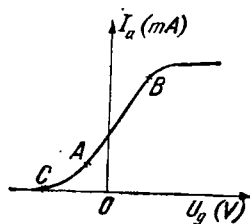


Fig. 368

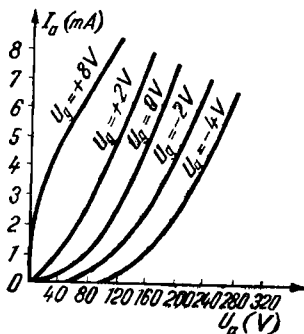


Fig. 369



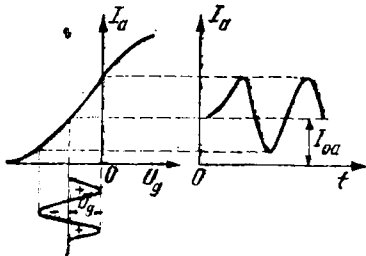


Fig. 370

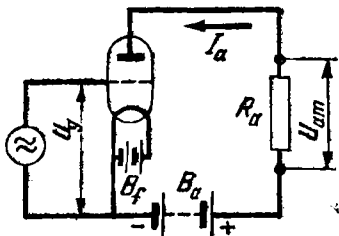


Fig. 371

triodei în orice regim de lucru. Aceștia sînt: *panta caracteristicii de*

grilă  $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g} \Big|_{U_a = \text{const}}$ , *factorul*

*de amplificare*  $\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g} \Big|_{I_a = \text{const}}$

și *rezistența internă*  $R_i =$

$= \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \Big|_{U_g = \text{const}}$ . Între mărimile

$R_i$ ,  $\mu$  și  $S$  există relația de legătură  $\mu = SR_i$ . Considerînd că în circuitul exterior se află introdusă o rezistență variabilă  $R_a$  atunci, la variația curentului anodic  $I_a$ , variază și tensiunea anodică  $U_a$ , iar parametrii corespunzători acestui regim se numesc dinamici. Porțiunea din caracteristica triodei între limitele căreia variază tensiunea de grilă și curentul ano-

dic este *porțiunea de funcționare* (sau *de lucru*), iar punctul cuprins în această porțiune față de care se consideră oscilațiile curentului electric se numește *punct de funcționare*. Cînd tensiunea grilei este egală cu zero, curentul anodic se numește *curent de repaus* (sau de zero). Dacă porțiunea de lucru este cuprinsă în porțiunea rectilinie ( $AB$  — v. fig. 368) a caracteristicii, în care oscilațiile curentului anodic  $I_a$  reproduc întocmai oscilațiile tensiunii alternative  $U_g$  aplicate pe grila de comandă, regimul de funcționare este *de clasă A* (trioda ca *amplificator* — fig. 370). După cum punctul de funcționare se află înaintea punctului  $C$ , în acest punct sau în porțiunea  $AC$  (v. fig. 368) de pe caracteristica triodei, regimul de funcționare a acesteia este *de clasă C*,  $B$  (trioda ca *detector*) sau, respectiv,  $AB$ . Trioda poate funcționa ca amplificator într-un montaj cu rezistență  $R_a$  ca cel din fig. 371; în afara acestui tip de montaj există montaje de amplificare care, în locul rezistenței  $R_a$ , au inseriate în circuitul anodic o bobină sau un transformator. De asemenea, trioda poate fi utilizată ca *oscilator*, transformînd curentul continuu în curent alternativ. În acest scop în circuitul de placă se poate monta

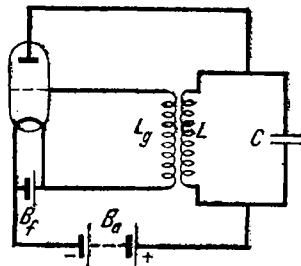


Fig. 372

un circuit oscilant paralel, format dintr-o capacitate variabilă  $C$  și o bobină  $L$  cuplată inductiv cu o bobină  $L_g$  — legată cu unul din capete la grila triodei, iar cu celălalt capăt la circuitul de încălzire al filamentului (fig. 372).

triplet v. multiplet.

tritiu, izotop al hidrogenului, cu număr de masă 3. Este produs în timpul reacțiilor nucleare, fiind instabil, cu un timp de înjumătățire  $T = 12,2$  ani. A fost descoperit în 1934.

triton (T, t), nucleu al atomului de tritiu, alcătuit din doi neutroni și un proton.

tub barometric v. barometru.

tub capilar v. capilaritate.

tub catodic, tub electronic utilizat pentru studiul fluctuațiilor mărimilor electrice, cu ajutorul unui fascicul electronic dirijat, sau ca receptor în televiziune (v. cinescop, iconoscop). Este confecționat dintr-un tub vidat de sticlă, în interiorul căruia sînt montați mai mulți electrozi (fig. 373). Sursa de electroni  $A$  constă dintr-un tub electronic cilindric, închis la un capăt și acoperit cu un strat dintr-o substanță caracterizată de o emisie electronică intensă (ex. bariu), în interiorul căruia se află

un filament (ex. de tungsten) în stare incandescentă. În fața tubului se află grila  $G$ , al cărei potențial poate modula intensitatea fascicului de electroni, urmată de doi cilindri colimatori (anozii)  $C_1$  și  $C_2$  care delimitează secțiunea acestuia. După cilindrii acceleraatori urmează plăcile defletoare  $P_1$  și  $P_2$ , care pot produce deflexia fascicului de electroni după două direcții perpendiculare între ele. Ecranul tubului  $E$  este acoperit pe partea interioară cu o substanță fluorescentă (ex. sulfură de zinc sau anumiți oxizi metalici); în contact cu aceasta, fasciculul de electroni incident va produce pe ecran un spot luminos. Pereții laterali ai tubului sînt acoperiți cu un strat de grafit aflat în legătură cu pămîntul, pentru scurgerea electronilor ajunși pe ecran. Dacă pe plăcile defletoare este aplicată o tensiune variabilă, spotul luminos va vizualiza variația acesteia pe ecranul fluorescent.

tub de curent, porțiune a unui fluid aflat în mișcare laminară, delimitată de un grup de linii de curent care se sprijină pe o curbă închisă. Debitul (de masă sau de volum) unui fluid incompresibil este constant prin oricare secțiune transversală a tubului de curent.

tub de raze X v. radiație X.

tub electronic, tub de sticlă sau metalic, cu vid înaintat sau cu gaz rarefiat, ce conține doi sau mai mulți electrozi între care circulă un curent electric. Electrozii principali ai oricărui tub electronic sînt: catodul — care asigură formarea fluxului de electroni, și anodul — căruia i se aplică o

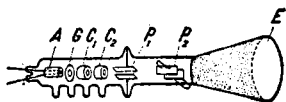


Fig. 373

tensiune pozitivă față de catod. Restul de electrozi, numiți grile, îndeplinesc diferite funcțiuni în raport cu specificul tubului electronic. Electrozii pot fi plani sau cilindrici, iar după numărul lor tuburile electronice se împart în diode, triode, tetrode, pentode, hexode, heptode, octode.

**tub fluorescent**, tub de sticlă cu descărcări în gaze, folosit ca sursă de lumină în tehnica iluminatului. Conține un gaz inert (de obicei, argon) la presiune joasă (2—4 Torr) și o cantitate de câteva miligrame de mercur. Peretele său interior este acoperit cu un strat de luminofor, iar la capete are doi electrozi care, în majoritatea cazurilor, sînt două filamente activate cu stronțiu sau bariu; acestea sînt inseriate în circuitul exterior cu o bobină cu miez de fier, numită *balast*, și cu un dispozitiv, numit *starter*; starterul are rolul de a opri automat curentul de încălzire al filamentelor, după ce curentul de descărcare a crescut pînă la valoarea corespunzătoare descărcării autonome. Cînd tubul este alimentat la tensiunea de 220 V (sau, mai rar, la 110 V) filamentele se încălzesc, iar atomii de stronțiu sau bariu emit electroni care, fiind accelerați în cîmpul electric din tub, excită atomii de mercur pe nivelul de rezonanță; aceștia emit radiația ultravioletă (cu lungimea de undă  $\lambda = 2537 \text{ \AA}$ ) care, ajungînd la pereții tubului, excită atomii luminoforului provocînd radiația de fluorescență (*v. luminescență*) a lor. Pentru un iluminat optim, compoziția spectrală a luminii emise trebuie să fie cît mai apropiată de cea a luminii solare la mijlocul zilei.

**tub König**, aparat simplu ce permite determinarea lungimii de

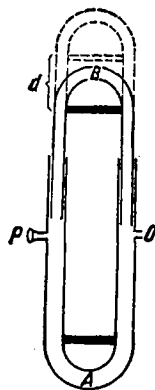


Fig. 374

undă și a vitezei de propagare a undelor sonore în gaze, bazat pe interferența acustică staționară. Este format din două tuburi metalice *A* și *B*, indoite în formă de U, care intră unul în altul (fig. 374). Dacă în pîlnia *P* se produce un sunet, undele sonore care se propagă prin coloana de aer din cele două tuburi interferă în *O*. Pentru anumite poziții ale tubului mobil *B*, se obțin în *O* întăriri ale sunetului prin interferență. Diferența de drum  $\delta = \frac{\lambda}{2}$

( $\lambda$  fiind lungimea de undă a undelor staționare) între două poziții succesive este egală cu  $2d$ . Rezultă deci  $\lambda = 4d$ . Cunoscînd frecvența  $\nu$  a sunetului folosit, se poate determina viteza sa de propagare:  $v = \lambda \nu = 4\nu d$ .

**tub Kundt**, dispozitiv cu ajutorul căruia se determină viteza de propagare a undelor sonore într-un gaz sau într-o vergea solidă, pe baza interferenței staționare într-o cameră cu gaz de lungime reglabilă. Este alcătuit dintr-un tub de



Fig. 375

sticlă (fig. 375)  $AB$ , închis la ambele capete; prin capătul  $A$  trece un piston  $C$  care permite modificarea distanței  $CD$  delimitată de discul fix  $D$ . Acest disc aparține vergelei de metal  $DD'$ , fixată rigid la mijloc în  $B$ . Prin frecarea longitudinală a vergelei, oscilațiile acestea se transmit prin discul  $D$  aerului din tub. Dacă lungimea  $CD$  este un multiplu întreg de  $\frac{\lambda}{2}$ , unda elastică se

reflectă în  $C$  suprapunându-se peste unda directă și formând astfel un sistem de unde staționare. Punerea în evidență a poziției nodurilor și ventrelor se realizează în tub cu o pulbere fină, inițial împărțiată uniform. Dacă  $l$  este distanța între două noduri succesive,  $L$  — lungimea vergelei,  $\lambda$  — lungimea de undă a sunetului în gaz și  $\Lambda$  — lungimea de undă a sunetului în vergea, atunci există relația:

$$\frac{l}{L} = \frac{\lambda}{\Lambda} = \frac{v}{V},$$

unde  $v$  și  $V$  sînt vitezele de propagare a sunetului în aer, respectiv, în vergea. Cunoscînd  $\lambda$  sau  $v$ , prin măsurarea lui  $l$  și  $L$  se poate calcula  $\Lambda$  sau  $V$ .

**tub Pitot**, dispozitiv pentru măsurarea presiunii dinamice sau vitezei fluidelor. Este folosit în special la măsurarea vitezei avioanelor. În acest caz, în construcția sa (fig. 376) intră un tub în formă de  $U$  în care se află un lichid

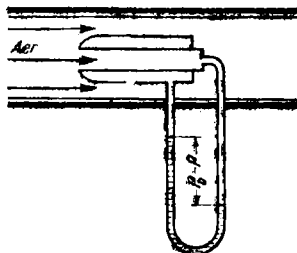


Fig. 376

asupra căruia se exercită, în ramura stîngă (care comunică cu tubul printr-un orificiu), presiunea statică  $p$  și, în ramura dreaptă (supusă acțiunii directe a curentului de aer), presiunea totală  $p_0$  a acestuia. Presiunea hidrostatică a denivelării produse în tub este egală cu presiunea dinamică a fluidului:

$$p_d = p_0 - p = \frac{\rho v^2}{2},$$

de unde, cunoscînd densitatea  $\rho$  a aerului, se poate determina viteza  $v$  a acestuia.

**tub sonor**, tub cu pereții rigizi (din lemn, metal sau sticlă) care poate intra în vibrație, sunetul astfel produs fiind amplificat și timbrat prin rezonanță de coloana de aer din interiorul său. Poate fi construit cu o ancie  $3$  (fig. 377), fiind compus din două compartimente — camera de compresie  $1$  și camera de rezonanță  $2$ , sau cu lamelă vibrantă, cînd cele două camere nu mai sînt separate. După cum capătul liber este deschis sau închis, tuburile sonore pot fi deschise sau închise. La tuburile sonore deschise, în camera de rezonanță se formează unde sonore, avînd frecvențele:



Fig. 377

$$v_n = n \frac{v}{2L},$$

unde  $v$  este viteza de propagare a sunetului în aerul din tub,  $L$  — lungimea tubului, iar  $n$  — un număr natural; pentru  $n=1$  se obține frecvența fundamentală, care are și intensitatea cea mai mare. La tuburile sonore închise, unele staționare se formează pentru frecvențele:

$$v_n = (2n - 1) \frac{v}{4L};$$

în acest din urmă caz, apar numai armonice superioare de ordin par.

**tub videocaptor, iconoscop.**

**tun electronic**, dispozitiv cu ajutorul căruia se pot obține fascicule foarte înguste de electroni accelerați, practic monoenergetici. Constitute un element component al tuburilor cu fascicule dirijate, ca cele catodice și videocaptoare, în microscopie electronică, spectrografe de masă etc. Sursa de electroni este un catod cu încălzire directă sau indirectă, care poate fi filiform sau plan (mai rar), îndoit în forma literei V, sau punctiform. În fig. 378 este redată schema unui tun electronic cu catodul  $C$  în formă de disc (acoperit cu un strat de oxid și încălzit indirect), utilizat în tuburile catodice. Catodul este înconjurat de un cilindru  $H$ , totul fiind încălzit într-o carcasă cilindrică (cilindru Wehnelt)  $G$  al cărei potențial

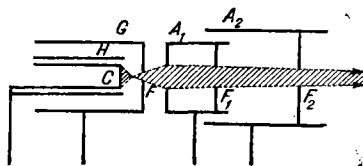


Fig. 378

controlează curentul de emisie. Liniiile de câmp ale cilindrului  $A_1$  formează o lentilă convergentă ce focalizează electronii ieșiți prin fanta  $F$ . Trecând, în continuare, prin fanta  $F_1$  a cilindrului  $A_1$  și prin fanta  $F_2$  a cilindrului  $A_2$  (aflat de obicei la potențial zero), fasciculul va fi în final focalizat într-un punct de pe suprafața ecranului fluorescent al tubului electronic. În alcătuirea tunului electronic intră și sistemele de încălzire, de focalizare, de comandă și control. Dacă între catod și cilindru Wehnelt este aplicată o tensiune, tunul electronic se numește *tun cu negativare*; în caz contrar, poartă numele de *tun fără negativare*. Microscopie electronice moderne au *tunuri cu auto-negativare*.

**turație** v. frecvență de rotație.

**turbion**, vîrtej.

**turbodetentor** v. efect Joule-Kelvin.

**turmalină** v. dicroism.

**Țițea**, Șerban (n. 1908), fizician român, profesor la Universitatea București. Academician. A adus contribuții în domeniile fizicii statistice, fizicii corpului solid, mecanicii cuantice și fizicii particulelor elementare.

# U

**ultraacustică**, ramură a acusticii care se ocupă cu studiul producerii, propagării și detectării ultrasunetelor, precum și cu aplicațiile tehnice ale acestora.

**ultramicroscop**, microscop perfecționat, adaptat pentru observații prin metoda cimpului întunecat. Este prevăzut cu o diafragmă, montată la condensor, cu ajutorul căreia sînt eliminate din fasciculul luminos radiațiile centrale, care ar fi pătruns direct în obiectiv. Preparatul microscopic este iluminat cu radiațiile marginale ale fasciculului, în obiectiv pătrunzînd numai lumina difuzată de particulele în suspensie. Acestea vor apărea astfel luminate pe un fond întunecat putînd fi localizate, fără a li se putea distinge însă forma sau conturul.

**ultrasunet**, undă elastică cu frecvență mai mare de 15—20 kHz. Frecvențele maxime ale ultrasunetelor atinse în prezent sînt de ordinul  $2 \cdot 10^9$  Hz. *Generatoarele de ultrasunete* pot fi *mecanice*, în care energia mecanică este transformată în energie ultrasonoră (ex. flujelele Galton și Hartman, sirenele ultrasonore etc.), *termice*, în care energia calorică este transformată în energie acustică (ex. termofon), și *electroacustice*, în care energia folosită este cea electrică. După modul în care este emisă energia

ultrasonoră, există *generatoare în impulsuri și continue*. Cele mai perfecționate, generatoarele electroacustice, se împart în două categorii: piezoelectrice — avînd la bază efectul piezoelectric invers, și magnetostrictive — bazate pe efectul magnetostrictiv direct.

*Generatoarele piezoelectrice* pot folosi ca transductor al energiei electrice în energie ultraacustică cristale de cuarț, de sare Rochelle (tartrat dublu de potasiu și sodiu), cristale ADP (amoniu dihidrogen fosfat), sulfat de litiu, titanat de bariu, turmalină, blendă. Dintre acestea cele mai utilizate sînt cristalele de cuarț, datorită constantei piezoelectrice mari ( $5 \cdot 10^{-2} \text{V} \cdot \text{m/N}$ ), temperaturii admisibile de lucru ridicate ( $550^\circ\text{C}$ ) și rezistenței la rupere apreciabile ( $10^8 \text{N/m}^2$ ). De asemenea, este folosit titanatul de bariu care, deși prezintă unele inconveniente, este ieftin, se prelucrează ușor sub diferite forme și furnizează puteri ridicate ( $\sim 100 \text{W}$ ). Pentru cuarț, cele mai folosite sînt montajele în rezonanță, în care se excită vibrații forțate de frecvență ultrasonoră ale cristalului într-un cîmp electric alternativ, și montajele în oscilație, în care acesta lucrează ca un oscilator, comandînd grila triodei care întreține, la rîndul său, vibrațiile cristalului. În scopul obținerii unei intensități ultrasonore mari și a unei constante cît mai

bune a frecvenței se utilizează montaje mixte, în care un cristal montat în rezonanță este comandat de un alt cristal montat în oscilație, ambele acordate pe aceeași frecvență. Dezavantajul acestor generatoare constă în faptul că frecvența  $f_n$  a ultrasunetelor (armonice de ordin  $n$ ) emise este condiționată de grosimea  $d$  a cristalului:

$$f_n = \frac{n}{2d} \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

în care  $E$  este modulul de elasticitate, iar  $\rho$  — densitatea cristalului.

Generatoarele magnetostrictive se bazează pe posibilitatea producerii vibrațiilor unei bare sau ale unui tub dintr-un material feromagnetic cu ajutorul unui cîmp magnetic alternativ, prin efect magnetostrictiv. Astfel, o bară de nichel de lungime  $l$ , așezată pe axul unei bobine străbătută de un curent alternativ, suferă scurtări la fiecare alternanță a cîmpului, deci cu o frecvență dublă față de cea a tensiunii. Dacă bara este magnetizată, ea se scurtează numai pentru alternanțele care produc un cîmp de același sens cu cîmpul propriu, deci cu aceeași frecvență ca cea a tensiunii aplicate pe bobină. Pentru o frecvență a tensiunii egală cu frecvența proprie de vibrație a barei

$$f_n = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

alungirea relativă capătă valori maxime (de rezonanță), de ordinul  $10^{-4}$ . Armonica de lucru este determinată de modul de fixare a barei. Mărirea frecvenței de vibrație presupune scurtarea barelor ceea ce, la un moment dat, incomodează prinderea acestora. Inconvenientul se poate înlătura prin folosirea unor bare de forme speciale (fig. 379). Cu o astfel de

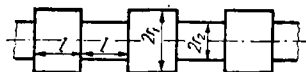


Fig. 379

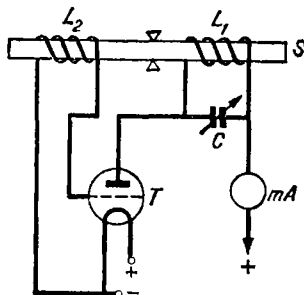


Fig. 380

bară se obține o frecvență de zece ori mai mare decât cu o bară cilindrică de aceeași lungime. Modurile de excitație a vibrațiilor unei bare prin efect magnetostrictiv sînt numeroase. Unul dintre ele este reprezentat schematic în fig. 380. O bară feromagnetică  $S$  reprezintă miezul bobinei  $L_1$  care, împreună cu condensatorul  $C$ , formează un circuit oscilant; bobina  $L_2$  comandă grila triodei  $T$  cu tensiunea indusă în ea de vibrațiile barei. Astfel, se întrețin oscilații neamortizate în circuitul oscilant, iar bara vibrează cu amplitudine constantă. Avantajul generatoarelor magnetostrictive este că nu utilizează tensiuni mari și, deci, nu ridică probleme speciale de izolație așa cum se întâmplă la generatoarele piezoelectrice. V. piezoelectricitate, magnetostricti-

ultraviolet, domeniu spectral corespunzător radiațiilor ultraviolete. V. lumină, undă electromagnetică.

**umbră**, regiune din spațiu în care nu au acces razele de lumină directe de la sursa de lumină, fiind obturate de un corp opac. Dacă izvorul este punctiform, umbra este net conturată de razele tangente la obiect, iar dacă izvorul este întins, ea este înconjurată de penumbră.

**umiditate**, cantitate de lichid conținută într-un corp gazos sau solid. Poate fi exprimată prin greutatea lichidului conținut într-un metru cub din corpul respectiv (*umiditate absolută*) sau (în cazul gazelor) în procente, raportată la cantitatea maximă de lichid (vapori saturați) care ar putea fi conținută în gaz (*umiditate relativă*). Umiditatea (relativă sau absolută a) aerului se numește *umiditate atmosferică* (v. higrometrie).

**undă**, fenomen de propagare din aproape în aproape a unei perturbații într-un mediu; în toate punctele atinse de undă ale mediului se reproduce perturbația inițială. În funcție de natura perturbației ce se propagă, se cunosc în prezent *unde elastice, electromagnetice, magnetohidrodinamice, termice, gravitaționale*. După forma suprafeței de undă, undele pot fi *plane, sferice sau cilindrice*. În funcție de direcția pe care oscilează mărimea ce se propagă, aceeași cu direcția de propagare a undei sau perpendiculară pe aceasta, se deosebesc *unde longitudinale* (ex. unde elastice prin fluide conștind în propagarea unei variații adiabatică de presiune) și *unde transversale* (ex. unde electromagnetice). În conformitate cu numărul gradelor de libertate ce caracterizează sursa de perturbații, undele pot fi *unidirecționale* (care se propagă într-o singură direcție), su-

*perficiale* (de suprafață) și *spațiale* (de volum), iar după sensul de propagare al lor față de un sens de referință ales, pot fi *progresive* (*directe*) sau *regresive* (*inverse*); undele *progresive* au viteza de fază pozitivă, iar cele *regresive* — negativă. Cu ajutorul unei ecuații diferențiale cu derivate parțiale de tip hiperbolic, satisfăcută de mărimea fizică (scalară sau vectorială) ce se propagă sub forma unei unde (transversale sau longitudinale) și numită *ecuația undei*, se obține forma explicită a funcției de undă. În cazul unei funcții scalare  $\Psi$ , ecuația are forma:

$$\Delta \Psi - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = 0,$$

unde  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$  este operatorul Laplace și  $v$  — o mărime caracteristică mediului în care se propagă unda, având dimensiunile unei viteze. Dacă se introduc variabilele:  $x_1 = x$ ,  $x_2 = y$ ,  $x_3 = z$ ,  $x_4 = vt$  (unde  $i = \sqrt{-1}$ ), ecuația capătă forma:

$$\square \Psi = 0,$$

unde  $\square = \sum_{i=1}^4 \frac{\partial^2}{\partial x_i^2}$  este operatorul

d'Alembert.

Funcția ce reprezintă unda de propagare a perturbațiilor produse de un fenomen fizic periodic, cu caracter armonic, este:

$$f(\xi, t) = ae^{i\varphi(\xi, t)},$$

unde  $\varphi$  este faza *undei armonice* și depinde de distanța  $\xi$  străbătută de undă, potrivit relației:

$$\varphi(\xi, t) = \omega \left( t \mp \frac{\xi}{v} \right) + \varphi_0,$$

$\omega = \partial\varphi/\partial t$  reprezentând viteza de variație a fazei, ce poartă numele



de pulsație a undei, iar  $\varphi_0$  — faza inițială a undei. Unda armonică poate fi sferică sau plană, funcția de undă progresivă avînd formele:

$$\Psi_{sf} = \frac{a}{r} e^{i \left[ \omega \left( t - \frac{r}{v} \right) + \varphi_0 \right]}$$

respectiv:

$$\Psi_{pl} = ae^{i \left[ \omega \left( t - \frac{\xi}{v} \right) + \varphi_0 \right]}$$

Cele mai multe procese ondulatorii sînt descrise suficient de bine de partea reală a funcției  $\Psi_{pl}$ :

$$u(\xi, t) = \operatorname{Re} \Psi(\xi, t) = + a \cos \left[ \omega \left( t - \frac{\xi}{v} \right) + \varphi_0 \right].$$

Expresia  $\sqrt{\Psi\Psi^*}$ , unde  $\Psi^*$  este conjugata complexă a funcției, reprezintă amplitudinea undei care, în cazul undelor sferice scade cu distanța  $r$  față de sursă ( $\sqrt{\Psi\Psi^*} = a/r$ ), iar în cazul undelor plane este constantă ( $\sqrt{\Psi\Psi^*} = a$ ). Funcțiile undelor armonice posedă o dublă periodicitate — în raport cu timpul și în raport cu poziția. Astfel,  $\Psi(r, t) = \Psi(r, t + nT)$ , unde  $T = 2\pi/\omega$  este perioada undei și  $\Psi(r, z) = \Psi(r + n\lambda, z)$ , unde  $\lambda = vT$  este lungimea de undă. Funcția  $u(\xi, t)$  poate fi scrisă și sub formele:

$$u(\xi, t) = a \cos \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{\xi}{\lambda} \right) + \varphi_0 \right] = a \cos(\omega t - k\xi + \varphi_0),$$

unde  $k = 2\pi/\lambda$  este numărul de undă. În cazul unor surse punctiforme de unde (sferice) ce se propagă într-un mediu izotrop și omogen, funcția de undă poate fi scrisă în coordonatele sferice  $r, \theta, \varphi$  și depinde numai de  $r$  și  $t$ , iar ecuația undei este:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial^2 (r\Psi)}{\partial r^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = 0,$$

avînd soluția

$$\Psi_{sf}(r, t) = \frac{1}{r} \left\{ f_p \left[ c_p \left( t - \frac{r}{v} \right) \right] + f_r \left[ c_r \left( t + \frac{r}{v} \right) \right] \right\},$$

unde  $f_p$  și  $f_r$  sînt două funcții arbitrare, iar  $c_p$  și  $c_r$  — constante. Argumentul funcțiilor  $f_p$  și  $f_r$ ,  $\varphi(r, t) = c \left( t \mp \frac{r}{v} \right)$  este o mărime

adimensională și poartă numele de fază a undei. Suprafețele pe care faza are aceeași valoare se numesc suprafețe de undă. În cazul studiat,  $\varphi(t_0) = \text{const}$ , deci  $r = \text{const}$ , adică suprafața de undă este o suprafață sferică. Primul termen al funcției  $\Psi_{sf}(r, t)$ ,  $\Psi_p(r, t) = \frac{1}{r} f_p \left[ c_p \left( t - \frac{r}{v} \right) \right]$ , reprezintă

unda progresivă (care se îndepărtează de sursă). Într-adevăr, diferențiind ecuația suprafeței de undă  $c_p \left( t - \frac{r}{v} \right) = \text{const}$ , se obține  $v = dr/dt > 0$ , unde mărimea  $v$  are deci sensul de viteză de deplasare a suprafeței de undă, fiind numită viteză de fază. Al doilea termen al funcției  $\Psi_{sf}(r, t)$ ,  $\Psi_r(r, t) = \frac{1}{r} f_r \left[ c_r \left( t + \frac{r}{v} \right) \right]$  reprezintă unda regresivă sau inversă, avînd viteza de fază  $v = -dr/dt < 0$  (unde converge către sursă). La o distanță  $\xi$  suficient de mare de sursă, într-un domeniu spațial de dimensiuni mici în comparație cu distanța pînă la ei orice undă sferică este, practic, o undă plană. În acest caz, în conformitate cu expresia funcției  $\Psi(r, t)$  funcția de undă este de forma:

$$\Psi_{pl}(\xi, t) = \\ = \text{const} \left\{ f_p \left[ c_r \left( t - \frac{\xi}{v} \right) \right] + \right. \\ \left. + f_r \left[ c_r \left( t + \frac{\xi}{v} \right) \right] \right\},$$

căci  $r \approx \text{const}$  în domeniul considerat, iar poziția punctului este caracterizată doar de abscisa  $\xi$  a lui.

În cazul propagării unei unde printr-un mediu disipativ, ecuația satisfăcută de funcția de undă diferă de ecuația undelor în medii conservative printr-un termen nou  $\chi(\omega) \partial \Psi / \partial t$ , iar coeficientul derivatei a doua în raport cu timpul este o funcție de  $\omega$ . Forma generală a ecuației unei unde plane ce se propagă pe direcția axei  $x$  este:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} - \chi(\omega) \frac{\partial \Psi}{\partial t} - \eta(\omega) \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = 0,$$

iar soluția sa este:

$$\Psi = ae^{i(\omega t - \tilde{k}x)}.$$

În această expresie  $\tilde{k} = k - i\alpha/2$ , unde:

$$k = \frac{\omega}{\sqrt{2}} \left[ \sqrt{\eta^2(\omega) + \frac{\chi^2(\omega)}{\omega^2}} + \right. \\ \left. + \eta(\omega) \right]^{1/2} \\ \alpha = \omega \sqrt{2} \left[ \sqrt{\eta^2(\omega) + \frac{\chi^2(\omega)}{\omega^2}} - \right. \\ \left. - \eta(\omega) \right]^{1/2}.$$

**undă acustică**, undă elastică prin intermediul căreia se propagă în spațiu un câmp acustic. Dacă frecvența sa este cuprinsă între 16 și 20 000 Hz, se numește *undă sonoră*.

**undă asociată** (sau de Broglie), undă de probabilitate, aferentă

oricărei microparticule în mișcare, cu lungimea de undă:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2m(E - V)}},$$

în care  $h$  este constanta Planck,  $m$  și  $v$  — masa, respectiv, viteza microparticulei, iar  $E$  și  $V$  — energia ei totală și, respectiv, cea potențială. Ideea existenței acestei unde a fost emisă de L. de Broglie în 1924—1925 (*ipoteza de Broglie*) care, pornind de la teoria cuantelor a lui M. Planck și A. Einstein și de la analogia existentă între principiul minime acțiuni din mecanică și principiul Fermat din optică, a conferit și microparticulelor o comportare dualistă, corpuscular-ondulatorie. Această ipoteză a fost ulterior confirmată experimental (v. experiența Davisson-Germer) și stă la baza mecanicii cuantice. V. dualism undă-corpusul.

**undă balistică** (de șoc sau Mach), undă elastică formată într-un mediu în care se deplasează o sursă de unde cu o viteză  $u$  mai mare decât viteza  $c$  a undelor emise. Considerind un proiectil ce se deplasează pe direcția  $x$  cu viteză mai mare decât a unei de presiune formată în aer (fig. 381), în timpul  $t$  — în care proiectilul a parcurs spațiul  $AB$  — unda de presiune produsă în  $A$  a ajuns în  $D$ , cele produse în  $A_1$  și  $A_2$  au ajuns în  $D_1$  și  $D_2$  etc. Frontul unei balistice este, deci, un con

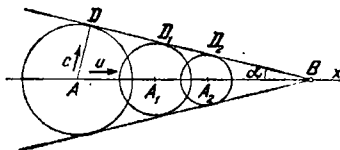


Fig. 381

cu virful în  $B$ ; această undă nu este periodică și se propagă în direcție perpendiculară pe suprafața conului, cu viteza  $c$ , și avînd drept efect asupra corpurilor înțilnite în cale — un șoc. Ținînd seamă de egalitățile:  $AD = AB \sin \alpha$ ,  $AD = \text{const}$  și  $AB = ut$ , valoarea unghiului  $\alpha$  de deschidere a conului este dată de relația:  $\sin \alpha = c/u$ .

undă de Broglie, undă asociată.

undă de șoc, undă balistică.

undă elastică, undă generată de o perturbație mecanică într-un mediu elastic. În mediul care este sediul de propagare a unor unde elastice, mișcarea particulelor componente din poziția de echilibru este condiționată de energia  $W$  (sub formă cinetică  $W_c$  și potențială  $W_p$ ) primită de acestea de la unde. Într-un mediu conservativ, energia undelor este egală cu energia primită de către mediu și:

$$W = W_c + W_p.$$

Dacă ecuația undei este:

$$\psi = a \cos \omega \left( t - \frac{x}{v} \right),$$

unde  $a$  este amplitudinea,  $\omega$  — pulsația,  $v$  — viteza de fază,  $x$  — distanța, iar  $t$  — timpul, viteza particulelor mediului va fi:

$$u = \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -a \omega \sin \omega \left( t - \frac{x}{v} \right),$$

iar energia cinetică a unei particule de masă  $m_1$  la care ajunge unda este:

$$W_c = \frac{1}{2} m_1 a^2 \omega^2 \sin^2 \left( t - \frac{x}{v} \right).$$

Energia cinetică a tuturor particulelor dintr-un volum  $V$  de masă  $m$  și densitate  $\rho$  este, deci:

$$\begin{aligned} W_c &= \frac{1}{2} n m_1 a^2 \omega^2 \sin^2 \left( t - \frac{x}{v} \right) = \\ &= \frac{1}{2} m a^2 \omega^2 \sin^2 \left( t - \frac{x}{v} \right) = \\ &= \frac{1}{2} \rho V a^2 \omega^2 \sin^2 \left( t - \frac{x}{v} \right), \end{aligned}$$

unde  $n$  este numărul de particule din volumul considerat. Energia potențială a acestor particule coincide cu energia de deformație a porțiunii de mediu respective:

$$W_p = \frac{1}{2} E \frac{\Delta l}{l} V,$$

unde  $E$  este modulul de elasticitate Young, iar  $\frac{\Delta l}{l} = \frac{\partial \Psi}{\partial x}$  este deformația relativă a mediului. Ținînd seama că  $\frac{\partial \Psi}{\partial x} = \frac{a \omega}{v} \sin \omega \left( t - \frac{x}{v} \right)$  și  $v = \sqrt{E/\rho}$ , pentru energia potențială se obține expresia:

$$W_p = \frac{1}{2} \rho V a^2 \omega^2 \sin^2 \omega \left( t - \frac{x}{v} \right).$$

Energia totală provenită de la sursa de unde

$$W = \rho a^2 \omega^2 V \sin^2 \omega \left( t - \frac{x}{v} \right)$$

este, deci, proporțională cu pătratul amplitudinii oscilațiilor, cu pătratul pulsației, cu densitatea mediului și cu volumul mediului vibrant considerat. Densitatea de energie a undei în mediul considerat este  $w = \rho a^2 \omega^2 \sin^2 \omega \left( t - \frac{x}{v} \right)$ ,

iar densitatea medie în timp de o perioadă  $T$  are expresia:

$$\bar{w} = \frac{1}{T} \int_0^T W dt =$$

$$= \frac{1}{2} \rho a^2 \omega^2 = 2\pi^2 a^2 \nu^2 \rho.$$

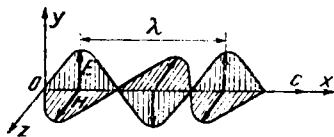


Fig. 382

**undă electromagnetică**, undă transversală produsă prin variația unui cimp electromagnetic. A fost interpretată teoretic de J.C.Maxwell

în 1863 și verificată experimental de H. Hertz (cu rezonatorul ce-i poartă numele) în 1887. În fiecare punct al spațiului atins de o undă electromagnetică, vectorii inten-

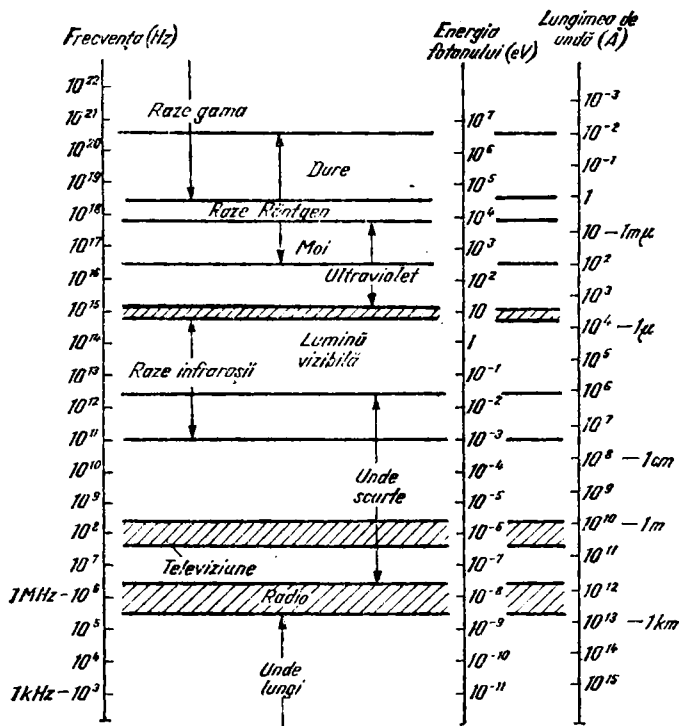


Fig. 383

sitate a câmpurilor electric  $E$  și magnetic  $H$  oscilează în fază, în direcții normale  $y$  și  $z$  pe direcția de propagare  $x$  (fig. 382):

$$E = E_0 \sin(\omega t - \varphi)$$

$$H = H_0 \sin(\omega t - \varphi).$$

Unda reprezentată are pulsația  $\omega$  și lungimea de undă  $\lambda = v/\nu$ ,  $\nu = \omega/2\pi$  fiind frecvența sa; viteza sa de propagare  $v$  este dată în teoria lui Maxwell de relația  $v = 1/\sqrt{\epsilon\mu} = c/\sqrt{\epsilon_r\mu_r}$ , în care  $\epsilon$  și  $\mu$  sînt permitivitatea și permeabilitatea absolută ale mediului străbătut, iar  $\epsilon_r$  și  $\mu_r$  — aceleași mărimi relative,  $c$  fiind viteza de propagare a undelor electromagnetice în vid. Lungimile lor de undă variază (fig. 383) între  $10^3\text{m}$  (unde radio) și  $10^{-13}\text{m}$  (radiații gama). V. ecuații Maxwell, energie radiantă.

**undă Mach**, undă balistică.

**undă purtătoare** v. modulație.

**undă sonoră** v. undă acustică.

**undă staționară** v. interferență.

**unghi Brewster** v. legea Brewster.

**unghi de fază**, fază (1).

**unitate astronomică (UA)**, unitate de măsură pentru distanțe utilizată în astronomie, egală cu semi-axa mare a orbitei Pământului. În SI are valoarea  $1,495 \cdot 10^{11}$  m.

**unitate atomică de masă (u)**, unitate de măsură a masei, utilizată în fizica atomică și nucleară, egală cu  $1/12$  din masa izotopului  $^{12}\text{C}$ . Valoarea sa în SI este  $1,66044 \cdot 10^{-27}$  kg.

**unitate de măsură** v. sistem de unități.

**unitate X (UX)**, unitate de măsură a lungimilor, egală cu  $10^{-13}\text{m}$ .

**ureche** v. praguri auditive.

**Ursu, Ioan** (n.1928), fizician român, profesor la Universitatea București. M. coresp. al Acad. Cercetări și contribuții în fizica corpului solid, la studiul rezonanței electronice și nucleare și în domeniul materialelor nucleare.

# V

**vacanță** v. defect în cristal.

**vacuum**, vid.

**vacuumetru** v. manometru.

**valoare**, număr asociat unei mărimi fizice în urma unei operații de măsurare, permițând compararea ei cu alte mărimi de aceeași natură.

**vapori**, substanță aflată în stare gazoasă la o temperatură inferioară temperaturii critice, care poate fi lichefiată prin comprimare. *Vaporii saturați* (sau *saturați*) ai unei anumite substanțe sint caracterizați de o presiune maximă  $p_m$ , când vaporizarea se petrece la o temperatură dată într-un vas închis, în prezența stării lichide (sau chiar a unui alt gaz). Vaporii aflați la o presiune superioară celei maxime  $p_m$  corespunzătoare temperaturii respective se numesc *suprasaturați*.

**vaporizare**, transformare a unui lichid în vapori.

**var** (var), unitate de măsură în SI a puterii electrice reactive, egală cu puterea reactivă a unui circuit în curent alternativ a cărui tensiune eficace este de un volt, intensitate eficace — de un amper,

iar defazajul dintre tensiune și intensitate — de  $\frac{\pi}{2}$ .

**vase comunicante**, sisteme de tuburi cu diametre și forme diferite, deschise la partea superioară, ce comunică între ele la partea inferioară. În două sau mai multe vase comunicante nivelul unui lichid în repaus este același. V. paradox hidrostatic.

**Vavilov, Serghei Ivanovici** (1891 — 1951), fizician sovietic. Membru al Academiei de Științe a U.R.S.S. Contribuții în domeniul luminescenței și al studiului structurii discontinue a luminii.

**vector**, mărime caracterizată de patru elemente: *modul* (sau *mărime*), *direcție*, *sens*, *punct de aplicație*, asociată unei anumite mărimi fizice (ex.: forță, viteză, accelerație, intensitate a cimpului electric etc.). Vectorii pot fi *legați* — dacă punctul de aplicație are o poziție fixă, *alunecători* — dacă au o direcție fixă, sau *liberi* — când punctul de aplicație poate avea orice poziție, fără ca efectul să se schimbe. Ei se reprezintă grafic prin săgeți, iar unitatea de măsură a lor — *vectorul unitate* — se numește *versor*.

**vector de undă** v. număr de undă.

vector Poynting-Umov v. intensitate de radiație.

**vedere**, proces fiziologic complex de percepere a luminii de către ochi. Ochiul omenesc poate fi considerat ca un ansamblu de dioptri, avînd scopul de a forma pe retină o imagine reală a obiectelor exterioare luminoase sau luminate. În principiu, el constituie un sistem optic centrat, compus din trei medii transparente: umoarea apoasă (cu indicele de refracție  $n = 1,336$ ), separată de mediul inconjurător (aer cu  $n = 1$ ) prin corneea transparentă, cristalinul (cu  $n = 1,406$ ) și umoarea sticloasă (cu  $n = 1,338$ ) care umple spațiul dintre cristalin și retină. Cristalinul este o lentilă asimetrică biconvexă, avînd o structură stratificată și curbură variabilă datorită acțiunii mușchilor ciliari. În fața lui se află o diafragmă numită iris, a cărei deschidere variabilă (pupila) are rolul de a regla fluxul luminos ce pătrunde în ochi. Lumina ce pătrunde prin corneea străbate umoarea apoasă, apoi cristalinul, după care, trecînd prin umoarea sticloasă, formează pe retină o imagine reală și răsturnată a obiectului privit. Retina are o structură discontinuă, fiind formată din conuri, concentrate mai ales în partea cea mai sensibilă a retinei — pata galbenă (sau macula lutea), și bastonașe, dispuse în majoritate spre periferia retinei; conurile sînt mai puțin sensibile decît bastonașele, dar pot da senzații diferențiate pentru diferite culori. Din această cauză, vederea are două regimuri: regimul de *vedere diurnă* (sau *fotopică*) — legată de excitarea conurilor la lumină destul de intensă (fiind caracterizată de o putere separatoare mare), și regimul de

*vedere crepusculară* (sau *scotopică*) — asigurată de excitarea bastonașelor la lumină slabă (fiind caracterizată de o putere separatoare mică). În raport cu conurile, bastonașele au o capacitate foarte slabă de a distinge culorile; în schimb, sensibilitatea lor este mult mai mare decît a conurilor la fluxuri slabe, mai ales pentru radiații albastre și violete. Astfel, dacă o suprafață roșie este mai strălucitoare decît una albastră la lumină puternică, la lumină foarte slabă cea albastră va apărea mai strălucitoare (*efect Purkinje*). Colorantul sau pigmentul care produce efectul vederii în bastonașe este rhodopsina sau purpura vizuală, o proteină cu moleculă mare, conținînd retinenă. Mecanismul vederii cu ajutorul bastonașelor constă în deplasarea electronului suplimentar al fiecărei duble legături din molecula de retinenă, sub acțiunea luminii. În teoria lui Young și Helmholtz, *vederea colorată* (cu ajutorul conurilor) se realizează prin intermediul a trei pigmenți avînd spectre de absorbție diferite: unul, cu maximum de absorbție în roșu, altul — în verde și celălalt — în albastru-violet. Informațiile asupra luminii incidente suferă mai întîi o prelucrare parțială în ochi, datorită acțiunii unor celule interconectate la nivelul retinei (care realizează o anumită combinație și analiză a lor), iar apoi sînt transportate sub forma unor impulsuri (al căror număr în unitatea de timp variază în funcție de intensitatea excitației) prin intermediul axonilor, spre creier. Distanța dintre două conuri fiind de aprox. 0,005 mm și distanța de la centrul optic al cristalinului pînă la retină — de aprox. 15 mm, puterea separatoare unghiulară a ochiului  $1/\epsilon_0$ .

este dată de relația:  $\lg \varepsilon_0 = 0,005/15 = 0,00033$ , adică  $\varepsilon_0 = 1'$ . Prin modificarea spontană (numită *acomodare*) a curburii cristalinului, ochiul își modifică distanța focală astfel ca imaginea să apară clară pe retină. Un ochi normal vede clar, fără efort, între un punct aflat la distanță infinită (*punctul remotum, M*) și unul aflat la aprox. 25 cm. Vederea cu efort de acomodare se face între  $\delta = 25$  cm (distanța minimă de citire, sau de *vedere distinctă*) și aprox. 15 cm (*punctul proximum, m*). Cunoscînd  $\varepsilon_0 = 1'$ , se poate obține puterea separatoare liniară maximă  $1/d$  a ochiului din care rezultă  $d = 0,05$  mm. Pentru ochiul hipermetrop, punctul *M* este virtual, iar *m* se află la 15 cm; la ochiul presbit, punctul proximum *m* este mai îndepărtat datorită scăderii cu vîrsta a capacității de bombare a cristalinului. Sistemul optic fictiv alcătuit dintr-un singur dioptru sferic, al cărui indice de refracție față de aer este egal cu cel al apei ( $n = 4/3$ ), poate înlocui în calcule ochiul real și se numește *ochi redus*. Examinarea obiectelor cu amîndoi ochii (*vedere binoculară*) este importantă pentru aprecierea distanței de la observator pînă la obiectul respectiv, iar această crează posibilitatea observării obiectelor în relief, adică a *vederii stereoscopice*. Dacă ochii observatorului nu au orientarea corespunzătoare, obiectul se vede dublu. Unghiul de rotire a ochilor constituie informația care, tradusă în impuls nervos și transmisă la creier, declanșează involuntar orientarea corectă a ochilor. Vederea stereoscopică este posibilă pentru unghiuri de *paralaxă* (dintre raza ce intră în ochi și direcția perpendiculară pe linia ochilor) mai mari decît aprox.  $1'$ ; aceasta în-

seamnă că efectul stereoscopic poate fi perceput pînă la distanța de maximum 200–250 m.

**Vencov, Ștefan** (1899–1955), fizician român, academician. Studii și lucrări în fizica corpului solid, optică și spectroscopie.

ventru v. interferență.

vergea vibrantă, bară vibrantă.

versor v. vector.

**Vescan, Teofil** (1913–1965), fizician român, profesor la Universitatea din Cluj și din Iași. Studii în domeniile mecanicii raționale și teoriei relativității.

viață medie ( $\tau$ ), durata medie de existență a particulelor instabile de același fel; în cazul elementelor radioactive, este egală cu timpul mediu după care un număr oarecare de nuclee se reduce de  $e$ -ori ( $e = 2,718281\dots$ ). Este egală cu inversul constantei de dezintegrare  $\lambda$ . În SI se măsoară în secunde.

vibrație, oscilație mecanică de anumită frecvență care se propagă în volumul unor corpuri solide (ex. coardă, membrană, bară, diapazon etc.), supuse (inițial) unei perturbații exterioare.

vid, stare rarefiată a unui gaz, caracterizată de o presiune mult mai mică decît presiunea normală (a cărei valoare este de 760 Torr). Starea de „vid absolut”, adică absența completă a substanței, este imposibil de realizat pe cale experimentală, performanța atinsă pînă în prezent, în laboratoare, fiind de  $10^{-12}$  Torr. În funcție de valoarea relativă a drumului liber mediu  $\lambda$  al moleculelor gazului față de dimensiunile liniare  $d$



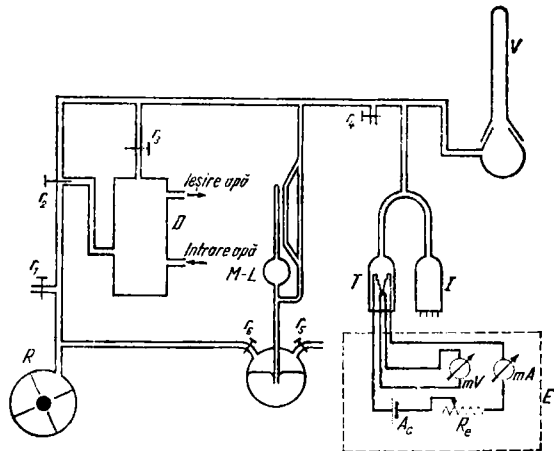


Fig. 384

ale incintei în care acesta se află, există următoarele categorii de astfel de stări: *vid slab* ( $\bar{\lambda} < d$ ), *vid mediu* ( $\bar{\lambda} \sim d$ ) și *vid înaintat* ( $\bar{\lambda} > d$ ). Oricare stare de vid poate fi determinată prin măsurarea presiunii la care se găsește gazul în incinta respectivă. O instalație de vid cu termocuplu frecvent folosită în laboratoarele de cercetare, cu care se obține vid pînă la  $10^{-7}$  Torr, este reprezentată în fig. 384. Această instalație este compusă din pompa de vid preliminar R, pompa de vid cu difuzie D, un manometru Mac-Leod M-L, un manometru cu termocuplu T și un manometru cu ionizare I; în figură este redată de asemenea schema de alimentare pentru termocuplu. Vidul (în V) poate fi sensibil îmbunătățit cu ajutorul *capcanelor de vid* cu azot lichid. Acestea pot fi plasate pe conductele ce leagă pompa cu difuzie P de incinta de vidat (fig. 385). Avînd

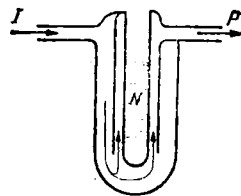


Fig. 385

o formă specială, o astfel de capcană permite ca, la evacuare, gazul să fie menținut la temperatura azotului lichid pe o porțiune însemnată de drum, ceea ce face ca vaporii de ulei (sau mercur) și apă care se găsesc în incintă și în conducte să condenseze. Sin. *vacuum*.

**viscozimetru**, aparat cu ajutorul căruia se măsoară viscozitatea lichidelor. În fig. 386 este reprezentat un tip de astfel de aparat

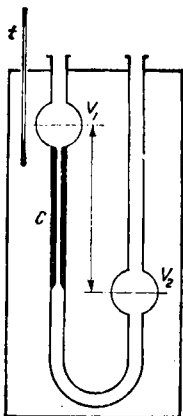


Fig. 386

frecvent utilizat — *viscozimetru capilar Ostwald*. În interiorul acestuia, lichidul de studiat și lichidul de referință se scurg pe rind din vasul  $V_1$  în vasul  $V_2$ , prin capilarul  $C$ . Potrivit legii Poiseuille ( $v$ ), între timpii de scurgere și coeficienții de viscozitate ai celor două lichide există relația:

$$\frac{\eta_s}{\eta_0} = \frac{t_s \rho_s}{t_0 \rho_0},$$

unde  $\eta_s$  și  $\eta_0$  sînt viscozitățile dinamice ale lichidelor de studiat și, respectiv, de referință,  $\rho_s$  și  $\rho_0$  — densitățile, iar  $t_s$  și  $t_0$  — timpii de scurgere a lichidelor. Dacă celelalte mărimi din relație sînt cunoscute, se poate calcula viscozitatea lichidului studiat  $\eta_s$ . Temperatura  $t$  a lichidului din aparat este menținută constantă prin introducerea dispozitivului într-un ultratermostat.

viscozitate, mărime asociată viscozității fluidelor. Cînd două stra-

turi în curgere vin în contact, forța de frecare elementară rezultantă (tangentă la o suprafață elementară  $dS$ ) este dată de *legea Maxwell*:

$$dF = \eta \left( \frac{du}{dz} \right) dS,$$

unde  $\frac{du}{dz}$  este gradientul modului vitezei după direcția perpendiculară la vectorul vitezei  $u$  al straturilor, iar  $\eta$  se numește (*coeficient de viscozitate dinamică*). În teoria cinetică a gazelor, se stabilește următoarea relație pentru fenomenul de viscozitate:

$$dF = \frac{1}{3} \rho \bar{v} \bar{\lambda} \frac{du}{dz} dS,$$

în care  $\rho$  este densitatea gazului, iar  $\bar{v}$ , și  $\bar{\lambda}$  — viteza medie și, respectiv, drumul liber mediu al moleculelor. Din confruntarea celor două relații, rezultă:

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \bar{v} \bar{\lambda}.$$

Între acest coeficient și coeficientul de difuzie  $D$  al gazului există relația:

$$\eta = \rho D.$$

Cunoscînd dependența densității și difuzivității de presiunea  $p$ . ( $\rho \sim p$  și  $D \sim \frac{1}{p}$ ), rezultă că valoarea lui  $\eta$  este independentă de presiune. În realitate, la presiuni sub 1 Torr se constată că  $\eta$  depinde sensibil de presiune, depen-

dență ce stă la baza construirii unor manometre de vid mediu. Viscositatea dinamică  $\eta$  se exprimă în unitățile newton-secundă pe metru pătrat (în SI) și poise (în sistemul CGS). Raportul dintre  $\eta$  și densitatea  $\rho$  a fluidului se numește (coeficient de) *viscositate cinematică*, ale (cărui) cărei unități de măsură sînt: metrul pătrat pe secundă, numit și decastokes (în SI), și stokes-ul (în sistemul CGS).

**viteză (liniară,  $v$ )**, mărime vectorială, numeric egală cu limita către care tinde raportul dintre variația vectorului de poziție  $\Delta r$  al unui mobil și intervalul de timp  $\Delta t$  corespunzător, cînd acesta din urmă tinde către zero:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt}$$

Este un vector tangent la traiectoria mobilului în fiecare punct al acesteia. În SI se măsoară în metri pe secundă. În cazul mișcării circulare, este egală cu produsul vectorial dintre viteza unghiulară  $\omega$  și raza vectoare  $r$  (fig. 387):

$$v = \omega \times r.$$

Viteza pe care ar avea-o un mobil aflat în mișcare uniformă dacă ar parcurge același spațiu în același interval de timp cu mobilul dat,

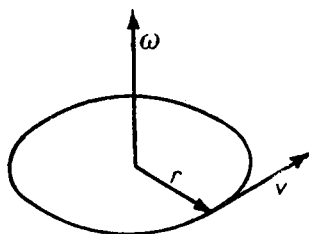


Fig. 387

se numește *viteză medie* și este dată de raportul:

$$v_m = \frac{\Delta r}{\Delta t}.$$

**viteză areolară ( $\Omega$ )**, mărime fizică egală cu limita către care tinde raportul dintre aria  $\Delta A$  măturată de raza vectoare ce caracterizează un punct material în mișcare pe o curbă plană și timpul  $\Delta t$  corespunzător, cînd acesta din urmă tinde către zero:

$$\Omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt} = \frac{r^2 \omega}{2}$$

în care  $\Delta A$  este aria  $M_1OM_2$  (fig. 388),  $r$  — raza vectoare, iar

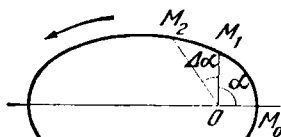


Fig. 388

$\omega$  — viteza unghiulară. În SI se măsoară în metri pătrați pe secundă. În cazul particular al unei mișcări circulare uniforme (de rază  $R$ ),

$$\Omega = \frac{\pi R^2}{T},$$

în care  $T$  este perioada mișcării. *Viteza areolară medie* este numeric egală cu aria măturată de raza vectoare în unitatea de timp:

$$\bar{\Omega} = \frac{\Delta A}{\Delta t}.$$

**viteză de drift  $v$** . teoria electronilor liberi.

**viteză de fază**, viteza de deplasare a suprafeței echifaze a unei unde.

**viteză de grup**, viteză de propagare a unui grup de unde armonice în medii dispersive. *Grupul* (sau *trenul*) de unde este rezultat prin suprapunerea unor unde armonice de frecvențe și amplitudini apropiate. Când mediul este dispersiv, viteze de grup diferă de vitezele de propagare ale undelor armonice componente. Pentru calculul ei, se consideră că un grup este alcătuit numai din două unde 1 și 2 (fig. 389) de lungimi de undă apropiate  $\lambda$ , respectiv  $\lambda' = \lambda + d\lambda$ , și viteze de fază  $v$ , respectiv  $v = v + \frac{dv}{d\lambda}d\lambda$ . Dacă se presupune

că cele două unde sînt în fază în punctul  $A$  (fig. 1,  $a$ ) la un moment dat, după un timp  $\tau$  undele vor fi iar în fază, dar în punctul  $B$  (fig. 389,  $b$ ). Viteza de propagare  $u$  a acestui maxim este:  $u = v - \frac{\lambda}{\tau} \left( \text{unde } \tau = \frac{d\lambda}{v' - v} = \frac{d\lambda}{dv} \right)$  și reprezintă viteza de grup; se obține astfel:

$$u = v - \lambda \frac{dv}{d\lambda}.$$

Dacă mediul nu este dispersiv,  $\frac{dv}{d\lambda} = 0$ , iar viteza de grup coincide cu viteza de fază.

**viteza medie aritmetică** v. teoria cinetică a gazelor.

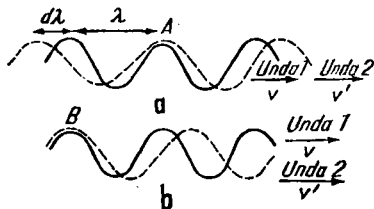


Fig. 389

**viteza pătratică medie** v. teoria cinetică a gazelor.

**viteză probabilă** v. teoria cinetică a gazelor.

**viteză unghiulară** ( $\omega$ ), mărime vectorială avînd modulul egal cu limita raportului dintre unghiul orientat  $\Delta\varphi$ , descris de raza vectoroară, și intervalul de timp corespunzător  $\Delta t$ , cînd acest timp tinde către zero.

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}.$$

Direcția acestui vector coincide cu axa de rotație, iar sensul este dat de regula burghiului. În SI se măsoară în radiani pe secundă.

**viteze cosmice**, viteze limită pe care trebuie să le aibă un corp pentru a deveni satelit artificial al Pămîntului (*prima viteză cosmică* sau *viteza circulară*:  $v_1 = 7,9$  km/s), al Soarelui (*a doua viteză cosmică* sau *viteza parabolică*  $v_2 = 11,2$  km/s), sau pentru a părăsi sistemul solar (*a treia viteză cosmică* sau *viteza de eliberare* — a cărei valoare depinde de masa corpului).

**viteze generalizate** ( $\dot{q}_i$ ), mărimi utilizate în mecanica analitică, egale cu derivatele în raport cu timpul ale coordonatelor generalizate asociate unui sistem de puncte materiale:

$$\dot{q}_i = \frac{dq_i}{dt};$$

în general, nu au dimensiunile unei viteze.

**vizibilitate**, mărime egală cu distanța maximă la care poate fi observat un obiect. Depinde de condițiile atmosferice, de con-

trastul dintre obiect și fondul pe care acesta se proiectează etc.

vizor v. *microscop*.

**virtej**, regiune a unui fluid formată în apropierea obiectelor față de care acesta se află în mișcare relativă, în care particulele sale se rotesc. Sin. *turbion*.

**viscozitate** (sau *frecare interioară*), proprietate a fluidelor de a opune rezistență la curgere, datorită frecării dintre straturile lor adiacente aflate în mișcare relativă. V. *viscozitate*.

**volatilizare**, vaporizare rapidă a unui lichid (numit *volatil*), la temperatura obișnuită.

**volt (V)**, unitate de măsură în SI a tensiunii electrice. Reprezintă tensiunea determinată de un câmp electric uniform cu intensitatea de un volt pe metru pe o distanță egală cu un metru, considerată în lungul liniilor de câmp. Este egal cu tensiunea aplicată la capetele unui conductor care, fiind străbătut de un curent continuu cu intensitatea de un amper, dezvoltă o putere de un watt.

**volt-amper (V.A)**, unitate de măsură în SI a puterii electrice aparente. Reprezintă puterea aparentă a unui circuit electric în curent alternativ prin care trece un curent alternativ cu intensitatea eficace de un amper, când tensiunea eficace aplicată la capetele sale este de un volt.

**Volta, Alessandro (1745—1827)**, fizician italian. Inventatorul primei surse de curent continuu (1800)—pila electrochimică ce-i poartă numele. A cercetat electricitatea statică, inventând electroferul (1775).

**voltmetru**, instrument folosit pentru măsurarea tensiunilor electrice dintre două puncte ale unui circuit, fiind montat în paralel cu porțiunea de circuit respectivă. În funcție de valoarea nominală a tensiunii există: *kilovoltmetre*, *voltmetre* și *milivoltmetre*. În curent continuu, cel mai des utilizate sînt voltmetrele cu sistem de măsură magnetoelectric. Voltmetrele cu sistem electromagnetic sau electrodinamic, combinate cu un sistem de redresare a curentului, sînt folosite la măsurarea tensiunilor în curent alternativ. Voltmetrele cu sistem de măsură electrostatic, caracterizate de o valoare foarte mare (practic infinită) a rezistenței interne, sînt folosite pentru măsurarea diferențelor de potențial mici și se numesc *electrometre*. Pentru măsurarea tensiunilor în curent de înaltă frecvență (sau de frecvență mai mare de 20 Hz), se folosesc voltmetre electronice. Cu cît rezistența internă a unui voltmetru este mai mare, cu atît eroarea de determinare a diferenței de potențial este mai mică. Pentru extinderea scalei voltmetrelor, se montează o rezistență adițională în serie cu rezistența lor internă.

**volum atomic**, volum ocupat de un atom-gram dintr-un element.

**volum critic** v. *gaz real*.

**volum kilomolar**, volumul unui kilomol dintr-o substanță.

**volum masic** (sau *specific*,  $v$ ), volumul unității de masă dintr-o substanță. În SI se măsoară în metru cub pe kilogram.

**volum molar**, volumul unui mol dintr-o substanță. În cazul gazelor ideale aflate în condiții fizice normale, valoarea sa este o constantă fizică universală ( $v$ ).

**WaaIs** [va:ls], **Johannes Diderik van der** (1837—1923), fizician olandez. A stabilit ecuația de stare a gazelor reale care-i poartă numele. A studiat disociația electrolitică și a elaborat o teorie termodinamică a capilarității.

**watt** (W), unitate de măsură în SI a puterii. Reprezintă puterea ce corespunde dezvoltării unei energii de un joule într-o secundă.

**watt-oră** (Wh), unitate de măsură a energiei egală cu  $3,6 \cdot 10^3$  J.

**weber** (Wb), unitate de măsură în SI a fluxului magnetic. Reprezintă fluxul creat de un câmp magnetic omogen, de inducție magnetică egală cu un tesla, printr-o suprafață plană normală la vectorul inducție cu aria de un metru pătrat.

**Weber** [vêber], **Wilhelm Eduard** (1804—1891), fizician german. Contribuții la dezvoltarea electromagnetismului. Împreună cu C.F. Gauss

a elaborat sistemele de unități CGS electrostatic și CGS electromagnetic. A determinat raportul dintre unitățile de intensitate a curentului din cele două sisteme, pe care l-a găsit egal cu viteza luminii.

**Wien** [vi:n], **Wilhelm Carl Werner** (1864—1928), fizician german. A stabilit legea deplasării pentru radiația termică și o formulă valabilă în domeniul lungimilor de undă mici, pentru distribuția spectrală a radiației corpului negru. A studiat deflexia razelor canal în cimpuri electrice și magnetice. Premiul Nobel (1911).

**Wilson** [uilsn], **Charles Thomson Rees** (1869—1959), fizician scoțian. Contribuții în domeniile proceselor de condensare, electricității atmosferice, radiațiilor X,  $\gamma$  și cosmice. În 1912 a inventat camera cu ceață (numită cameră Wilson), dispozitiv de studiu frecvent utilizat în fizica nucleară. Premiul Nobel (1927).

# Y

---

**Young** [iɑŋ], **Thomas** (1773—1829), fizician englez. A dezvoltat teoria ondulatorie a luminii interpretind pe baza acesteia (1800) fenomenul de interferență (v. principiul Young). A introdus în fizică noțiunile de „coerență“ a undelor și termenul de „energie“. A explicat aberația de astigmatism prin deformarea cristalinului.

**Yukawa** [iucáua], **Hideki** (n. 1907), fizician japonez. Membru al Academiei Japoneze de Științe. Pentru a explica natura forțelor nucleare, a emis, în 1934, ipoteza existenței particulei numite mezon avind masa egală cu aproximativ două sute mase electronice, care a fost, ulterior, descoperită în razele cosmice. Premiul Nobel (1949).

**zaharimetru** v. polarizare a luminii.

**zaharometru** v. areometru.

**Zeeman, Pieter** (1865—1943), fizician olandez. În 1896 a descoperit fenomenul de despicare a liniilor spectrale ale substanțelor aflate în câmp magnetic, numit efect Zeeman. Premiul Nobel (1902).

**zero absolut** v. termometrie.

**zgomot** v. sunet.

**zonă de tăcere**, regiune în jurul unei surse de unde în care acestea nu sînt recepționate, deși pot fi puse în evidență la distanțe mai mari. Apariția sa se explică prin refracțiile succesive ale undelor în straturile superioare ale atmosferei a căror temperatură, densitate și, deci, indici de refracție diferă. În fig. 390 este arătată traiectoria

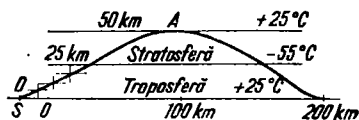


Fig. 390

în atmosferă a unei unde sonore. În punctul *A* are loc o reflexie totală care readuce sunetul pe sol, acest fenomen prezentîndu-l numai razele care pornesc de pe sol sub un unghi mai mic de  $40^\circ$ . În felul acesta, un sunet produs de *S* se aude nu numai pe o rază de 2—3 km, ci și la o distanță cuprinsă între 170 și 200 km deși într-o regiune aflată la distanță mai mică (ex. 100 km) nu poate fi auzit.

**zonă de energie** v. corp solid.

**zone Brillouin** v. corp solid.



# LAUREAȚII PREMIULUI NOBEL PENTRU FIZICĂ

Anul	Numele savantului premiat	Țara	Realizarea științifică
1	2	3	4
1901	Röntgen, Wilhelm Konrad (1845—1923)	Germania	Descoperirea radiației X
1902	Lorentz, Hendrik Antoon (1853—1928)	Olanda	Efectul Zeeman
1903	Zeeman, Pieter (1865—1943) Becquerel, Antoine Henri (1852—1908)	Olanda Franța	Descoperirea și studiul radioactivității
	Curie, Pierre (1859—1906) Curie-Skłodowska, Marie (1867—1934)	Franța Franța	
1904	Rayleigh, John William Strutt, baron (1842—1919)	Anglia	Studii asupra densității gazelor și descoperirea argonului
1905	Lenard, Philipp (1862—1947)	Germania	Studii asupra radiației X
1906	Thomson, sir Joseph John (1856—1940)	Anglia	Descărcări electrice în gaze
1907	Michelson, Albert Abraham (1852—1931)	S.U.A.	Instrumente optice de precizie și măsurarea vitezei luminii
1908	Lippmann, Gabriel (1845— 1921)	Franța	Fotografia în culori
1909	Marconi, Guglielmo (1874— 1937)	Italia	Telegrafia fără fir
	Braun, Karl Ferdinand (1850— 1918)	Germania	
1910	Waals, Johannes Diderik van der (1837—1923)	Olanda	Legile gazelor și lichidelor

1	2	3	4
1911	Wien, Wilhelm Carl Werner (1864—1928)	Germania	Legile radiației termice
1912	Dalén, Nils Gustaf (1869 — 1937)	Suedia	Automat cu gaz pentru aprinderea farurilor
1913	Kamerlingh Onnes, Heike (1853—1926)	Olanda	Studii asupra temperaturilor joase și heliului lichid
1914	Laue, Max von (1879—1960)	Germania	Difracția radiației X în cristale
1915	Bragg, sir William Henry (1862—1942)	Anglia	Analiza structurii cristalelor cu ajutorul radiației X
	Bragg, sir William Lawrence (n. 1890)	Anglia	
1916	— Nu s-a acordat —		
1917	Barkla, Charles Glover (1877—1944)	Anglia	Spectrele de radiații X caracteristice ale elementelor
1918	Planck, Max (1858—1947)	Germania	Teoria cuantică a radiației
1919	Stark, Johannes (1874—1957)	Germania	Efectul Stark
1920	Guillaume, Charles Edouard (1861—1938)	Elveția	Descoperirea anomaliilor în aliajul otel-nichel
1921	Einstein, Albert (1879—1955)	Germania	Teoria relativității și a efectului fotoelectric
1922	Bohr, Niels (1885—1962)	Dane- marca	Teoria radiației și structurii atomului
1923	Millikan, Robert Andrews (1868—1952)	S.U.A.	Sarcina electronului și efectul fotoelectric
1924	Siegbahn, Karl Manne (n. 1886)	Suedia	Spectroscopia radiației X
1925	Franck, James (1882—1964)	Germania	Studii ciocnirilor d'ntre electroni și atomi
	Hertz, Gustav (n. 1887)	Germania	
1926	Perrin, Jean (1870—1942)	Franța	Studii asupra structurii discontinue a substanțelor

1	2	3	4
1927	Compton, Arthur Holly (1892—1962)	S.U.A.	Efectul Compton
	Wilson, Charles Thomson Rees (1869—1959)	Anglia	Camera cu ceață
1928	Richardson, sir Owen Williams (1879—1959)	Anglia	Studii termoionice
1929	De Broglie, Louis Victor (n. 1892)	Franța	Dualismul undă-corpusul
1930	Raman, sir Chandrasekhara Venkata (1888—1970)	India	Efectul Raman
1931	— Nu s-a acordat —		
1932	Heisenberg, Werner (n. 1901)	Germania	Fundamentarea mecanicii cuantice
1933	Schrödinger, Erwin (1887—1961)	S.U.A.	Teoria nucleului atomic
	Dirac, Paul Adrien Maurice (n. 1902)	S.U.A.	
1934	— Nu s-a acordat —		
1935	Chadwick, sir James (n. 1891)	Anglia	Descoperirea neutronului
1936	Hess, Victor Francis (1883—1964)	Austria	Descoperirea radiației cosmice
	Anderson, Carl David (n. 1905)	S.U.A.	Descoperirea pozitronului
1937	Davison, Clinton Joseph (1881—1958)	S.U.A.	Difracția electronilor în cristale
	Thomson, sir George Paget (n. 1892)	Anglia	
1938	Fermi, Enrico (1901—1954)	Italia	Descoperirea elementelor transuraniene
1939	Lawrence, Ernest Orlando (1901—1958)	S.U.A.	Inventarea și perfecționarea ciclotronului
1940	— Nu s-a acordat —		
1941	— Nu s-a acordat —		
1942	— Nu s-a acordat —		
1943	Stern, Otto (n. 1888)	S.U.A.	Momentul magnetic al protonului
1944	Rabi, Isidor Isaac (n. 1898)	S.U.A.	Momentul magnetic al nucleului
1945	Pauli, Wolfgang (1900—1958)	Austria	Principiul excluziunii

1	2	3	4
1946	Bridgman, Percy Williams (1882—1961)	S.U.A.	Efecte fizice la presiuni înalte
1947	Appleton, sir Edward Victor (1892—1965)	Anglia	Explorarea ionosferei
1948	Blackett, Patrick Maynard Stuart (n. 1897)	Anglia	Descoperiri în domeniul radiației cosmice
1949	Yukawa, Hideki (n. 1907)	Japonia	Prevederea teoretică a mezonului
1950	Powell, Cecil Frank (1903—1969)	Anglia	Perfecționarea tehnicii fotografice în studiul nucleelor atomice
1951	Cockcroft, sir John Douglas (1897—1968)	Anglia	Transmutația elementelor cu particule accelerate
	Walton, Ernest Thomas Sinton (n. 1903)	Anglia	
1952	Bloch, Felix (n. 1905)	S.U.A.	Momente magnetice nucleare
	Purcell, Edward Mills (n. 1912)	S.U.A.	
1953	Zernike, Frits (1888—1966)	Olanda	Microscopul cu contrast de fază
1954	Born, Max (1882—1970)	R.F.G.	Mecanică cuantică, funcții de undă
	Bothe, Walther (1891—1957)	R.F.G.	Metoda coincidențelor în studiul radiației cosmice
1955	Kusch, Polykarp (1911—1963)	S.U.A.	Momentul magnetic al electronului
	Lamb, Willis Eugene (n. 1913)	S.U.A.	
1956	Shockley, William (n. 1910)	S.U.A.	Semiconductori, tranzistori
	Brattain, Walter Houser (n. 1902)	S.U.A.	
	Bardeen, John (n. 1908)	S.U.A.	
1957	Yang Chen Ning (n. 1922)	S.U.A.	Abateri de la legea de conservare a parității
	Lee Tsung Dao (n. 1926)	S.U.A.	
1958	Cerenkov, Pavel Alekseevici (n. 1904)	U.R.S.S.	Efectul Cerenkov
	Frank Ilia Mihailovici (n. 1908)	U.R.S.S.	
	Tamm, Igor Evghenievici (1895—1971)	U.R.S.S.	
1959	Segrè, Emilio (n. 1905)	S.U.A.	Descoperirea anti-protonului
	Chamberlain, Owen (n. 1920)	S.U.A.	
1960	Glaser, Donald Arthur (n. 1926)	S.U.A.	Camera cu bule

1	2	3	4
1961	Hofstadter, Robert (n. 1915) Mössbauer, Rudolph Ludwig (n. 1929)	S.U.A. R.F.G.	Structura nucleului Efectul Mössbauer
1962	Landau, Lev Davidovici (1908—1968)	U.R.S.S.	Studii teoretice asupra fenomenelor de la temperaturi joase
1963	Goepfert-Mayer, Maria (n. 1906) Jensen, Hans Daniel (n. 1907) Wigner, Eugene Paul (n. 1902)	S.U.A. R.F.G. S.U.A.	Modelul în pături al nucleului Teoria simetriei și a parității
1964	Townes, Charles Hard (n. 1915) Basov, Nikolai Ghennadievici (n. 1922) Prohorov, Aleksandr Mihailovici (n. 1916)	S.U.A. U.R.S.S. U.R.S.S.	Bazele teoretice și inventarea maserilor și laserilor
1965	Feynman, Richard Phillips (n. 1918) Schwinger, Julian Seymour (n. 1918)	S.U.A. S.U.A.	Electrodinamica cuantică
1966	Tomonaga, Sin-itiro (n. 1906) Kastler, Alfred (n. 1902)	S.U.A. Franța	Studii optice asupra rezonanței hertziene în atomi
1967	Bethe, Hans Albrecht (n. 1906)	S.U.A.	Teoria energiei stelare (ciclul Bethe)
1968	Alvarez, Louis Walter (n. 1911)	S.U.A.	Perfecționarea camerei cu bule
1969	Gell-Mann, Murray (n. 1929)	S.U.A.	Clasificarea particulelor elementare
1970	Alfvén, Hannes Olof Gosta (n. 1908)	Suedia	Fizica plasmei
1971	Néel, Louis (n. 1904) Gabor, Dennis (n. 1900)	Franța Anglia	Feromagnetism Holografie

# SISTEMUL PERIODIC AL ELEMENTELOR

Grupe	I	II	III	IV
Perioade 1	1 H 1,00797			
2	3 Li 6,939	4 Be 9,0122	5 B 10,811	6 C 12,01115
3	11 Na 22,9898	12 Mg 24,312	13 Al 26,9815	14 Si 28,086
4	19 K* 39,102	20 Ca 40,08	21 Sc 44,956	22 Ti 47,90
	29 Cu 53,546	30 Zn 65,37	31 Ga 69,72	32 Ge 72,59
5	37 Rb* 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,905	40 Zr 91,22
	47 Ag 107,868	48 Cd 112,40	49 In* 114,82	50 Sn 118,69
6	55 Cs 132,905	56 Ba 137,34	57--71+) Lantanide	72 Hf 178,49
	79 Au 196,967	80 Hg 200,59	81 Tl* 204,37	82 Pb* 207,19
7	87 Fr** (223)	88 Ra** (226,05)	89 Ac*** (227)	104 Ku** (258)

+ ) Lantanide 57 La\* 139,91 58 Co 140,12 59 Pr 140,907 60 Nd\* 144,24 61 Pm (147) 62 Sm\* 150,35 63 Eu 151,96

++ ) Actinide 89 Ac\*\* (227) 90 Th\*\* 232,038 91 Pa\*\* (231) 92 U\*\* 238,03 93 Np\*\* (237) 94 Pu\*\* (242) 95 Am\*\* (243)

\* izotop care, in stare naturală, poate fi atit stabil oit și radioactiv

\*\* izotop radioactiv

V	VI	VII	VIII	0
				2 He 4,0026
7 N 14,0067	8 O 15,9994	9 F 18,9984		10 Ne 20,183
15 P 30,9738	16 S 32,064	17 Cl 35,4553		18 Ar 39,948
23 V 50,942	24 Cr 51,996	25 Mn 54,9380	26 Fe 55,847	27 Co 58,9332
			28 Ni 58,71	
33 As 74,9216	34 Se 78,96	35 Br 79,904		36 Kr 83,80
41 Nb 92,906	42 Mo 95,94	43 Tc** (99)	44 Ru 101,07	45 Rh 102,905
			46 Pd 106,4	
51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 J 126,904		54 Xe 131,30
73 Ta 180,948	74 W 183,85	75 Re* 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2
			78 Pt 195,0	
83 Bi* 208,98	84 Po** (210)	85 At** (210)		86 Rn (222)

64 Gd 157,25	65 Tb 158,924	66 Dy 162,50	67 Ho 164,930	68 Er 167,26	69 Tm 168,934	70 Yb 173,04	71 Lu* 174,97
96 Cm** (247)	97 Bk** (247)	98 Cf** (249)	99 Es** (254)	100 Fm** (253)	101 Md** (256)	102 No** (254)	103 Lw** (257)

**VERIFICAT  
1987**

Coli de tipar 31,5. Planșe tipar înalt 8.  
Tiraj : 34 500+180 ex.

---

Tiparul executat sub comanda nr. 11 029 la  
Combinatul Poligrafic „Casa Scintei”,  
Piața Scintei nr. 1, București,  
Republica Socialistă România

