



Satelit spațial
cu panouri solare

Sistem
de roți dințate



Panourile solare
transformă energia
solară în electricitate

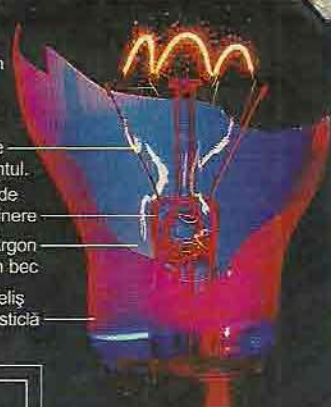
Filament
de wolfram

Firul
susține
filamentul.

Tijă de
susținere

Argon
în bec

Înveliș
de sticlă

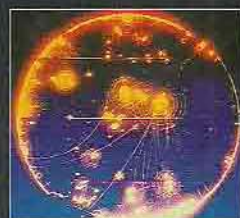


Secțiunea unui bec electric



Prisma
optică

Lumina
refractată
formează
spectrul.



Urmele particulelor
subatomice

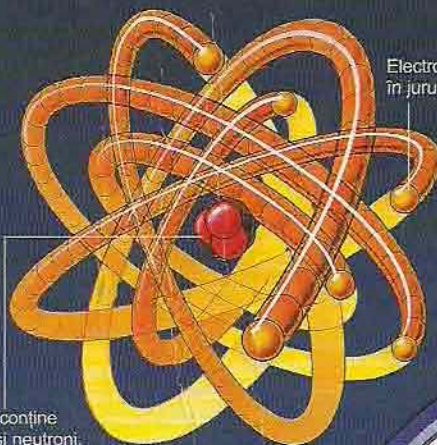
Lumina reflectată

Descărcare electrică



DICTIONAR ILUSTRAT DE FIZICĂ

Model
atomic



Electronii se rotesc
în jurul nucleului.

Nucleul conține
protoni și neutroni.

Magnet în
potcoavă



Magnet rotund

Secțiunea unei baterii
de zinc-carbon



Motor electric



Înveliș și vârf
izolator

Înveliș izolator
extern

Tijă de carbon
învelită cu metal

Strat de zinc

Dioxid de
carbon și
magneziu (agent
de depolarizare)

DICTIONAR ILUSTRAT DE FIZICĂ

**Corinne Stockley,
Chris Oxlade și Jane Wertheim
Editor: Kirsteen Rogers**

Grafică: Karen Tomlins și Verinder Bhachu

Ilustrații: Fiona Johnson

Consultanți științifici:

Dr. Tom Petersen, John Hawkins și Dr. John Durell



**Editura Aquila '93
Oradea**

DESPRE FIZICĂ

Fizica se ocupă cu studiul proprietăților și naturii materiei, a diferitelor forme de energie și a metodelor prin care materia și energia interacționează în lumea care ne înconjoară. În această carte, fizica este împărțită în șase secțiuni marcate prin diferite culori. Domeniile acoperite de aceste secțiuni sunt explicate mai jos.



Mecanică și fizică generală

Acoperă conceptele principale ale fizicii, de exemplu forțele, energia și proprietățile materiei.



Electricitatea și magnetismul

Explică formele, întrebuințările și condițiile în care apar aceste două fenomene.



Căldura

Se ocupă cu studiul energiei calorice, cu măsurarea ei, precum și cu efectele transferului de căldură. Include legile gazelor.



Fizică atomică și nucleară

Studiază structura atomului și a nucleului, energia atomică, radioactivitatea, fisiunea și fuziunea.



Undele

Face referire la proprietățile și efectele undelor energetice și studiază în detaliu undele sonore, electromagnetice și luminoase.



Informații generale de fizică

Material general – grafice și tabele, precum și informații despre tratarea rezultatelor experimentale.

CUPRINS

Mecanică și fizică generală

- 4 Atomii și moleculele
- 6 Forțele
- 8 Energia
- 10 Mișcarea
- 12 Dinamica
- 14 Forțe de rotație
- 16 Mișcarea periodică
- 18 Graviția
- 20 Mașini simple
- 22 Molecule (Proprietăți)
- 24 Densitatea și presiunea

Căldura

- 26 Temperatura
- 28 Transferul de căldură
- 30 Efectele transferului de căldură
- 32 Dilatarea la căldură
- 33 Studiul gazelor

Undele

- 34 Undele
- 36 Reflexia, refracția și difracția
- 38 Interferența undelor
- 40 Undele sonore
- 42 Perceperea sunetului
- 44 Undele electromagnetice
- 46 Lumina
- 47 Reflexia luminii
- 50 Refracția luminii
- 54 Instrumente optice

Electricitatea și magnetismul

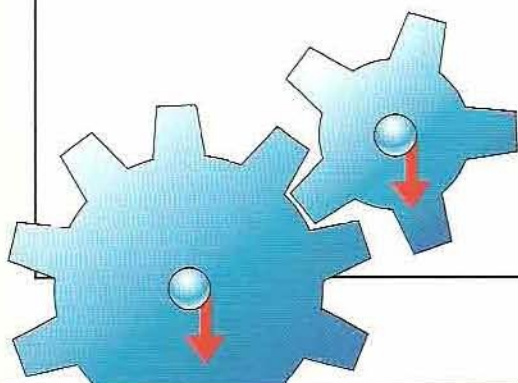
- 56 Electrostatica
- 58 Potențialul electric
- 60 Curentul electric
- 62 Legile circuitului electric
- 65 Semiconductori
- 66 Electroliza
- 68 Elemente galvanice
- 70 Magnetii
- 72 Câmpuri magnetice
- 74 Electromagnetismul
- 77 Aparat electrice de măsurat
- 78 Inducția electromagnetică
- 80 Radiațiile catodice

Fizică atomică și nucleară

- 82 Structura atomului
- 84 Energia atomică și nucleară
- 86 Radioactivitatea
- 88 Detectarea și măsurarea radioactivității
- 91 Utilizările radioactivității
- 92 Fiziunea și fuziunea nucleară
- 94 Energia dată de reacțiile nucleare

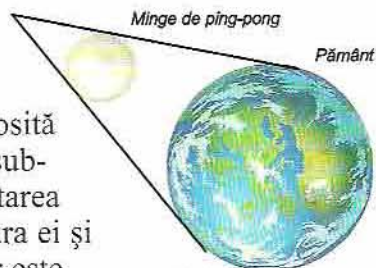
Informații generale de fizică

- 96 Mărimi și unități
- 98 Ecuații, simboluri și grafice
- 100 Măsurători
- 102 Precizie și eroare
- 104 Câmpuri și forțe
- 108 Vectori și scalari
- 109 Cifrele
- 110 Simbolurile circuitelor electrice
- 111 Tranzistoare și porți (gates)
- 112 Proprietățile substanțelor
- 113 Constante și valori utile
- 114 Elemente chimice
- 115 Glosar
- 116 Index



ATOMII ȘI MOLECULELE

Grecii antici credeau că materia este alcătuită din particule mici, pe care le-au numit **atomi**. De atunci, această concepție a evoluat și s-au dezvoltat teorii, precum **teoria cinetică** a moleculelor, ce poate fi folosită la studiul detaliat al naturii fizice și al proprietăților substanțelor. Materia există în trei **stări fizice** diferite. Starea substanței depinde de natura substanței, de temperatura ei și de presiunea exercitată asupra ei. Schimbarea stărilor este cauzată de schimbările de presiune sau de temperatură (vezi **schimbarea stării**, pagina 30).



Dacă atomii ar avea mărimea unei mingi de ping-pong, la aceeași scară, mingile de tenis ar fi la fel de mari ca Pământul.

Atomul

Cea mai mică particulă a unui element care păstrează proprietățile elementului respectiv. Structura atomului este explicată la paginile 82-83. Atomii sunt extrem de mici, având raza de circa 10^{-10} m și mase de aproximativ 10^{-25} kg. Prin pierdere sau acceptare de **electroni*** (vezi **ionizarea**, pagina 88), ei pot forma **ioni*** (particule încărcate electric).

Diagramă prezentând mărimile relative ale unor atomi



Moleculele

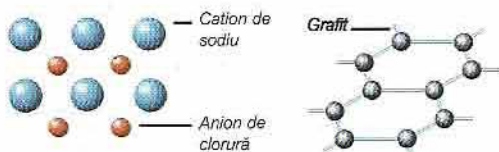
Cea mai mică particulă care mai păstrează proprietățile chimice ale substanței. Moleculele pot să conțină oricâți **atomi**, de la unu (de exemplu neon) la mai multe mii (de exemplu proteinele), fiind legați între ei prin **forțele electromagnetice***. Toate moleculele unei mostre pure de substanță conțin aceiași atomi în același aranjament.



Rețineți că există substanțe care nu au molecule, de pildă:

Compuși anionici* și cationici* (compuși ionici)

Structura atomică a atomilor legați



Elementul

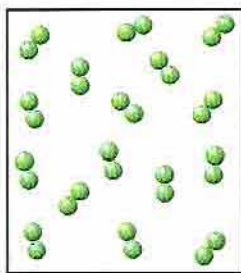
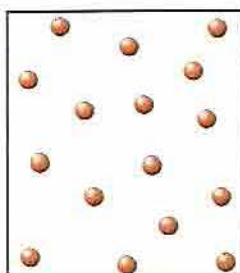
O substanță care, printr-o reacție chimică, nu se poate descompune în substanțe mai simple. Toți **atomii** aceluiași element au în **nucleole*** lor același număr de **protoni*** (vezi **numărul atomic**, pagina 82).

Compusul

O substanță ale cărei molecule conțin atomii (sau **ionii***) a două sau mai multe elemente, unite prin legături chimice care se pot descompune în substanțe mai simple. **Amestecul** nu prezintă legături chimice și de aceea nu este un compus.

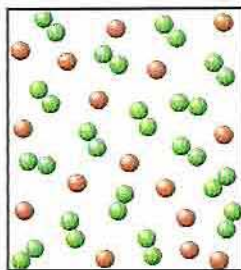
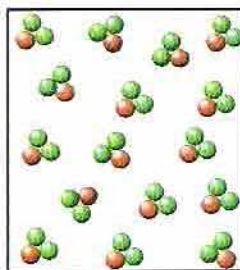
Element 1

Element 2



Compunerea elementelor 1 și 2 — elemente legate

Amestec de elemente 1 și 2 — fără legături chimice



Stările de agregare

Starea solidă

Starea în care o substanță are o formă și un volum definit și care rezistă la acțiunea forțelor care încearcă să le modifice.

Starea lichidă

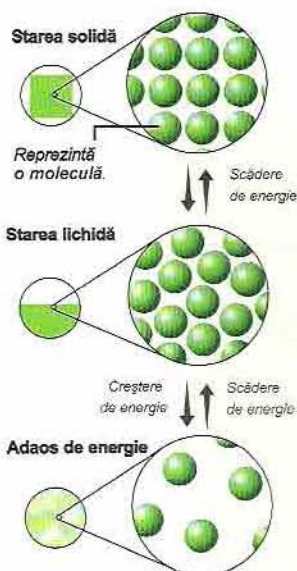
Starea în care substanța curge și ia forma vasului care o conține. Este etapa dintre starea solidă și cea gazoasă.

Starea gazoasă

Starea în care substanța se dilată ca să ocupe volumul vasului în care se află. În această stare substanțele au o densitate relativ mică.

Gazul

Substanța în stare gazoasă care se află la o temperatură mai mare decât temperatura sa critică și astfel, nu se poate transforma în lichid doar prin creșterea presiunii – prima dată se scade temperatura, pentru obținerea vaporilor.



Moleculele vibrează în jurul punctelor lor centrale, prezentând **energie potențială moleculară**⁷ și **energie cinetică de vibrație**⁸.

Media energiei moleculare este mult mai mică decât cea necesară pentru ruperea de celelalte molecule.

Creșterea energiei contribuie la ruperea legăturii – moleculele se pot mișca și astfel vor prezenta atât **energie cinetică de translație**⁹, cât și **de rotație**.

Energia moleculară medie este tocmai suficientă pentru ca moleculele învecinate să se rupă, ca apoi să se prindă de următoarele.

Moleculele se despart foarte mult – ele se mișcă virtual independente unele față de altele – **forțele intermoleculare**⁷ se pot ignora.

Energia moleculară medie e mult mai mare decât cea necesară rupei legăturii intermoleculare.

Vaporul

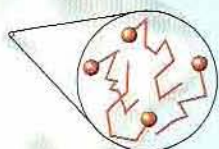
Substanța în stare gazoasă la temperatură mai joasă decât temperatura sa critică (vezi gazele), care se poate transforma în lichid doar prin creșterea presiunii – nu este necesară scăderea temperaturii.

Teoria cinetică

Teoria cinetică explică existența diferitelor stări de agregare legate de mișcarea **moleculelor**. Pe scurt, ea susține că moleculele substanțelor **solide** sunt mai apropiate, au energie minimă și deci se mișcă mai puțin, cele ale substanțelor **lichide** sunt mai îndepărtate, cu energie mai mare, iar cele ale substanțelor **gazoase** sunt cele mai îndepărtate și au cea mai mare energie (vezi sus, dreapta).

Mișcarea browniană

Mișcarea haotică, dezordonantă a particulelor mici din apă sau aer. Ea susține teoria cinetică, deoarece putem spune că se datorează ciocnirii cu **moleculele de apă sau aer**.



Mișcarea browniană a particulelor de fum lovite de moleculele din aer.

Difuziunea

Amestecul a două gaze, vapori sau lichide într-o perioadă de timp. Dovedește teoria cinetică, deoarece particulele trebuie să se miște pentru ca să se amestece, iar gazele difuzează mai repede decât lichidele.

În timp, **moleculele** a două gaze difuzează:



Gazul ușor difuzează mai repede decât cel greu.

Legea difuziunii a lui Graham

Susține că la temperatură și presiune constantă, rata difuziunii unui gaz este invers proporțională cu rădăcina pătrată a densității sale.

$$\text{Rata de difuziune} \propto \sqrt{\frac{1}{\text{densitatea gazului}}}$$

⁷Forțe intermoleculare, ⁸Energie potențială moleculară, ⁹Energie cinetică de rotație, de translație și de vibrație, ⁹ (Energia cinetică).

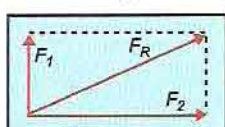
FORȚELE

Forma și mișcarea unui corp este influențată de o forță. O singură forță îi va schimba viteza (adică îl **acelerează*** sau îl încetinește) și poate să-i modifice forma. Două forțe egale și de sens contrar pot să-i schimbe forma sau mărimea. Forța este o **mărime vectorială***, având mărime, direcție și sens și se măsoară în **newtoni**. Principalele tipuri de forțe sunt: **gravitațională, magnetică, electrică și nucleară**. Pentru compararea primelor trei, vezi paginile 104-107.

Forța gravitațională a Pământului face ca semințele să cadă pe jos.

Prezentarea forțelor în diagrame

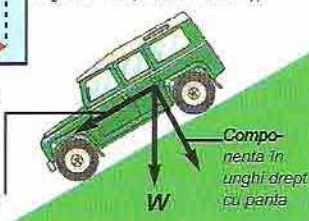
Forțele sunt prezentate prin liniile orientate (lungimea reprezintă mărimea, iar săgeata, sensul).



Efectul forțelor F_1 și F_2 este identic cu cel al forței F_R (forța rezultantă). F_1 și F_2 sunt **componentele** lui F_R .

Forța W descompusă în două componente

Componenta paralelă cu panta



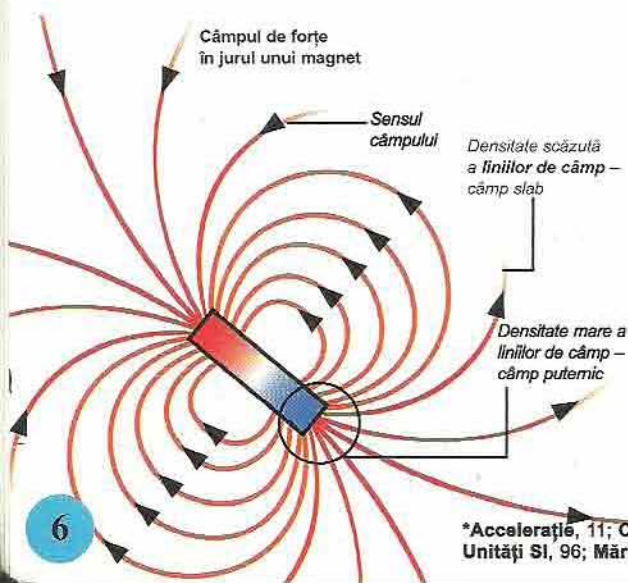
Componenta în unghi drept cu panta

Newtonul (N)

Unitatea de măsură a forței în SI. Un newton este egal cu mărimea forței necesare accelerării unui corp cu masa de 1kg, cu 1 m s^{-2} .

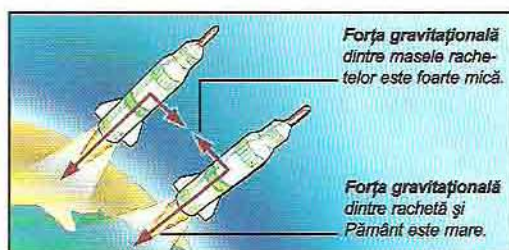
Câmpul de forță

Zona în care acționează o forță. Distanța maximă la care acționează o forță este **raza de acțiune** a forței. Câmpurile de forță sunt reprezentate prin linii orientate, numite **linii de câmp**, și arată intensitatea și direcția acțiunii (vezi și paginile 58 și 72).



Forța gravitațională sau gravitația

Forța de atracție dintre două corpuri care au masă (vezi și paginile 18-19). Este foarte mică, în afară de cazul în care unul dintre corpuri este foarte masiv.

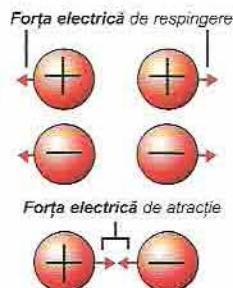


Forța electromagnetică

Combinarea forțelor electrice și magnetice, care se află în strânsă legătură și sunt greu de separat.

Forța electrică sau electrostatică

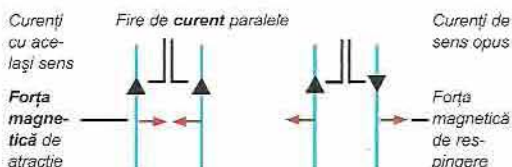
Forța dintre două particule încărcate electric (vezi și pagina 56). Este de respingere dacă au aceeași sarcină electrică și este de atracție dacă au sarcini electrice diferite.



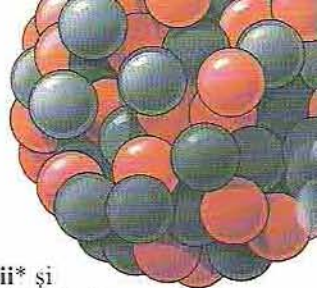
Forța magnetică

Forța dintre două sarcini electrice în mișcare. Aceste sarcini în mișcare pot fi **curenți electrice** (vezi și pagina 60) sau **electroni** care se mișcă în propriul înveliș.

Forțele magnetice din firele electrice

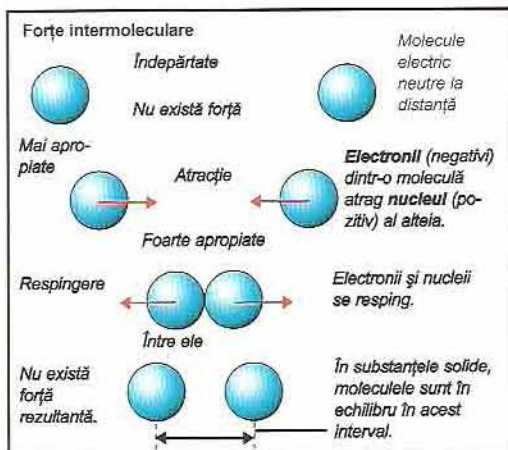


*Accelerare, 11; Curenți, 60; Electroni, Învelișuri electronice, 83; Unități SI, 96; Mărime vectorială, 108.



Forțele intermoleculare

Forțele electromagnetice dintre două molecule. Intensitatea și sensul forțelor variază în funcție de distanța dintre molecule (vezi diagrama de mai jos).



Particulele dintr-un nucleu atomic sub acțiunea forței nucleare

Forța nucleară

Forța de atracție dintre toate particulele unui nucleu* atomic (protonii* și neutronii*). Aceasta învinge forța electrică de respingere dintre protoni, menținând stabilitatea nucleului (vezi și pagina 84).

Forța de frecare

Forța care se opune deplasării a două suprafețe care se ating, fiind cauzată de forța intermoleculară de atracție dintre moleculele suprafețelor. Există două tipuri: **forța de frecare statică** și **dinamică**.

Forța de frecare statică

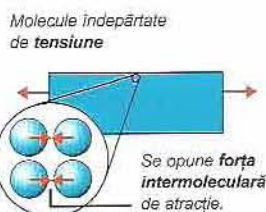
Forța aplicată pe una din două suprafețe care se ating, dar care sunt în repaus. Valoarea maximă a forței de frecare statică este atinsă atunci când ele sunt pe punctul de a aluneca una peste cealaltă. Aceasta se numește **forța limită**.

Forța de frecare dinamică sau forța de frecare la alunecare

Valoarea forței de frecare când una dintre suprafețe alunecă peste cealaltă, cu o viteză constantă. Aceasta este puțin mai mică decât **forța limită** (forța de frecare statică maximă).

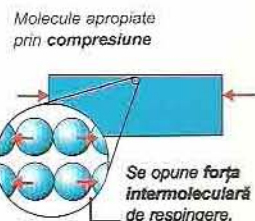
Tensiunea

Forțe egale și opuse care, când sunt aplicate la capetele unui corp, îi măresc lungimea. Ele se opun întinderii prin **forța intermoleculară de atracție**.



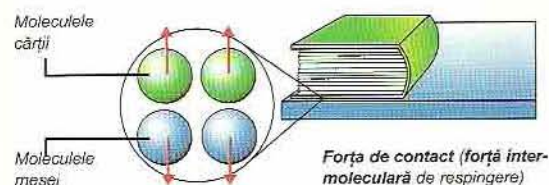
Compresiunea

Forțe egale și opuse, care scad lungimea unui corp. Ele se opun prin **forța intermoleculară de respingere**.



Forța de contact

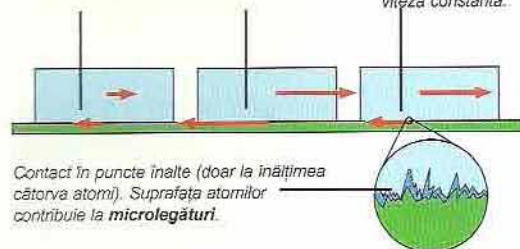
Forța intermoleculară de respingere dintre moleculele a două corpuri în momentul atingerii lor.



Forța de frecare statică a unui bloc echilibrează forța aplicată.

Forța limită se opune când blocul este pe punctul de a se deplasa.

Forța de frecare dinamică se opune când blocul se deplasează cu o viteză constantă.



Coefficientul de frecare (μ)

Raportul dintre **forța de frecare** dintre două suprafețe și **forța de apăsare normală**. Există două valori, **coeficientul frecării statice** și **coeficientul frecării dinamice**.

$$\mu = \frac{\text{forța de frecare (F)}}{\text{forța de apăsare normală (R)}}$$

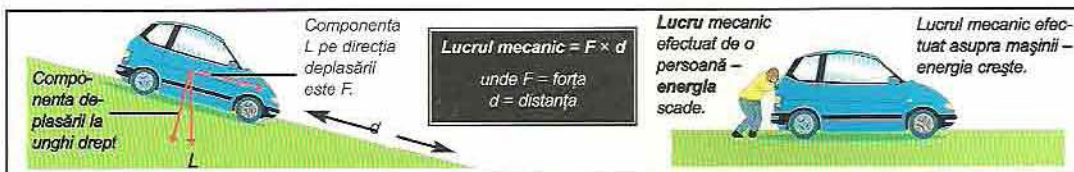
*Electroni, 83; Neutroni, Nucleu, Protoni, 82.

ENERGIA

Când o forță deplasează un corp, se efectuează lucru mecanic.

Energia reprezintă capacitatea de a efectua lucru mecanic. Când se efectuează lucru mecanic asupra unui corp sau de către un corp, acesta primește și cedează energie. Energia are diferite forme care se pot schimba între ele (energia de conversie sau de transformare), dar nu poate fi creată sau distrusă (legea conservării energiei). Unitatea* de măsură a energiei în SI este joule (J).

Energia solară este echivalentă cu energia furnizată de doar una din milioanele de centrale electrice.

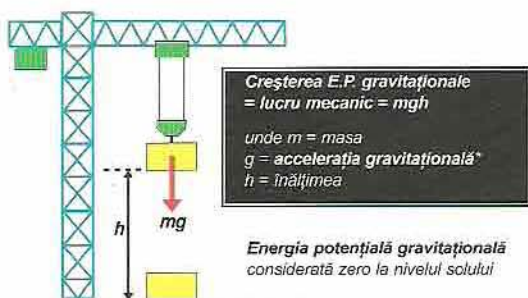


Energia potențială (E.P.)

Energia unui corp ce se datorează poziției sale într-un **câmp de forță***, energie pe care acesta o are deoarece, pentru aducerea lui în această poziție, s-a efectuat lucru mecanic. Energia a fost „acumulată”. Cele trei forme de energie potențială sunt: **energia potențială gravitațională**, **energia potențială electromagnetică** și **energia potențială nucleară** (în funcție de forța implicată).

Energia potențială gravitațională

Energia potențială datorită poziției unui corp în raport cu o masă care exercită asupra acestuia o **forță gravitațională***. Dacă corpul este îndepărtat de masă (de exemplu, un corp ridicat pe Pământ), lucrul mecanic se efectuează asupra corpului și energia potențială gravitațională crește.



Energia potențială nucleară

Energia potențială acumulată într-un nucleu* atomic. În timpul **dezintegrării radioactive*** se eliberează energie potențială nucleară.

Energia potențială electromagnetică

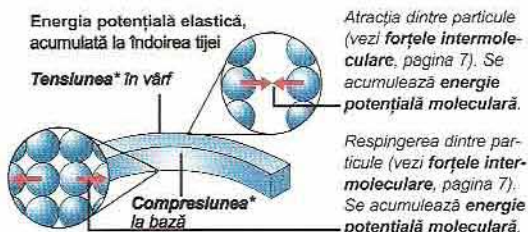
Energia potențială datorită poziției unui corp aflat într-un **câmp de forță***, creat de o **forță electromagnetică***.

Energia potențială moleculară

Energia potențială electromagnetică se datorează poziției moleculelor între ele. Ea crește când se efectuează lucru mecanic împotriva **forței intermoleculare***.

Energia potențială elastică sau energia de deformare

Un exemplu de **energie potențială moleculară**, acumulată ca urmare a întinderii sau compresiunii unui corp. Acesta este lucrul mecanic efectuat împotriva **forței intermoleculare***.



Energia chimică

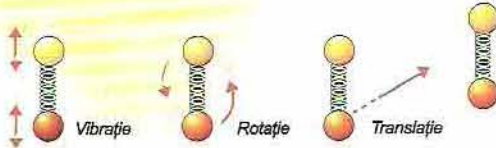
Energia acumulată în substanțele din combustibili, hrană și baterii. Este eliberată în timpul reacțiilor chimice, de ex. căldura la arderea combustibilului, când **energia potențială electromagnetică** a atomilor și a moleculelor se modifică.

Plantele transformă energia din lumina solară în hrană - acumulare de energie chimică.

Energia cinetică (E.C.)

Energia asociată cu deplasarea corpului. Poate fi energie de **translație**, de **rotație** și de **vibrație**.

Energia cinetică a două corpuri legate printr-un arc



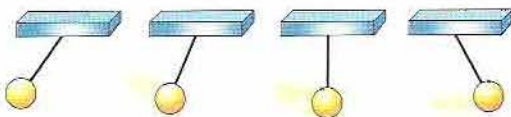
$$E.C. = \frac{1}{2} mv^2$$

unde m = masă; v = viteză

Energia mecanică

Suma dintre energia cinetică și energia potențială gravitațională a unui corp.

Energia mecanică a unui pendul este constantă (dacă se neglijează forțele de rezistență).



Toată energia potențială gravitațională

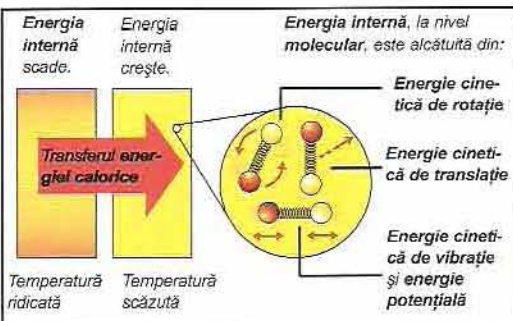
Energia potențială gravitațională transformată în energie cinetică

Toată energia cinetică (aici, energia potențială gravitațională considerată zero)

Energia cinetică transformată în energie potențială gravitațională

Energia internă sau termică

Suma dintre energia cinetică și energia potențială moleculară a unui corp. Dacă temperatura unui corp crește, la fel și energia lui internă.



Energia calorică sau căldura

Energia care se propagă dintr-un loc în altul, datorită diferenței de temperatură (vezi paginile 28-33). Când un corp absoarbe energie calorică, energia internă a acestuia crește (vezi diagrama de mai sus).

Energia de undă

Energia asociată cu acțiunea undei. De exemplu, energia unei unde de apă este compusă din energia potențială gravitațională și energia cinetică a moleculelor de apă.

Energia electrică și magnetică

Tipurile de energie asociate cu încărcarea electrică și mișcarea continuă a sarcinilor electrice (curentul). Împreună, ele formează energia electromagnetică.

Radiația

Orice energie sub formă de unde **electromagnetice*** sau scurgere de particule (vezi și paginile 29 și 86-87).

Puterea

Rata lucrului mecanic sau rata schimbului de energie. Unitatea SI* pentru putere este **watt-ul (W)**, care este egal cu 1 joule pe secundă.

Transformarea energiei într-o centrală electrică

Cărbunele este un tip de combustibil numit **combustibil fosilizat**, alcătuit din resturi fosilizate de plante care au existat de foarte multă vreme. Reprezintă un depozit de **energie chimică**, provenită de la Soare.

Cuptorul din centrală electrică arde combustibilul și fierbe apa. Aici, **energia chimică** este transformată în **energie internă** a aburului.

Aburul învârt **turbinele***. Energia internă a aburului este transformată în **energie cinetică de rotație** a turbinei.

Generatorul* transformă energia cinetică în **energie electrică**.

Aparatele de încălzire, becurile și echipamentele audio transformă energia electrică în **energie calorică**, lumină (**energie de undă**) și sunet (**energie de undă**).

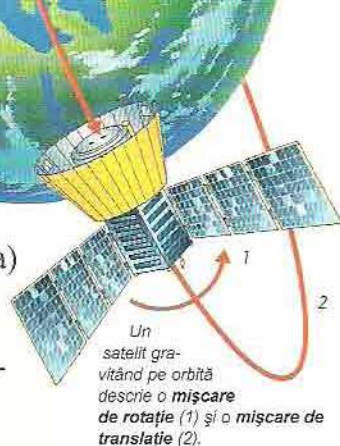


*Unde electromagnetice, 44; Generator, 78; Unități SI, 96; Turbină, 115.

MIȘCAREA

Mișcarea este schimbarea de poziție și de orientare a unui corp față de altul.

Mișcarea unui corp **rigid** (care nu-și schimbă forma) este alcătuită din **mișcare translațională** sau **translație**, adică mișcarea **centrului masei** dintr-un loc în altul, și din **mișcare rotațională** sau **rotație**, adică mișcarea în jurul centrului masei sale.

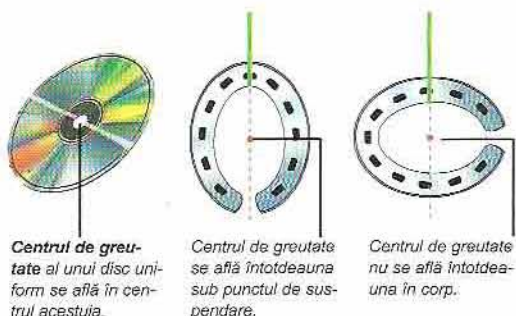


Mișcarea liniară

Mișcarea liniară sau **rectilie** este mișcarea în linie dreaptă și este cea mai simplă formă de **mișcare de translație** (vezi introducerea). Mișcarea liniară a oricărui corp rigid este descrisă ca mișcarea **centrului său de greutate**.

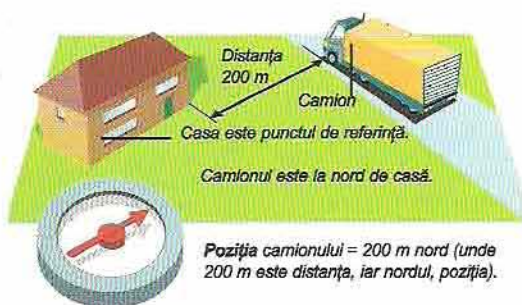
Centrul de greutate

Punctul care se comportă ca și când întreaga masă a corpului s-ar concentra în acel punct. Centrul de greutate al unui corp rigid (vezi introducerea) coincide cu poziția **centrului de gravitație** (punctul prin care acționează forța gravitațională a Pământului asupra corpului).



Deplasarea

Distanța și poziția unui corp față de un punct de referință dat. Este o **mărimă vectorială***. Poziția unui corp se poate exprima prin deplasarea lui dintr-un punct specificat.

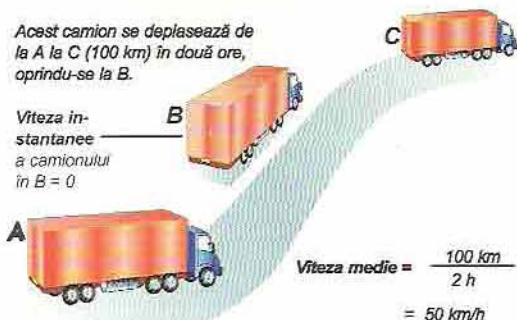


Viteza

Distanța parcursă de un corp pe o perioadă de timp dată. Dacă viteza unui corp este constantă, acesta se deplasează cu o **viteză uniformă**. **Viteza medie** a unui corp pe un interval de timp este distanța parcursă de corp, împărțită la intervalul de timp. **Viteza instantanee** este viteza în orice moment dat.

Acest camion se deplasează de la A la C (100 km) în două ore, oprindu-se la B.

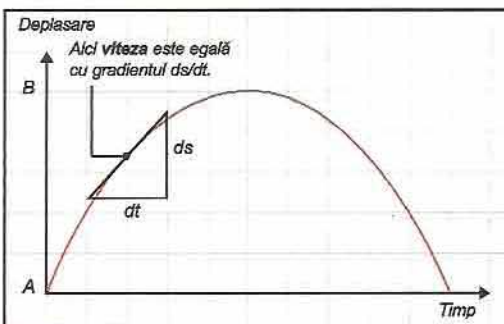
Viteza instantanee a camionului în B = 0.



Vectorul (viteză)

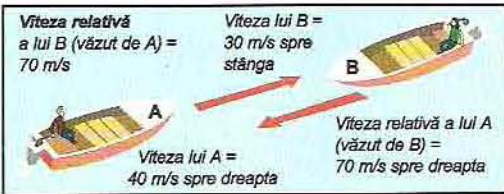
Viteza și poziția unui corp față de un alt corp (adică **deplasarea** lui în perioada de timp dată). Este o **mărimă vectorială***. **Viteza uniformă**, **viteza medie** și **viteza instantanee** sunt definite ca și **viteza uniformă**.

Grafic deplasare-timp al unui corp care se deplasează în linie dreaptă de la A la B și înapoi la A (și calcularea vitezei)



Viteza relativă

Viteza pe care o are un corp față de un observator în mișcare. Aceasta este cunoscută ca viteza corpului în raport cu observatorul.

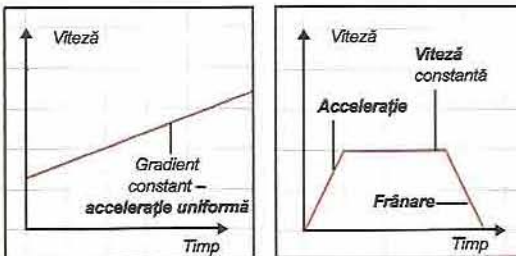


Accelerația

Variația de viteză a unui corp pe o perioadă de timp dată. Este o **mărime vectorială***. Un corp se accelerează dacă i se schimbă viteza (cazul obișnuit în **mișcarea liniară**) sau direcția de deplasare (cazul obișnuit în **mișcarea circulară***).

Frânarea într-o direcție este accelerația în direcția opusă (**accelerație negativă**). Un corp a cărui viteză se schimbă în aceeași măsură pe o perioadă de timp egală se deplasează cu o **accelerație uniformă**.

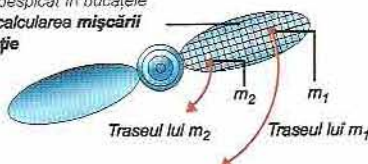
Grafice viteză/timp prezentând accelerația



Mișcarea de rotație

Mișcarea unui corp în jurul **centrului său de masă**. În mișcarea de rotație, fiecare parte a corpului se mișcă de-a lungul unei alte traiectorii, astfel încât, în calcul, corpul nu poate fi considerat ca un întreg. Trebuie considerat în părți mici și trebuie luată în considerare separat **mișcarea circulară*** a fiecărei părți. Așa se poate observa mișcarea globală a corpului.

Corpul despicat în bucățele pentru calcularea mișcării de rotație



Ecuatiile mișcării de accelerație uniformă

Ecuatiile folosite în calculele care implică **mișcarea liniară cu accelerație uniformă**. Trebuie să se folosească un **semn convențional** (vezi mai jos). Ecuatiile folosesc **deplasarea** și nu distanța, deci trebuie luate în considerare schimbările de direcție.

$$v = u + at$$

$$s = \frac{1}{2}(u + v)t$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

unde t = timp

u = viteza inițială la $t = 0$

v = viteza finală după t

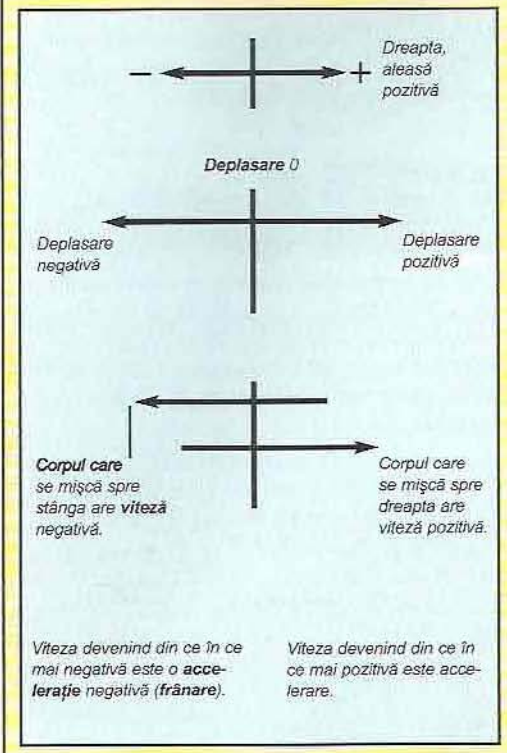
s = deplasarea după t

a = accelerația (constantă)

Semnul convențional

O metodă utilizată pentru a face diferența între mișcările în direcții opuse. Se alege o direcție pozitivă, iar cealaltă va fi negativă. Semnul convențional trebuie folosit când se utilizează ecuațiile de mișcare (vezi mai sus).

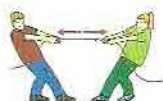
Semnul convențional



*Mișcare circulară, 17; Mărime vectorială, 108.

DINAMICA

Dinamica studiază legătura dintre mișcarea unui corp și forțele care acționează asupra acestuia. O singură forță care acționează asupra unui corp produce schimbarea vitezei și/sau direcția (adică se mișcă **accelerat***). Dacă acționează două sau mai multe forțe și nu există forță rezultantă, corpul poate să-și schimbe forma.



Două forțe egale, dar opuse. Nu există forță rezultantă – nu există accelerație, dar frânghia se întinde.



Forțele nu sunt egale. Frânghia tot este întinsă, dar există și accelerație spre stânga datorită forței rezultante.

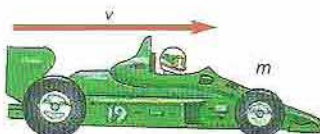
Masa

Măsura **inerției** unui corp. Forța necesară accelerării unui corp depinde de masa acestuia – o masă mai mare necesită o forță mai mare.

Impulsul mecanic

Masa unui corp înmulțită cu **viteza*** acestuia. Deoarece viteza este o **mărime vectorială***, la fel va fi și impulsul. Vezi și **legea conservării impulsului mecanic liniar**.

$\text{Impulsul} = mv$
unde m = masa
 v = viteză



Inerția

Tendința corpului de a opune rezistență schimbării de **viteză*** (adică opune o forță). Este măsurată ca o **masă**.

Un vapor are o **inerție** (și de aceea și o **masă**) mult mai mare decât o barcă – este necesară o forță mult mai mare pentru a-l accelera.

Impulsul

Forța care acționează asupra unui corp înmulțită cu durata de timp în care acționează forța. Din **principiul II al lui Newton**, variația impulsului are aceeași valoare cu **impulsul forței** corpului. O variație egală a impulsului mecanic se poate obține cu o forță mică pe o perioadă lungă de timp sau cu o forță mare pe o durată scurtă.

$\text{Impulsul} = Ft$
unde F = forță
 t = timp

„Zona îndoită” din fața unei mașini mărește durata **ciocnirii** – aceasta micșorează forța.

Dacă forța este măsura variației **impulsului** (vezi **principiul II al lui Newton**), atunci:

$\text{Variația impulsului} = \text{impulsul forței}$



Principiile mecanicii lui Newton

Trei principii formulate de Newton la sfârșitul anilor 1670, referitoare la forță și mișcare.

Primul principiu

Dacă un corp se află în repaus sau dacă viteza și direcția lui sunt constante, forța rezultantă este zero.

Forțele aplicate pe corpul de mai jos sunt egale – nu există forță rezultantă, deci nici accelerație.

Obiect în repaus



Forța dată de gravitație (greutatea)

Principiul al doilea

Dacă **impulsul** mecanic al unui corp variază, adică dacă se mișcă **accelerat***, atunci asupra lui trebuie să acționeze o forță rezultantă. În mod obișnuit, **masa** unui corp este constantă, deci forța este proporțională cu accelerația corpului. Direcția și sensul accelerației sunt aceleași cu direcția și sensul forței.

$\text{Forța} = \frac{\text{variația impulsului}}{\text{timp}}$

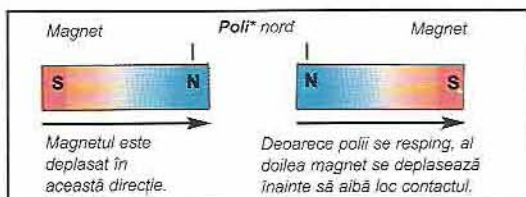
Dacă **masa** rămâne constantă, atunci:

$\text{Forța} = \text{masa} \times \text{accelerația}$

Ciocnirea

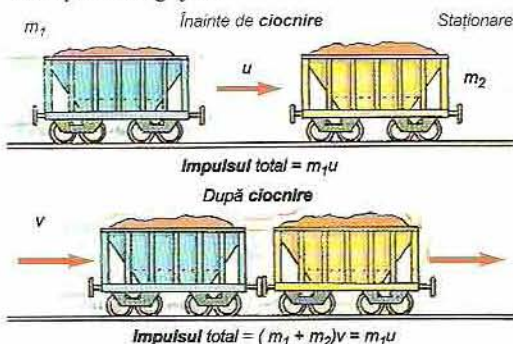
Un fenomen care se petrece între 2 sau mai multe corpuri, între care se exercită forțe relativ mari, pe o perioadă de timp relativ scurtă. Aceasta nu este o definiție rigidă a ciocnirii, deoarece corpurile nu trebuie să fie în contact.

Exemplu de ciocnire fără contact



Legea conservării impulsului liniar

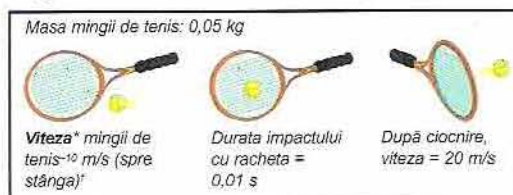
Când două sau mai multe corpuri exercită forțe unul asupra celuilalt (se ciocnesc), impulsul total rămâne constant, fără acțiunea forțelor externe. Dacă durata pentru ciocnire este foarte mică și se ia în considerare sistemul înainte și după ciocnire, forțele de frecare pot fi neglijate.



Masa crește – viteza* scade, se conservă impulsul.

Exemplu pentru principiul al II-lea al lui Newton

Mingea de tenis lovită de rachetă suferă o variație a impulsului.



Forța rezultantă găsită după cum urmează:

$$\text{Forța în momentul ciocnirii} = \frac{\text{variația impulsului}}{\text{timp}} = \frac{(0,05 \times 20) - (0,05 \times -10)}{0,01} = 150 \text{ N}$$

Sau:

$$\text{Forța} = \text{masa} \times \text{acelerația} = \frac{\text{masa} \times \text{variația de viteză}}{\text{timp}}$$

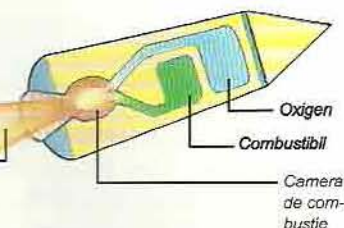
$$= \frac{0,05 \times 30}{0,01} = 150 \text{ N}$$

Motorul de rachetă

Un motor care produce prin orificiul de ieșire un jet de gaz de mare **viteză*** prin arderea combustibilului de la bord. Masa gazului este mică, dar viteza lui mare demonstrează că are un **impuls** crescut. Racheta primește un impuls egal în sens opus (vezi **legea conservării impulsului liniar**). Motoarele de rachetă sunt folosite în spațiu, deoarece alte tipuri de motoare necesită aer.

Motor de rachetă

Jet de gaz – **impulsul se conservă, deci motorul primește același impuls ca și gazul, dar în direcție opusă.**



Motorul cu reacție

Un motor în care aerul este captat în față pentru arderea combustibilului, producând un jet de gaze de mare **viteză***. Principiul este același ca al motorului de rachetă, dar motorul nu poate fi folosit în spațiu, necesitând aer.

Motorul cu reacție

Jet de gaz – **impulsul se conservă, deci motorul primește același impuls ca și gazul, dar în sens opus.**



Principiul al treilea

Forțele acționează întotdeauna în perechi egale și opuse, numite forțe de **acțiune** și de **reacție**. De aceea, dacă corpul A exercită o forță asupra corpului B, corpul B exercită o forță egală, dar opusă asupra corpului A. Aceste forțe nu se anulează reciproc când acționează pe corpuri diferite.

Exemplu pentru principiul al III-lea al lui Newton

Băta de baseball exercită o forță asupra mingii, accelerând-o în direcție opusă.

Mingea exercită o forță egală și opusă asupra bătei (simțită la încetinirea bătei).



*Pol, 70: Viteză, 10.

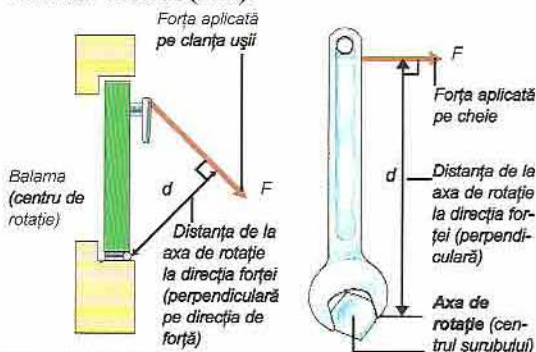
† Mișcarea spre dreapta considerată pozitivă (vezi **semne convenționale**, pagina 11).

FORȚE DE ROTAȚIE

O singură forță produce o **acelerație*** (vezi **dinamica**, pagina 12). Într-o **mișcare liniară***, aceasta este o **acelerație liniară**. În **mișcarea de rotație***, **acelerația unghiulară*** (rotirea mai rapidă sau mai încetă) este dată de o **forță de rotație** sau **momentul forței** care acționează în jurul axei de rotație (axa de **rotație**).

Momentul forței și rotația

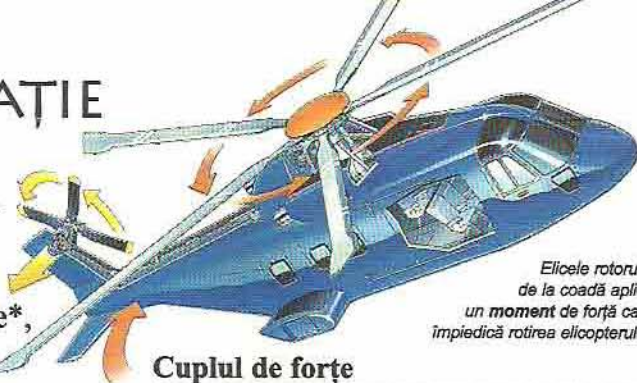
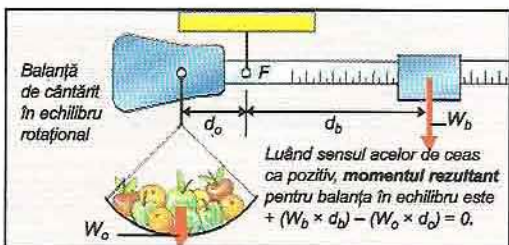
Măsura capacității unei forțe de a roti un corp în jurul unei axe (**axa de rotație**). Aceasta este produsul dintre forță și perpendiculara distanței de la axă la linia de-a lungul căreia acționează forța (vezi diagrama de mai jos) **Unitatea SI*** a momentului forței este **Newton metrul (Nm)**.



Pentru fiecare caz:

$$\text{Momentul} = Fd$$

Când se ia în considerare momentul forței, trebuie stabilită axa în funcție de care este considerat și trebuie utilizat un **semn convențional** pentru a distinge momentele care sunt în sens orar și antiorar. **Momentul forței rezultante** este singurul care are același efect, deoarece toate momentele individuale acționează împreună.

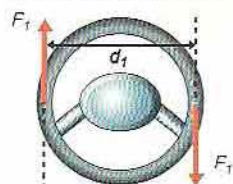


Cuplul de forțe

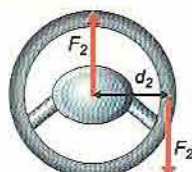
Două forțe paralele care sunt egale și de sens contrar, dar nu acționează de-a lungul aceleiași direcții. Ele produc doar un efect de rotire, fără accelerația rezultantă a **centrului de masă***. **Momentul forțelor rezultante** produs de un cuplu de forțe este suma momentelor produse și este egal cu produsul dintre distanța perpendiculară dintre direcțiile de-a lungul căreia acționează forțele și mărimea unei forțe.

Forțele egale de sens contrar (cuplu de forțe) aplicate pe un volan fac ca acesta să se rotească.

În acest caz, o forță este aplicată de mână, iar cealaltă de axul de rotație al volanului.



$$\text{Momentul de cuplu} = F_1 \times d_1$$



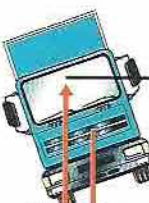
$$\text{Momentul de cuplu} = F_2 \times d_2$$

Răsturnarea

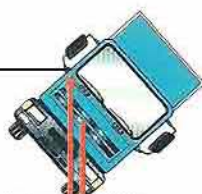
Un fenomen care are loc dacă linia verticală prin **centrul de masă*** al unui corp nu trece prin baza corpului. Dacă are loc acest fenomen, **cuplul forței de greutate** și al **forței de apăsare normală*** rotesc obiectul mai departe.

Balansare ușoară – **cuplul de forțe** îl va readuce la nivel.

Balansare – acum cuplul de forțe îl va roti mai departe.

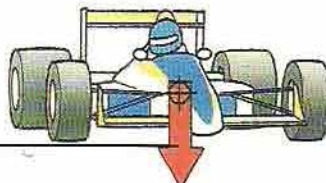


Linia verticală prin centrul de masă trece prin bază.



Linia verticală în afara bazei

Centrul de masă scăzut și o bază largă fac ca mașinile de curse să fie foarte stabile.

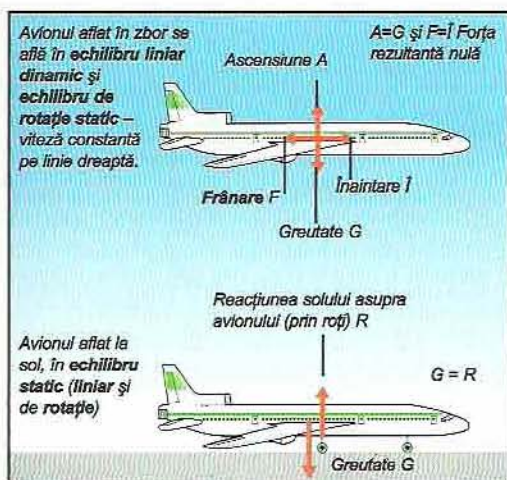


Echilibrul

Când un corp nu se mișcă accelerat, se spune că acesta este în **echilibru**. Poate fi în **echilibru liniar** (centrul de masă* nu se mișcă accelerat) și/sau în **echilibru de rotație** (nu este accelerație în jurul centrului de masă). Mai mult, în ambele cazuri, echilibrul poate fi **static** (nu se mișcă) sau **dinamic** (se mișcă).

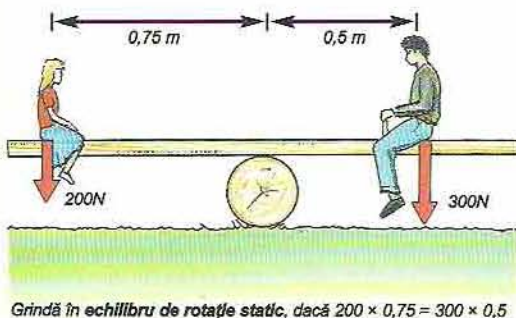
Echilibrul liniar

Starea unui corp când centrul său de masă nu se mișcă accelerat; viteza și direcția de mișcare rămân neschimbate. Forța rezultantă asupra corpului trebuie să fie nulă când acesta este în echilibru liniar.



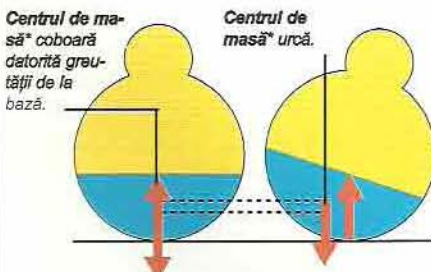
Echilibrul de rotație

Starea în care se află un corp când nu există **acelerație unghiulară*** sau când acesta se rotește cu o **viteză unghiulară*** constantă. Dacă un corp se află în echilibru de rotație, **momentul rezultantei** (vezi **momentul forței**) față de axă este nul (principiul momentelor).



Echilibrul stabil

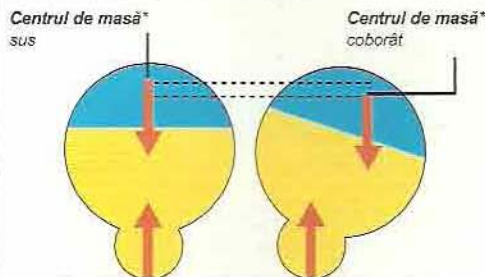
Starea în care dacă un corp este mișcat pe o distanță mică față de poziția de echilibru, acesta se întoarce în poziția sa inițială. Acest lucru are loc când centrul de masă* urcă.



Greutatea și forța de la sol formează un **cuplu** de forțe* care face ca jucăria să se ridice.

Echilibrul instabil

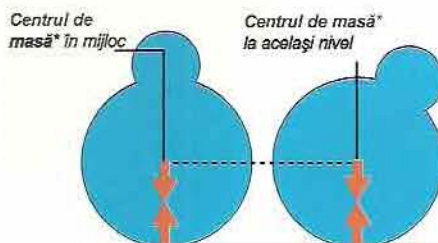
Starea în care dacă un corp este mișcat pe o distanță mică față de poziția de echilibru, acesta nu se întoarce în aceea poziție. Acest fenomen are loc când centrul de masă* coboară la mișcarea corpului.



Greutatea și reacțiunea solului fac ca jucăria să se răstoarne.

Echilibrul indiferent

Starea în care un corp este mișcat pe o distanță mică față de poziția de echilibru, acesta rămânând în poziția nouă. Are loc când centrul de masă* rămâne la aceeași înălțime.

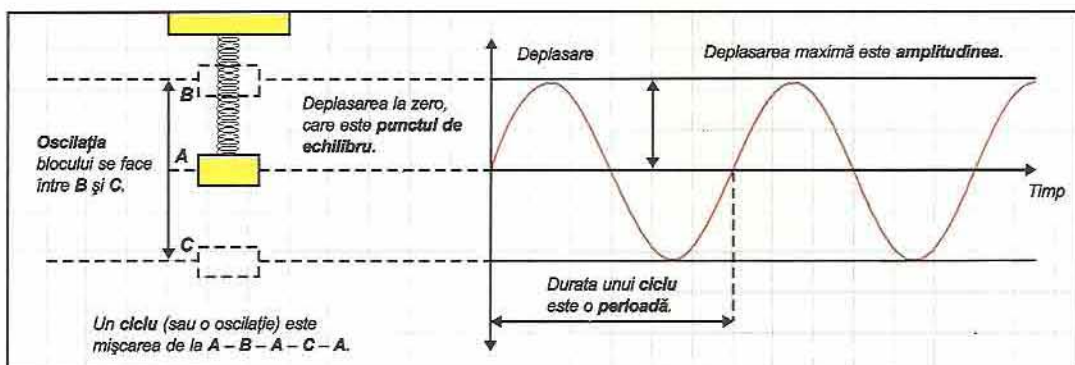
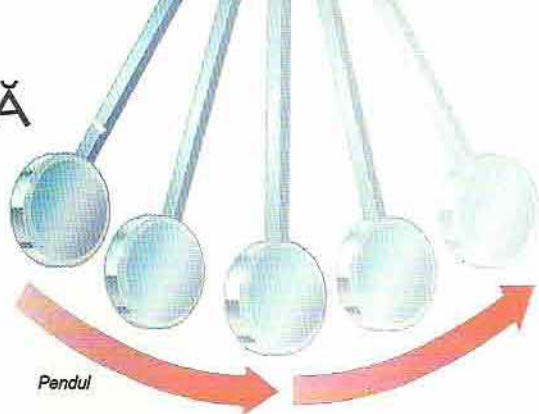


Greutatea și forța de reacțiune pe aceeași linie - nu există **cuplu** de forțe, deci jucăria rămâne în noua poziție.*

*Acelerație unghiulară, Viteză unghiulară, 17; Centru de masă, 10; Frânare, 19 (Viteza finală).

MIȘCAREA PERIODICĂ

Mișcarea periodică este orice mișcare care se repetă la intervale egale de timp. Exemple de mișcare periodică sunt corpurile care se mișcă circular (**mișcare circulară**), oscilația pendulului și vibrarea moleculelor. **Propagarea undelor*** constă în oscilația particulelor sau a câmpurilor.



Ciclul

Mișcarea efectuată de la un punct până în același punct, când mișcarea se repetă. De exemplu, o rotație a unui corp pe o circumferință.

Oscilația

Mișcarea periodică dintre două puncte extreme, de ex. o greutate atârnată de un arc se mișcă în sus și în jos. Într-un sistem oscilatoriu, există un schimb continuu între **energia cinetică*** și **energia potențială***. Energia totală a unui sistem (suma energiei cinetice și potențiale) rămâne constantă dacă nu există **amortizare**.

Perioada (T)

Perioada de timp necesară efectuării unui **ciclu** complet, de ex. perioada de rotație a Pământului în jurul axei sale este de 24 de ore.

Frecvența (f)

Numărul de **cicluri** ale unei anumite mișcări efectuate într-un anumit interval de timp. **Unitatea în SI*** pentru frecvență este Hertz (Hz).

$$f = 1/T$$

unde f = frecvența; T = perioada

Punctul de echilibru

Poziția în jurul căreia **oscilează** un corp și în care se întoarce după oscilație, de ex. poziția de echilibru a unui pendul este când acesta se află în poziția verticală. De obicei, acest punct este considerat poziția inițială.

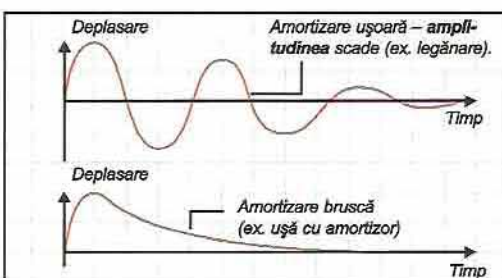
Amplitudinea

Deplasarea maximă a unei **particule oscilante** față de **punctul de echilibru**.

Amortizarea

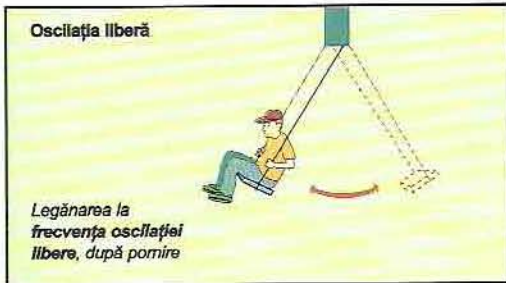
Procesul în care, datorită pierderii de energie, **oscilațiile încetinesc**, de ex. șocurile preluate de mașini la trecerea peste denivelări cauzată oscilații care ulterior se amortizează.

Amortizarea într-un sistem de oscilații



Oscilația liberă

Oscilația unui sistem care este lăsat liber după pornire. **Perioada și frecvența** sistemului se numesc **perioada și frecvența oscilației libere** (acestea rămân egale, atâta timp cât amortizarea nu este prea mare).



Oscilația forțată

Oscilația unui sistem după aplicarea periodică a unei forțe exterioare (forță aplicată sistemului). Sistemul va oscila cu **frecvența** imprimată de forța exterioară, fără a ține seama de **frecvența oscilației libere**.



Rezonanța

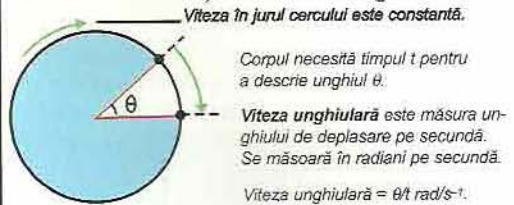
Efectul prezentat de un sistem în care **frecvența** forței exterioare (o forță aplicată sistemului) este aproximativ egală cu **frecvența oscilațiilor libere** a sistemului. Astfel, sistemul are o **amplitudine** mare.



Mișcarea circulară

Mișcarea circulară uniformă

Mișcarea unui corp pe un cerc, cu o viteză constantă. Deoarece direcția (și totodată **viteza**) se schimbă, corpul are o **acelerație** constantă spre centru (**acelerație centripetă**), deci există o forță care acționează spre centrul cercului. Mișcarea circulară se poate considera în funcție de **viteza unghiulară**.



Acelerația centripetă (a)

Acelerația unui corp în mișcare circulară (vezi mai sus), care acționează spre centrul cercului.

Forța centripetă

Forța care acționează asupra unui corp spre centrul unui cerc pentru a produce **acelerația centripetă**.



$$a = \frac{v^2}{r} \quad \text{unde}$$

a = accelerația centripetă
 v = viteza în liniară
 r = raza cercului

Forța centripetă are o reacțiune egală și de sens contrar (vezi **principiul al II-lea** al lui Newton, pagina 12), numită **forță centrifugă**. Pentru un observator terestru ea nu acționează asupra corpului care se mișcă circular.



GRAVITAȚIA

Gravitația este efectul forței gravitaționale* de atracție (vezi și pagina 104), care acționează între toate corpurile din univers. Se observă în cazul corpurilor masive ca planetele, care datorită ei rămân pe orbită. Forța gravitațională dintre un corp și o planetă care atrage corpul este numită greutatea corpului.

Legea gravitațională a lui Newton

Susține că între oricare 2 corpuri care au masă există o forță gravitațională care depinde de masele corpurilor și de distanța dintre ele. **Constanta gravitațională (G)** are valoarea de $6,7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$; valoarea sa mică arată că forțele gravitaționale sunt neglijabile, cu excepția când una dintre mase este foarte mare.

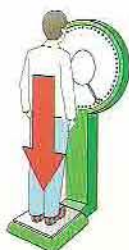
$$F = G \frac{Mm}{d^2} \quad \text{unde } G = \text{constanta gravitațională}$$

Greutatea

Atracția gravitațională a unui corp masiv (exemplu o planetă) asupra unui alt corp. Greutatea corpurilor nu este constantă, ci depinde de distanța la care se află de planetă și de masa planetei. Deci, deși masa unui corp este independentă de poziția sa, greutatea acestuia nu este.

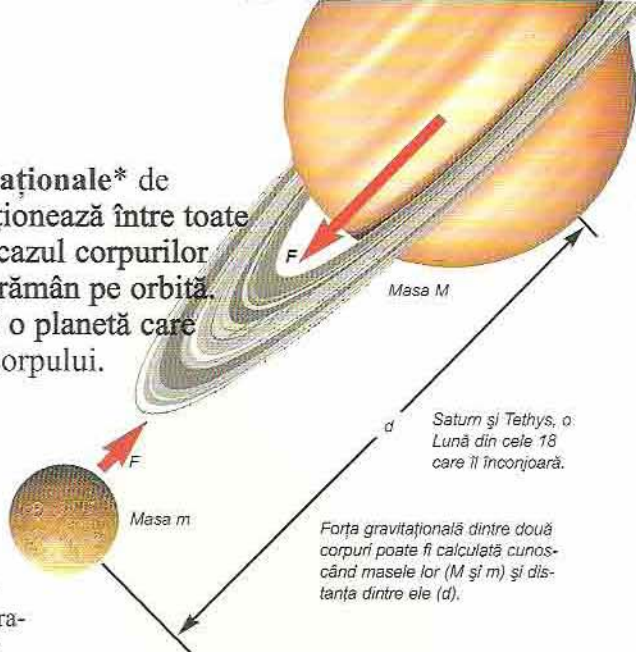
Greutatea masei a 100 Kg se modifică în funcție de poziție:

De fapt, cântarele măsoară forța exercitată asupra lor, dar scala „traduce” această forță în masă. La suprafața Pământului, greutatea masei de 100 kg este de 980N.



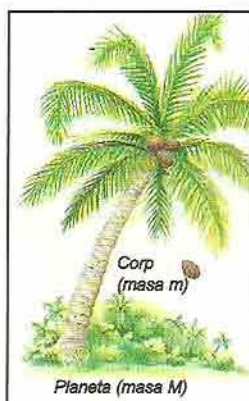
Pe suprafața Lunii, greutatea masei de 100 kg este 160N.

La 10.000 km deasupra suprafeței Pământului, greutatea masei de 100 kg este 150N.



Accelerația gravitațională (g)

Accelerația produsă de forța de atracție gravitațională. Valoarea sa este constantă pentru orice masă într-un loc dat. La suprafața Pământului este de aproximativ $9,8 \text{ m s}^{-2}$ și, conform **legii gravitației formulate de Newton**, deasupra acestei suprafețe ea scade. Valoarea $9,8 \text{ m s}^{-2}$ este folosită ca unitate de accelerație (forța g).



Din legea gravitației și din principiul al II-lea formulat de Newton:

$$\text{Forța gravitațională } (-mg) = G \frac{Mm}{d^2}$$

Deci, accelerația dată de gravitație (g):

$$g = G \frac{M}{d^2}$$

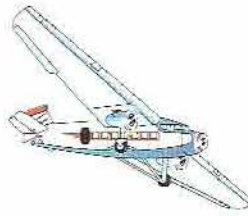
În timpul întoarcerilor, piloții experimentează forțe g crescute (de ex. 5g – de cinci ori normalul), care pot duce la pierderea cunoștinței.



*Accelerație, 11; Forță gravitațională, 6; Principiul al II-lea al lui Newton, 12.

Viteza finală

Viteza* maximă constantă, atinsă de un corp care cade într-un gaz sau lichid. Cu cât viteza crește, cu atât rezistența opusă de aer sau de lichid (frânarea) crește. În cele din urmă, frânarea se egalează cu greutatea corpului, iar viteza acestuia nu mai crește.

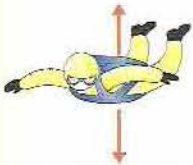


Imediat după ce sare parașutistul, viteza* = 0, deci frânarea = 0 și accelerația* = g.

Frânare ↑

Forță în jos = greutatea ↓

Viteza crește, frânarea crește, accelerația mai mică decât g.



Parașuta deschisă, frânarea mult mai mare, viteza finală mai mică.

La viteza finală, frânarea este egală cu greutatea, accelerația = 0.

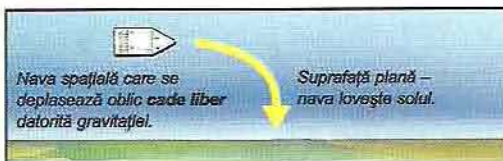


Viteza de „scăpare”

Viteza minimă pe care trebuie s-o atingă un corp pentru a scăpa de atracția gravitațională a unei planete, fără să mai necesite propulsie. Pe Pământ, aceasta este de aproximativ 40.000 km/h.

Căderea liberă

Mișcarea unui corp când asupra acestuia acționează numai forța gravitațională (când nu acționează nici o forță de rezistență sau alte forțe, de ex. rezistența aerului).



Imponderabilitatea

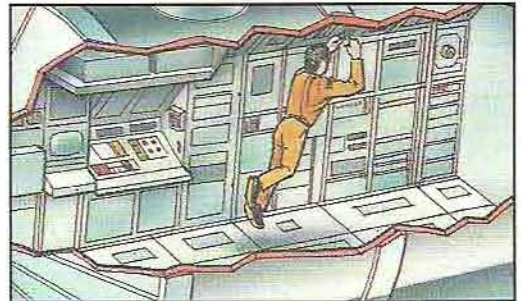
Starea în care corpul nu exercită nici o forță asupra mediului în care se află.

Imponderabilitatea reală

Imponderabilitatea unui corp aflat într-o zonă fără gravitație.

Imponderabilitatea aparentă

Corpul se comportă ca și când nu ar acționa nici o forță gravitațională. Are loc când două corpuri **accelerază*** independent în aceeași direcție.



Astronautul dintr-o navă care gravitează **cade liber** în aceeași direcție cu nava și de aceea este **aparent imponderabil**.

Orbită geostaționară sau de staționare

Drumul parcurs de un satelit care gravitează în jurul Pământului în aceeași direcție cu rotația Pământului, astfel încât el rămâne întotdeauna deasupra aceluiași punct de pe suprafață. Satelitul are o **perioadă*** de 24 de ore.



Satelit pe orbită **geostaționară**, deasupra punctului P.

Între punctele din această zonă, comunicația se face prin transmiterea informațiilor via satelit.

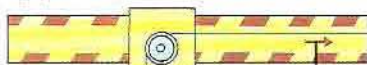
*Accelerație, 11; Perioadă, 16; Viteză, 10.

MAȘINI SIMPLE

Mașina simplă este un dispozitiv utilizat în scopul de a învinge forța **rezistentă**. Această forță este aplicată într-un punct, iar mașina funcționează prin aplicarea într-un alt punct a unei alte forțe numite **efort**. De exemplu, un efort mic exercitat asupra frânghiei unui scripete învinge greutatea corpului, acesta putând fi ridicat.

Sistem de scripeti – exemplu de mașină

(Vezi și pagina 21)



În acest dispozitiv, **greutatea inutilă** (vezi dreapta) este frecarea dintre roțile scripetelui și forța necesară ridicării scripetelui de jos. Dacă masa scripetelui este foarte mică, este considerat un **dispozitiv perfect**.

Forța necesară ridicării greutății se numește **efort**.

Forța rezistentă este **încărcătura** (în acest caz, greutatea corpului).



Greutatea inutilă

Forța necesară învingerii forței de **frecare*** dintre componentele în mișcare ale unui dispozitiv și ridicării oricăreia din părțile mobile.

Mașina perfectă

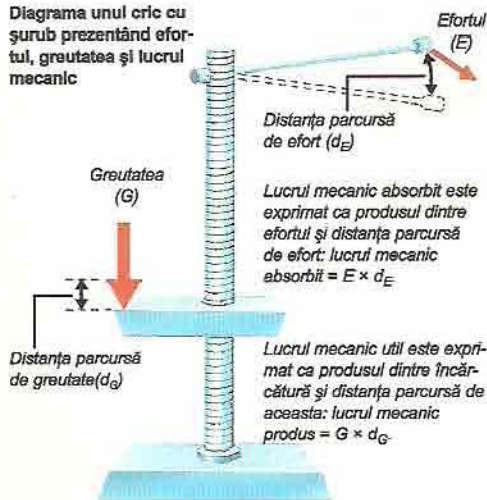
Un dispozitiv teoretic, cu masă inutilă nulă. Dispozitivele la care **masa inutilă**, comparativ cu masa, este neglijabilă, pot fi considerate mașini perfecte.

Avantajul mecanic (A.M.)

Raportul dintre greutate (G) și efort (E). Un avantaj mecanic mai mare decât altul înseamnă că efortul depus pentru învingerea greutății este mai mic. Avantajul mecanic al oricărei **mașini perfecte** rămâne același, chiar dacă greutatea crește. Avantajul mecanic al oricărei mașini reale date crește ușor o dată cu greutatea, deoarece **masa inutilă** devine mai puțin semnificativă când greutatea crește.

$$A.M. = \frac{G}{E}$$

Diagrama unui cric cu șurub prezentând efortul, greutatea și lucrul mecanic



Raportul vitezei (R.V.)

Raportul dintre distanța parcursă de efort și distanța parcursă de greutate. Nu are unități de măsură. Dacă raportul vitezei este mai mare decât unu, înseamnă că efortul se deplasează mai mult decât greutatea.

$$R.V. = \frac{d_E}{d_G}$$

Randamentul

Raportul dintre **lucrul mecanic efectuat** (forță \times distanța – vezi pag. 8) asupra greutății (lucrul mecanic util) și lucrul mecanic efectuat de efort (lucrul mecanic absorbit), în procente. Dispozitivele reale au un randament sub 100%, datorită **greutății inutile**. Dispozitivele perfecte au randament de 100%.

$$\text{Eficiența} = \frac{\text{lucrul mecanic produs}}{\text{lucrul mecanic absorbit}} \times 100$$

$$= \frac{G \times d_G}{E \times d_E} \times 100$$

$$= A.M. \times \frac{1}{R.V.} \times 100$$

$$\text{Randament} = \frac{A.M.}{R.V.} \times 100$$

Într-un dispozitiv perfect (randament 100%): **$A.M. = R.V.$**

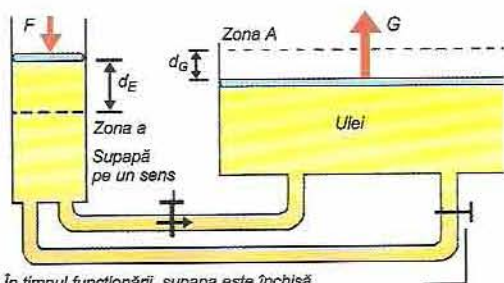
Exemple de mașini

Presă hidraulică

Un cilindru mare și unul mic, legați printr-un tub și umpluți cu lichid folosit pentru a produce forțe uriașe.

$$\text{Volumul de lichid deplasat} = a \times d_E \\ = A \times d_G \text{ deci } R.V. (d_E/d_G) = A/a$$

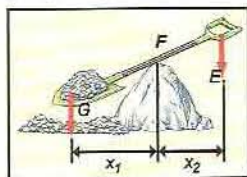
Presă hidraulică



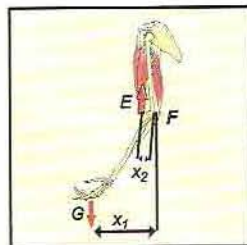
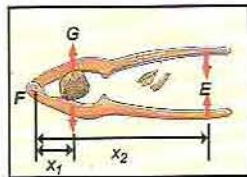
În timpul funcționării, supapa este închisă.

Pârghia

Orice corp rigid care este pivotat în jurul unui punct numit **punct de sprijin (F)**. Greutatea și efortul pot fi aplicate de o parte și de alta, cât și pe aceeași parte. Există trei clase de pârghii, prezentate mai jos.



F între efort și greutate



Efortul între F și greutate

Pentru echilibru*:

$$G \times x_1 = E \times x_2$$

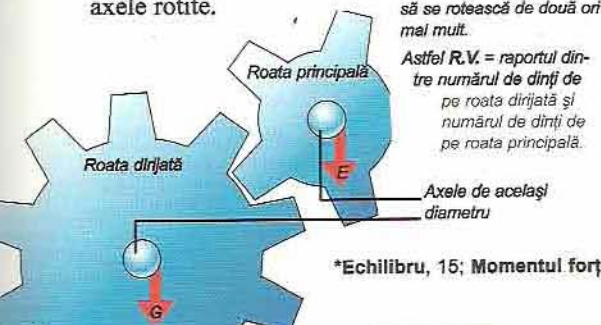
$$\text{deci } A.M. = \frac{G}{E} = \frac{x_2}{x_1}$$

$$\text{astfel } R.V. = \frac{x_2}{x_1}$$

Raportul vitezei se calculează luând în considerare **momentele*** și presupunând că **A.M. = R.V.** (vezi **rendament**).

Roata dințată

Combinarea unor roți dințate folosite pentru transmiterea mișcării între axele rotite.



De două ori mai mulți dinți pe roata dirijată înseamnă că roata principală trebuie să se rotească de două ori mai mult.

Astfel **R.V.** = raportul dintre numărul de dinți de pe roata dirijată și numărul de dinți de pe roata principală.

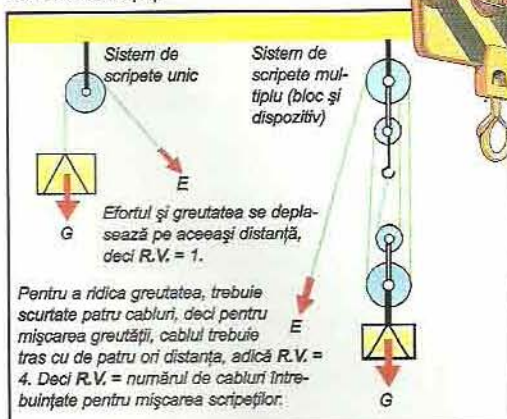
*Echilibru, 15; Momentul forței, 14.

Sistemul de scripete

Un disc (sau combinație de discuri) și un cablu, centură sau lanț care transmite mișcarea.

Sistem de scripete pe o macara

Sisteme de scripete



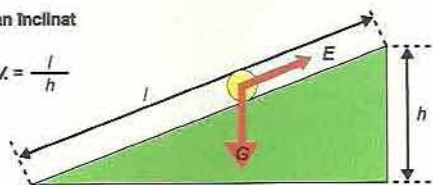
Pentru a ridica greutatea, trebuie scurcate patru cabluri, deci pentru mișcarea greutății, cablul trebuie tras cu de patru ori distanța, adică **R.V. = 4**. Deci **R.V.** = numărul de cabluri întrebunțate pentru mișcarea scripetelor.

Planul înclinat

Suprafața plană care formează un unghi cu orizontala. Un corp se ridică mai ușor pe o suprafață înclinată decât pe verticală.

Plan înclinat

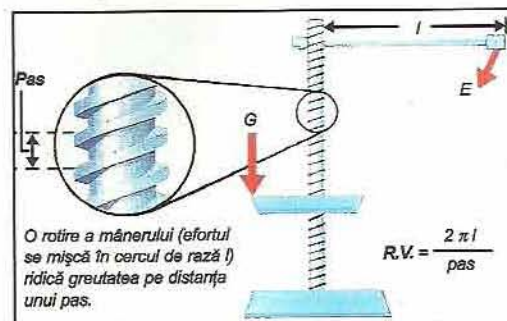
$$R.V. = \frac{l}{h}$$



Cricul cu șurub

Sistemul în care pentru ridicarea unei greutăți se răsucește filetul unui șurub (de ex., cricul de mașină). Distanța dintre zimți se numește **pas**.

Cricul cu șurub



O rotire a mânerului (efortul se mișcă în cercul de rază l) ridică greutatea pe distanța unui pas.

$$R.V. = \frac{2\pi l}{\text{pas}}$$

MOLECULE (PROPRIETĂȚI)

Materia are numeroase proprietăți care pot fi explicate în funcție de comportarea moleculelor, mai ales datorată acțiunii forțelor dintre ele (**forțe intermoleculare***). Dintre toate aceste proprietăți, pe această pagină dublă sunt explicate **elasticitatea**, **tensiunea superficială** și **vâscozitatea** (vezi și paginile 4-5 și 24-25).

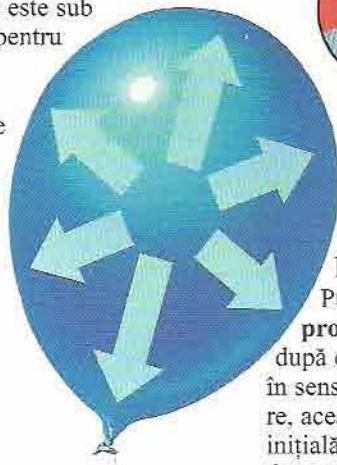
Elasticitatea

Proprietatea unui corp de a reveni la forma și mărimea inițială după încetarea forțelor de deformare (**tensiune*** sau **compresiune***). Corpurile care au această proprietate sunt **elastice**; cele care nu prezintă această proprietate sunt **plastice**.

Ceara răcită este **plastică** (sigiliul lasă o urmă permanentă în ceară).



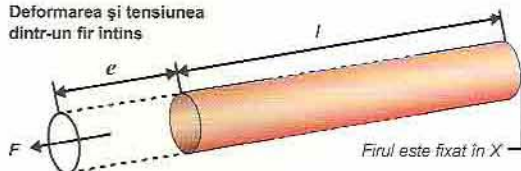
Elasticitatea este rezultatul **forțelor intermoleculare*** – la întinderea sau comprimarea unui corp, moleculele acestuia se îndepărtează, respectiv se apropie mai mult. Aceasta rezultă dintr-o forță de atracție (în primul caz) sau de respingere (în al doilea caz), astfel moleculele revin la starea lor inițială când forța de deformare încetează. Aceasta se întâmplă întotdeauna când mărimea forței este sub o anumită valoare (diferită pentru fiecare material), dar toate materialele elastice devin plastice dacă forța depășește această valoare (vezi limita elasticității și punctul de rupere).



Legea lui Hooke

Susține că atunci când se aplică o forță unui corp, **deformarea** este proporțională cu **tensiunea**. Totuși, dacă mărimea forței crește, se atinge **limita proporționalității** (sau **limita de proporționalitate**), moment după care legea lui Hooke nu mai este valabilă (vezi graficul, pag. 23).

Deformarea și tensiunea dintr-un fir întins



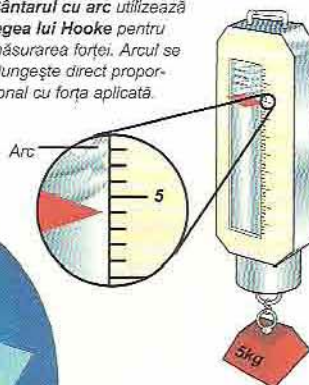
Alungirea este variația de lungime pe unitatea de lungime inițială.

$$\text{Alungirea} = \frac{e}{l} \quad \text{unde } e = \text{variația de lungime; } l = \text{lungimea inițială}$$

Tensiune este forța aplicată pe unitatea de suprafață.

$$\text{Tensiunea} = \frac{F}{A} \quad \text{unde } F = \text{forța aplicată; } A = \text{suprafața secțiunii transversale}$$

Cântarul cu arc utilizează **legea lui Hooke** pentru măsurarea forței. Arcul se alungește direct proporțional cu forța aplicată.



Scala este **calibrată***, astfel încât lungimea arcului să dea mărimea forței în **newtoni**.

Pentru un corp **alungit** sau **comprimat**, raportul dintre **tensiune** și **alungire** (vezi mai sus) este întotdeauna identic pentru o substanță dată (**modulul lui Young**), până în momentul atingerii **limitei de proporționalitate**.

Limita elasticității

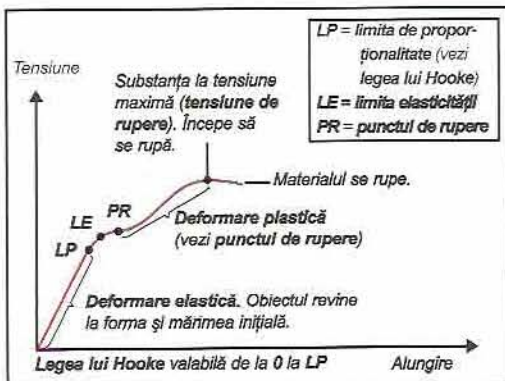
Punctul situat imediat după **limita de proporționalitate** (vezi **legea lui Hooke**), după care corpul încetează să mai fie **elastic**, în sensul că după încetarea forței de deformare, acesta nu-și mai revine la forma și mărimea inițială. Revine la o formă și mărime similară, dar a suferit o alungire permanentă (dacă se aplică noi forțe, acesta va reveni la noua formă, adică în acest sens rămâne elastic).

*Calibrare, 115; Compresiune, Forțe intermoleculare, 7; Newton, 6; Tensiune, 7.

Punctul de rupere

Punctul situat imediat după **limita elasticității**, în care forța de deformare provoacă o schimbare majoră într-o substanță. Într-o substanță **elastică***, structura interioară se schimbă – legăturile dintre straturile moleculare se rup, iar straturile se scurg unul peste celălalt. Această schimbare se numește **deformare plastică** (substanța devine plastică). Dacă forța aplicată crește, deformarea continuă, iar substanța se poate rupe. În mod contrar, un corp **inelastic** se va rupe în punctul său de rupere. **Tensiunea de rupere** a unui material este valoarea **tensiunii** în punctul său de rupere. Vezi graficul de mai jos.

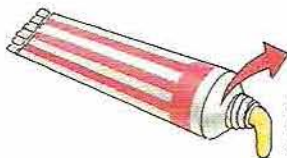
Graficul tensiune/alungire pentru un material elastic



Vâscozitatea

Ușurința cu care curge un lichid. Depinde de mărimea și de **forța de frecare*** dintre diferitele straturi de molecule care alunecă unele peste altele.

Sirop – foarte vâscos.
Curge încet.



Liniiile curbe roșii sunt **curbele de viteză**. Indică viteza moleculelor în interiorul tuburilor.

Apa – nu foarte vâscoasă.
Curge repede.



Straturile marginale ale lichidelor sunt încetinite de **forța de frecare*** între pereții rezervorului. Spre interior, frecarea scade. În apă, acest efect scade mult mai repede decât în sirop.

Tensiunea superficială

Proprietatea unei suprafețe de lichid ce rezultă din **forțele intermoleculare*** care fac ca lichidul să se contracte într-un volum cu cea mai mică suprafață posibilă.

Două exemple de tensiune superficială



La suprafață, moleculele sunt ușor mai îndepărtate decât cele interioare, iar la îndepărtarea lor ele se atrag (vezi **forțele intermoleculare**, pagina 7). Moleculele nu se pot apropia mai mult din cauza forțelor egale între ele. Moleculele de la suprafață sunt într-o stare de tensiune constantă, dând suprafeței proprietăți elastice.

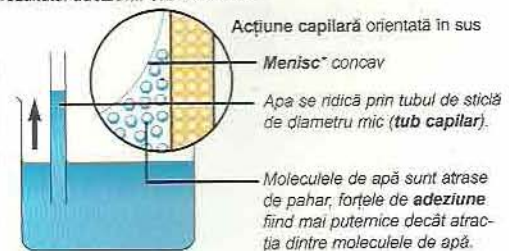
Păianjen de apă pe suprafața apei



Adeziunea

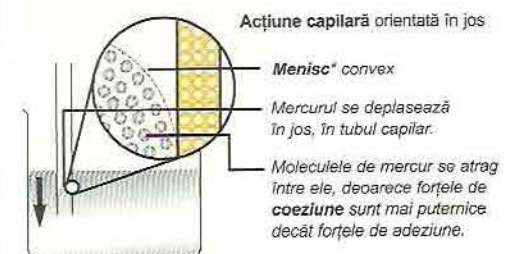
O forță intermoleculară de atracție între moleculele diferitelor substanțe.

Acțiunea capilară sau capilaritatea este rezultatul **adeziunii** sau **coeziunii**.



Coeziunea

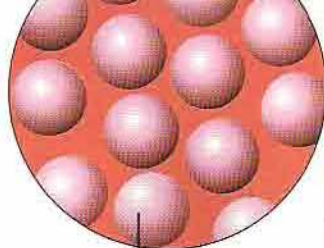
O forță intermoleculară* de atracție între moleculele aceleiași substanțe.



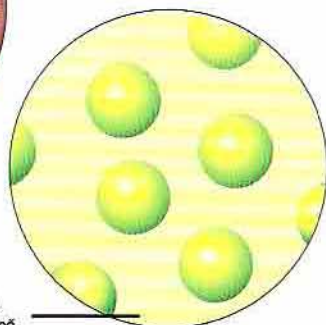
*Elastic, 115; Forță de frecare, Forță intermoleculară, 7; Menisc, 115.

DENSITATEA ȘI PRESIUNEA

Densitatea (ρ) unui corp depinde atât de masa moleculelor lui, cât și de volumul acestuia (vezi formula, dreapta). De ex., dacă o substanță are o densitate mai mare decât alta, atunci aceleași volume de substanțe vor avea mase diferite (prima masă fiind mai mare decât a doua). La fel, aceleași mase au volume diferite.



Corpul A. Moleculele grele comprimate. Densitate mai mare.



Obiectul B. Molecule ușoare, distanțate. Densitate mai joasă.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

unde ρ = densitatea
 m = masa; v = volumul

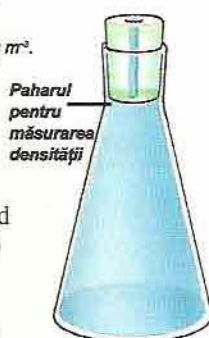
Deci, $m = \rho \times v$

v este identic pentru corpurile A și B, deci corpul A are masă mai mare.

Unitatea SI* pentru densitate este kg m^{-3} .

Paharul pentru măsurarea densității

Un pahar care, atunci când este complet plin, conține un volum de lichid (la temperatură constantă) determinat. Se utilizează la măsurarea densității lichidelor (prin măsurarea masei paharului și lichidului, scăzând masa paharului și împărțind-o la volumul de lichid).



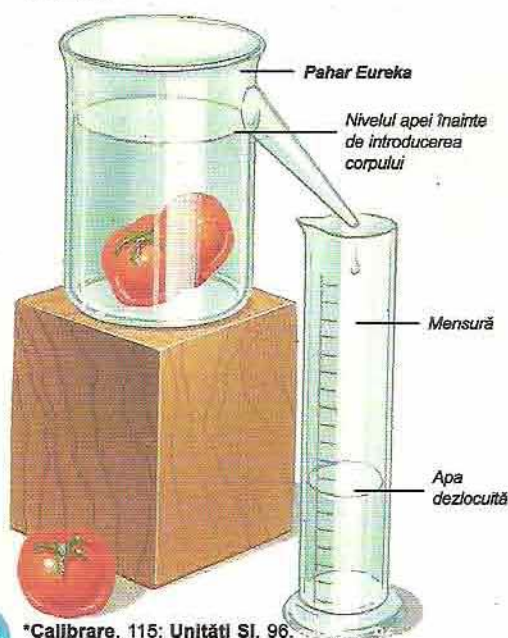
Dop de sticlă tub de diametru mic (tub capilar). Se umple paharul, se introduce dopul, excesul de lichid se ridică prin tub și iese — asigură întotdeauna același volum.

Densitatea relativă

Densitatea unei substanțe în raport cu densitatea apei (care este de 1.000 kg m^{-3}). Aceasta indică cu cât este mai densă sau mai puțin densă o substanță în raport cu apa, deci rezultatele nu necesită unități, de ex. 1,5 (de 1,5 ori mai densă). Se calculează prin împărțirea masei unei substanțe de orice volum cu masa unui volum egal de apă.

Paharul Eureka

Un pahar folosit la determinarea volumului unui corp solid cu formă neregulată, în scopul de a-i calcula densitatea. Volumul de apă dezlucuit este egal cu volumul corpului. Densitatea corpului este raportul dintre masa și volumul său.

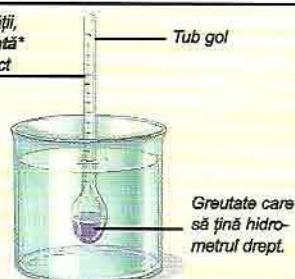


Densimetrul

Un instrument de măsurare a densității lichidului prin nivelul la care se ridică în acel lichid. Dacă lichidul este foarte dens, densimetrul plutește aproape de suprafață pentru că este necesară dezlucuirea unei mici cantități de lichid pentru a egala greutatea densimetrului.

Densimetrul

Pentru citirea densității, scala poate fi calibrată* sau se poate da direct densitatea relativă.



Presiunea

Presiunea este forța care acționează perpendicular, exercitată de un solid, lichid sau gaz pe unitatea de suprafață a unei substanțe.

Presiunea într-un vas de apă

Cu cât forța este mai mare, cu atât presiunea este mai mare.

De exemplu, la suprafața acestui vas de apă, există câteva molecule de apă care apasă în jos, deci există o greutate (forță) mică și deci o presiune mică. Mai jos, există mai multe molecule de apă, este o greutate (forță) mai mare și o presiune mai mare.



Cu cât este mai mare suprafața asupra căreia acționează o forță constantă, cu atât presiunea este mai mică. Copitele late ale unui caribu se comportă ca niște bocanci, împrăștiind greutatea pentru a reduce presiunea pe zăpadă.

Cu cât suprafața pe care acționează o forță constantă este mai mică, cu atât presiunea este mai mare. Un cuțit ascuțit taie mai bine, forța sa fiind aplicată pe o suprafață mai mică.



Unitatea SI* pentru presiune este pascalul (Pa).

$$\text{Presiunea} = \frac{\text{forță}}{\text{suprafață}}$$

Barometrul

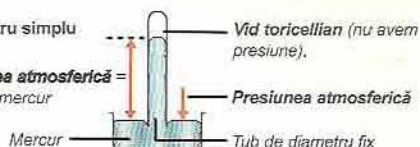
Un instrument folosit pentru măsurarea presiunii atmosferice – cauzată de greutatea moleculelor de aer deasupra Pământului. Există câteva tipuri obișnuite.



Barometrul metallic dă valorile presiunii și scurte descrieri ale vremii.

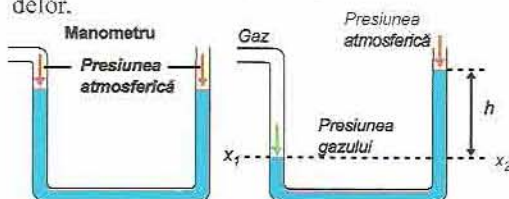
Barometru simplu

Presiunea atmosferică = 760 mm mercur



Manometrul

Un tub în formă de U umplut cu lichid, cu care se măsoară diferențele de presiune ale lichidelor.



Presiunile la x_1 și x_2 (aceiași nivel) trebuie să fie egale. Astfel, presiunea gazului = presiunea la x_2 = presiunea atmosferică + presiunea la înălțimea h a lichidului.

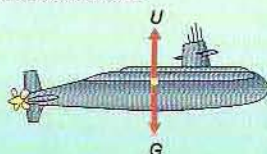
Obiecte în lichid

Un corp într-un lichid este supus unei forțe numite de împingere. Conform legii lui Arhimeide, aceasta este egală cu cantitatea de lichid dezlucuit de acel corp. **Principiul de plutire** susține că dacă un corp plutește, cantitatea de lichid dezlucuit (forța de împingere) este egală cu propria sa greutate. Se poate arăta (vezi jos) că un corp se scufundă, se ridică la suprafață sau plutește într-un lichid în funcție de densitatea acestuia.

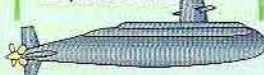
Submarinele se supun legii lui Arhimeide. Schimbarea de aer/apă din tancurile de balast modifică densitatea.

Asupra submarinului acționează două forțe, de împingere și greutatea sa.

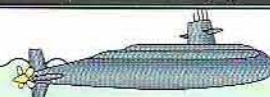
1. Dacă $U = G$, submarinul rămâne la o adâncime dată.



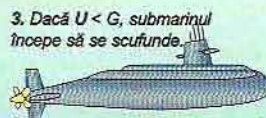
2. Dacă $U > G$, submarinul începe să se ridice.



Atât G , cât și $U = \rho V g$ (vezi mai sus). V și g sunt egale pentru ambele, iar densitatea (ρ) apei este constantă. Deci 1, 2 și 3 pot fi îndeplinite prin modificarea densității submarinului. În 1, densitatea submarinului este egală cu cea a apei, în 2 este mai mică, iar în 3 este mai mare.



Submarinul se ridică la suprafață și plutește. $U = G$, deși densitatea este încă mai mică decât cea a apei (vezi mai jos) deoarece volumul de apă dezlucuit acum este mai mic.



3. Dacă $U < G$, submarinul începe să se scufunde.

Legea lui Arhimeide

Forța de împingere = greutatea lichidului dezlucuit

Principiul plutirii

Corpul plutind $U = G$ unde U = forța de împingere G = greutatea corpului

Greutatea = masa (m) \times accelerație gravitațională (g)
masa = densitatea (ρ) \times volumul (v)
deci greutatea (obiect sau lichid dezlucuit) = $\rho v g$

TEMPERATURA

Temperatura unui corp măsoară starea termică a acestuia. Se măsoară cu **termometrul** care poate fi **calibrat*** să arate valorile diferitelor scări de temperatură. Scările acceptate la nivel internațional sunt **scara temperaturii absolute și scara Celsius**.

Pe Venus, temperatura este de aproximativ 480°C sau 753K. Aceasta se datorează faptului că norii groși rețin radiațiile solare și împiedică eliberarea căldurii.

Termometrul

Instrument utilizat pentru măsurarea temperaturii. Există numeroase tipuri diferite și toate funcționează prin măsurarea **proprietății termometrice** – proprietate care se schimbă o dată cu temperatura. De exemplu, **termometrele cu lichid** măsoară volumul unui lichid (ele sunt astfel **calibrate*** ca la creșterea de volum să indice creșterile de temperatură).

Termometrul cu lichid

Un **termometru** obișnuit care măsoară temperatura prin distinderea unui lichid aflat într-un tub de diametru mic (**tub capilar**). Un bulb de sticlă este rezervorul de lichid, care de obicei este fie mercur, fie alcool colorat. Aceste substanțe răspund foarte repede la schimbările de temperatură – mercurul se folosește pentru temperaturi mai înalte, iar alcoolul pentru cele mai joase.

Termometrul medical (un tip de termometru cu lichid). Folosit pentru măsurarea temperaturii corpului, are o scală de temperatură relativ mică, cu gradații intermediare pentru citiri exacte.

De obicei, scala arată zecimile și se termină la 43 de grade Celsius.

Coloana îngustă de mercur este ușor vizibilă pentru că este opacă și este mărită de o tijă de sticlă triunghiulară.

Contractia în tubul de sticlă. Mercurul încălzit se dilată și este împins.

Rezervorul de sticlă are pereți subțiri, astfel încât mercurul se încălzește rapid.

Tubul capilar permite o sensibilitate crescută – mercurul se deplasează pe o distanță vizibilă la fiecare schimbare de temperatură.

Când mercurul se răcește și se contractă, nu poate să treacă înapoi în rezervor numai dacă este scuturat (dând timpul necesar citirii).

Scale de temperatură

Punctul fix

Temperatura la care au loc (în condiții date) anumite schimbări observabile și careia i se poate da o valoare față de care pot fi măsurate toate celelalte temperaturi. Astfel de exemple sunt **punctul de topire** (temperatura la care se topește gheața pură) și **punctul de fierbere** (temperatura vaporului de deasupra apei care fierbe la presiune atmosferică* normală).

Pentru **calibrarea*** termometrului se folosesc două puncte fixe – **punctul fix inferior** și **cel superior**.

Distanța dintre aceste repere este denumită **interval fundamental**.

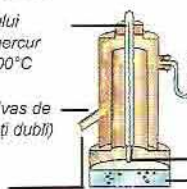
Folosirea punctelor fixe pentru calibrarea* scării Celsius pe un termometru

Punctul fix superior

Poziția capătului coloanei de mercur marcată cu 100°C

Hipsometru (vas de cupru cu pereți dubli)

Evacuarea vaporului



Manometrul* măsoară presiunea vaporilor (ar trebui să fie presiunea atmosferică*).

Rezervor cu vaporii de mercur

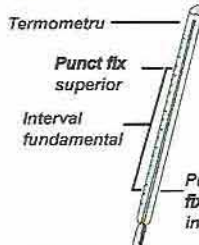
Apa fierbe încet.

Punctul fix inferior

Poziția capătului coloanei de mercur marcată cu 0°C

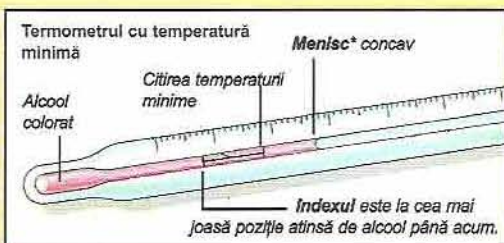
Pălnia conține gheață care se topește.

Pahar Berzelius



Termometre cu temperaturi maxime și minime

Termometre speciale cu lichid care măsoară temperatura maximă sau minimă, atinsă într-o anumită perioadă de timp. Ele sunt alcătuite dintr-un **index** de metal și sticlă (vezi imaginea de mai jos), care este împins în sus, respectiv tras în jos de **meniscul*** lichid. Indexul rămâne la poziția maximă sau minimă pe care o atinge. Se poate anula foarte ușor prin utilizarea unui magnet.



Scara temperaturii absolute sau termodinamice

Scara de temperatură standard, care folosește unități de măsură numite grade **Kelvin (K)**. Valoarea zero este dată celei mai joase temperaturi posibile teoretic, numită **zero absolut**. Obținerea unei temperaturi mai joase este imposibilă, deoarece ar necesita un volum negativ (vezi graficul din dreapta) care nu există.

Scara Celsius (°C)

Scara de temperatură standard, identică în gradație cu scara temperaturii absolute, dar cu valorile de zero și o sută date **punctelor de topire și respectiv de fierbere** (vezi punctele fixe).

Alte tipuri de termometre

Termometrul cu rezistență

Măsoară temperatura prin schimbarea **rezistenței*** provocată într-o bobină. Dispozitive similare, de ex. sub aripile avioanelor, folosesc modificările de rezistență din **termistori***.

Avioanele au sub suprafața aripii **termistori*** pentru măsurarea temperaturii aerului.

Termometrul cu cristale lichide

Termometru care conține cristale lichide care își schimbă culoarea când sunt încălzite.



Termometrul cu cristale lichide aplicat pe piele arată temperatura.

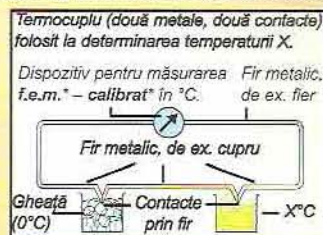
Termometrul digital

Termometru cu componentă electrică sensibilă la căldură.

Afișajul indică temperatura.

Termocuplul

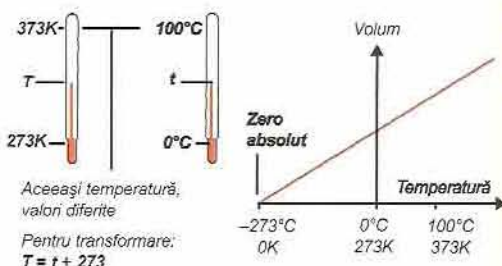
Un dispozitiv care pentru măsurarea diferenței de temperatură folosește **f.e.m.*** produsă prin contactele metalice.



Scara temperaturii absolute

Scara Celsius

Graficul volum-temperatură pentru gazul ideal* (vezi și pagina 32)



Scara Fahrenheit (°F)

O scară veche cu **punctul de topire** la valoarea de 32°F și cel de fierbere la 212°F (vezi repere fixe). În lucrările științifice se folosește rar.

*Calibrare, 115; Forță electromotoare (f.e.m.), 60; Gaz ideal, 33; Menisc, 115; Rezistență, 62; Termistor, 65.

TRANSFERUL DE CĂLDURĂ

Când există o diferență de temperatură, **energia calorică** (vezi pagina 9) este transferată din locul mai cald spre locul mai rece prin **conducție**, **convecție** sau **radiație**. Acesta crește **energia internă*** a atomilor mai reci, crescându-le temperatura, și scade energia atomilor mai calzi, scăzându-le temperatura. Acest fenomen se continuă până când temperaturile se egalează – stare numită **echilibru termic**.

Conducția sau conducția termică

Modul în care se transferă căldura substanțelor solide (și, într-o proporție mult mai mică, a lichidelor și gazelor). În **conductori** buni, transferul de energie este rapid, făcându-se prin mișcarea **electronilor*** liberi (electroni care se pot mișca în jurul lor), dar și prin vibrația atomilor – vezi **izolatori** mai jos.

Căldura este transferată prin aer prin **conducție** (metalul este un **conductor** bun).

Electronii* încălzii dobândesc **energie cinetică***. Se mișcă rapid în toate direcțiile.

Electronii se ciocnesc de atomi, eliberând energie calorică.

Atomii calzi vibrează, dar se ciocnesc doar de vecini.

Izolatori

Materiale ca lemnul și majoritatea lichidelor și gazelor, în care procesul de **conducere** este foarte lent (ele sunt **conductori slabi**). Deoarece ele nu au **electroni*** liberi, energia calorică este transferată doar prin conducția dată de vibrația și ciocnirea dintre atomii învecinați.

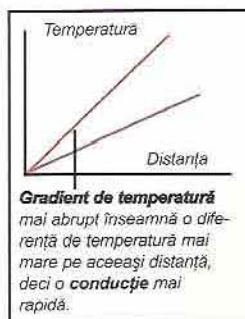
Convecția

Modul în care se transferă energia calorică în lichide și gaze. Dacă un lichid sau un gaz este încălzit, el se dilată și se ridică. Lichidul sau gazul mai dens și mai rece coboară pentru a-i lua locul. Astfel se formează un **curent de convecție**. Figura din dreapta prezintă modul în care curenții de convecție produc briza de coastă pe timpul zilei și reversul pe timpul nopții.

Conductivitatea sau conductivitatea termică

Măsura calității de conductor de căldură a substanței (vezi și pagina 112). Transferul de energie calorică pe unitatea de suprafață printr-un corp depinde de material și de **gradientul de temperatură**. Acesta este variația de temperatură cu lungimea substanței. Cu cât conductivitatea este mai crescută și gradientul este mai mic, cu atât transferul de energie are loc mai rapid.

Planoarele sunt încălzite prin **convecția curenților** de aer cald.



Gradientul de temperatură

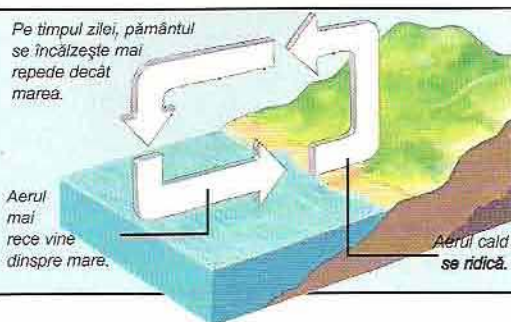
$$\frac{t_2 - t_1}{x}$$

unde t_1, t_2 = temperaturile în punctele 1 și 2; x = distanța

Transfer de energie pe unitatea de suprafață

$$k \frac{t_2 - t_1}{x}$$

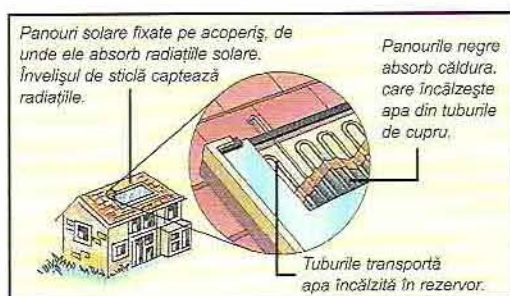
unde k = conductivitatea metalului



Radiația

Modul prin care se face transferul de energie calorică dintr-un loc mai cald într-unul mai rece, fără ca **mediul*** să participe la acest proces. Spre deosebire de conducție și de **convecție**, acest proces se poate produce în vid. Termenul de radiație este folosit adesea și pentru denumirea energiei calorice, cunoscută altfel și sub denumirea de **energie calorică radiantă**. Aceasta ia forma **undelor electromagnetice***, mai ales **radiația infraroșie***. Când aceste unde cad pe un corp, o anumită parte a energiei lor este absorbită, crescând **energia internă*** a corpului și deci și temperatura lui. Vezi și **cubul lui Leslie**, dreapta.

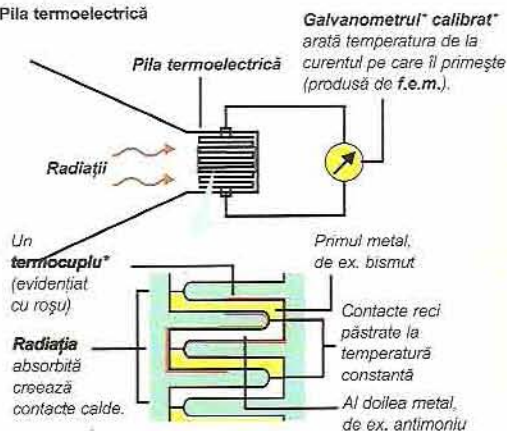
Utilizarea radiațiilor ca sursă de apă caldă



Pila termoelectrică

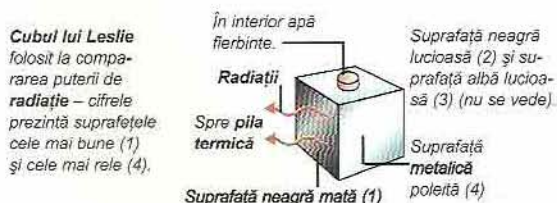
Un instrument pentru măsurarea nivelelor de **radiații**. Este alcătuită din două sau mai multe **termocupluri*** (în mod normal peste 50), unite la ambele capete. Radiațiile cad pe contactele metalice de pe o parte, iar diferența de temperatură dintre contactele calde și cele reci de pe partea cealaltă produce prin pila termoelectrică **f.e.m.***, a cărei mărime indică ce cantitate de radiație este absorbită.

Pila termoelectrică



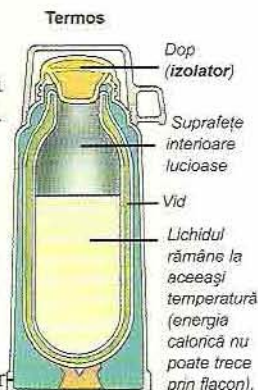
Cubul lui Leslie

Un cub gol, cu pereți subțiri (**conductor bun**), cu suprafețe exterioare diferite. Se utilizează pentru a arăta capacitatea diferită a suprafețelor de a **emite** și de a absorbi energia. Aceste capacități sunt comparate cu un ideal numit **corp negru**, care absoarbe toate radiațiile care cad pe el și este și cel mai bun radiator.



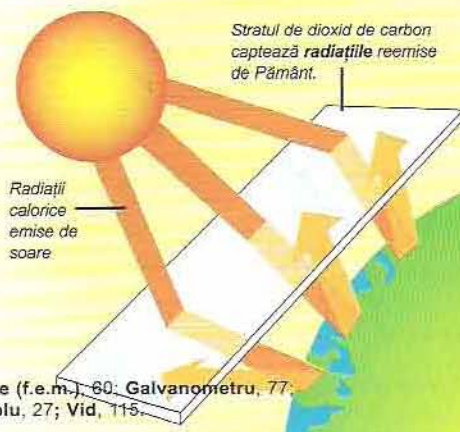
Termosul

Un flacon care păstrează conținutul la temperatură constantă. Este alcătuit dintr-un rezervor de sticlă cu **vid*** între pereții dubli (împiedicând transferul energiei calorice prin **conducție** sau **convecție**) cu suprafețe lucioase (minimalizând transferul prin **radiație**).



Efectul de seră

Efectul de încălzire produs când **radiațiile** sunt captate într-o zonă închisă, de exemplu o seră. Corpurile din interior absorb energia solară și emit radiații de energie mai joasă, care nu pot ieși prin sticlă. Dioxidul de carbon din atmosferă formează o barieră similară, iar nivelul său este în creștere, deci Pământul devine din ce în ce mai cald.



*Calibrare, 115; Unde electromagnetice, 44; Forță electromotoare (f.e.m.), 60; Galvanometru, 77; Radiație infraroșie, 45; Energie internă, 9; Mediu, 115; Termocuplu, 27; Vid, 115.

EFECTELE TRANSFERULUI DE CĂLDURĂ

Când un corp absoarbe sau emite **energie calorică**, **energia sa internă*** crește sau scade. Aceasta are ca rezultat schimbarea **stării de agregare**.

Schimbările stării de agregare

Schimbarea stării de agregare este modificarea de la o **stare fizică** (solidă, lichidă sau gazoasă) la alta (pentru detalii despre **stările fizice**, vezi pagina 5). Temperatura nu se schimbă în timpul schimbării de stare. De fapt, toată energia primită sau cedată este folosită la crearea sau ruperea legăturilor moleculare.

Aceasta se numește **căldură latentă (L)** – vezi graficele de la pagina 31. **Căldura latentă specifică (I)** a unei substanțe este o valoare stabilită, adică energia calorică primită sau cedată de 1kg de substanță.

Evaporarea

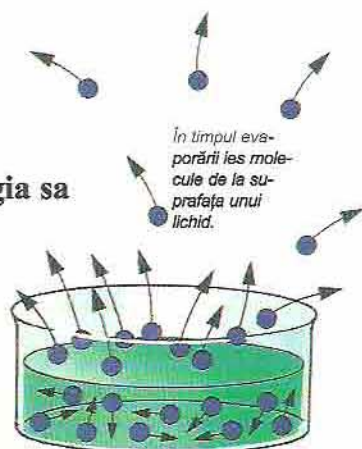
Transformarea unui lichid în vapori prin ieșirea moleculelor de la suprafața acestuia. Are loc la toate temperaturile, accelerându-se cu creșterea temperaturii, creșterea ariei de suprafață sau scăderea presiunii. De asemenea, se accentuează dacă vaporul este îndepărtat în imediata vecinătate a lichidului, prin aducerea unui curent de aer. **Căldura latentă** (vezi mai sus), necesară pentru evaporare, este preluată tocmai de la lichidul care se răcește și, în schimb, răcește și mediul înconjurător.

Schimbările stării de agregare

Temperatura rămâne constantă (vezi graficele, pagina 31).

Vaporizarea

Schimbarea stării lichide în stare gazoasă la o temperatură numită **punct de fierbere**. De asemenea, acest termen este folosit mai general pentru orice schimbare care are ca rezultat un gaz sau vapor, adică include **evaporarea** și **sublimarea**.



Condensarea

Schimbarea de la starea gazoasă sau de vapor la starea lichidă.

Topirea

Schimbarea stării solide în stare lichidă, la o temperatură numită **punct de topire** a solidului.

Solidificarea

Schimbarea stării lichide în stare solidă la **punctul de solidificare** (aceeași temperatură ca a **punctului de topire** a solidului).

Sublimarea

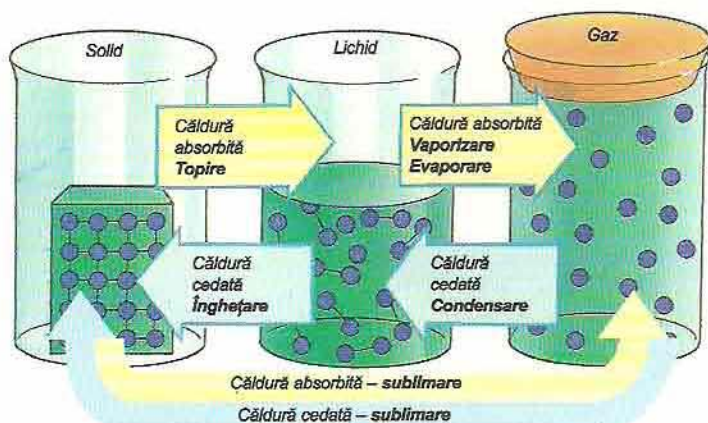
Transformarea unei substanțe din stare solidă direct în stare gazoasă sau viceversa, fără a mai trece prin starea lichidă. Iodul și dioxidul de carbon sunt două substanțe care se **sublimă**.

Schimbări datorate încălzirii

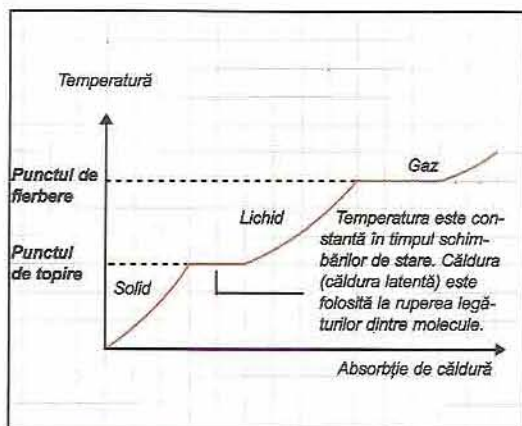
Energia calorică primită, care ar fi ridicat temperatura, este folosită (ca și **căldură latentă**) la ruperea legăturilor.

Schimbări datorate răcirii

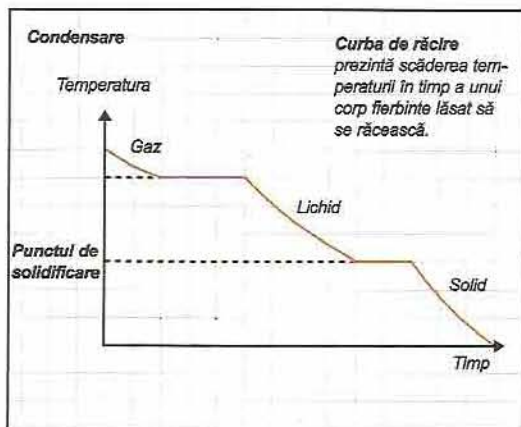
Energia calorică ce ar fi trebuit să se emită (**scăzând temperatura**) este utilizată pentru crearea legăturilor între molecule.



Grafice prezentând creșterea temperaturii la absorbție de căldură



Grafic prezentând scăderea temperaturii la răcirea corpului



Căldura latentă specifică de vaporizare

Energia calorică primită când 1 kg de substanță se transformă din stare lichidă în stare gazoasă la punctul său de fierbere. Este egală cu căldura cedată la reversul procesului.

Căldura latentă de topire

Energia calorică primită când 1 kg de substanță se transformă din stare solidă în stare lichidă la punctul său de topire. Este egală cu căldura cedată la reversul procesului (vezi și pagina 112).

$$Q = ml$$

unde Q = energia calorică cedată sau primită de corp
 m = masă; l = căldura latentă specifică

Căldura latentă în unități SI – J/kg.

Capacitatea calorică (C)

Energia calorică primită sau cedată de către un corp, când temperatura acestuia se modifică cu 1K. Este o proprietate a corpurilor și depinde de materialul din care sunt fabricate (precum și de temperatură și presiune), deci valoarea sa este diferită pentru fiecare corp.

$$Q = C(t_2 - t_1)$$

unde Q = energia calorică cedată sau primită; C = capacitatea calorică; t_1 și t_2 = temperatura inițială, respectiv temperatura finală

Unitatea SI* a capacității calorice este joule per kelvin (J K⁻¹).

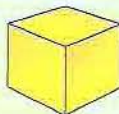
Capacitatea calorică specifică (c)

Energia calorică primită sau cedată când 1 kg de substanță își modifică temperatura cu 1K. Este proprietatea substanței, adică este o valoare stabilită pentru fiecare substanță (deși aceasta se schimbă cu temperatura și presiunea) (vezi și pagina 112).

$$Q = mc(t_2 - t_1)$$

unde m = masă
 c = capacitatea calorică specifică
 Q , t_1 , t_2 ca mai sus

Unitatea SI* a capacității calorice specifice este joule per kg per kelvin (J kg⁻¹ K⁻¹).

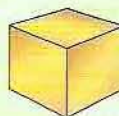
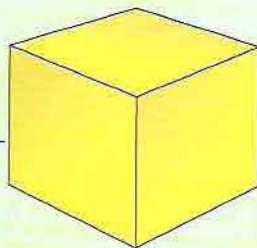


Masa (m) a 2 kg de bronz (capacitatea calorică specifică 380 J kg⁻¹ K⁻¹) încălzită o perioadă de timp stabilită. Temperatura crește de la 303K (t_1) la 307K (t_2).

$$Q \text{ (căldura primită)} = 2 \times 380 \times (307 - 303) \text{ J}$$

$$\text{Deci } Q = 3040 \text{ J}$$

Astfel, aceeași cantitate de energie calorică primită de 16 kg de bronz ar crește temperatura cu 0,5K.



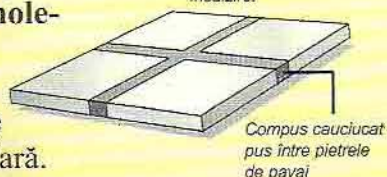
Aceeași cantitate de energie calorică cedată unei mase de 2 kg de cupru crește temperatura cu 3,8K.

Deci, capacitatea calorică specifică a cuprului este de 400 J kg⁻¹ K⁻¹.

DILATAREA LA CĂLDURĂ

Majoritatea substanțelor se dilată când sunt încălzite – moleculele lor se mișcă mai repede și se îndepărtează. Capacitatea de dilatare (**expansiunea**) depinde de **forțele intermoleculare***. La aceeași cantitate de căldură aplicată (la presiune constantă), solidele se dilată mai puțin, pentru că moleculele lor sunt mai apropiate unele de altele și posedă cea mai puternică forță intermoleculară.

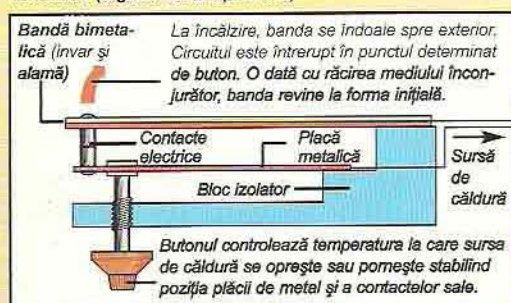
La construirea clădirilor trebuie luată în calcul dilatarea solidelor la încălzire.



Banda bimetalică

Un dispozitiv care arată dilatarea solidelor la căldură. Este alcătuit din două benzi metalice diferite, unite pe lungimea lor (egală). La încălzire sau răcire, ambele metale se dilată, respectiv se contractă, dar la valori termice diferite, astfel, banda se îndoaie. Acest tip de benzi se folosesc la **termostate**.

Termostat (reglator de temperatură)



Dilatarea liniară (α)

Variația lungimii sale inițiale cu care un solid se dilată la o creștere a temperaturii cu 1K.

Dilatarea superficială sau de suprafață (β)

Variația suprafeței sale inițiale cu care un solid se dilată la o creștere de temperatură cu 1K.

Pentru solide sau lichide:

$$\text{Dilatarea (liniară, superficială sau în volum)} = \frac{\text{modificarea în (lungime, suprafață sau volum)}}{(\text{lungime, suprafață sau volum}) \text{ inițial} \times \text{creșterea temperaturii}}$$

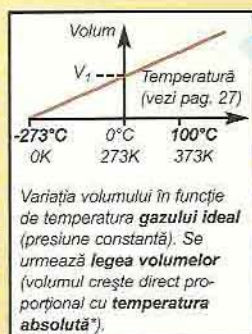
Rețineți că singura valoare relevantă pentru lichide este **dilatarea în volum**. Ea poate fi **reală** sau **aparentă** (vezi dreapta) și la fel este și schimbarea volumului din formulă.

Pentru gaze:

$$\text{Dilatarea în volum} = \frac{\text{schimbarea volumului la presiune constantă}}{\text{volum la } 0^{\circ}\text{C (273K)} \times \text{creșterea temperaturii}}$$

Dilatarea cubică sau de volum (γ)

Variația volumului inițial, prin care un solid se dilată la o creștere de temperatură cu 1K. Când se presupune că se comportă ca **gazele ideale**, are aceeași valoare pentru toate gazele (la presiune constantă). Deoarece gazele se dilată foarte mult, volumul inițial este considerat întotdeauna la 0°C , astfel încât să se poată face comparații potrivite (nu este necesar la solide sau lichide, deoarece variațiile sunt mici).



De la volumul zero până la un volum la 0°C (V_1), există 273 de grade de temperatură.

Graficul crește proporțional, deci pentru fiecare grade (kelvin), volumul de gaz crește cu $1/273$ din volumul V_1 .

Deci, pentru un gaz ideal:

$$\text{Dilatația cubică} = \frac{1}{273} \text{ K}^{-1}$$

Dilatarea în volum absolută sau reală

Variația volumului cu care un lichid se dilată la o creștere de temperatură de 1K.

Dilatarea în volum aparentă

Variația volumului cu care se dilată aparent un lichid la o creștere de temperatură de 1K. De fapt, căldura absorbită produce și o ușoară dilatare a vasului care conține lichidul, deci calculele nu mai sunt valabile.

Dilatarea anormală

Fenomenul în care unele lichide, în loc să se dilate la o anumită creștere de temperatură, se contractă (de ex. apa între 0°C și 4°C).

Studiul gazelor

Toate gazele se comportă în mod asemănător și există câteva **legi ale gazelor** care descriu comportarea lor (vezi jos și dreapta). **Gazul ideal** este un gaz teoretic care, prin definiție, se supune cu exactitate **legii lui Boyle**, la toate temperaturile și presiunile, dar se supune și celorlalte două legi.

Când gazele reale se găsesc la temperaturi și presiuni normale, ele prezintă cu aproximație gazului ideal (cu cât temperatura este mai ridicată și presiunea mai scăzută, cu atât aproximația este mai corectă), deci legile se pot aplica generalizat.

Legea lui Boyle

Volumul unei mase de gaz date, la o temperatură constantă, variază invers proporțional cu presiunea. De exemplu, dacă presiunea asupra gazului crește, volumul descreește proporțional – moleculele se apropie unele de altele. Rețineți că presiunea exercitată de gaz crește (moleculele lovesc pereții vasului mai frecvent).

Legea lui Boyle

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ sau } PV = \text{constant}$$

Legendă

P = presiune

V = volum

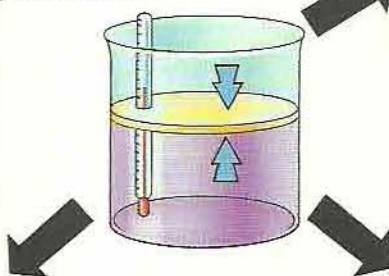
T = temperatura **absolută***

R = constanta gazului ideal*

Legea presiunii

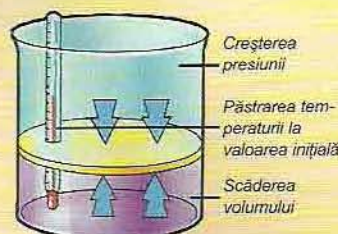
Presiunea unei mase de gaz date, cu un volum constant, variază direct proporțional cu **temperatura absolută***. De exemplu, dacă temperatura crește, dar volumul este constant, presiunea din gaz crește proporțional – moleculele se mișcă mai rapid și lovesc mai frecvent pereții containerului. Rețineți că pentru a menține volumul constant, presiunea exercitată asupra gazului trebuie să crească.

Gaz la temperatură, presiune și volum constant



Ecuatia gazului ideal, ecuația generală a gazelor sau ecuația de stare face legătura dintre temperatură, presiune și volum. Pentru un mol de gaz:*

$$\frac{PV}{T} = R \text{ sau } PV = RT$$



Creșterea presiunii

Păstrarea temperaturii la valoarea inițială

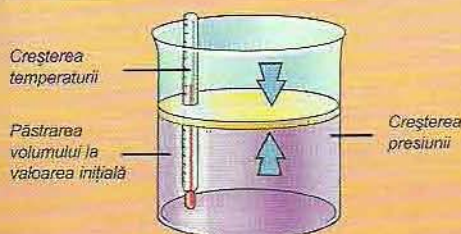
Scăderea volumului

Legea volumelor

Volumul unei mase de gaz date, la o presiune constantă, variază direct proporțional cu **temperatura absolută***. De exemplu, dacă temperatura crește și se păstrează aceeași presiune, volumul crește direct proporțional (container expandabil) – moleculele se despart mai mult și mai rapid. Rețineți că presiunea exercitată de gaz rămâne constantă (moleculele lovesc pereții cu aceeași frecvență – au spațiu mai mult, dar energie mai mare).

Legea presiunii

$$P \propto T \text{ sau } \frac{P}{T} = \text{constant}$$



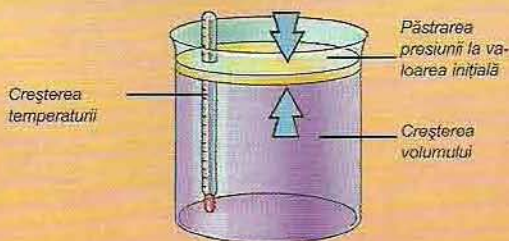
Creșterea temperaturii

Păstrarea volumului la valoarea inițială

Creșterea presiunii

Legea volumelor

$$V \propto T \text{ sau } \frac{V}{T} = \text{constant}$$



Păstrarea presiunii la valoarea inițială

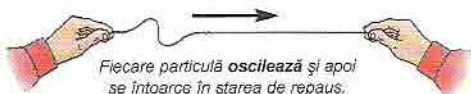
Creșterea volumului

*Scara temperaturii absolute, 27; Constanta gazelor, 113; Mol, 96.

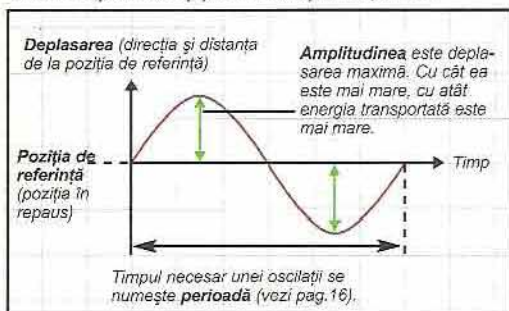
UNDELE

Toate undele transportă energia fără să deplaseze punctele **mediului*** prin care se propagă. De asemenea, ele se mai numesc unde **progresive**, deoarece energia se propagă de la o sursă la punctele înconjurătoare (vezi și **unda staționară**, pag. 43). Există două tipuri principale – **unde mecanice**, cum sunt undele acustice, și **unde electromagnetice** (vezi pag. 44). În toate cazurile, propagarea undelor este o **mișcare periodică** – (vezi pag. 16) sub forma oscilațiilor – modificări periodice între două extreme. În cazul undelor mecanice, particulele (moleculele) sunt cele care **oscilează**, iar în cazul undelor electromagnetice, câmpul electric și cel magnetic.

Unda mecanică (unda transversală) se propagă prin fir.



Graficul deplasare/timp pentru oscilația unei particule



Unde transversale

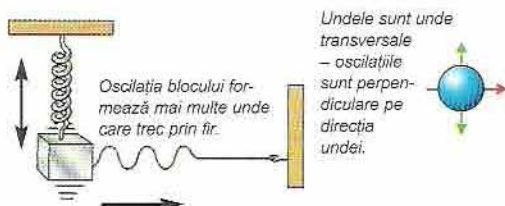
Undele ale căror oscilații sunt perpendiculare pe direcția propagării energiei (unda), de exemplu undele de apă (oscilația particulelor) și toate **undele electromagnetice*** (oscilația câmpurilor – vezi introducerea).

Ventre și maxime

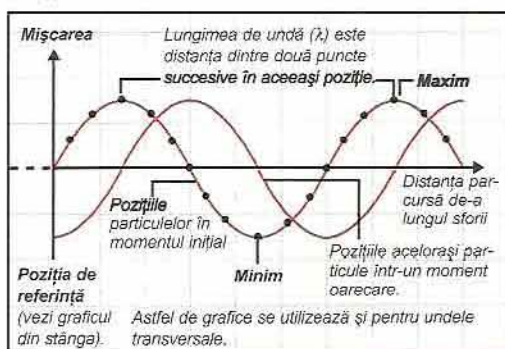
Punctele în care undele produc deplasarea pozitivă maximă a punctelor **mediului***. Propagarea unor unde este vizibilă (undele de apă).

Ventre și minime

Punctele în care undele produc deplasarea negativă maximă a punctelor **mediului***. Minimele unor unde sunt vizibile, de exemplu, în mișcarea undelor de apă.

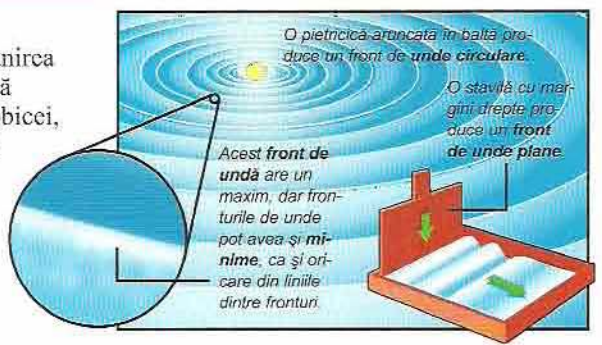


Graficul deplasare/distanță pentru particulele dintr-o secțiune în fir, în două momente fixe



Fronturi de unde

Orice linie sau suprafață obținută prin unirea tuturor punctelor atinse de oscilație după același timp de propagare. De obicei, fronturile de unde formează unghi drept cu direcția de propagare a undelor și pot lua orice formă, de exemplu fronturi de unde **circulare** sau **plane**.

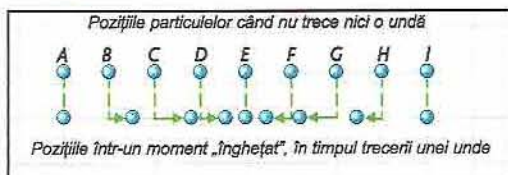


Undele longitudinale

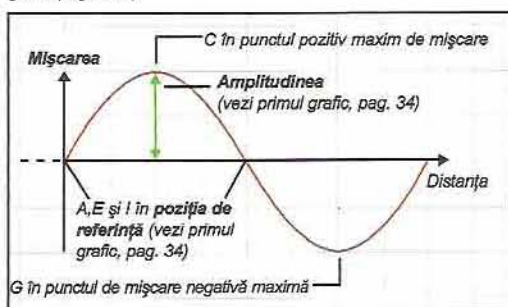
Undele în care oscilațiile se produc de-a lungul direcției de propagare a unde, de exemplu undele sonore. Ele sunt **unde mecanice** (vezi introducerea), adică particulele sunt cele care oscilează.



În undele longitudinale, particulele oscilează de-a lungul direcției unde.



Graficul particulelor de mai sus într-un moment „înghețat” În acest caz, graficul nu este reprezentarea unei (vezi al doilea grafic, pagina 34).



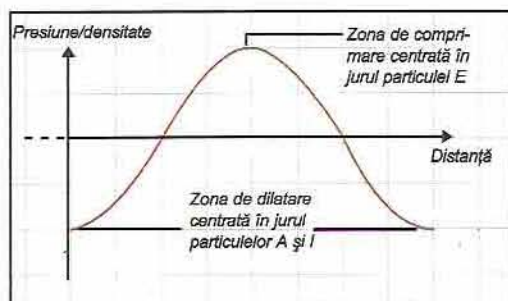
Comprimările

Regiuni din unda longitudinală, unde presiunea și densitatea moleculelor sunt mai mari decât atunci când nu se propagă nici o undă.

Dilatările

Regiuni din unda longitudinală, unde presiunea și densitatea moleculelor sunt mai mici decât atunci când nu se propagă nici o undă.

Graficul presiunii sau densității și distanței pentru o undă longitudinală prezintă comprimările și dilatările.



Viteza de propagare a unde

Distanța parcursă de undă într-o secundă. Depinde de **mediul*** prin care se propagă unda.

$$\text{Viteza de propagare} = \frac{\text{distanța parcursă de undă}}{\text{timp}}$$

$$= \frac{\text{numărul de unde printr-un punct} \times \text{lungimea de undă}}{\text{timp}}$$

$$= \text{frecvența} \times \text{lungimea de undă}$$

Deci:

$$v = f \lambda \quad \text{unde } v = \text{viteza de propagare} \\ f = \text{frecvența}; \lambda = \text{lungimea de undă}$$

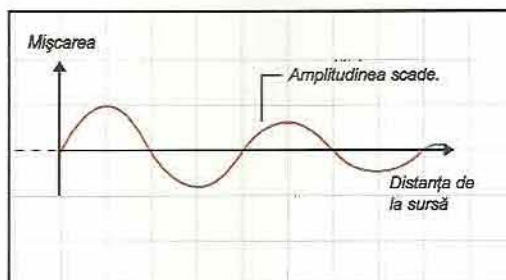
Frecvența (f)

Numărul de oscilații care au loc într-o secundă, când undele se propagă printr-un punct dat (vezi și pag. 16). Este egală cu numărul de **lungimi de undă** (vezi al doilea grafic, pag. 34) pe secundă.

Atenuarea

Scăderea treptată a **amplitudinii** unei unde când aceasta se propagă printr-o substanță și pierde energie. Amplitudinile oscilațiilor care au loc după traversarea substanței sunt mai mici decât cele apropiate de sursă. Acest lucru se poate concepe ca o **frânare*** globală.

Grafic prezentând o undă atenuată



Intensitatea unde

Caracterizează energia transportată de o undă. A fost calculată ca fiind cantitatea de energie care cade asupra unității de suprafață într-o secundă. Depinde de **frecvența** și **amplitudinea** unde, precum și de **viteza de propagare**.

*Frânare, 16; Mediu, 115.

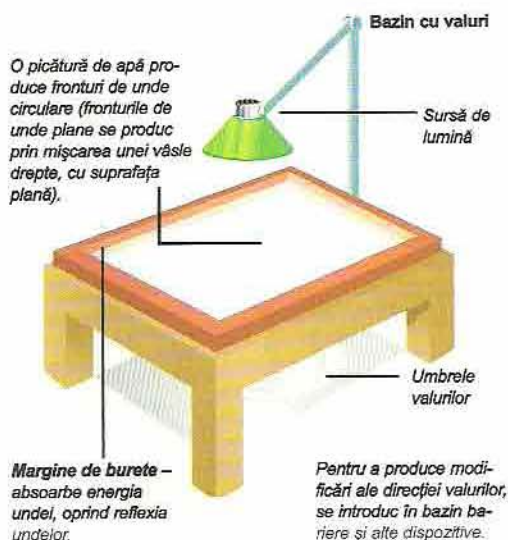
REFLEXIA, REFRACTIA SI DIFRACTIA

Un obstacol sau o schimbare a **mediului*** fac ca unda să treacă prin **reflexie, refracție sau difracție**.

Acestea sunt schimbări în direcția undei și adesea au ca rezultat schimbarea formei **fronturilor de unde***. Pentru mai multe informații despre reflexia și refracția luminii, vezi paginile 47-53.

Bazinul cu valuri

Un bazin de apă folosit pentru demonstrarea proprietăților undelor de apă (vezi dreapta).



Reflexia

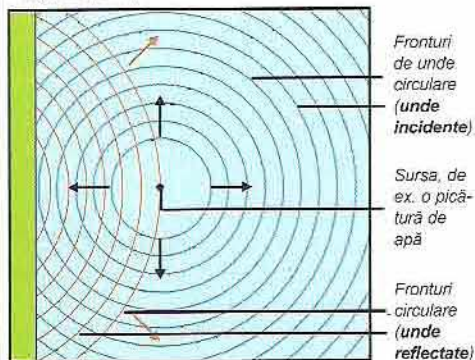
Schimbarea direcției unei unde, datorită întâlnirii ei cu suprafața de separare a două **medii***. Unda care a suferit o reflexie se numește **undă reflectată**. Forma fronturilor de undă depinde de fronturile de **unde incidente** și de forma suprafeței de separare. Pentru mai multe informații despre reflexia undelor luminoase, vezi paginile 47-49.

Unda incidentă

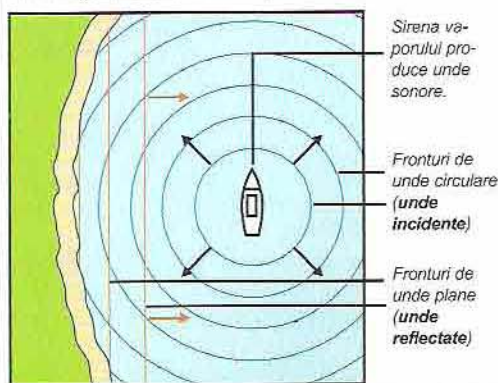
Unda care se propagă spre suprafața de separare dintre două **medii***. Fronturile ei de unde se numesc fronturi de **unde incidente**.

Exemple de forme de unde reflectate

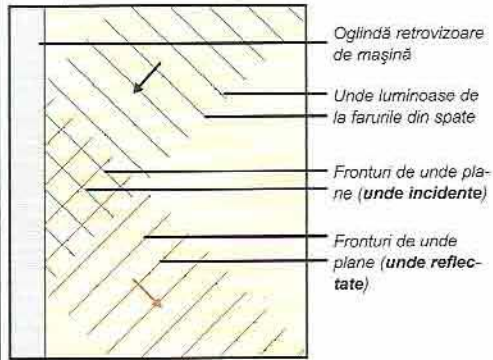
Fronturile de unde circulare care lovesc o suprafață de separare plană produc fronturi de unde circulare.



Fronturile de unde circulare ce lovesc o suprafață de separare concavă produc fronturi de unde plane.



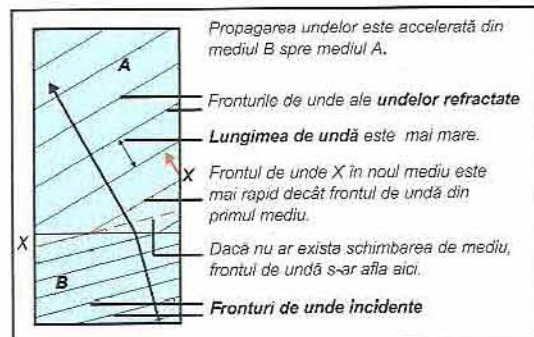
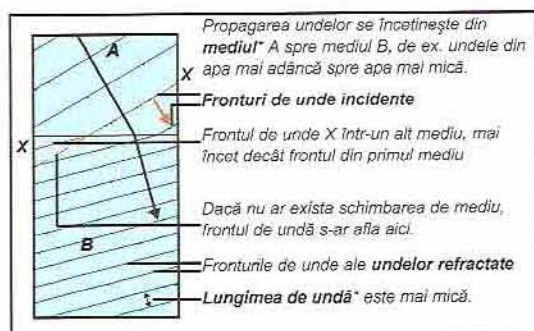
Fronturile de unde plane care lovesc o suprafață de separare plană produc fronturi de unde plane.



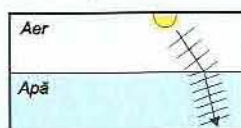
Refracția

Schimbarea direcției unei unde când aceasta trece într-un alt **mediu*** care o face să se propage cu o viteză diferită. Unda care a suferit o refracție se numește **undă refractată**. O dată cu schimbarea vitezei de propagare, **lungimea de undă*** crește sau scade, dar **frecvența*** ei nu se modifică. Pentru mai multe informații despre refracția unei luminoase, vezi paginile 50-53.

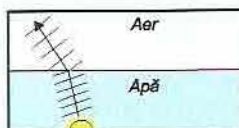
Exemple de refracție a undelor într-un bazin cu valuri, când acestea se propagă într-un alt mediu.



Alte exemple:



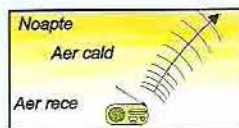
Undele încetinesc la intrarea într-un mediu mai dens.



Ele se accelerează la intrarea într-un mediu mai puțin dens.



Undele sonore încetinesc la intrarea într-un mediu mai rece (mai rece înseamnă mai dens).



Ele se mișcă accelerat la intrarea într-un mediu mai cald (mai cald înseamnă mai puțin dens).

Indicele de refracție (n)

Un număr care indică puterea de refracție a unui **mediu*** dat în raport cu un alt mediu. Se obține prin raportul dintre viteza **undei incidente** din primul mediu și viteza **undei refractate** din mediul dat (se folosesc numere subscrise – vezi formula).

Indicele de refracție absolut al unui mediu îl reprezintă viteza luminii în vid (sau, în general, în aer), împărțită la viteza luminii în acel mediu*.

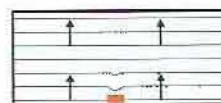
$$n_2 = \frac{v_1}{v_2} \quad \text{unde } v_1, v_2 = \text{vitezele în primul și al doilea mediu*}.$$

Aceasta reprezintă **indicele de refracție al mediului* 2 în raport cu mediul 1.**

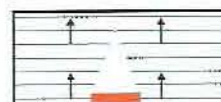
Difracția

Fenomenul de ocolire aparentă care are loc când o undă întâlnește un obstacol sau trece printr-o deschidere. Acest lucru depinde de mărimea obstacolului sau a deschiderii de mărime comparabilă cu **lungimea de undă***. Cu cât obstacolul sau deschiderea sunt mai mici, cu atât unda se difractează mai mult.

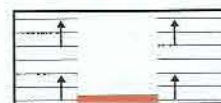
Difracția undelor (unde sonore) în jurul obstacolului



Obstacol mic în comparație cu **lungimea de undă*** (lungimea de undă a sunetului este de aproximativ 2 m) – difracție pronunțată.

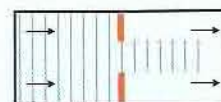


Obstacol de mărimea lungimii de undă – difracție, deci se formează „umbră”, adică zonă prin care nu trec undele.



Obstacol mare în comparație cu lungimea de undă – aproape că nu există difracție, deci se formează „umbră” mare.

Difracția undelor de apă printr-o deschidere



Deschidere largă în comparație cu **lungimea de undă*** – difracție mică



Deschidere de mărimea lungimii de undă – puțină difracție



Deschidere îngustă – difracție pronunțată

*Frecvență, 35; Mediu, 115; Lungime de undă, 34.

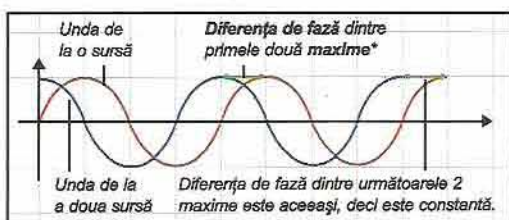
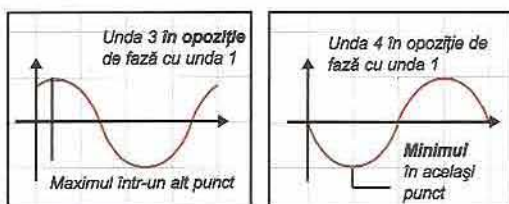
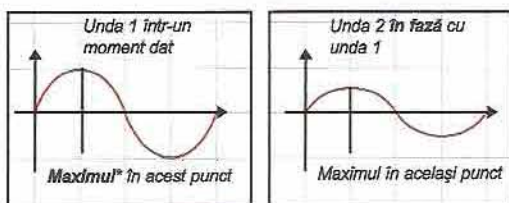
*Pentru mai multe informații despre **indicele de refracție** și lumină, vezi pagina 50.

INTERFERENȚA UNDELOR

Când două sau mai multe unde se propagă în aceeași direcție sau în direcții diferite într-un mediu dat, în punctele de întâlnire au loc variații în mărimea perturbării rezultate (vezi **principiul suprapunerii sau al superpoziției**). Acest efect se numește **interferență**. Pentru demonstrarea interferenței, de ex. într-un **bazin cu valuri***, se utilizează întotdeauna **unde coerente**, adică unde cu aceeași lungime de undă și frecvență și în fază sau cu **diferență de fază** constantă (vezi **faza**). Astfel se asigură faptul că interferența produce un model de **interferență de perturbare** regulat și identificabil (vezi imagine, pag. 39). Folosirea undelor noncoerente ar avea ca rezultat doar unde nestăționare.

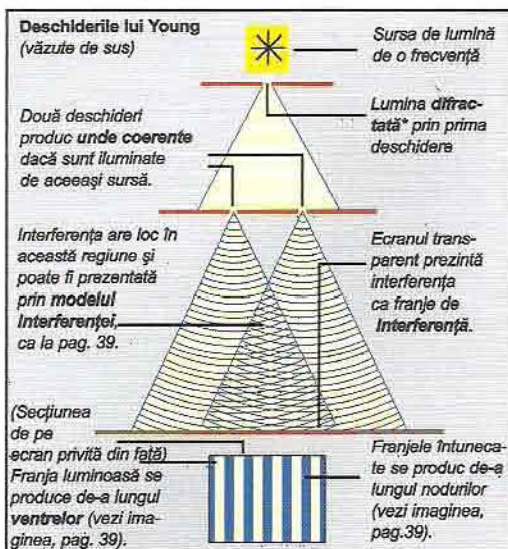
Faza

Două unde sunt **în fază** dacă au aceeași frecvență și dacă, în același moment, punctele lor corespunzătoare se află în același loc în timpul oscilațiilor lor (de exemplu ambele la **maxim***). Sunt în opoziție de fază dacă nu se întâmplă așa și mișcările lor sunt exact opuse (exemplu un **maxim** și un **minim***). **Diferența de fază** dintre două unde este calculată ca unghiul dintre un punct al unei unde aflat în fața sau după punctul corespunzător de pe cealaltă undă. Diferența de fază a unei în opoziție de fază este de 180° ; pentru undele în fază este 0° .



Deschiderile lui Young

O succesiune de deschideri înguste, paralele, folosite pentru crearea a două izvoare de lumină **coerentă** (vezi introducerea). Undele luminoase coerente nu pot fi produse (pentru studiul interferenței) la fel de ușor ca și celelalte unde coerente, deoarece emisia de unde luminoase este, de obicei, întâmplătoare. Interferența luminii **difRACTATE*** prin deschideri este văzută pe ecran ca niște benzi luminoase și întunecate numite **franje de interferență**.



Principiul suprapunerii

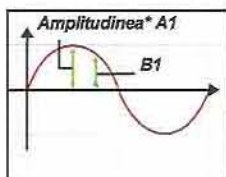
Dacă într-un punct se produce **suprapunerea** a două sau mai multe unde (ceea ce înseamnă că două sau mai multe unde se unesc), mișcarea rezultată este egală cu suma mișcărilor (pozitive sau negative) fiecărei unde în parte.

Interferența cu caracter constructiv

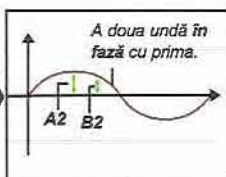
Creșterea amplitudinii (întărirea) care rezultă din suprapunerea a două sau mai multe unde care sunt în fază (vezi faza).

Interferența constructivă

Prima undă

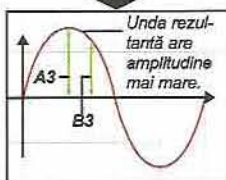


Coincide cu



Conform **principiului suprapunerii** (vezi pag. 38), $A1 + A2 = A3$. Este valabil pentru mișcarea din orice alt punct, ex. $B1 + B2 = B3$.

Dacă două unde de amplitudine $A1$ coincid în fază, amplitudinea rezultantă este dublul amplitudinii inițiale.

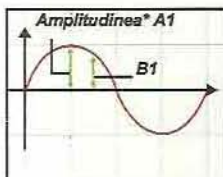


Interferența cu caracter distructiv

Scăderea amplitudinii care rezultă din suprapunerea a două unde care sunt în opoziție de fază.

Interferența distructivă

Prima undă

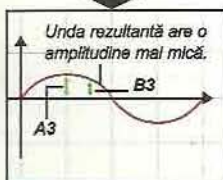


Coincide cu



Și interferența distructivă se supune **principiului suprapunerii**. Deci $A1 + A2 = A3$.

Dacă două unde de amplitudine $A1$ care coincid sunt în opoziție de fază, amplitudinea rezultantă este zero.



Noduri sau puncte nodale

Punctele în care interferența distructivă are loc încontinuu și care sunt puncte de minimă perturbare, adică puncte în care un **maxim*** întâlnește un **minim*** sau **comprimarea*** se suprapune cu **dilatarea***. Linia nodală este linia care constă în întregime din noduri. În funcție de unde, liniile nodale pot indica, de pildă, apele liniștite, sunetele slabe sau întunericul (vezi imaginea **deschiderilor lui Young**, pag. 38).

Ventrele sau punctele antinodale

Puncte în care are loc încontinuu **interferența constructivă** și care, prin urmare, sunt puncte de maximă perturbare, adică puncte în care se întâlnesc două **maxime***, **minime***, **comprimări*** sau **dilatări***. Linia antinodală este linia care constă în întregime din ventre. În funcție de unde, liniile antinodale pot indica de exemplu zone cu ape turburi, sunete puternice sau lumină strălucitoare (vezi imaginea **deschiderilor lui Young**).

Modelul interferenței într-un moment fix

(nu sunt prezentate toate liniile antinodale/nodale).

Două surse ($S1$ și $S2$) produc unde coerente, în acest caz, în fază.

Linie nodală (Interferență distructivă). Dacă undele au aceeași amplitudine, perturbarea din toate punctele este zero.

Maxim* sau comprimare*

Minim* sau dilatare*

Linie antinodală (interferență constructivă)

UNDELE SONORE

Undele sonore, numite și **unde acustice**, sunt **unde longitudinale***, unde formate din particule care oscilează de-a lungul direcției care coincide cu direcția de propagare, creându-se astfel zone de înaltă sau joasă presiune (**comprimări*** sau **dilatări***). Ele se pot propaga prin medii solide, lichide sau gaze și au limite mari de **frecvență***. Urechea umană le percepe pe cele cu frecvența cuprinsă între 20 și 20.000 de **Hertz*** (**limita sonică**) și tot acestea sunt cele la care se face referire când se vorbește despre sunet (pentru mai multe informații privind perceperea sunetului, vezi paginile 42-43). Celelalte unde cu frecvențe mai înalte sau mai joase sunt numite **ultrasunete** și **infrasunete**. Cu studiul undelor sonore se ocupă **acustica**.



Liliecii emit unde ultrasonice pentru localizarea obiectelor.

Ultrasunetul

Sunetul format din **unde ultrasonice** – unde cu **frecvențe*** peste limita de percepție a urechii umane, adică peste 20.000 de **Hertz***. Ultrasunetul are o mulțime de utilizări.

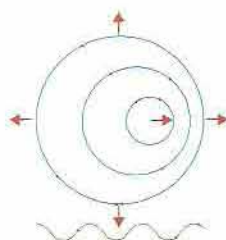
Ultrasunetul se folosește în scanarea ultrasonică a corpului uman (utilizează ecouri – vezi pagina 41).

Osul, grăsimea și mușchii reflectă diferit **unde ultrasonice**. Undele reflectate (**ecouri**), de ex. cele ale unui făt, sunt convertite în impulsuri electrice care formează o imagine (**scanare**) pe ecran.



Boom sonic

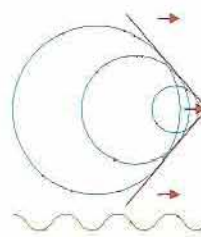
Zgomotul puternic auzit când **unda de șoc** produsă de un avion care se deplasează cu **viteza supersonică** trece pe lângă un ascultător.



Când avionul A se deplasează înainte, acesta creează în aer **unde longitudinale***, adică zone de înaltă și joasă presiune (**comprimări*** și **dilatări***).

Fronturile de unde* se pot „îndepărta” de avion și încep să se disperseze.

Ascultătorul din punctul X va auzi unde ca sunete (un „vuiet” de aer – precum și sunetul distinct al motoarelor).



Avionul **supersonic** (A) își ajunge din urmă fronturile de unde în timp ce creează altele, astfel încât ele se suprapun.

Se creează o presiune mare (**unde de șoc**), care este împinsă înaintea avionului și poate fi „îndepărtată”. Este asemănătoare cu unda curbilinie a unui vas (dacă vasul se deplasează mai repede decât undele de apă pe care le creează).

Ascultătorul din punctul X va auzi unda ca pe un **boom sonic** neașteptat, puternic.

Infrasunetul

Sunetul format din **unde infrasonice** – unde cu **frecvențe*** sub limita percepției umane, adică sub 20 **Hertz***. În prezent, undele infras sonore au puține utilizări tehnice, deoarece produc senzație de disconfort la oameni.

Studiul undelor sonore

Viteza sunetului

Viteza de deplasare a sunetului depinde de natura și temperatura **mediului*** prin care se propagă undele sonore. Viteza undelor sonore care se propagă prin aerul uscat la 0°C este de 331 m s⁻¹, dar, o dată cu creșterea temperaturii aerului, crește și viteza sau, cu scăderea temperaturii aerului, ea scade.

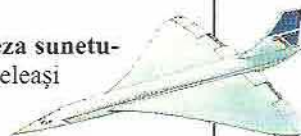
Viteza subsonică

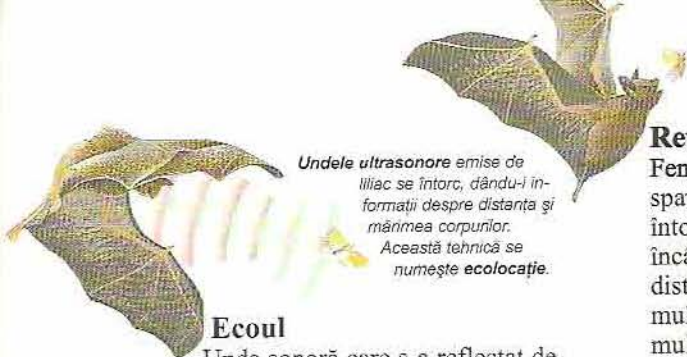
Viteza mai mică decât **viteza sunetului** într-un **mediu*** și în aceleași condiții.

Viteza supersonică

Viteza mai mare decât **viteza sunetului** într-un **mediu*** și în aceleași condiții.

Avion de persoane supersonic



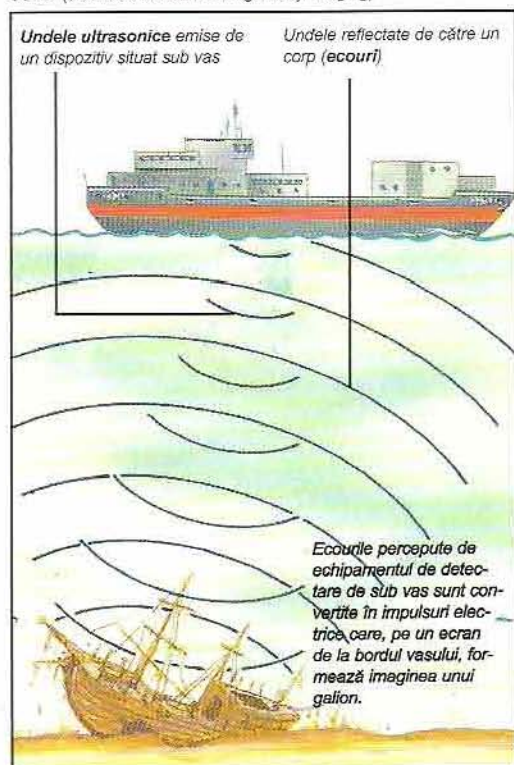


Undele ultrasonore emise de liliec se întorc, dându-i informații despre distanța și mărimea corpurilor. Această tehnică se numește **ecolocație**.

Ecoul

Unda sonoră care s-a reflectat de pe o suprafață și se percepe după sunetul original. Ecourile – de obicei cele ale **undelor ultrasonore** – sunt adesea utilizate la localizarea corpurilor și la determinarea poziției lor exacte (prin măsurarea duratei de reîntoarcere la sursă a ecoului). Această tehnică are numeroase denumiri, cu toate că diferențele dintre ele sunt nesemnificative. Un exemplu este **scanarea ultrasonoră**. Altele ar fi sonda cu **ecouri** și **sonarul**, ambele având utilizări marine (sonda cu ecouri se referă la utilizarea ecoului pentru măsurarea adâncimii apei de sub vas, iar sonarul folosește ecourile pentru detectarea corpurilor aflate sub apă). **Ecolocația** descrie modul prin care animalele utilizează ecouri pentru găsirea prăzii sau pentru evitarea obstacolelor în întuneric).

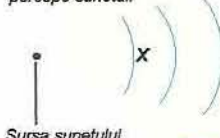
Sonar (derivă de la sound navigation și ranging)



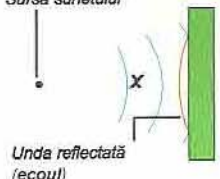
Reverberația

Fenomenul de persistență a unui sunet într-un spațiu închis. Are loc atunci când durata întoarcerii **ecoului** la sursă este atât de scurtă încât undele inițiale și cele reflectate nu se pot distinge. Dacă unda se reflectă de pe mai multe suprafețe, sunetul se intensifică mai mult.

Ascultătorul în punctul X percepe sunetul.



Sursa sunetului



Unda reflectată (ecoul)

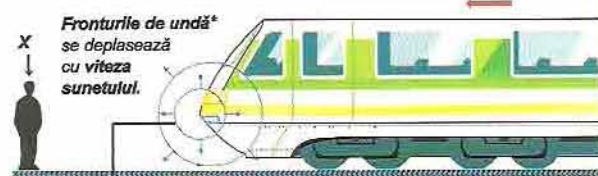
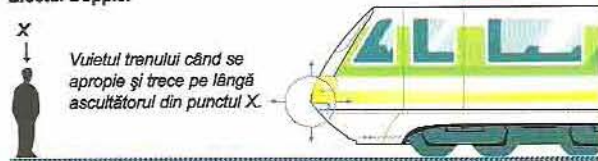
Va exista o pauză înainte ca ascultătorul să audă ecourile reflectate de pe această suprafață.

Ascultătorul în punctul X va percepe ecoul ca o continuare a sunetului (**reverberație**).

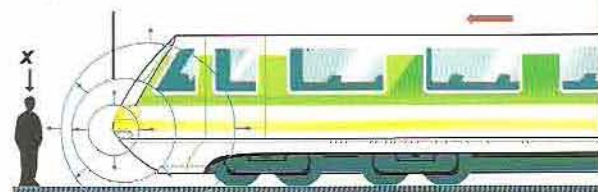
Efectul Doppler

Schimbarea **frecvenței** sunetului auzit când ascultătorul sau sursa se deplasează. Dacă distanța dintre acestea este în scădere, se aude un sunet de frecvență mai mare decât cea produsă în realitate. Dacă distanța crește, se aude un sunet de frecvență mai joasă.

Efectul Doppler



Trenul se deplasează, în timp ce produce undele sonore. În punctul X se aud sunete de **frecvență*** mai înaltă. Sunete de frecvență mai joasă se vor auzi când trenul a trecut.



*Frecvență, 35; Front de unde, 34.

PERCEPEREA SUNETULUI

Sunetele percepute de ureche pot fi în egală măsură plăcute sau neplăcute.

Când forma **undei sonore** (vezi paginile 40-41) se repetă periodic, sunetul este considerat, de obicei, plăcut.

Când forma undei nu se repetă și nu este periodică, sunetul este considerat ca fiind **zgomot**.

Fiecare sunet în parte are **putere** și **armonie** proprie și în special sunetele muzicale sunt produse de **unde staționare**.

Intensitate auditivă

Senzația fiziologică produsă când undele sonore ajung la ureche. Aceasta este subiectivă, depinzând de sensibilitatea urechii, dar este direct proporțională cu **intensitatea*** undei. Nivelul de tărie se măsoară în **decibeli (dB)**, dar cu precizie mai mare în **foni** (aceștia iau în considerare faptul că urechea nu este la fel de sensibilă la sunetele de toate **frecvențele***).

Avionul care decolează măsoară 11 dB.



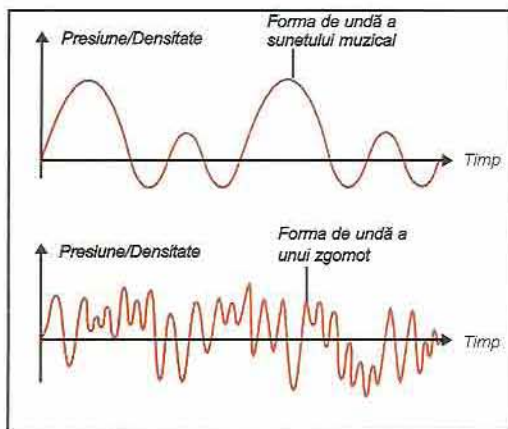
Tonul

Percepția **frecvenței*** binc determinate a unei unde sonore. Sunetul cu ton înalt are frecvență înaltă, iar sunetul cu ton coborât are frecvență joasă.

Sunetul trîlului unei păsări este un **ton înalt**. Are **frecvență*** mare.



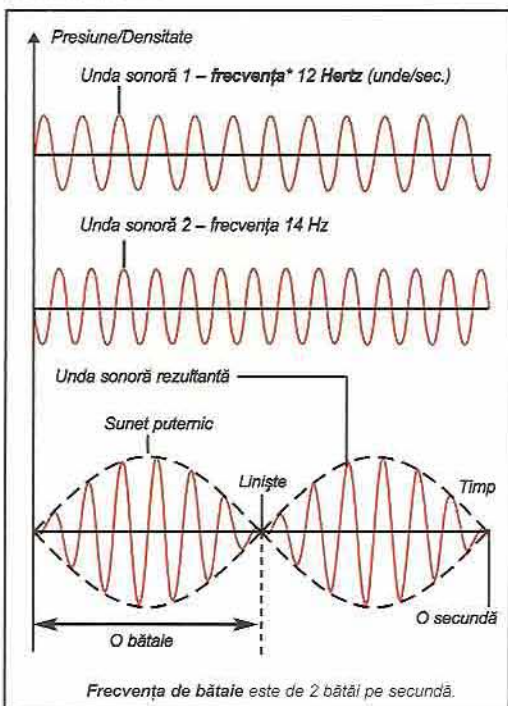
Motorul unui camion redă un **zgomot** cu tonuri joase. Are **frecvență*** joasă.



Bătăile

Se percepe când două sunete de **frecvență*** puțin diferită sunt auzite deodată. Acesta este rezultatul **interferenței*** dintre cele două unde. **Frecvența de bătaie** este egală cu diferența de frecvență dintre cele două sunete (vezi diagrama de mai jos). Cu cât frecvența sunetelor este mai apropiată, cu atât bătăile sunt mai rare.

Frecvența de bătaie



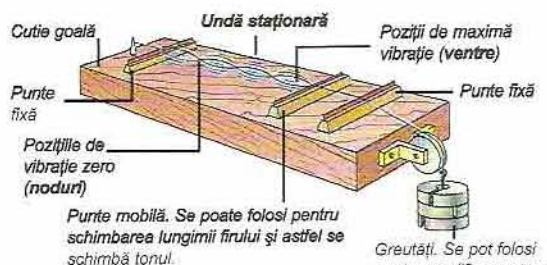
*Frecvență, 35; Interferență, 38; Intensitatea undei, 35.

Unda staționară

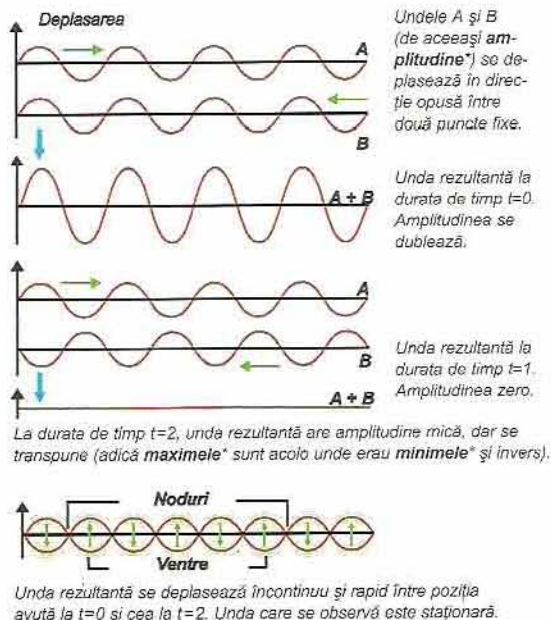
Unda care nu se deplasează. Este alcătuită din două unde de aceeași viteză și **frecvență***, care se deplasează continuu în direcții opuse între două puncte fixe (de exemplu, între capetele unui fir sau ale unei sârme întinse). Din suprapunerea repetată a undelor rezultă **interferența*** – când undele sunt **în fază***, **amplitudinea*** rezultantă este mare, iar când sunt **în opoziție de fază***, este mică sau nulă. În anumite puncte (în **noduri**), este întotdeauna zero. Amplitudinea și frecvența unei unde staționare dintr-un fir sau sârmă le determină și pe cele ale undelor sonore pe care le produce în aer.

Sonometrul

Aparat folosit pentru producerea **undelor staționare**. Firul întins vibrează, iar cutia sonoră amplifică sunetele date de vibrație.



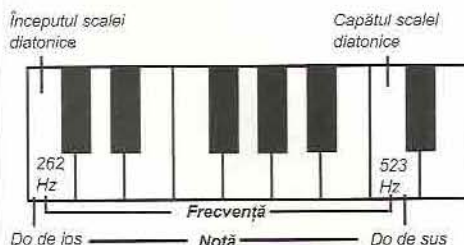
Formarea unei unde staționare



Sunetele muzicale

Toată muzica se bazează pe un fel de **scală muzicală**. Aceasta este alcătuită din **note** (sunete cu **tonuri** specifice), aranjate de la ton jos la ton înalt, cu intervale între ele (un **interval** muzical este intervalul de **frecvență*** și nu de timp). Notele sunt astfel aranjate încât să se obțină sunete plăcute. Aceasta depinde de cultura ascultătorului.

Scala muzicală occidentală se bazează pe **scala diatonică** – constă din 8 **note** (clapele albe ale pianului), de la C la C (de la Do la Do).



Clapele negre au **frecvențele*** cuprinse între cele ale notelor de pe **scala diatonică**. Împreună formează **scala cromatică**.

Moduri de vibrație

Aceeași notă cântată la instrumente diferite, deși poate fi recunoscută ca fiind aceeași, are o calitate a sunetului (**timbru**) caracteristică instrumentului. Așa se explică faptul că, deși cea mai puternică vibrație este aceeași pentru fiecare notă, indiferent de instrument (**frecvența*** sa este **frecvența fundamentală**), în același timp se produc vibrații de alte frecvențe (**armonici superioare**). Setul de vibrații specifice fiecărui instrument este modul de vibrație.

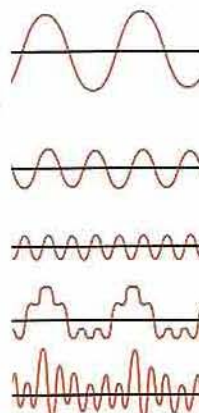
Frecvența proprie cea mai joasă (**frecvența fundamentală**) a unei note emise de un instrument dat. Dacă **frecvențele armonice** superioare sunt simpli multipli ai frecvenței fundamentale, se vorbește despre **armonie**.

Prima armonică superioară (a doua armonică superioară, adică frecvența dublată).

A doua armonică superioară. Este a patra armonică.

Modurile de vibrație combinate (cele trei împreună). Forma de undă caracteristică notei la acest instrument.

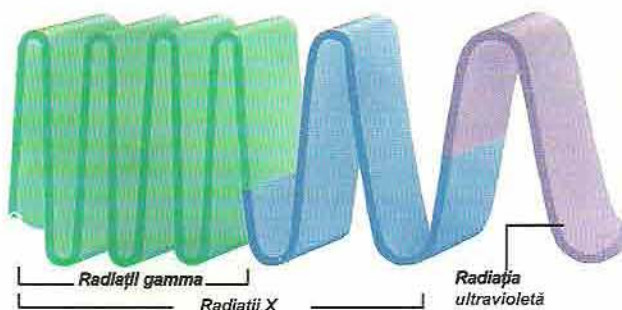
Frecvențele aceleiași note cântate pe un alt instrument



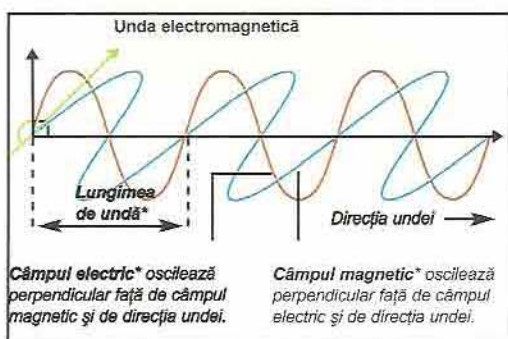
*Amplitudine, Maxime, 34; Frecvență, 35; În fază, 38 (Faza); Interferență, 38; Opoziție de fază, 38 (Faza); Minime, 34.

UNDELE ELECTROMAGNETICE

Undele electromagnetice sunt unde transversale*, fiind alcătuite din **câmpuri electrice și magnetice*** oscilante. Ele au un interval mare de **frecvențe***, pot traversa majoritatea **mediilor**, inclusiv vidul, și, când sunt absorbite, produc o creștere de temperatură (vezi **radiația infraroșie**). **Undele radio** și unele **raze X** sunt emise atunci când **electronii*** liberi se mișcă accelerat sau se încetinesc, de ex. în urma unei ciocniri. Celelalte tipuri apar când moleculele își schimbă starea energetică (vezi pag. 84) și se prezintă sub forma unor **fotoni** (vezi **teoria cuantică**, pag. 84). Pentru informații despre lungimile de undă și frecvențele diferitelor tipuri de undă (**spectrul electromagnetic**), vezi tabelul de la pagina 113.



Spectrul electromagnetic (scara undelor electromagnetice) prezentat mai sus este alcătuit din benzi de unde – frecvențe și lungimi de undă* specifice – în cadrul cărora undele au aceleași proprietăți caracteristice.*



Radiațiile Gamma (raze γ)

Unde electromagnetice emise de substanțe **radioactive*** (vezi și pag. 86). Ele se găsesc pe aceeași **bandă de undă** și au aceleași proprietăți ca și **radiațiile X**, dar se produc într-un mod diferit și se găsesc la capătul benzii în ceea ce privește energia.

Radiațiile X

Unde electromagnetice care **ionizează*** gazele prin care trec, produc **fosforescență** și realizează modificări pe plăcile fotografice. Ele sunt produse în **tuburi de radiații X*** și au numeroase aplicații.



Radiografia cu raze X produce imagini (radiografii) despre interiorul corpului. Radiațiile X trec prin țesuturi, dar sunt absorbite de oasele mai dense, astfel oasele apar opace.

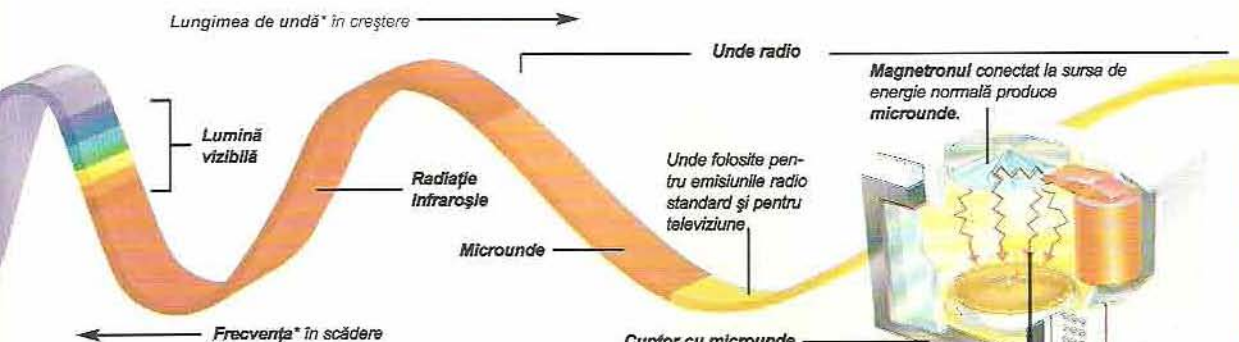
Radiațiile X au trecut prin această mână pentru a proiecta o imagine clară a oaselor pe placa fotografică.

Radiația ultravioletă (radiația UV)

Unde electromagnetice produse, de exemplu, când un curent electric trece prin gazul **ionizat*** dintre doi **electrozi***. Ele sunt emise și de Soare, dar la suprafața Pământului ajung doar în cantități mici. Aceste mici cantități sunt esențiale vieții, jucând rol important în fotosinteza plantelor, dar cantitățile mai mari sunt periculoase. Radiația ultravioletă are rol în producerea **fosforescenței**, de ex. când se produce în **tuburi fluorescente***, și, de asemenea, într-o varietate de reacții chimice, cum ar fi bronzarea.

Fosforescența

Fenomen prezentat de anumite substanțe (**fosfor**) când absorb unde electromagnetice cu **lungimi de unde*** scurte, de exemplu, **radiațiile gamma** sau **X**. Fosforul absoarbe undele și emite lumină vizibilă, adică unde cu lungimi de undă mai mare. Această emisie poate continua și după oprirea razelor gamma sau X. După oprirea lor, radiațiile apar sub forma unor scipiri rapide, care se numesc **scintilații** (vezi și **contorul cu scintilații**, pag. 90).



Fluorescența

Fenomen prezentat de anumite substanțe, atunci când ele absorb **radiațiile ultraviolete**. Ele absorb radiația ultravioletă și emit **lumină vizibilă**, adică unde luminoase de **lungime de undă*** mai mare. Această emisie se oprește o dată cu oprirea radiației ultraviolete.

Lumina vizibilă

Unde electromagnetice pe care ochiul le poate percepe. Ele sunt produse de Soare, de **tuburile de descărcare*** și de orice substanță încălzită până se roșește (emisia luminii prin încălzire se numește **incandescență**). Ele produc modificări chimice, de exemplu, pe filmul fotografic, iar diferitele **lungimi de undă*** de pe **banda de unde** sunt prezentate cu diferite culori (vezi pag. 54).

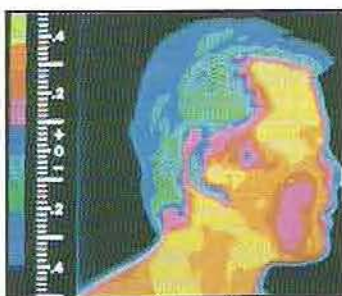
Radiația infraroșie (radiația IR)

Cele mai obișnuite unde electromagnetice produse de corpurile fierbinți și de aceea ele sunt cea mai frecventă cauză a ridicării de temperatură (vezi introducerea și **radiația**, pag. 29). Ele pot fi utilizate pentru formarea **imaginilor termice** pe filmul special, sensibil la radiații infraroșii, care sunt expuse prin căldură și nu prin lumină.

Imaginea termică a unui cap de bărbat.

Fiecare culoare reprezintă o diferență de temperatură de 0,1°C (vezi scara din stânga imaginii).

Zonele albastre de pe cap sunt mai reci, iar cele galbene sunt mai calde.



Magnetronul conectat la sursa de energie normală produce **microunde**.



Undele se reflectă de pe pereții cuptorului, deci mâncarea se fierbe.

Cuptor cu microunde

Microundele trec prin vasul cu aliment, dar cuptorul nu are margini de metal. Ele fac ca moleculele de apă, grăsime sau zahăr din aliment să oscileze, crescându-și **energia internă*** până la fierbere.

Microundele

Unde radio foarte scurte, utilizate la radar (radio detection and ranging) pentru determinarea poziției unui corp prin timpul necesar întoarcerii unei unde reflectate la sursă (vezi și sonarul, pag. 41 [Ecou]). **Cuptoarele cu microunde** utilizează microundele la prelucrarea termică rapidă a alimentelor.

Undele radio

Unde electromagnetice produse când **electronii*** liberi din antenele radio sunt făcuți să oscileze (și deci sunt accelerați) de către un **câmp electric***. Faptul că frecvența oscilațiilor este impusă de câmp înseamnă că undele apar ca un curent electric.

Utilizarea undelor radio pentru comunicarea la distanțe mari

Undele radio cu **lungimi de undă*** scurte penetrează ionosfera, deci sunt folosite pentru comunicarea la distanță prin sateliți.

Undele radio cu **lungimi de undă*** lungi se reflectă din ionosferă, deci sunt utilizate pentru transmiterea informației dintr-un loc în altul, pe suprafața Pământului.

Ionosfera (stratul de gaz ionizat* din jurul Pământului)

Pământul

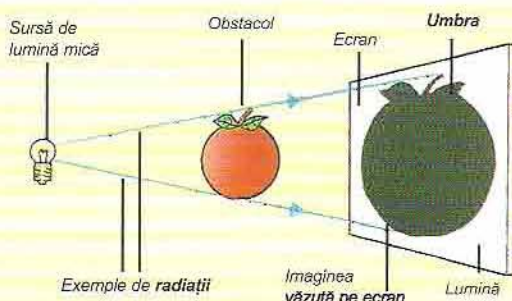
LUMINA

Lumina este formată din **unde electromagnetice*** de **frecvență*** și **lungime de undă*** specifice (vezi paginile 44-45), dar se face referire și la reprezentarea grafică a **radiațiilor**. O astfel de radiație este reprezentată de fapt printr-o linie (săgeată) care indică direcția în care este transportată energia.

Umbra

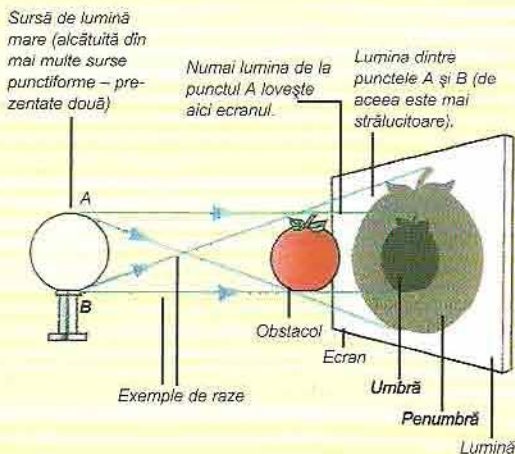
Zona în care radiațiile luminoase nu pot să ajungă din cauza unui obstacol. Dacă radiațiile provin dintr-un punct, ele sunt oprite de acel obstacol, creând o porțiune întunecată numită **umbra**.

Producerea umbrei



Dacă lumina provine de la o sursă mai mare, în jurul umbrei se formează o zonă de **semi-umbra**, numită **penumbra**.

Producerea penumbrei

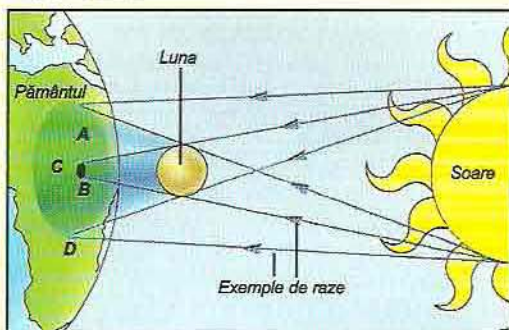


Eclipsa

„Blocarea” totală sau parțială a luminii emise de o sursă. Acest fenomen are loc când un corp produce umbră, trecând între sursă și observator. **Eclipsa de Soare** este văzută de pe Pământ când Luna ajunge între Pământ și Soare, iar **eclipsa de Lună** se vede atunci când Pământul se află între Soare și Lună.

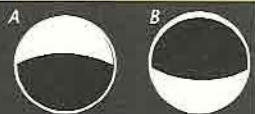
În eclipsa de Soare Luna oprește lumina Soarelui.

Eclipsa de Soare



Eclipsa văzută din pozițiile A, B, C și D

Eclipsă parțială, văzută sub forma unui cerc, de exemplu, din pozițiile A și B. Suprafața crescândă a soarelui este încă vizibilă.

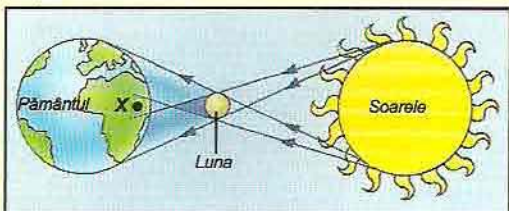


Eclipsă totală văzută din poziția C. Soarele este acoperit în totalitate.



Nu se observă eclipsă în nici un punct din afara cercului.

Eclipsa anuală



Eclipsa văzută din poziția X

Eclipsă circulară este o eclipsă specială care constă dintr-un cerc strălucitor în jurul unei suprafețe întunecate. Are loc când Luna, Pământul și Soarele se află la o anumită distanță unele față de celelalte.

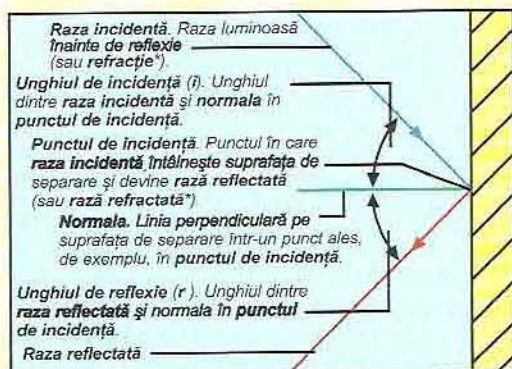


REFLEXIA LUMINII

Reflexia este schimbarea direcției de propagare a unei unde când întâlnește un obstacol (vezi pag. 36). Pentru a studia reflexia luminii (vezi mai jos și paginile 48-49), de obicei se folosesc oglinzi. Trebuie remarcat că la formarea imaginii unui corp în diagrame oglindă (și lentile*), se presupune că și corpul reflectă radiații luminoase. Într-adevăr, razele provin de la o sursă, de exemplu de la Soare, și sunt reflectate de pe corp.

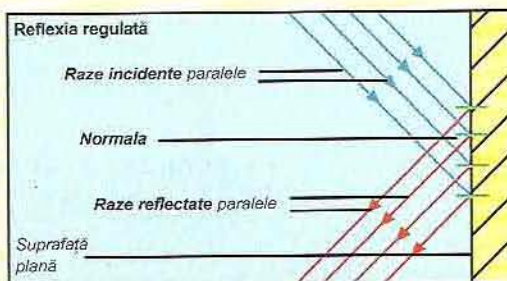
Legile reflexiei luminii

1. Unda reflectată, unda incidentă și normala în punctul de incidență se găsesc în același plan.
2. Unghiul de incidență (i) = unghiul de reflexie (r).



Reflexia regulată

Reflexia razelor incidente paralele (vezi mai sus) de pe o suprafață plană care face ca toate razele reflectate să fie paralele. Aceasta are loc când suprafețele sunt foarte lucioase, de exemplu, suprafețe bine șlefuite, ca oglinzile.



Reflexia difuză

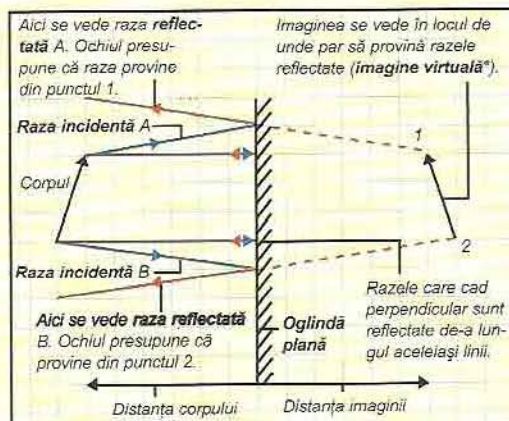
Reflexia razelor incidente paralele (vezi stânga) de pe o suprafață mată care face ca razele reflectate să difuzeze în diferite direcții și lumina să se împrăștiie. Aceasta este reflexia cea mai frecventă, deoarece majoritatea suprafețelor sunt neregulate în comparație cu reflexia lunginii de undă* a luminii (vezi pagina 113).



Oglinda plană

O oglindă cu suprafața plană (vezi oglinzi sferice, pag. 48-49). Imaginea pe care o formează are aceeași mărime ca și obiectul la aceeași distanță în spatele oglinzii („în” oglindă), ca și obiectul din fața acesteia și simetrică cu el.

Reflexia într-o oglindă plană



Paralaxa

Deplasarea aparentă a unui corp datorită percepției diferite a luminii de ochiul stâng și drept. De exemplu, un corp observat inițial cu ochiul stâng, apoi cu ochiul drept, pare să se fi deplasat. Primul punct de observare este ochiul stâng, iar al doilea este ochiul drept. (Vezi și croarea de paralaxă, pagina 102).

*Lentile, 52; Rază refractată, Refracție, 50; Imagine virtuală, 49 (Imaginea); Lungime de undă, 34.

Reflexia luminii (continuare)

Conform legii reflexiei (vezi pag. 47), razele luminoase sunt reflectate atât de pe suprafețele curbe, cât și de pe suprafețele plane. Imaginea formată de reflexia **oglinzilor sferice** se observă deosebit de ușor. Există două tipuri de oglinzi sferice – **oglinzi concave** și **convexe**. Se presupune că sursa de lumină (vezi **reflexia luminii**, pagina 47) este corpul, iar la construirea traiectoriei parcurse de raze reflectate se folosesc anumite puncte.

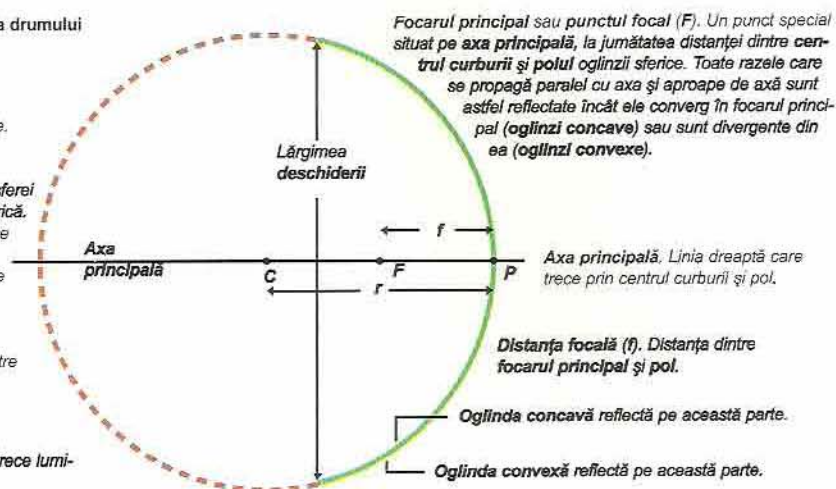
Puncte folosite la construirea drumului razelor reflectate
(Vezi și pagina 52)

Polul (P). Centrul oglinzii curbe.

Centrul curburii (C). Centrul sferei din care face parte oglinda sferică. Orice rază luminoasă care trece prin ea (oglinzi concave) sau spre ea (oglinzi convexe) este reflectată pe același drum.

Raza curburii (r). Distanța dintre centrul curburii și pol.

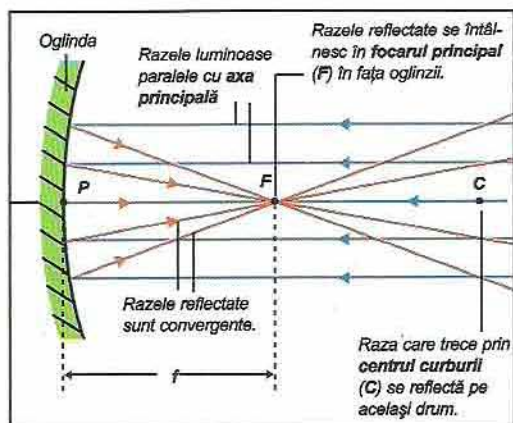
Deschiderea. Zona prin care trece lumina pentru a atinge oglinda.



Oglinda concavă sau convergentă

Oglinda a cărei suprafață de reflexie este partea interioară a unei sfere. Când razele luminoase paralele cu axa principală cad pe o astfel de oglindă, ele sunt reflectate astfel ca ele să convergă în **focarul principal** din fața oglinzii. Mărimea, poziția și tipul **imaginii** formate depind de distanța corpului de oglindă.

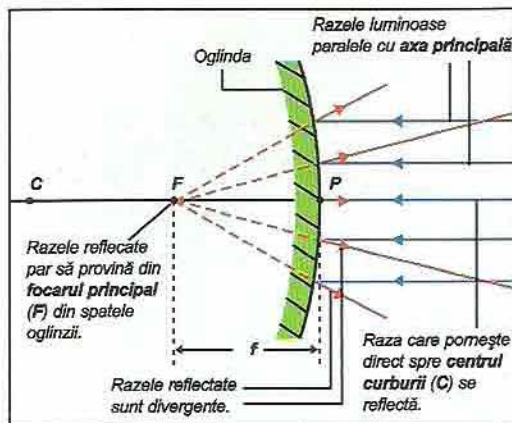
Oglinda concavă



Oglinda convexă sau divergentă

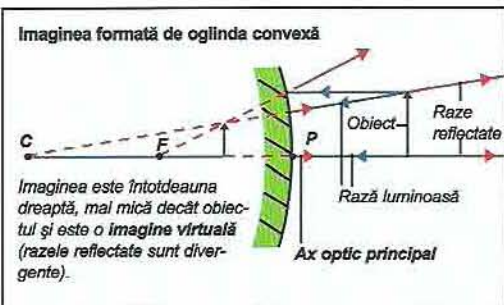
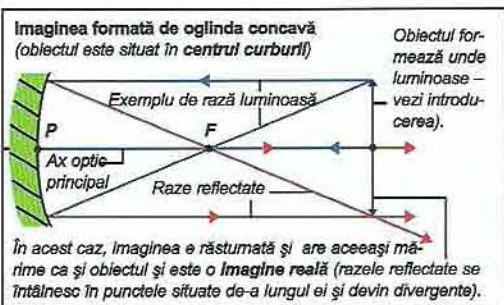
Oglinda a cărei suprafață de reflexie este partea exterioară a unei sfere. Când razele luminoase paralele cu axa principală cad pe o astfel de oglindă, ele sunt reflectate astfel ca ele să fie divergente în **focarul principal** din spatele („interiorul”) oglinzii. **Imaginile** formate sunt întotdeauna drepte și micșorate și sunt **imagini virtuale** (vezi **imaginea**).

Oglinda convexă



Imaginea

Imaginea unui obiect format în oglindă. Așa cum un obiect este observat doar datorită razelor luminoase pornite de la el (vezi **reflexia luminii**, pagina 47), tot așa și imaginea se formează în locul în care se întâlnesc razele reflectate (**imagine reală**), respectiv razele divergente (**imagine virtuală**).



Formula oglinzii sau a lentilelor

Dă relația dintre distanța unui obiect de solul oglinzii sferice sau lentilei*, distanța **imaginii** sale de același punct și **distanța focală** a oglinzii sau lentilei. Imaginea se poate forma de oricare parte a oglinzii sau lentilei și, de aceea, pentru definirea poziției se folosește un **semn convențional***

Formula oglinzii:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

unde f = distanța focală
 v = distanța imaginii (de la pol)
 u = distanța obiectului (de la pol)

Semnul convențional pozitiv valabil pentru oglinzi și lentile

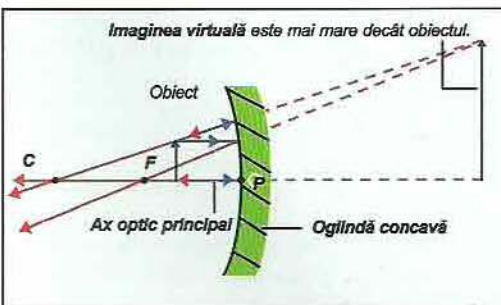
1. Toate distanțele sunt măsurate de la oglindă ca origine.
2. Distanțele obiectelor și **imaginilor reale** sunt pozitive.
3. Distanțele **imaginilor virtuale** sunt negative.
4. Distanțele **focale** ale **oglinzilor și lentilelor** convexe sunt pozitive. Distanțele focale ale oglinzilor și lentilelor concave sunt negative.

Mărirea liniară

Raportul dintre înălțimea imaginii formate de o oglindă sau **lentilă*** și înălțimea obiectului.

$$\text{Mărirea liniară} = \frac{\text{înălțimea imaginii}}{\text{înălțimea obiectului}}$$

Exemplu de mărire liniară



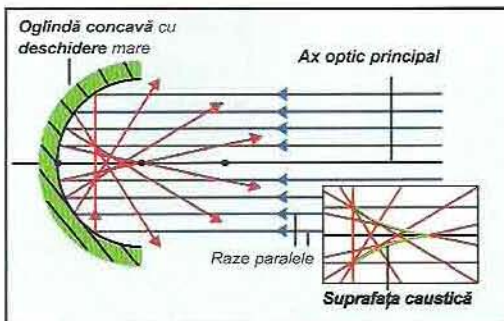
Principiul reversibilității luminii

Susține că pentru o rază luminoasă ce urmează un drum dat de reflexie, **refracție*** sau **difracție***, raza luminoasă din direcția opusă, în aceleași condiții, va urma același drum. De exemplu, razele luminoase paralele cu **axul optic principal** sunt reflectate de **oglinzile concave**, astfel încât ele să se întâlnească în **focarul principal**. Dacă în focarul principal se plasează o sursă luminoasă punctiformă, razele sunt reflectate paralele cu axul optic principal.

Aberația de sfericitate

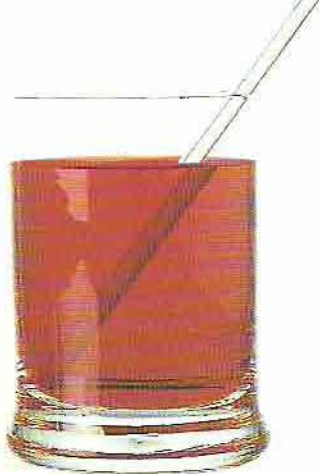
Fenomen observat atunci când razele paralele cu **axul optic principal** întâlnesc o oglindă sferică și sunt reflectate astfel încât ele să se intersecteze în diferite puncte situate de-a lungul axului, formând o **curbă caustică**. Cu cât **deschiderea** este mai mare, cu atât efectul este mai vizibil. Acest efect se poate observa și la **lentilele*** cu deschidere mare.

Aberația de sfericitate



REFRACTIA LUMINII

Refracția este schimbarea direcției oricărei unde când aceasta trece dintr-un **mediu*** în altul (vezi și pagina 37). Când razele luminoase (vezi pagina 46) trece într-un mediu nou, conform **legilor refracției luminii**, ele se refractă. Direcția în care sunt refractate depinde de densitatea mediului prin care se propagă, în care sunt încetinite, respectiv accelerate (vezi diagrama de mai jos).



Capătul introdus în băutura pare îndoit datorită **refracției**.

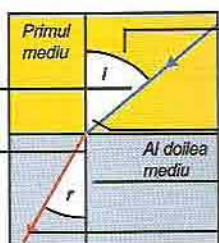
Refracția la suprafața de separare dintre două medii*

Raza incidentă.

Raza de lumină incidentă

Unghiul de refracție (r). Unghiul dintre raza refractată și normala în punctul de incidență.

Dacă al doilea mediu este mai dens, viteza scade și se refractă spre **normală**, așa cum se arată aici. Dacă mediul este mai puțin dens, viteza crește și se îndepărtează de normală.



Unghiul de incidență (i). Unghiul dintre **raza incidentă** și **normala** în **punctul de incidență**.

Punctul de incidență. Punctul în care **raza incidentă** întâlnește suprafața de separare și devine **rază refractată** (sau **rază reflectată**).

Normala. Linia perpendiculară pe suprafața de separare printr-un punct ales, de ex. **punctul de incidență**.

Rază refractată

Legile refracției luminii

1. **Raza refractată** se află în același plan cu **raza incidentă** și **normala** în **punctul de incidență**.
2. (**Legea lui Snell**). Raportul dintre **sinusul unghiului de incidență** și **sinusul unghiului de refracție** este constant pentru două medii*

date*. Această constantă reprezintă **indicele de refracție (n)** – vezi pagina 37). Când este vorba despre lumină, acesta se mai numește **densitate optică** și se poate calcula făcând raportul dintre viteza luminii dintr-un mediu cu viteza ei din al doilea mediu. Vezi și prezentarea **adâncimii aparente**.

Pentru orice direcție, **indicele de refracție*** al celui de-al doilea mediu* în raport cu primul este notat cu n_2 .

Conform **legii lui Snell**:

$$n_2 = \frac{\sin i}{\sin r}$$

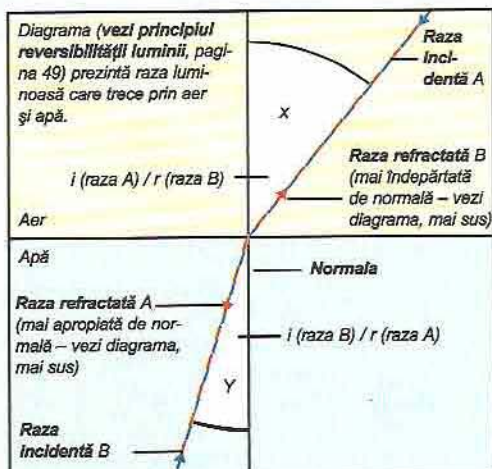
Mediile pot fi specificate prin litere subscrise – n_w reprezintă indicele de refracție al apei în raport cu aerul, iar n_a este indicele de refracție al aerului în raport cu cel al apei.

$$n_w = \frac{\sin i \text{ (raza A)}}{\sin r \text{ (raza B)}} = \frac{\sin x}{\sin y}$$

$$n_a = \frac{\sin i \text{ (raza B)}}{\sin r \text{ (raza A)}} = \frac{\sin y}{\sin x}$$

$$\text{Deci } n_w = \frac{1}{n_a}$$

Dacă literele subscrise nu sunt date, valoarea este **indicele de refracție absolut***.



Adâncimea aparentă

Poziția în care este văzut dintr-un mediu un obiect cufundat într-un alt mediu*. Razele luminoase se propagă în linie dreaptă, dar ele și-au schimbat direcția datorită refracției. Deci, obiectul nu se observă acolo unde se află de fapt, ci mai sus.

Adâncimea aparentă

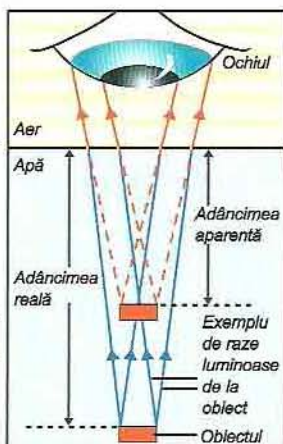
Când părăsesc apa, razele se refractă.

Ochiul formează imaginea în prelungirea razelor luminoase (liniile roșii punctate), astfel, obiectul se observă mai sus.

Adâncimea reală și aparentă pot fi folosite și la calcularea indicelui de refracție*:

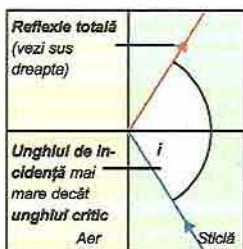
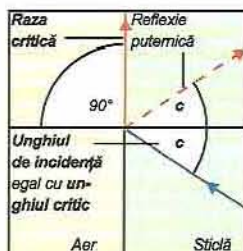
$$\frac{a}{w} = \frac{\text{adâncimea reală}}{\text{adâncimea aparentă}}$$

$$w \cdot n_a = \frac{1}{a \cdot n_w}$$



Unghiul limită sau unghiul critic (c)

Unghiul de incidență specific unei raze care întâlnește un mediu* mai puțin dens, care face ca aceasta să fie refractată la 90° față de normală. Însamnă că raza refractată (raza critică) se propagă de-a lungul suprafeței de despărțire și nu pătrunde în al doilea mediu.



Unghiul limită se poate utiliza la calcularea indicelui de refracție*:

$$n_a = \sin c$$

$$\left(n_a = \frac{1}{n_a} \right)$$

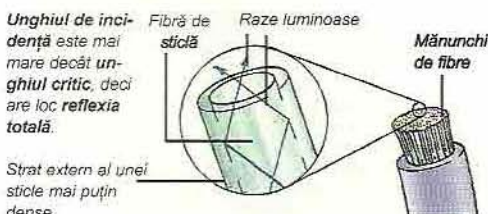
(Notă: sinus de 90° este 1.)

Curcubeul se formează când lumina se refractă prin picăturile mici de apă prezente în aer după ploaie. Fiecare picătură se comportă ca o prismă, dispersând lumina în culorile spectrului de lumină vizibil*.

Reflexia totală

La trecerea luminii dintr-un mediu* optic mai dens într-unul mai puțin dens, când întâlnește suprafața de separare dintre ele, alături de refracție are loc întotdeauna o reflexie înapoi în mediul mai dens. Când unghiul de incidență este mai mare decât unghiul critic, are loc reflexia totală.

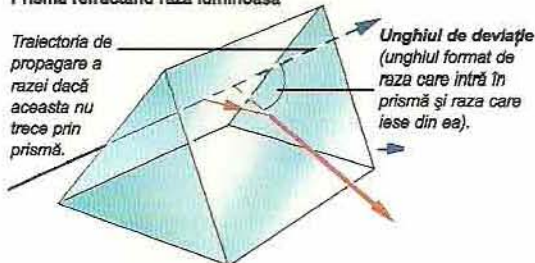
Fibrele optice transmit lumina prin reflexie totală. Mănunchiurile acestor fibre au numeroase utilizări, de ex. în comunicații și medicină (la endoscoape).



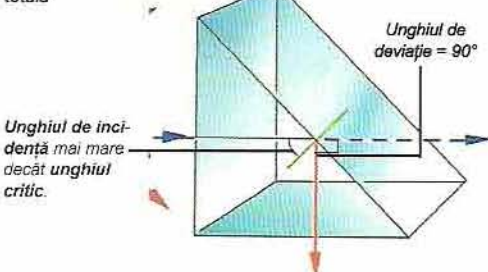
Prisma

Un mediu transparent mărginit de două suprafețe plane refractante ce formează un unghi diedru. Prismele sunt folosite la producerea dispersiei* și schimbarea direcției de propagare a luminii prin refracție și reflexie internă totală.

Prismă refractând raza luminoasă



Prismă producând reflexie totală





Refracția luminii (continuare)

Conform **legilor refracției luminii** (vezi pagina 50), razele luminoase sunt refractate atât pe suprafețele curbe, de exemplu pe **lentilă**, cât și pe suprafețele plane. Există două tipuri de lentile, **lentile concave** și **convexe**, care, în funcție de **indicele lor de refracție*** în raport cu **mediul*** înconjurător, pot să fie **lentile divergente** sau **convergente**. În toate diagramele care prezintă producerea imaginii prin refracție, pentru determinarea traiectoriei razelor luminoase refractate se presupune că obiectul este sursa de lumină (vezi **reflexia luminii**, pagina 47) și se folosesc anumite puncte (vezi mai jos), alături de datele cunoscute. Pozițiile obiectelor și imaginile se pot determina folosind **formula oglinzii (lentilei)***.

Lupa este o **lentilă convergentă** care face obiectele să pară mai mari decât sunt ele în realitate.

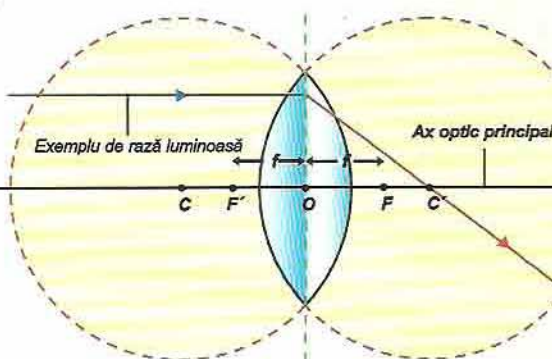
Puncte folosite pentru determinarea traiectoriei razelor refractate (vezi și pagina 48).

Toate lentilele prezentate sunt considerate lentile subțiri (grosimea lentilei este mică în comparație cu **distanța focală**). Deși razele luminoase deviază atât la intrarea, cât și la ieșirea din lentilă, sunt desenate cu o singură deviere, față de verticală ce trece prin **centrul optic** al lentilei.

Centrul optic (O)
Centrul lentilei. Razele de lumină care trec prin acesta nu își schimbă direcția.

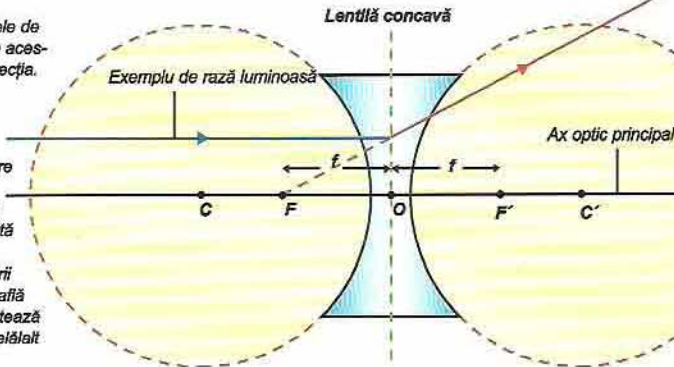
Centrul curburii
Centrul sferei din care face parte lentila. Deoarece lentila are două suprafețe, există două centre de curbură – **centrul curburii** pe partea căreia se află raza incidentă se notează întotdeauna cu **C** (celălalt se notează cu **C'**).

Lentilă convexă



Focarul principal sau punctul focal. Punct important situat pe **axul optic principal**. Toate razele paralele care trec aproape de ax sunt refractate astfel ca ele să fie **convergente în focarul principal (lentilă convergentă)** sau să pară că sunt **divergente de aici (lentilă divergentă)**. Dacă lumina poate intra din ambele părți ale lentilei, atunci există **două focare principale** – **focarul principal** la care converg razele sau de la care par că diverg se notează întotdeauna cu **F**, respectiv **F'**.

Lentilă concavă



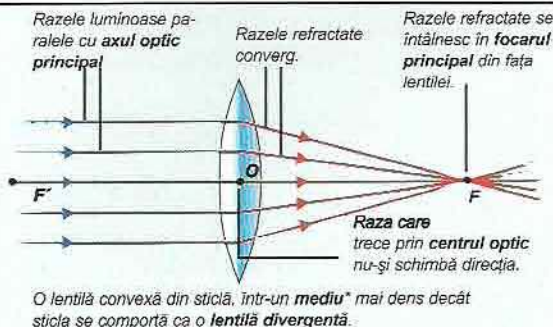
Axul optic principal. Linia dreaptă care trece prin **centrele de curbură și prin centrul optic**.

Distanța focală (f). Distanța dintre **focarul principal și centrul optic**.

Deschiderea. Zona prin care trece raza luminoasă pentru a atinge lentila.

Lentila convergentă

Lentila care face ca razele paralele care cad pe ea să fie convergente în **focarul principal** de pe partea cealaltă a lentilei. Atât **lentila concavă**, cât și cea **convexă**, în funcție de **indicele de refracție*** al lentilei în raport cu **mediul*** înconjurător, pot acționa ca **lentile convergente**. În aer, lentila convexă din sticlă se comportă ca o lentilă convergentă, așa cum este prezentat în figura din dreapta.



O lentilă convexă din sticlă, într-un **mediu*** mai dens decât sticlă se comportă ca o **lentilă divergentă**.

Puterea optică (P)

Măsurarea capacității de convergență sau divergență a razelor luminoase printr-o lentilă, dată în **dioptri** (când **distanța focală** este măsurată în metri). Cu cât distanța focală este mai mică, cu atât lentila are putere mai mare.

$$P = \frac{1}{f} \quad \text{unde } P = \text{puterea lentilei}$$

$$f = \text{distanța focală}$$

Lentila convexă

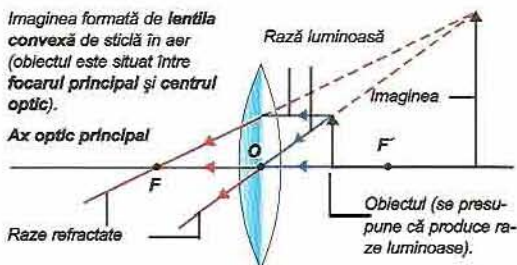
Lentila cu cel puțin o suprafață curbă spre exterior. Lentila cu o suprafață curbă spre interior și una spre exterior este convexă dacă mijlocul ei este mai gros decât marginile sale exterioare. În aer, o lentilă convexă de sticlă se comportă ca o **lentilă convergentă**. Mărimea, poziția și tipul imaginii formate (**reală*** sau **virtuală***) depinde de distanța de la obiect.

Tipuri de lentile convexe



Lentila convexă

Imaginea formată de **lentila convexă de sticlă în aer** (obiectul este situat între **focarul principal** și **centrul optic**).



În acest caz, imaginea este văzută dreaptă și în spatele obiectului, mai mare decât obiectul și este o **imagine virtuală***.

Lentila divergentă

Lentila care face ca razele paralele care cad pe ea să fie divergente, astfel că ele par să provină din **focarul principal** de aceeași parte din care intră razele. Atât **lentilele concave**, cât și cele **convexe** pot să se comporte ca niște lentile divergente, depinzând de **indicele de refracție*** al lentilei în raport cu **mediul*** înconjurător. În aer, o lentilă concavă de sticlă se comportă ca o lentilă divergentă, așa cum este prezentat în figura din dreapta.

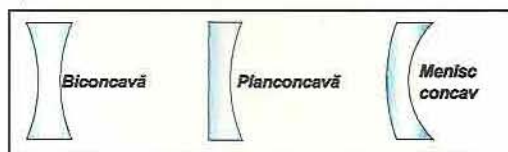
Binoclul folosește lentile pentru mărirea obiectelor.



Lentila concavă

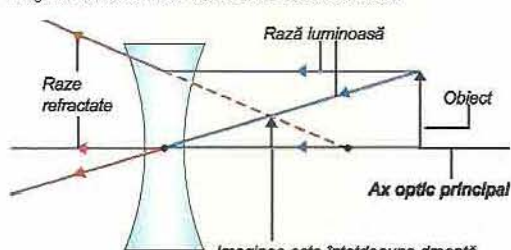
Lentila care are cel puțin o suprafață curbă spre interior. O lentilă care are o suprafață curbă spre interior și una spre exterior este concavă dacă mijlocul ei este mai subțire decât marginile sale exterioare (**menisc concav**). În aer, lentila concavă de sticlă se comportă ca o **lentilă divergentă**. Poziția unui obiect față de lentilă poate varia, dar imaginea este virtuală.

Tipuri de lentile concave

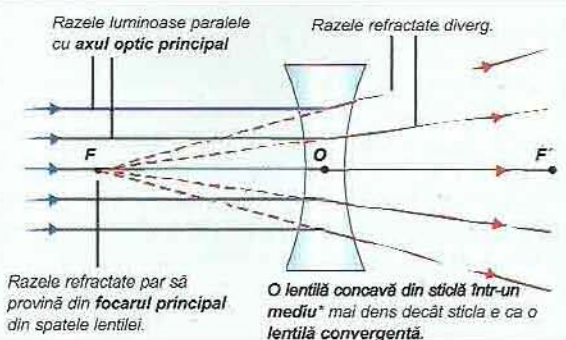


Lentila concavă

Imaginea formată în aer de **lentila concavă de sticlă**



Imaginea este întotdeauna dreaptă, mai mică decât obiectul și este o **imagine virtuală***.



INSTRUMENTE OPTICE

Instrumentul optic folosește una sau mai multe **lentile*** sau **oglinzi curbe*** pentru a produce tipul de imagine cerut. Mai jos sunt prezentate câteva dintre cele mai obișnuite instrumente optice.

Aparatul de fotografiat

Instrument optic folosit pentru a forma și a înregistra imaginea unui obiect pe film. Imaginea este răsturnată și este o **imagine reală***.

Aparatul de fotografiat (reflex)

Prisma dirijează lumina spre ochi.

Oglinda dirijează lumina spre prismă și ochi, astfel încât obiectul să poată fi văzut. Când se face poza, se reglează.

Filmul. Zonele pe care cade lumina suferă reacții chimice. Imaginea se produce prin dezvoltarea filmului.

Obturator. Când se face fotografia, acesta se mișcă pentru a permite pătrunderea luminii pe film.

Diafragma. o serie de piese de metal suprapuse. Se utilizează pentru modificarea mărimii de deschidere (gaura centrală) și a cantității de lumină care intră.

Raze luminoase pornesc de la vârful și de la baza unui obiect dintr-un punct îndepărtat.

Ansamblu de lentile. Pe film produce o imagine răsturnată. Se poate deplasa la diferite distanțe pentru a centra mai bine obiectele.

Dacă mai înainte refracția dată de lentile a fost prezentată doar ca o modificare a direcției, de data aceasta este prezentată pe linia trecută prin centrul optic al întregului ansamblu de lentile.

Microscopul

Instrumentul optic care mărește obiecte foarte mici. Dacă are doar o **lentilă***, acesta este un **microscop simplu** sau o **lupă**. Dacă are mai multe lentile, este un **microscop compus**.

Microscop compus

Lentila oculară (ocularul). Produce imaginea finală văzută de ochi (vezi mai jos). **Microscopul simplu** este alcătuit doar din această lentilă.

Imaginea formată de lentila obiectivului (mărită, răsturnată, **imagine reală***). Se comportă ca obiectul pentru lentila oculară.

Obiectul pe lama transparentă a microscopului

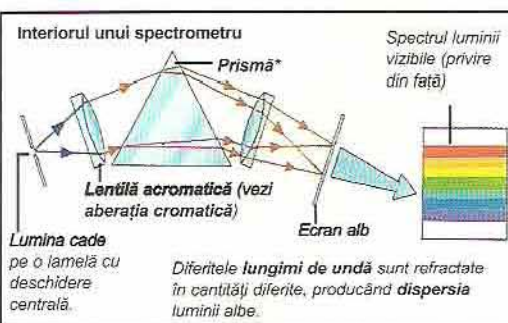
Imaginea formată de lentila oculară (mărită, răsturnată, **imagine virtuală***)

Sursă de lumină puternică

Culoarea

Lumina albă se vede atunci când toate **lungimile de undă*** diferite ale luminii vizibile (vezi pagina 45) cad pe ochi în același timp. Lumina albă poate să sufere fenomenul de **dispersie**, prin care ia naștere **spectrul luminii vizibile** (diferitele sale lungimi de undă) prin **refracție***. Acest lucru se poate întâmpla accidental (vezi **aberația cromatică**) sau poate fi produs cu un **spectrometru**.

Lumina albă intră în prismă*



Spectrul luminii vizibile

Totalitatea culorilor care alcătuiesc un fascicul de lumină albă. Fiecare bandă de culoare variază pe un interval foarte mic de **lungimi de undă*** - vezi **lumina vizibilă**, pag.45.

Lumina refractată de prismă* pentru formarea unui spectru de culori.

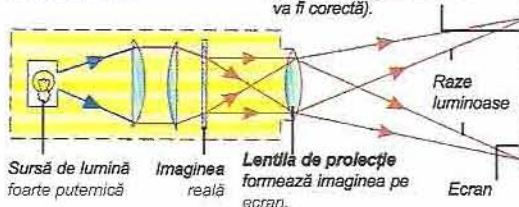
Aparatul de proiecție

Un instrument optic care produce imaginea mărită a unui obiect real.

Aparatul de proiecție

Lentilele concentrează lumina asupra obiectului.

Imagine răsturnată, mărită (Imaginea reală se așază cu capul în jos, astfel imaginea de aici va fi corectă).



Telescopul

Instrument optic, folosit pentru mărirea obiectelor foarte îndepărtate (și de aceea aparent foarte mici).

Telescopul/Luneta

Obiect (de exemplu o stea) considerat la distanță infinită

Razele de la vârful obiectului sunt considerate paralele

Razele de la baza obiectului (prezentată una) sunt paralele cu axul optic.

Imaginea finală văzută de ochi este răsturnată, formată la infinit și este o imagine virtuală*.

Lentilele telescopului astronomic în ajustare normală

Lentila ocularului

Lentila obiectivului

Imaginea formată de obiectiv se comportă ca un obiect pentru ocular.

Unghiul vizual

Unghiul de la nivelul ochiului, format de razele ce vin de la vârful și baza unui obiect sau ale imaginii sale. Cu cât este mai mare, cu atât obiectul pare mai mare. Instrumentele optice care produc mărirea, de exemplu **microscopul**, creează o imagine al cărei unghi vizual este mai mare decât obiectul studiat cu ochiul liber. **Mărirea unghiulară** sau **puterea de mărire** (vezi mai jos) a unui astfel de instrument măsoară capacitatea de mărire a instrumentului.

$$\text{Mărirea unghiulară} = \frac{\text{unghiul vizual al imaginii}}{\text{unghiul vizual al obiectului}}$$

Aberația cromatică sau cromatismul

Haloul de culori (spectrul de lumină vizibilă – vezi jos, stânga) văzut uneori în jurul imaginii observate prin lentile. Se produce prin **dispersie**. Pentru a o evita, instrumentele optice de calitate conțin una sau mai multe **lentile acromatice** – fiecare fiind alcătuită din 2 lentile combinate astfel ca orice dispersie produsă de o lentilă să fie corectată de cealaltă.

Lentilele acromatice din microscopul compus minimizează aberația cromatică.



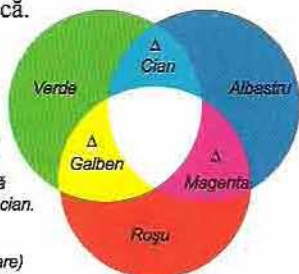
Culorile primare

Lumina roșie, albastră și verde – culori care nu pot fi obținute din combinarea altor lumini colorate. Prin amestecarea lor în proporțiile corecte, se poate produce orice culoare din **spectrul de lumină vizibilă**. Rețineți că acestea sunt culori primare monocromatice – dar nu și cele despre care se vorbește în artă (roșu, albastru și galben), deoarece pe picturi, culorile se amestecă.

Culorile primare

Culorile complementare sunt două culori care prin amestecare produc lumină albă, de exemplu, roșu și cian.

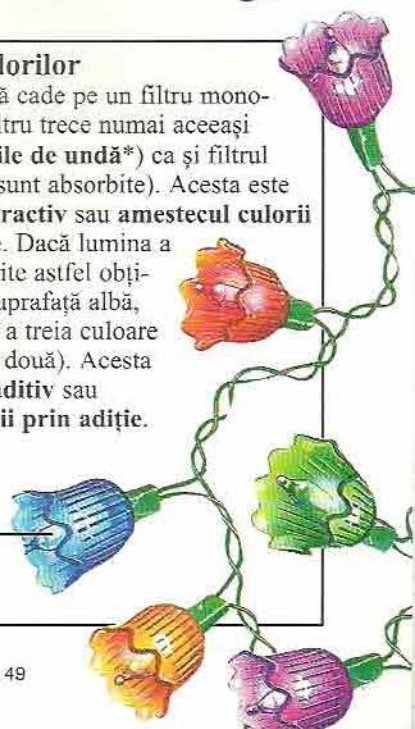
Δ = culori secundare (combinații de culori primare)



Amestecul culorilor

Dacă lumina albă cade pe un filtru monocromatic, prin filtru trece numai aceeași culoare (**lungimile de undă***) ca și filtrul (celelalte culori sunt absorbite). Acesta este **amestecul substractiv** sau **amestecul culorii prin substrație**. Dacă lumina a două culori diferite astfel obținute cade pe o suprafață albă, ochiul percepe o a treia culoare (amestecul celor două). Acesta este **amestecul aditiv** sau **amestecul culorii prin aditie**.

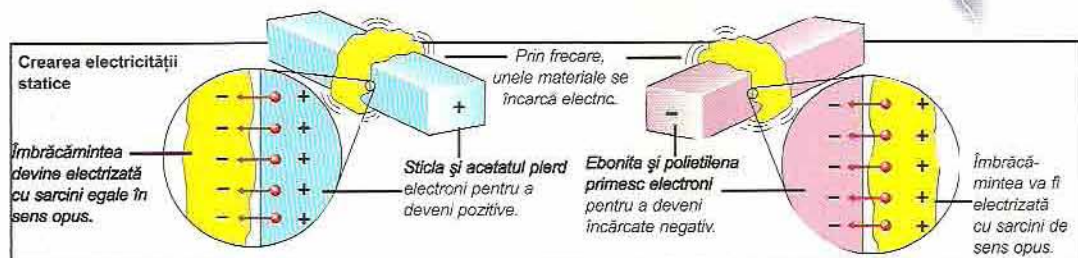
Acest bec de lumină e albastru, deoarece lasă să pătrundă prin el numai lumina albastră (celelalte culori au fost absorbite de învelișul albastru).



*Oglinzi sferice, 48; Lentile, Axă optică principală, 52; Prismă, 51; Imagine reală, 49 (Imaginea); Refracție, 50; Imagine virtuală, 49 (Imaginea); Lungime de undă, 34.

ELECTROSTATICA

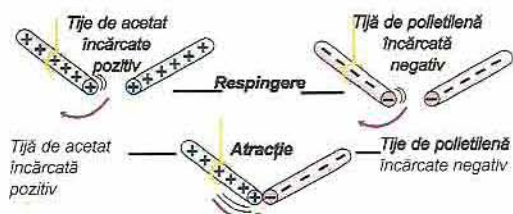
Electricitatea este fenomenul cauzat de prezența sau mișcarea sarcinilor electrice (**electroni*** sau **ioni***) care exercită o **forță electrică***. Dacă o substanță are un surplus de electroni, această substanță este încărcată negativ și respectiv pozitiv, dacă are un deficit de electroni. **Curentul electric** (vezi pagina 60) este mișcarea ordonată a sarcinilor prin substanțe. (Într-un metal, electronii sunt cei care se deplasează.) Aparent, aceasta este în contradicție cu denumirea de **electrostatică**, care studiază sarcinile electrice în repaus.



Prima lege a electrostaticii

Corpurile cu aceeași sarcină se resping, iar corpurile cu sarcini diferite se atrag. Particula încărcată electric atrage întotdeauna un **conductor** neîncărcat prin **inducție**.

Atracția și respingerea



Conductorul

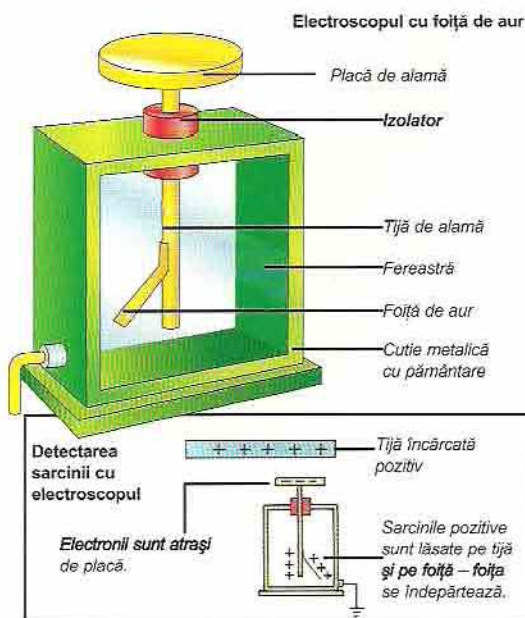
Un corp care conține o cantitate mare de sarcini (electroni) libere (vezi și **conductibilitatea**, pagina 63). De aceea, acesta poate să **conducă** electricitatea (să poarte un **curent electric** – vezi introducerea). Metalele, de exemplu cuprul, alumiuniul și aurul, sunt bune conductoare, deoarece conțin un mare număr de electroni liberi.

Izolatorul

Un material cu foarte puține sarcini (electroni) libere (rău **conducător**). Unele izolatoare se încarcă electric prin frecare. Acest lucru se datorează faptului că electronii de la suprafață sunt transferați de la o substanță la alta, dar sarcina rămâne la suprafață.

Electroscopul

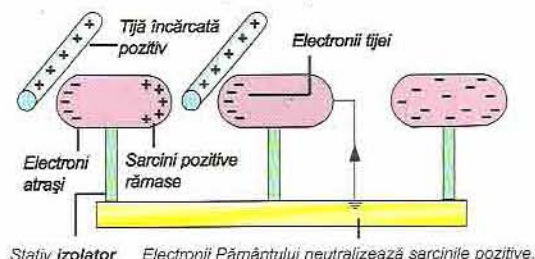
Instrument pentru detectarea cantităților mici de sarcini electrice. **Electroscopul obișnuit** este cel cu foiță de aur. Când foița și tija se încarcă, ele se resping și foița se îndepărtează de tijă. Cu cât sarcina electrică este mai mare, cu atât foița se îndepărtează mai mult. **Electroscopul cu condensator** conține între placă și cutie un **condensator*** care mărește sensibilitatea.



Inducția sau inducția electrostatică

Procesul prin care un conductor se încarcă sub acțiunea altor sarcini electrice, fără să existe contact între ele. În general, datorită repingerii sau atracției sarcina electrică este indusă la extremitățile corpului. Prin deplasarea unor sarcini, corpul rămâne permanent electrizat.

Încărcarea unui conductor prin inducție



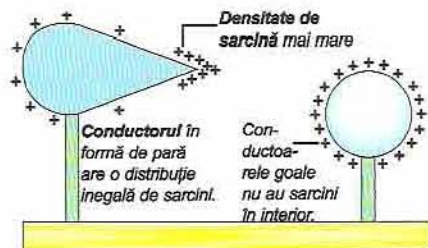
Disc pentru transfer de sarcină

Un disc mic construit dintr-un conductor montat pe un mâner izolator. Se utilizează la transferul sarcinilor dintre corpuri.

Densitatea superficială de sarcină

Cantitatea de sarcină electrică pe unitatea de suprafață a unui corp. Este mai mare unde suprafața este mai curbată, fapt ce duce la concentrarea sarcinilor în anumite puncte de vârf (vezi **ionizarea produsă de vârfuri**). Numai sfera are densitatea de sarcină constantă.

Variații ale densității de sarcină



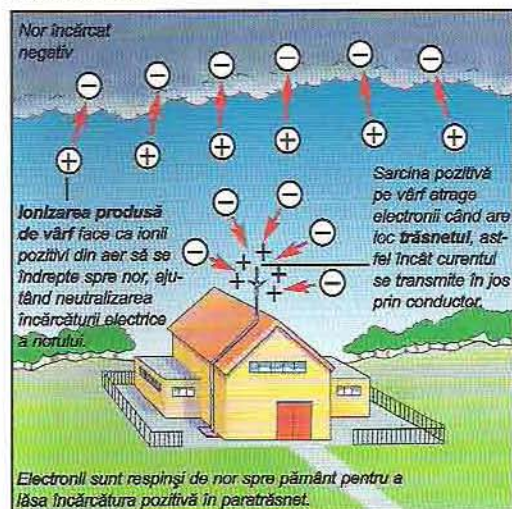
Ionizare produsă de vârfuri

Care are loc în jurul unui vârf ascuțit de pe suprafața unui corp încărcat pozitiv. Ioni pozitivi din aer sunt respinși de sarcinile electrice din acel punct (vezi **densitatea superficială de sarcină**). Acestea se ciocnesc cu moleculele de aer care pierd electroni pentru a produce alți ioni pozitivi care vor fi respinși.

Trăsnetul

Descărcarea electrică între vârful și baza norului încărcat electric, datorită electrizării picăturilor de apă prin frecare. **Paratrăsnetul** atrage sarcinile (dacă e pozitiv și baza norului negativ), în caz contrar, sarcinile negative se scurg de pe paratrăsnet spre nor. Trăsnetul este asemănător efectului obținut într-un tub de descărcare*.

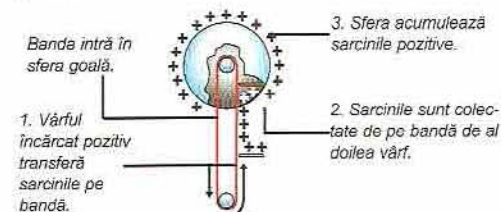
Acțiunea paratrăsnetului



Generatorul Van de Graaff

Se bazează pe încărcarea electrică a unei sfere metalice goale, prin **ionizare produsă de vârf** cu ajutorul unei benzi electrizate prin frecare.

Generatorul Van de Graaff



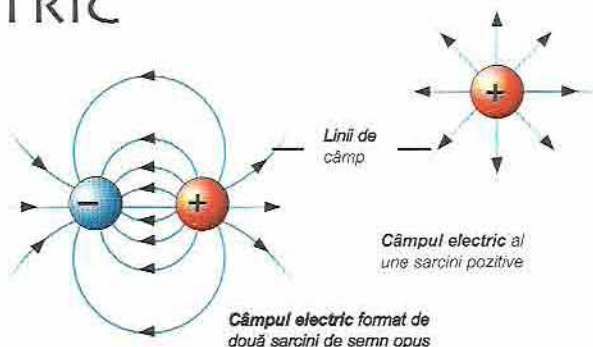
Electroforul

Mașină electrostatică alcătuită dintr-un **izolator** cilindric și un disc de alamă atașat, cu mâner izolant. Se utilizează pentru producerea mai multor sarcini pozitive dintr-o sarcină negativă.

*Tub de descărcare, 80; Energie mecanică, 9.

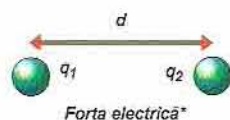
POTENȚIALUL ELECTRIC

Una sau mai multe sarcini electrice creează un **câmp electric**, adică un **câmp de forță** în care particulele încărcate electric interacționează prin **forță electrică***. Intensitatea unui câmp electric într-un punct este forța pe unitatea de sarcină pozitivă din acel punct, iar sensul lui coincide cu sensul forței (vezi și paginile 104-107). Corpurile încărcate dintr-un câmp electric au **energie potențială** datorită sarcinilor electrice și poziției lor. **Potențialul** electric este proprietatea câmpului (vezi jos).



$$F \propto \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

unde F = forța electrică*
 q_1, q_2 = mărimea sarcinilor
 d = distanța dintre sarcini

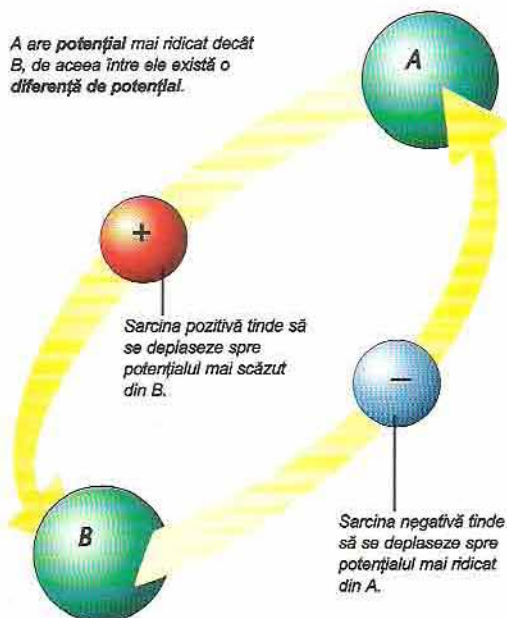


Potențialul electric

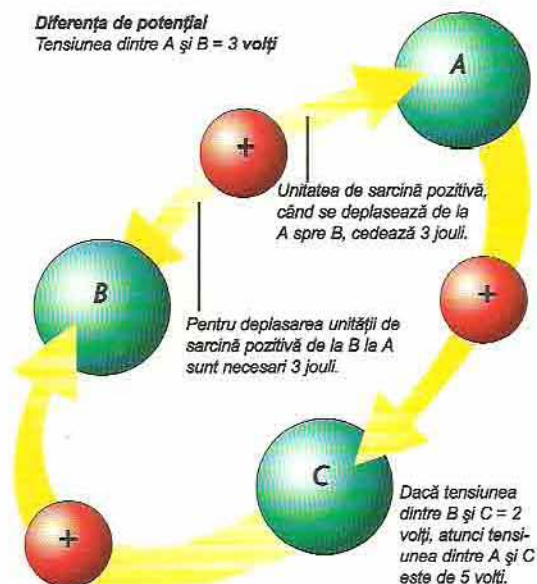
Energia potențială* pe unitatea de sarcină într-un punct al câmpului electric este lucrul mecanic efectuat pentru deplasarea unei sarcini pozitive în acest punct. Energia potențială a unei sarcini depinde de potențialul electric al poziției sale și de mărimea sa. Sarcina pozitivă tinde să se deplaseze spre punctele cu potențial mai scăzut. Potențialul nu se poate măsura, ci se măsoară **diferența de potențial** dintre două puncte.

Diferența de potențial/Tensiunea

O diferență de potențial dintre două sarcini, egală cu schimbul de energie când, în câmpul electric, o unitate de sarcină se mișcă dintr-un punct în altul. Unitatea de măsură a tensiunii este **voltul** (uneori **voltaj**). Dacă o sarcină de un **coulomb*** se deplasează între două puncte cu tensiunea de un volt, atunci există un schimb de energie de un joule. Se alege un punct de referință (de obicei pământul) cu un potențial dat egal cu zero.



Diferența de potențial Tensiunea dintre A și B = 3 volți



Suprafață echipotențială

Suprafața pe care potențialul este constant.

Capacitatea electrică

Când un **conductor*** este încărcat electric, va fi caracterizat prin **potențial**.

Capacitatea sau **capacitatea** electrică este raportul dintre sarcina primită de un corp și potențialul său.

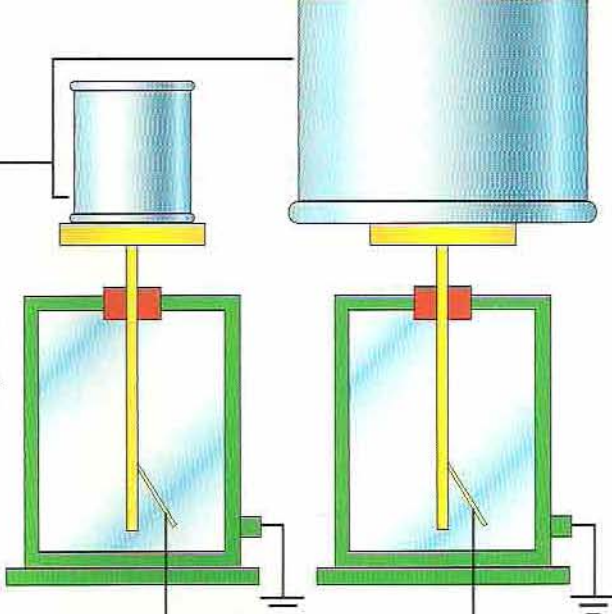
Pentru schimbarea potențialului cu aceeași valoare, un corp cu capacitate mai mare necesită o sarcină mai mare.

$$C = \frac{Q}{V}$$

unde C = capacitate; Q = sarcină; V = potențial

Două cutii din metale diferite au capacități diferite.

Pentru ca **potențialul** (V) celor două cutii să fie egal, cutia mai mare trebuie să mai primească sarcina (Q) – are capacitate mai mare.



Aceeași depărtare a foilor arată că potențialul este egal.

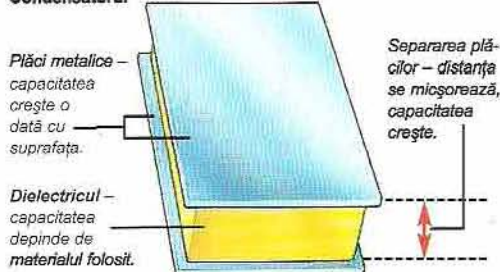
Farad

Unitatea de măsură pentru capacitatea electrică. Reprezintă capacitatea unui corp al cărui **potențial** s-a mărit cu un volt când s-a încărcat cu o sarcină de un **coulomb***.

Condensatorul

Dispozitiv pentru înmagazinarea sarcinii electrice, alcătuit din două plăci paralele de metal (armături) despărțite de un material izolator, numit **dielectric**. Capacitatea unui condensator depinde de dielectricul utilizat, deci dielectricul se alege astfel încât să se obțină și capacitatea dorită.

Condensatorul



Permitivitatea dielectricului

Raportul dintre **capacitatea** unui condensator cu un **dielectric** dat și capacitatea aceluiasi condensator cu vid între plăci. Deci, această valoare este factorul prin care capacitatea crește prin utilizarea unui dielectric în locul vidului.

(Dacă un loc de vid se folosește cu aer, rezultatul poate fi foarte asemănător).

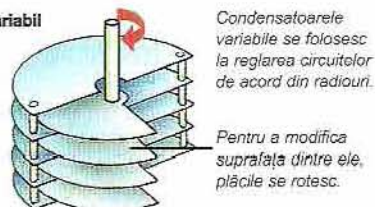
Condensatorul electrolitic

Este un **condensator** cu un **dielectric** de electrolit care oferă o capacitate foarte mare pe volum mic. Datorită naturii dielectricului, condensatorul trebuie să fie conectat corect la sursa electrică.

Condensatorul variabil

Condensatorul alcătuit dintr-un sistem de plăci (una fixată și una mobilă), având un **dielectric** de aer. Mărirea suprafeței comune a plăcilor se modifică schimbând capacitatea.

Condensator variabil



Condensatoarele variabile se folosesc la reglarea circuitelor de acord din radiouri.

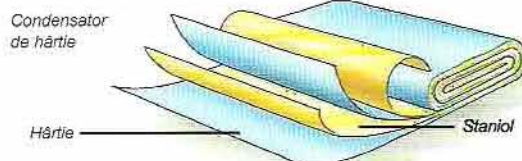
Pentru a modifica suprafața dintre ele, plăcile se rotesc.

Butelia de Leyda

Condensatorul format dintr-o butelie de sticlă captușită în interior și exterior cu o folie. A fost printre primele condensatoare inventate.

Condensatorul de hârtie

Condensatorul construit din două plăci de staniol lungi, despărțite de un **dielectric** subțire de hârtie ceruită.



Condensator de hârtie

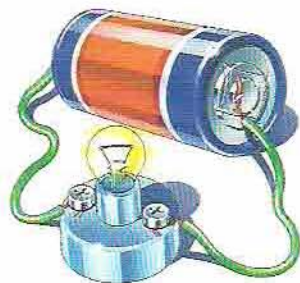
Hârtie

Staniol

*Conductor, 56; Coulomb, 60.

CURENTUL ELECTRIC

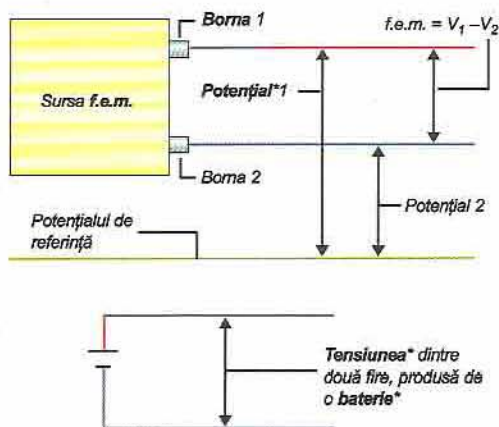
Curentul electric (I) reprezintă deplasarea ordonată a sarcinii electrice. În conductoarele metalice, sarcinile care se deplasează sunt alcătuite din electroni (particule încărcate negativ – vezi pagina 83), care se deplasează pentru că între două puncte situate într-un **câmp electric*** există o **tensiune***. Pentru producerea unui curent electric este necesară o **diferență de potențial**. **Circuitul** este un contur închis, format dintr-o sursă care asigură diferența de potențial, consumator și fire de legătură.



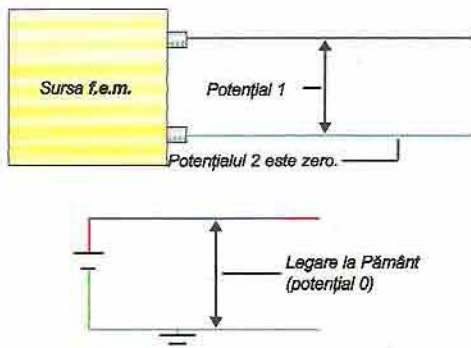
Această baterie (sursă de curent), firele și becul formează un circuit.

Forța electromotoare (f.e.m.)

Diferența de potențial produsă de o **pilă electrică***, **baterie*** sau **generator***, care produce curentul. Sursa f.e.m. are două **borne** (locul în care sunt legate firele) între care se menține o diferență de potențial. Forța contra-electromotoare este o f.e.m. produsă de una din componentele circuitului, care se opune f.e.m. principale.

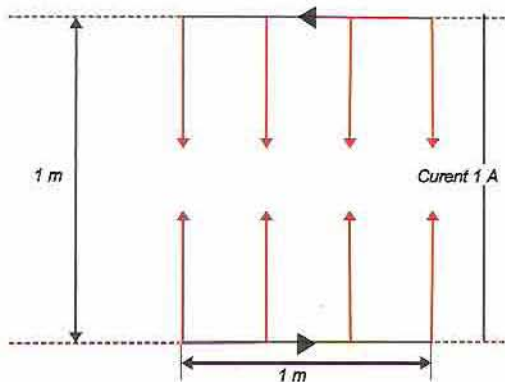


O bornă conectată la potențialul* de referință



Amperul (A)

Unitatea de măsură în SI* pentru intensitatea curentului (vezi și pagina 96). Un amper este curentul care, dacă parcurge două fire paralele infinite de lungi, aflate la 1 metru distanță în vid, produce o forță de 2×10^{-7} N pe metru de fir. Curentul se măsoară cu precizie cu ajutorul balanței de curent care, adoptând teoria de mai sus, măsoară forța dintre două bobine de sârmă prin care trece curentul. **Ampermetrele*** se calibrează* cu balanțele de curent.



Forța dintre fiecare metru de fir = 2×10^{-7} N

Coulomb

Unitatea de măsură a sarcinii electrice în SI*. Este egal cu cantitatea de electricitate transportată printr-o secțiune a conductorului, când prin conductor trece un curent cu intensitatea de un **amper** în timp de o secundă.

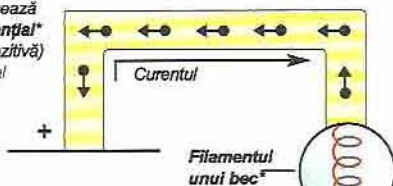
$$Q = I \times t$$

unde Q = cantitate de electricitate în **coulombi** care trece printr-o secțiune; I = curentul; t = timp

Curentul continuu (c.c.)

Curentul care se deplasează numai într-un sens. Inițial s-a crezut că curentul se deplasează dintr-un punct cu potențial* mai crescut spre un punct cu potențial mai scăzut. De fapt, electronii se deplasează în sens opus, dar convenția s-a păstrat.

Se presupune că curentul se deplasează dinspre un potențial* mare (borma pozitivă) spre un potențial scăzut (borma negativă).

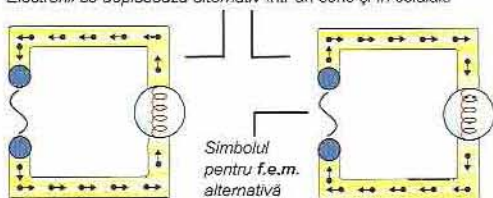


Electronii se deplasează din punctul cu potențial scăzut (borma negativă) spre punctul cu potențial mare (borma pozitivă).

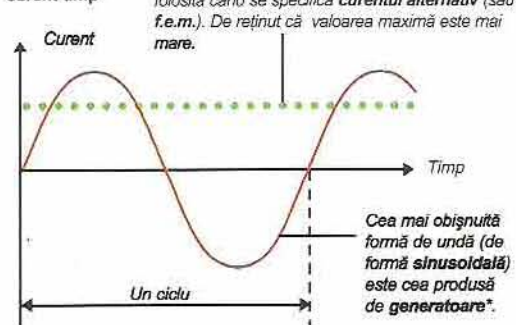
Curentul alternativ (c.a.)

Curentul al cărui sens în circuit se modifică la intervale periodice. Este produs de o forță electromotoare alternativă. Dacă se desenează un grafic al curentului în timp se obține forma unei unde de curent. Curentul alternativ și forțele electromotoare se exprimă în general prin rădăcina pătrată a mediei valorilor lor (vezi imaginea de mai jos).

Electronii se deplasează alternativ într-un sens și în celălalt.



Graficul curent-timp



Centrala electrică

Electricitatea pentru uzul casnic și industrial este produsă de generatoarele* uriașe din centralele electrice. Acestea produc curent alternativ la o frecvență de 50 sau 60 de Hz. Curentul alternativ, spre deosebire de curentul continuu, se poate transforma ușor (vezi transformatorul, pagina 79) pentru a produce tensiuni* mai mici sau mai mari. Înseamnă că, pentru transmisie, se pot folosi tensiuni mari sau curenți mici, fapt ce reduce considerabil pierderile de tensiune din cablurile de transmisie.

Turbinele* acționate de abur fac ca generatoarele* să producă curent alternativ de 50 sau 60 Hz cu f.e.m., între 10 și 30 kV.

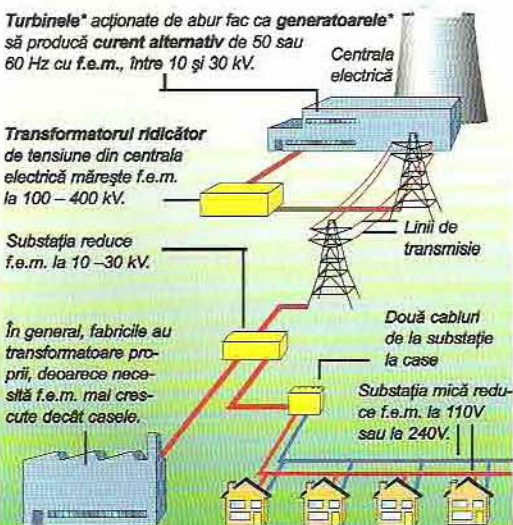
Transformatorul ridicător de tensiune din centrala electrică mărește f.e.m. la 100 – 400 kV.

Substația reduce f.e.m. la 10 – 30 kV.

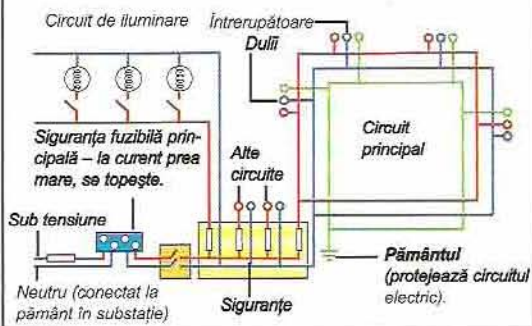
În general, fabricile au transformatoare proprii, deoarece necesită f.e.m. mai crescute decât casele.

Două cabluri de la substație la case

Substația mică reduce f.e.m. la 110V sau la 240V.



Toate centralele electrice care produc curent pentru uz casnic sunt alcătuite din cel puțin două cabluri aduse de la o substație, de-a lungul cărora trece curentul alternativ. În unele cazuri, unul din cabluri este legat la pământ. În unele țări, ca o măsură de siguranță, există un cablu adițional legat la pământ.



*Filamentul unui bec, 64; Generator, 78; Potențial, 58; Tensiune, 58; Transformator ridicător de tensiune, 79; Turbină, 115.

LEGILE CIRCUITULUI ELECTRIC

Intensitatea curentului dintr-un circuit depinde atât de componentele în circuit, precum și de **forța electromotoare***.

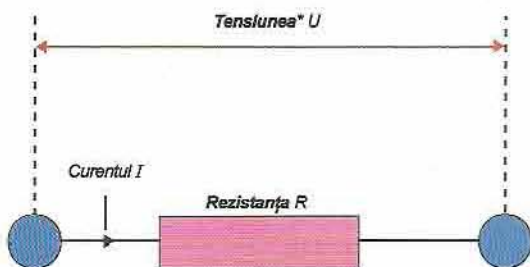
Rezistența consumatorilor, câmpurile magnetice și electrice care apar influențează curentul.

Legea lui Ohm

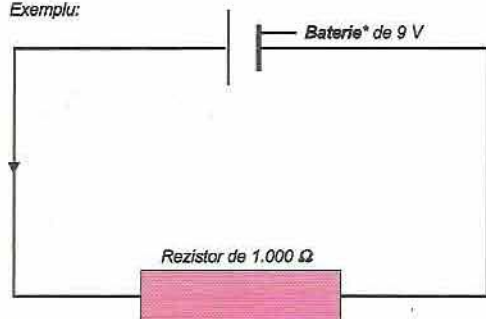
Curentul dintr-un corp la temperatură constantă este direct proporțional cu **tensiunea*** de la bornele acestuia. **Rezistența electrică** a unui conductor este egală cu raportul dintre diferența de potențial și intensitatea curentului. Pentru aplicarea legii, corpul trebuie să fie la temperatură constantă; la creșterea temperaturii, rezistența se modifică (vezi și **filamentul unui bec**, pagina 64). Legea lui Ohm nu se poate aplica **semiconductorilor***.

Legea lui Ohm susține:

$$\frac{U}{I} = R = \text{constant}$$



Exemplu:



Curentul de intensitate I prin rezistorul

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9}{1.000} = 0,009 \text{ A} = 9 \text{ mA}$$

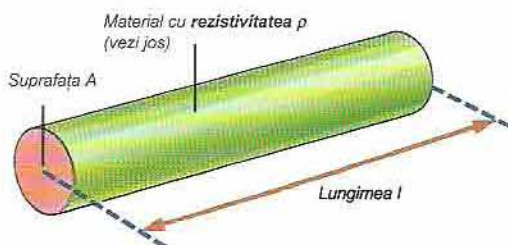
Rezistența electrică (R)

Capacitatea unui conductor de a se opune curentului electric. Valoarea ei depinde de **rezistivitatea** substanței din care este fabricat corpul, de mărimea și de forma acestuia. Unitatea de măsură a rezistenței este **ohmul** (Ω). Electronii care se deplasează prin corp se lovesc de atomi, primesc energie, încălzind corpul, și utilizează energia primită de la sursa cu o **forță electromotoare***.

Valoarea la care, datorită **rezistenței**, energia electrică se modifică (adică **puterea***) se poate calcula astfel:

$$\text{Puterea} = IU = I^2 R$$

unde I = intensitatea curentului
 U = tensiunea* prin rezistență
 R = rezistență



Rezistența este invers proporțională cu suprafața și direct proporțională cu lungimea.

$$R = \frac{\rho l}{a}$$

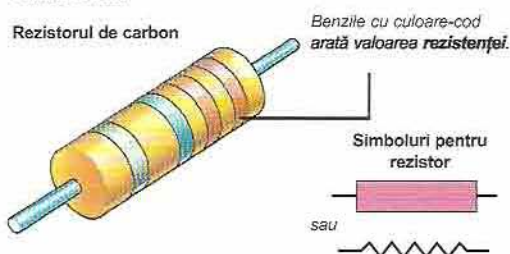
Rezistivitatea (ρ)

Capacitatea unei substanțe de a rezista la trecerea curentului. **Conductorii*** buni au o rezistivitate scăzută, iar **izolatorii*** au rezistivitate ridicată. Aceasta este **inversul*** **conductivității** substanțelor și este dependent de temperatură.

Rezistorul

Un dispozitiv cu o valoare specifică a **rezistenței**. Rezistorii pot avea valori de la sub un ohm la mai multe milioane de **ohmi**. Cel mai obișnuit model este **rezistorul de carbon**, fabricat din carbon comprimat de rezistivitate cunoscută.

Rezistorul de carbon



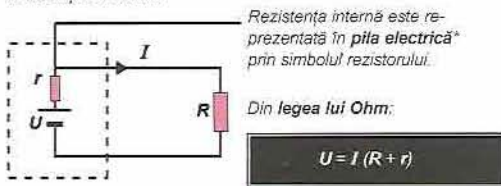
Conductivitatea

Capacitatea unei substanțe de a permite trecerea curentului (vezi și **conductorul** și **izolatorul**, pagina 56). Reprezintă inversul **rezistivității**.

Rezistența internă (r)

Rezistența interioară a unei **pile electrice*** sau **baterii*** la curentul pe care îl produce. Reprezintă rezistența legăturilor din aparat și la anumite efecte chimice (de exemplu, **polarizarea**). Astfel, curentul dintr-un circuit este mai mic decât cel la care ne-am putea aștepta.

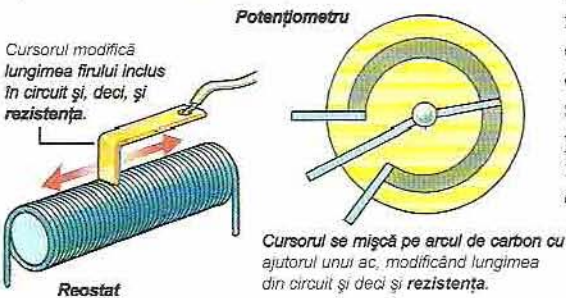
Rezistența internă face parte din rezistența circuitului.



Reostat

Un dispozitiv a cărui **rezistență** se poate modifica mecanic. Este un fir de o anumită **rezistivitate**, înfășurat pe un tambur pe care se mișcă un contact (pentru curenții de înaltă intensitate) sau un arc de carbon cu un contact mobil. Reostatul cu cursor se poate utiliza ca **divizor de tensiune**. Acesta este **potențiometrul**.

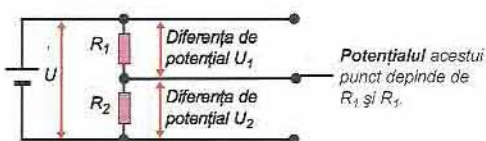
Tipuri de rezistori variabili



Divizorul de tensiune sau potențiometrul

Un dispozitiv folosit la divizarea unei **tensiuni*** dintr-o altă tensiune mai mare.

Potențiometrul în circuit electric



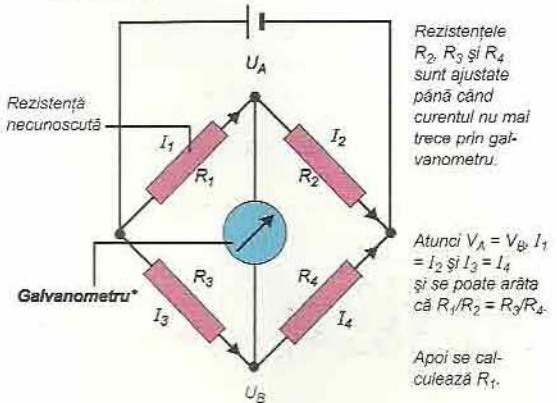
Puntea Wheatstone

Un circuit folosit pentru măsurarea unei **rezistențe** necunoscute (vezi diagrama). Când **galvanometrul*** nu indică trecerea curentului, valoarea necunoscută a unui **rezistor** poate fi calculată din celelalte trei.

Așa-numita **punte metrică** este o variantă a punții Wheatstone, în care două din rezistoare sunt înlocuite cu un metru de fir cu rezistență mare.

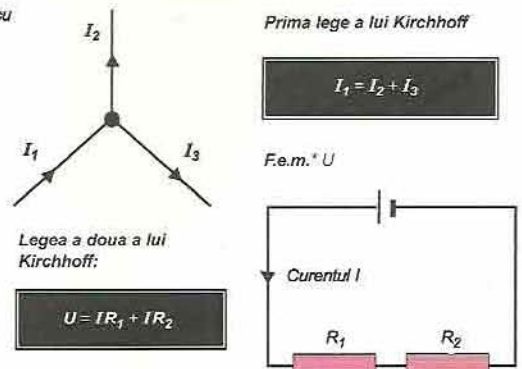
În circuitul prezentat mai jos, poziția acului de la galvanometru pe fir dă raportul R_3/R_4 .

Punte Wheatstone



Legile lui Kirchhoff

Legi pentru circuite electrice cu ramificații. Prima lege susține că intensitatea totală a curentului care intră într-un nod de rețea este egală cu intensitatea curenților care ies din nodul de rețea. A doua lege susține că suma **tensiunilor*** de-a lungul unui ochi de rețea, care, pentru fiecare **rezistor** este produsul dintre intensitatea curentului și **rezistență**, este egală cu **forța electromotoare*** aplicată circuitului.



*Baterie, Pila electrică, 68; Forță electromotoare (f.e.m.), 60; Galvanometru, 77; Polarizare, 68; Tensiune, 58.

Legile circuitului electric (continuare)

Gruparea în serie și în paralel

Conexiunea rezistoarelor una după alta, respectiv cu capetele legate între aceleași două puncte.

Rezistori* în serie

$$\text{Rezistența totală } R_T = R_1 + R_2$$



Condensatoare* în serie

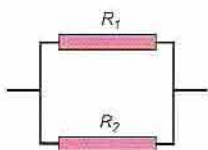
$$\text{Capacitatea* totală } \frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$



Rezistori* în paralel

Rezistența* totală

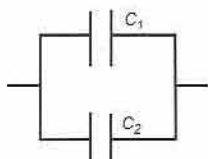
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



Condensatoare* în paralel

Capacitatea* totală

$$C_T = C_1 + C_2$$



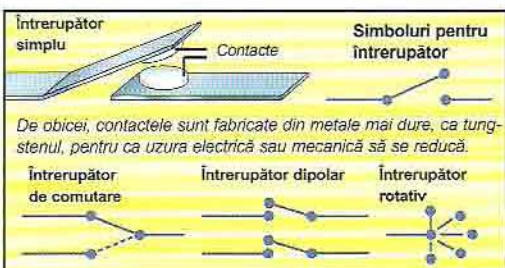
Filamentul unui bec

Alcătuitor dintr-un fir în formă de spirală de tungsten (filamentul), situat în interiorul unui bec de sticlă care conține argon sau azot gazos la presiune mică. Când curentul trece prin spirală, aceasta se încălzește rapid și emană lumină. Punctul de topire al tungstenului este foarte ridicat, iar becul se umple cu gaz pentru a reduce evaporarea tungstenului.



Întreprupătorul

Un dispozitiv, de obicei mecanic, care se utilizează pentru închiderea sau întreruperea unui circuit. **Releul*** se folosește când un curent de intensitate mică trebuie să pornească sau să oprească un circuit de intensitate mai mare.



Impedanța

Raportul dintre tensiunea* aplicată unui circuit și curentul alternativ* care trece prin el. Se datorează rezistenței* circuitului și reactanței. Efectul impedanței este acela că f.e.m. și curentul pot fi în opoziție de fază.

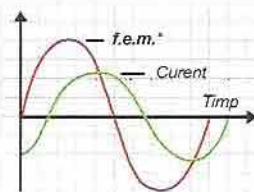
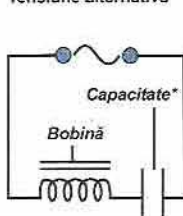
Reactanța

Partea „reactivă” a impedanței în curent alternativ* este produsă de capacitatea* și inductanța dintr-un circuit care, la schimbarea curentului, schimbă forțele electromotoare*.

Inductanța

O parte a impedanței unui circuit datorate afectării f.e.m.* (vezi și inducția electromagnetică, pagina 78) prin variația curentului. Are loc într-un dispozitiv numit bobină.

Tensiune alternativă



SEMICONDUCTORI

Semiconductorii sunt materiale ale căror **rezistivitate*** se află între cea a **conductorilor** și a **izolatorilor** (vezi pagina 56) și care scade o dată cu creșterea temperaturii sau cu creșterea cantității de impurități (vezi mai jos **dopajul**). Sunt utilizați în circuitele electronice (vezi și pagina 111).

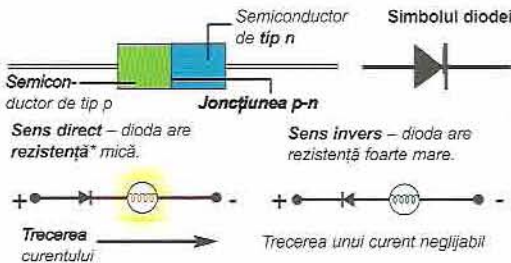
Dopajul

Introducerea unei mici cantități de impurități într-un semiconductor. În funcție de impuritatea folosită, semiconductorii pot fi de **tip p** sau de **tip n**. La construirea **diodelor** și **tranzistoarelor** se folosesc ambele tipuri.

Dioda semiconductoră

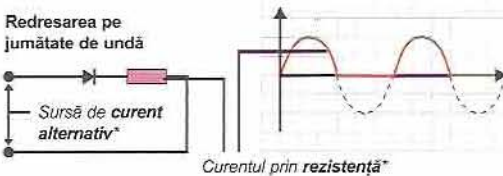
Un dispozitiv alcătuit dintr-un semiconductor de **tip p** (vezi **dopajul**) și un semiconductor de **tip n**, uniți între ei. Are o **rezistență*** foarte mică pe o direcție (**sens direct**) și o rezistență foarte ridicată pe cealaltă direcție (**sens invers**).

Construirea diodei



Redresarea unei singure alternanțe

Folosirea unei diode pentru a transforma **curentul alternativ*** în curent continuu pulsatoriu.

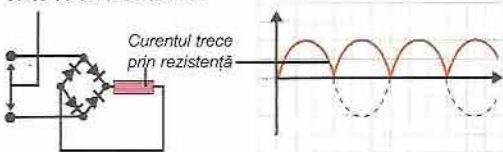


Redresarea ambelor alternanțe

Transformarea **curentului alternativ*** în curent continuu*.

Redresarea ambelor alternanțe

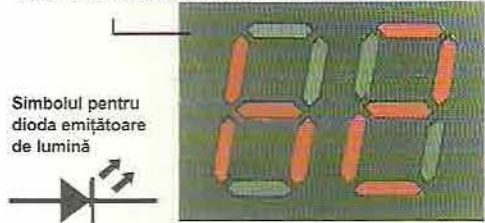
Sursă de curent alternativ



Dioda emițătoare de lumină (LED)

Dioda cu o **rezistență*** mai mare decât cea obișnuită, în care, în loc de căldură se produce lumină.

Ecranul numeric al LED-urilor

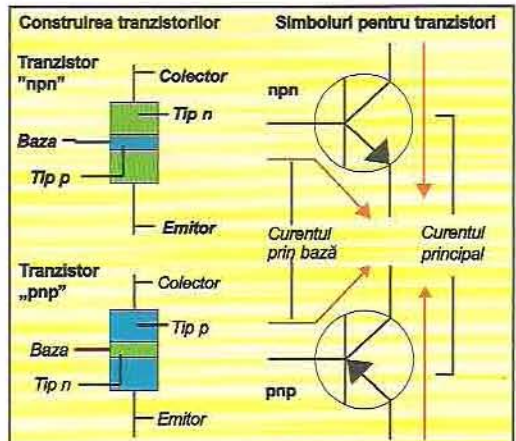


Termistorul

Un dispozitiv semiconductor a cărui **rezistență*** variază în funcție de temperatură, utilizat la detectarea schimbărilor de temperatură în circuitele electronice.

Tranzistorul

Un semiconductor alcătuit, de obicei, din două tipuri de semiconductoare. Prezintă trei conexiuni, **baza**, **colectorul** și **emitorul** (vezi diagramele de mai jos). Când prin bază trece un curent de intensitate mică, **rezistența*** mare dintre colector și emitor scade. Din acest motiv, acest curent de bază poate influența valoarea unei intensități la colector mult mai mare decât intensitatea de la emitor.



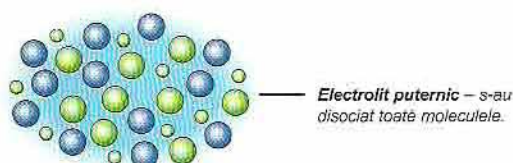
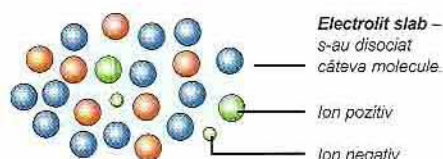
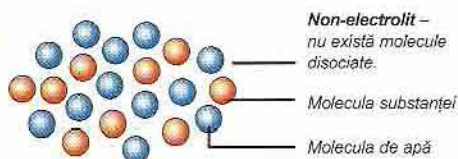
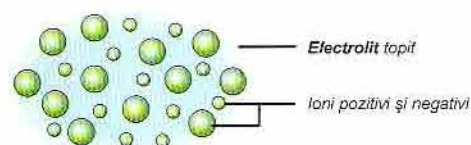
*Curent alternativ, 61; Curent continuu, 61; Rezistență, Rezistivitate, Rezistor, 62.

ELECTROLIZA

Electroliza este procesul prin care curentul electric trece printr-un lichid (electrolit) care conține **ioni*** (atomi care prin pierderea sau acceptarea unui **electron** s-au încărcat electric) și care are ca rezultat descompunerea lichidului în ioni pozitivi și negativi. Curentul este obținut prin mișcarea dirijată a ionilor din lichid, iar substanța separată se depune pe electrozi. Are numeroase aplicații industriale.

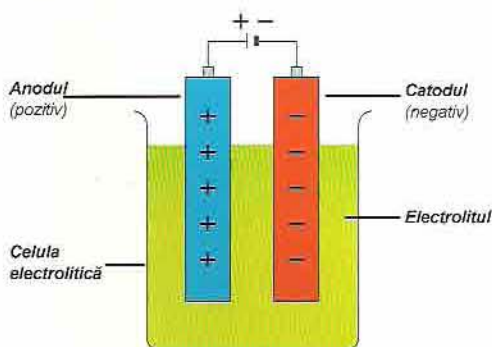
Electrolitul

Soluția apoasă a substanțelor ionice sau în stare topită. Toți compușii care sunt alcătuiți din ioni sau care prin dizolvare se disociază în ioni sunt electroliți. Concentrația ionilor dintr-un electrolit determină capacitatea acestuia de a conduce electricitatea.



Electrodul

Conductor metallic sau de cărbune dintr-un **electrolit** prin care curentul electric intră sau iese în timpul electrolizei. Sunt necesari doi electrozi – **anodul** (electrodul pozitiv) și **cathodul** (electrodul negativ). **Electrodul activ** este cel pe care se depune substanță.



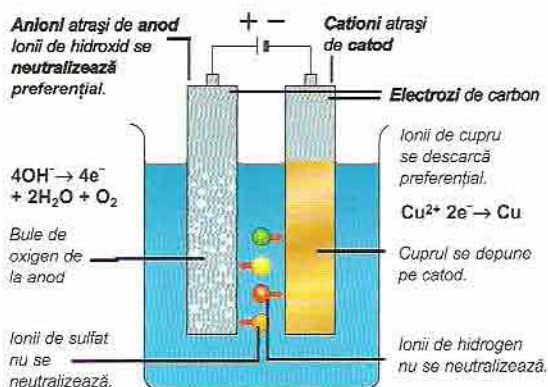
Pila electrică

Vasul în care are loc electroliza. Conține un **electrolit** și **electrozii**.

Teoria ionică a electrolizei

O teorie care încearcă să explice ce se petrece la nivelul electrolitului și **electrozilor** în timpul **electrolizei**. Aceasta susține că **anionii** (ionii negativi) sunt atrași de **anod**, iar **cationii** (ionii pozitivi) sunt atrași de **catod**. Aici ei pierd, respectiv acceptă electroni pentru a forma atomi (**neutralizare**). Dacă există doi sau mai mulți anioni diferiți, se va neutraliza unul preferențial. Acest fenomen se numește **neutralizare preferențială**.

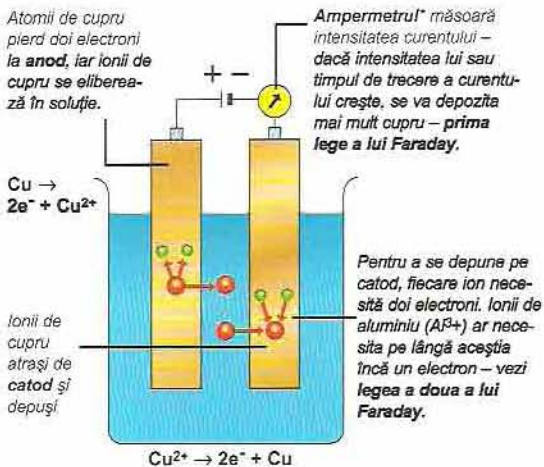
Electroliza soluției de sulfat de cupru



Legile electrolizei (legile lui Faraday)

Două legi care fac legătura dintre cantitatea de sarcini electrice care trece printr-un **electrolit** cu masa de substanță depusă. **Prima lege a lui Faraday** susține că masa de substanță depusă este proporțională cu cantitatea de sarcină electrică (echivalentul electrochimic al substanței este eliberat de trecerea unui amper într-o secundă). **A doua lege a lui Faraday** susține că masa de substanță depusă este invers proporțională cu cantitatea de sarcină electrică transportată.

Electroliza soluției de sulfat de cupru cu electrozi de cupru (voltmetru de cupru)

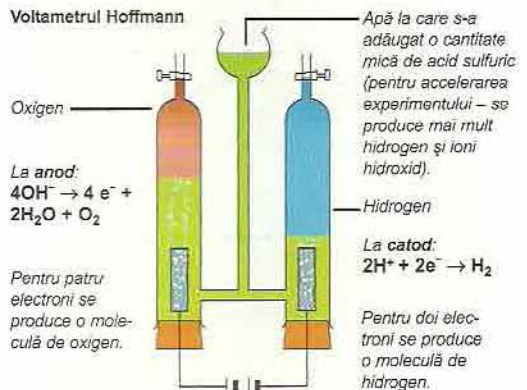


Voltametrul

O **pilă electrică** (element galvanic) folosită pentru investigarea relației dintre cantitatea de substanță produsă la **electrozi** și curentul care trece prin element. De exemplu, **voltametrul de cupru** (vezi jos stânga) conține sulfat de cupru și electrozi de cupru.

Voltametrul Hoffmann

Un **voltamtru** utilizat pentru colectarea și măsurarea volumelor (și deci a maselor) de gaze eliberate în timpul electrolizei. De exemplu, electroliza apei acidulate produce hidrogen și oxigen în raport de doi la unu (rețineți că aceasta reprezintă și compoziția chimică a apei, H_2O).



Aplicațiile electrolizei

Galvanostegia

Acoperirea obiectelor metalice, prin electroliză, cu un strat subțire dintr-un alt metal. Obiectul este tocmai **catodul**, iar ionii metalului pentru acoperire se formează în **electrolit**.

Fierul este ieftin, dar este foarte corosiv, astfel, pentru prevenirea coroziunii, conservele de alimente se acoperă cu un strat foarte fin de staniu (este mai puțin reactiv).

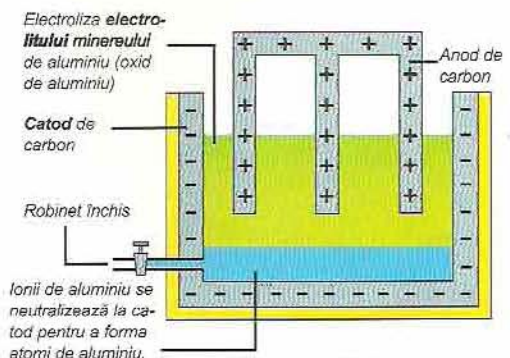


Electropurificarea

Metodă de purificare a metalelor prin electroliză. Metalul impur formează **anodul**, din care ionii metalului se deplasează spre **catod** și se formează metalul pur. Impuritățile cad pe fundul vasului.

Electrometalurgia

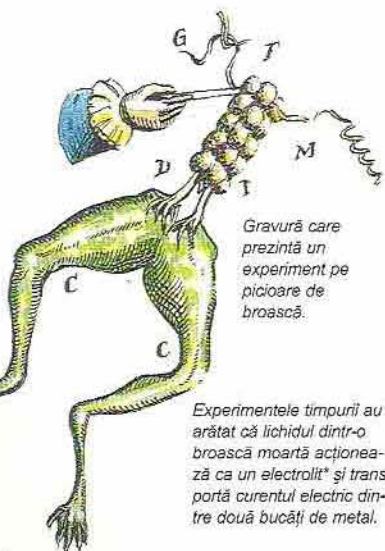
Procesul de obținere a metalelor din minerec prin electroliză. Metalele foarte reactive se obțin prin acest proces, de exemplu, sodiul și aluminiul.



*Ampermetru, 77.

ELEMENTE GALVANICE

Omul de știință italian, Volta, a arătat pentru prima oară că între două metale diferite, așezate în anumiți lichide (**electroliti***), există o **diferență de potențial*** și, deci, din energia chimică se poate produce **curent continuu***. Această dispunere se numește **pilă electrică**, **element galvanic**, **pilă electrochimică** sau **voltaică**. Diferența de potențial (produsă de **modificările chimice din element**) se numește **forță electromotoare*** și mărimea ei depinde de metalul folosit. **Bateria** este formată din două sau mai multe elemente.

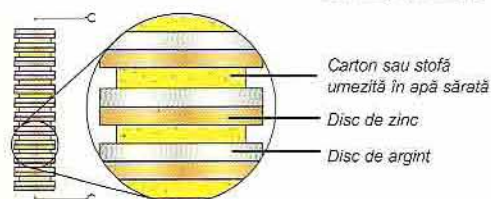


Pila voltaică

Prima baterie, alcătuită dintr-o pilă cu discuri de argint și de zinc despărțite de un carton sau stofă înmuiate în apă sărată. Această dispunere este identică cu cea a mai multor celule simple, legate între ele.



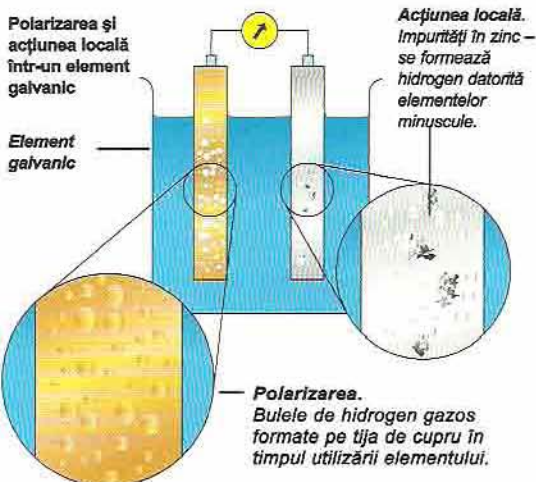
Pila voltaică în detaliu



Bateria lui Volta numită pila voltaică

Polarizarea

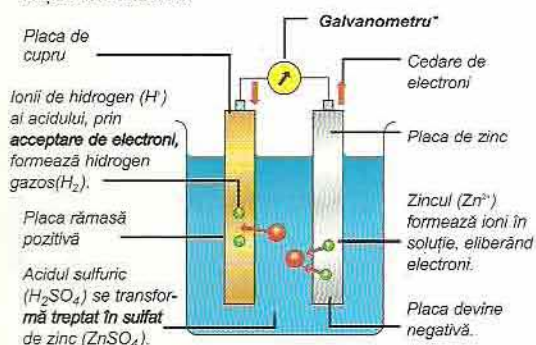
Formarea bulelor de hidrogen pe placa de cupru dintr-un **element galvanic**. Aceasta reduce **forța electromotoare*** a elementului, datorită faptului că bulele de hidrogen izolează placa și că se formează **forța contraelectromotoare***. Polarizarea se poate anula dacă se adaugă un **agent de depolarizare** care reacționează cu hidrogenul, formând apă.



Element galvanic (pilă electrică)

Două tije din metale diferite, despărțite de **electrolitul*** unei soluții bazice sau acide, plăci de zinc și cupru și soluție de acid sulfuric). Elementul galvanic produce o **forță electromotoare*** pentru scurt timp, înainte ca **polarizarea** și **degajarea de hidrogen** să aibă efect.

Acțiunea elementului



Degajarea de hidrogen

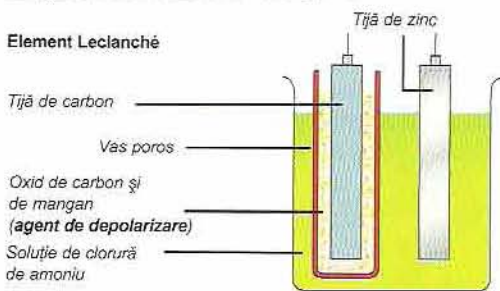
Producerea de hidrogen la nivelul plăcii de zinc dintr-un **element galvanic**. Impuritățile (urme de alte metale) din placa de zinc formează celule simple minuscule care, datorită **polarizării**, formează hidrogen. De asemenea, se produce hidrogen și în timp ce zincul se dizolvă în acid (chiar și atunci când elementul nu este în funcțiune). Acțiunea locală poate fi evitată prin acoperirea plăcii cu un **amalgam***.

Cantitatea de electricitate transportată

Caracterizează un element care produce curent într-o anumită perioadă de timp. Se măsoară în **amperi oră**. De ex., un element de 10 amperi oră trebuie să producă în 10 ore 1 amper.

Element Leclanché

Un element în care **polarizarea** este efectuată de dioxidul de mangan (**agent depolarizant**). Acesta face ca rata de eliberare a hidrogenului să fie mai scăzută decât rata de formare a sa, dar când celula nu mai funcționează, continuă să îndepărteze excesul de hidrogen. Celula furnizează o **forță electromotoare*** de 1,5 V.



Element galvanic standard

Un element care produce o **forță electromotoare*** bine cunoscută și constantă. Este utilizată în laboratoare pentru lucrări experimentale.

Element galvanic primar

Orice element care are o viață limitată, deoarece substanțele chimice din interiorul lui se uzează și nu pot fi înlocuite cu ușurință.

Element galvanic secundar

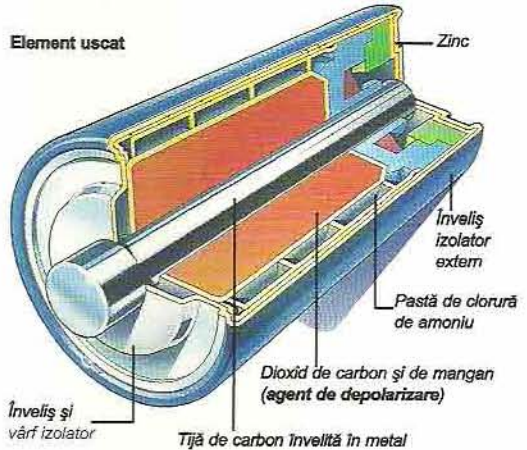
Este numit și **acumulator**. Este un element care poate fi încărcat prin conectarea la o altă sursă de electricitate. Principalele tipuri sunt **acumulatorul plumb-acid** și **element alcalin nichel-cadmium**.

Element alcalin

Un element secundar care conține un **electrolit*** de soluție de hidroxid de potasiu. În mod normal, plăcile sunt confecționate din componente de nichel și cadmiu (atunci se numește **celulă nichel-cadmium**). Elementele alcaline pot fi lăsate timp de mai multe luni în stare de descărcare, fără ca ele să slăbească.

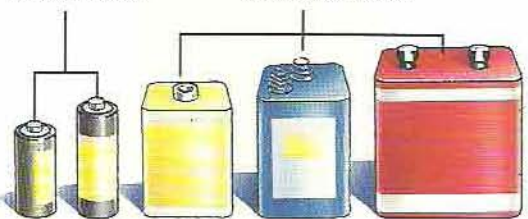
„Elementul uscat”

O variantă a elementului Leclanché, în care soluția de clorură de amoniu este înlocuită cu o pastă care conține clorură de amoniu. Elementul furnizează o **forță electromotoare*** de 1,5 V. „Elementul uscat” se deteriorează mai încet, dar durata lui de viață este de câteva luni.



Bateria de 1,5 V (de ex. cea dintr-o lanternă) este un element uscat.

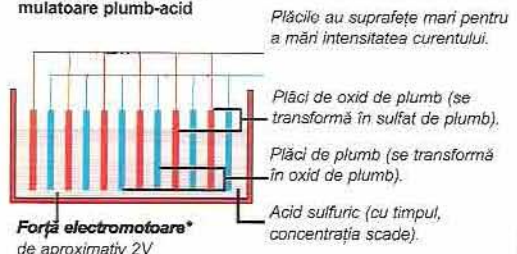
Bateria de 9 V (de exemplu cea dintr-un radio) conține șase elemente uscate în serie*.



Acumulatorul plumb-acid

Un element secundar care conține un **electrolit*** de soluție de acid sulfuric și plăci confecționate din plumb și componente de plumb. Acumulatorul poate furniza un curent foarte mare, deoarece are o **rezistență internă*** foarte scăzută.

Baterie alcătuită din acumulatori plumb-acid



Plăcile au suprafețe mari pentru a mări intensitatea curentului.

*Forță electromotoare (f.e.m.), 60; Electrolit, 66; Rezistență internă, 63; Serie, 64.

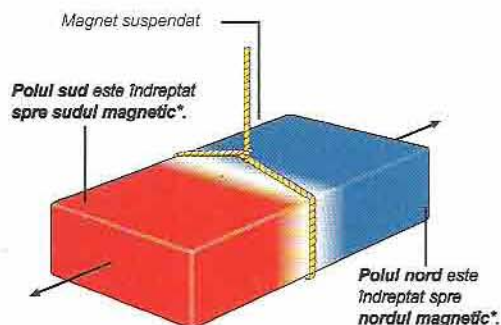
MAGNEȚII

În jurul lor, **magneții** au un **câmp magnetic*** și, datorită interacțiunii dintre doi magneți, între ei există o **forță magnetică***. Orice material capabil să fie **magnetizat** (poate deveni un magnet) este descris ca fiind **magnetic** (vezi **feromagnetismul**, jos) și, când este plasat într-un câmp magnetic, devine magnetizat. De asemenea, și mișcarea sarcinilor (**electronilor***) creează un câmp magnetic (vezi **electromagnetismul**, paginile 74-76).

Aceste agrafe de hârtie au fost temporar magnetizate.

Polul

Punctul unui magnet în care se concentrează **forța magnetică***. Există doi poli – nord sau polul îndreptat spre nord și sud, polul îndreptat spre sud (identificați prin permiterea magnetului de a se alinia **câmpului magnetic*** al Pământului). Toți magneții au un număr egal din fiecare tip de pol. **Prima lege a magnetismului** susține că polii opuși se atrag, iar polii de același fel se resping.

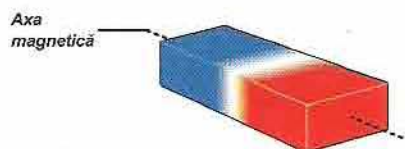


Prima lege a magnetismului



Axa magnetică

O linie imaginară față de care **câmpul magnetic*** al unui magnet este simetric.



Feromagnetismul

Proprietatea unui material puternic magnetic (se magnetizează ușor). Fierul, nichelul, cobaltul și aliajele lor sunt **feromagnetice** și sunt descrise ca fiind **puternic** și **slab feromagnetice**. Materialele **sinterizate** (confectionate prin transformarea diferitelor amestecuri de pulberi ale metalelor de mai sus în solide, prin căldură și presiune) pot fi puternic sau slab magnetice, prin schimbarea metalelor utilizate.

Puternic

Describe un material **feromagnetic**, care după magnetizare nu-și pierde cu ușurință magnetizația, de ex. oțelul. Magneții confectionați din aceste materiale se numesc **magneți permanenți**.

Materialele puternic feromagnetice sunt folosite ca **magneți permanenți**, de ex. acele unei busole.



Slab

Describe un material **feromagnetic** care după magnetizare nu-și păstrează magnetismul, de ex. fierul. Magneții confectionați din astfel de materiale se numesc **magneți temporari**. Magnetizația reziduală este cantitatea mică de magnetizație care se poate păstra în materialele slab magnetice.

Materialele slab feromagnetice se folosesc ca miez* în **electromagneți**.



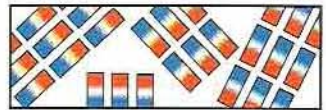
Susceptibilitatea

Măsura capacității unei substanțe de a deveni magnetizată. Materialele **feromagnetice** au o susceptibilitate crescută.

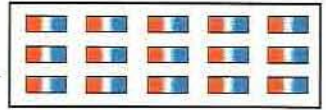
Teoria domeniului de magnetizare

Susține că materialele **feromagnetice** constă din **dipoli** sau **magneți moleculari**, care interacționează între ei. Aceștia sunt dispuși în zone numite **domenii**, în care ei se îndreaptă în același sens. Materialul feromagnetic devine magnetizat, când domeniile se **ordonează** (se aliniază).

În stare de non-magnetizare, **domeniile** sunt amestecate. Efectul global este acela că domeniile se anulează între ele.



În stare magnetizată, **domeniile** sunt ordonate. Dacă sunt complet ordonate (ca aici), magnetul este **saturat** – nu poate fi mai puternic.



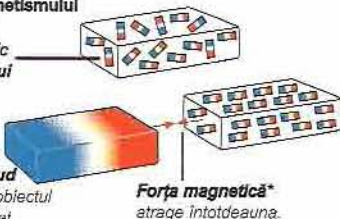
Magnetizarea

Când un obiect se magnetizează, toți **dipolii** se aliniază. Aceasta are loc numai când obiectul se află într-un **câmp magnetic*** și se numește **magnetism indus**.

Inducerea magnetismului

Material magnetic în afara câmpului magnetic*.

Capătul nordic al dipolilor este atras de polul sud al magnetului – obiectul devine magnetizat.

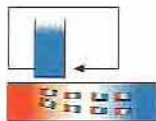


Forța magnetică* atrage întotdeauna.

Atingerea simplă

Metoda de magnetizare a unui obiect prin atingerea lui repetată cu **polul** unui magnet permanent (vezi **magnetic dur**). Magnetizarea este indusă în obiect de la câmpul magnetic* al magnetului.

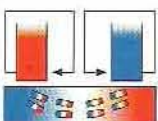
Magnetizarea indusă prin atingere simplă



Atingerea divizată

Metoda de magnetizare a unui obiect prin atingerea repetată de la centru spre exterior cu **polii** opuși a doi **magneți permanenți**. Magnetizarea este indusă în obiect de la câmpul magnetic* al magneților.

Magnetizarea indusă prin atingere divizată



Polii consecvenți se produc când în atingerea divizată se folosesc poli identici.

Demagnetizarea

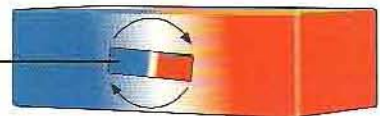
Îndepărtarea magnetizării dintr-un obiect. Se poate obține prin plasarea obiectului într-un **câmp magnetic*** schimbător, ca și cel creat de un conductor care transportă **curent alternativ***. Alternativ, **dipolii** (vezi **teoria domeniului**, sus) se pot excita pentru a le dezorganiza sensurile prin lovirea dezordonată cu un ciocan sau prin încălzirea la peste 700°C.

Autodemagnetizarea

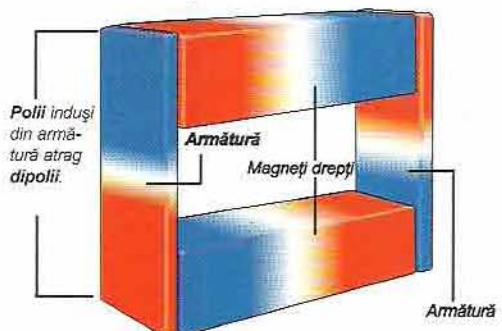
Pierderea magnetizării unui magnet datorită atracției **dipolilor** (vezi **teoria domeniului**) spre **polii** opuși ai magnetului. Autodemagnetizarea se reduce prin utilizarea unor bucați de fier moale (numite **armături**), aranjate astfel ca ele să formeze un ochi închis de poli.

Autodemagnetizarea unui magnet drept

Dipolii tind să se întoarcă.



Reducerea autodemagnetizării



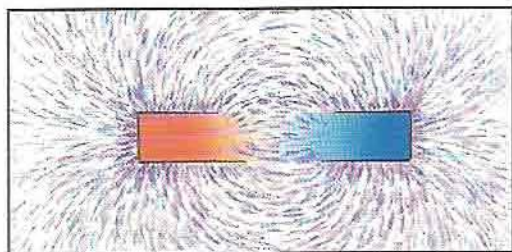
CÂMPURI MAGNETICE

Câmpul magnetic este regiune din jurul unui **magnet** (vezi pagina 70) în care obiectele sunt afectate de **forța magnetică***. Puterea și sensul câmpului magnetic sunt prezentate de **liniile câmpului magnetic**.

Liniile câmpului magnetic sau liniile de flux

Liniile care indică sensul câmpului magnetic din jurul unui magnet. Ele arată, de asemenea, puterea câmpului (vezi **densitatea fluxului magnetic**, jos). Sensul câmpului este sensul forței asupra unui **pol nord***. Liniile câmpului magnetic sunt reprezentate prin presărarea unei pilituri de fier în jurul magnetului sau prin înregistrarea direcției arătate de o **busolă de reprezentare** (fără marcaje) în diferite puncte.

Rezultatul presărării piliturii de fier în jurul unui magnet

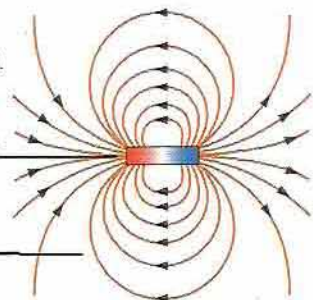


Pilitura de fier se aliniază datorită **magnetizării induse***.

Reprezentarea liniilor de câmp magnetic în jurul unui magnet drept.



Reprezentarea completă a liniilor de câmp magnetic (săgețile indică sensul).

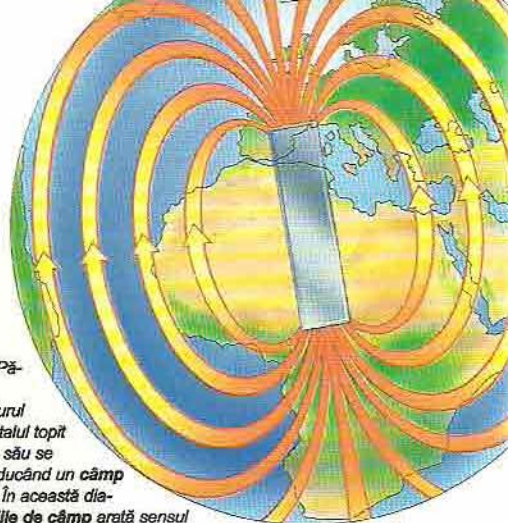


Densitatea fluxului magnetic este mare – câmp magnetic puternic.

Densitatea fluxului magnetic este scăzută – câmp magnetic mai slab.

Densitatea fluxului magnetic

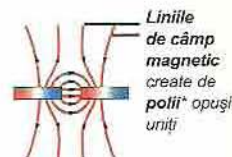
Măsurarea puterii unui câmp magnetic într-un punct dat. Este arătată de apropierea **liniilor câmpului magnetic** între ele. În mod normal, densitatea câmpului magnetic este cea mai ridicată în jurul **polilor***.



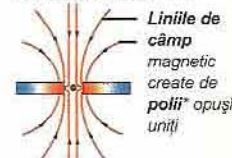
Deoarece Pământul se rotește în jurul axei, și metalul topit din nucleul său se mișcă, producând un câmp magnetic. În această diagramă, liniile de câmp arată sensul câmpului magnetic. Liniile sunt mai apropiate la poli, unde câmpul este cel mai puternic.

Punctul neutru

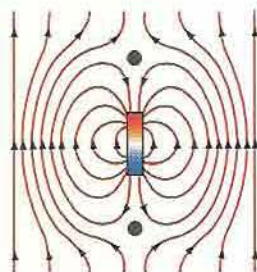
Punctul cu magnetizare nulă. Se formează atunci când 2 sau mai multe câmpuri magnetice interacționează cu un efect egal, dar opus. Magnetul poziționat de-a lungul **meridianului magnetic**, cu **polul sud*** îndreptat spre nord, are 2 puncte neutre pe aceeași linie cu **axa magnetică*** a acestuia.



Nu există **punct neutru**.



Punctul neutru



Punctele neutre (marcate cu o bulină) create de un magnet al cărui **pol sud*** este îndreptat spre nord.

Diamagnetismul

Magnetismul prezentat de unele substanțe când sunt așezate într-un câmp magnetic puternic. O bucată de material diamagnetic tinde să răspândească **liniile câmpului magnetic** și se aliniază cu partea sa mai lungă perpendiculară pe ele.

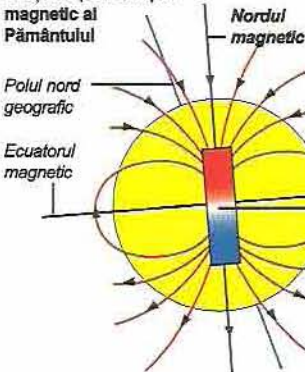
Paramagnetismul

Magnetismul prezentat de unele substanțe când sunt așezate într-un câmp magnetic puternic. O bucată de material paramagnetic tinde să concentreze prin el **liniile de câmp magnetic** și se așează cu partea sa mai lungă paralelă cu ele. Este cauzat de mișcarea ușoară a **dipolilor*** spre aliniere.

Magnetismul Pământului

Pământul are un câmp magnetic care se comportă ca și când ar avea în centrul său un magnet drept uriaș, situat aproximativ între poliile geografice nord și sud, cu toate că unghiul său se schimbă constant. Polul nord al unei busole este îndreptat spre un punct numit **nordul magnetic**, iar polul său sud, spre **sudul magnetic**.

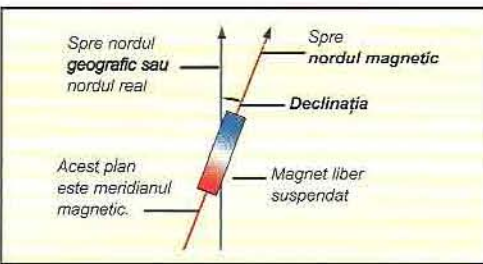
Secțiune prin câmpul magnetic al Pământului



Câmpul magnetic al Pământului se comportă ca și când polul sud* al magnetului imaginat din centru ar fi îndreptat spre nordul magnetic.

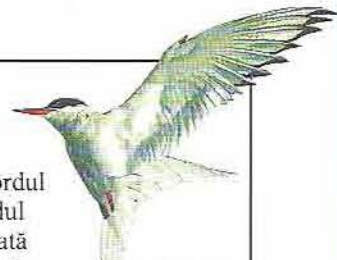
Meridianul magnetic

Planul vertical în care se află **axa magnetică*** a unui magnet suspendat în câmpul magnetic al Pământului.



Declinația

Unghiul format între nordul câmpului magnetic (sudul geografic) și direcția luată de-a lungul **componentei orizontale a câmpului magnetic**. Poziția nordului magnetic variază și, astfel, declinația se schimbă încet, în timp.



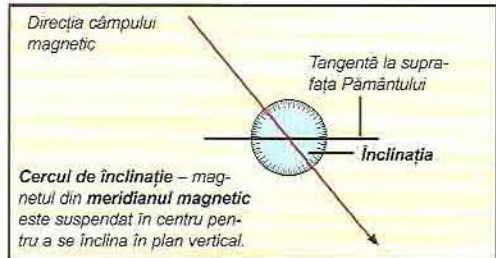
Această rândunică de mare migrație folosește pentru orientare câmpul magnetic al Pământului.

Liniiile izogonale

Linii care unesc puncte cu **declinație** egală. Din cauza schimbării direcției câmpului magnetic al Pământului, acestea se rearanjează din timp în timp.

Înclinația

Unghiul format de planul tangent la suprafața Pământului cu direcția câmpului magnetic al Pământului într-un punct. Se măsoară prin utilizarea unui **cerc de înclinație** (vezi imaginea, jos).



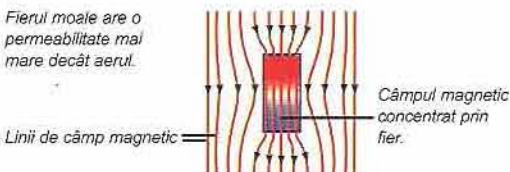
Linia izoclină

Linia care unește punctele cu aceeași **înclinație**.

Permeabilitatea

Măsurarea capacității unei substanțe de a „conduce” un câmp magnetic. Fierul moale este mult mai permeabil decât aerul, deci câmpul magnetic tinde să se concentreze prin el.

Fierul moale are o permeabilitate mai mare decât aerul.



Protejarea sau ecranarea

Folosirea unui material ușor magnetic pentru a opri un câmp magnetic să atingă un anumit punct, prin îndepărtarea efectivă a câmpului. Se utilizează în instrumentele foarte sensibile, de ex. în osciloscop.

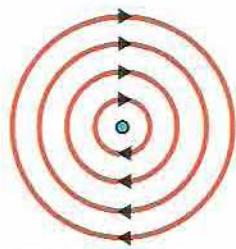
Osciloscoapele sunt protejate de **câmpurile** magnetice nedorite, de un **metal** din aliaj special cu **permeabilitate** foarte mare.



*Axă magnetică, Pol, 70.

ELECTROMAGNETISMUL

Curentul electric care trece printr-un conductor produce în jurul acestuia un **câmp magnetic** (vezi paginile 72-73), a cărui formă depinde de forma conductorului și de intensitatea curentului. Aceste câmpuri magnetice au aceeași acțiune ca **magneții permanenți***. Fenomenul, numit **electromagnetism**, se ocupă cu studiul fenomenelor electrice și magnetice.

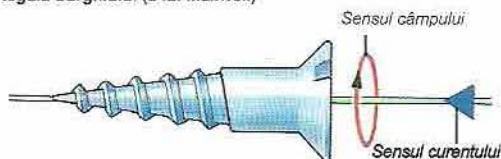


Secțiunea transversală a câmpului magnetic creat de un conductor linear parcurs de curent.

Regula burghiului (a lui Maxwell)

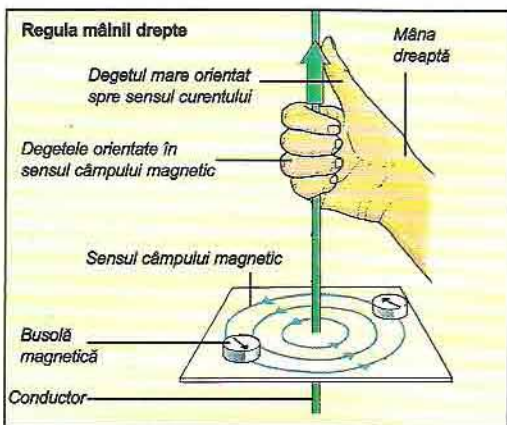
Sensul câmpului magnetic din jurul unui conductor este sensul în care trebuie rotit burghiul pentru a înainta în sensul curentului.

Regula burghiului (a lui Maxwell)



Regula mâinii drepte

Sensul unui câmp magnetic din jurul unui conductor este dat de orientarea celor patru degete, dacă conductorul este ținut în mâna dreaptă, cu degetul mare orientat spre sensul curentului.



Bobina

Dispozitiv alcătuit dintr-un număr de spire înfășurate pe un **suport** de formă cilindrică. Exemple de bobine sunt **bobina plană** și **solenoidul**.

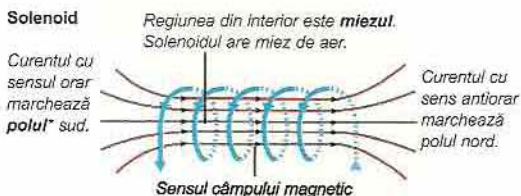
Bobina plană

O **bobină-cadru** pentru care lungimea firului conductor este mică pe lângă diametrul spirei.

Solenoidul

O **bobină** cu lungimea firului mare în comparație cu diametrul spirelor. Câmpul magnetic produs de un solenoid este similar cu cel produs de un magnet drept. Poziția **polilor*** depinde de sensul curentului.

Solenoid



Capetele în săgeată ale unui S reprezintă sensul orar (curent în sens orar = polul sud).



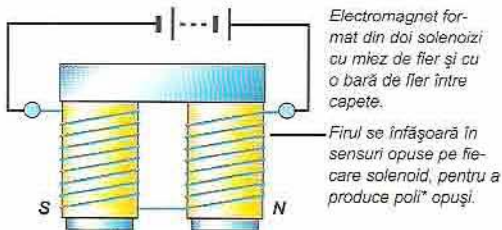
Capetele în săgeată ale unui N reprezintă sensul antiorar (curent antiorar = polul nord).

Miezul

Substanța din interiorul unei **bobine** care influențează forța câmpului. Materialele ușor **feromagnetice***, cel mai obișnuit fiind fierul moale, creează cel mai puternic câmp magnetic și sunt utilizate ca **electromagneți**.

Electromagnetul

Solenoid cu **miez** confecționat dintr-un material magnetic moale și puternic **feromagnetic***. Acesta formează un magnet a cărui magnetizare poate fi controlată prin pornirea și oprirea curentului. Electromagneții sunt construiți așa încât 2 **poli*** opuși să fie aproape, pentru a produce un câmp magnetic puternic.



Electromagnet format din doi solenoidi cu miez de fier și cu o bară de fier între capete.

Firul se înfășoară în sensuri opuse pe fiecare solenoid, pentru a produce poli* opuși.

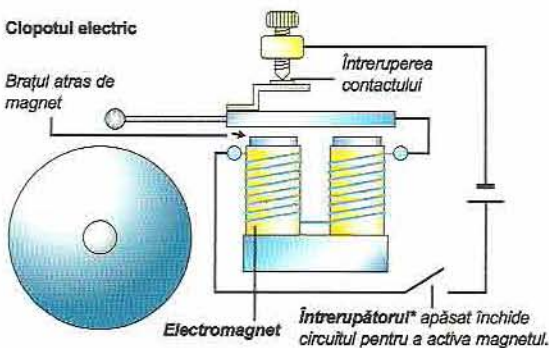
Aplicațiile electromagneților

Electromagneții au o mare aplicabilitate, folosindu-se faptul că atunci când sunt porniți, curentul trece prin ei, atrag metalele și, astfel, transformă **energia electrică*** în **energie mecanică***. În două din următoarele exemple, energia sonoră este produsă din energie mecanică.

Sonerie electrică

Un dispozitiv care transformă **curentul continuu*** în sunet. O lamelă metalică este atrasă de un **electromagnet**, se mișcă spre el și, astfel, întrerupe circuitul care alimentează electromagnetul. Lamela se ridică și procesul se repetă. Vibrația dată de lamelă produce un sunet bâzâit. În **clopotul electric**, un ciocan atașat lamelei lovește repetat clopotul.

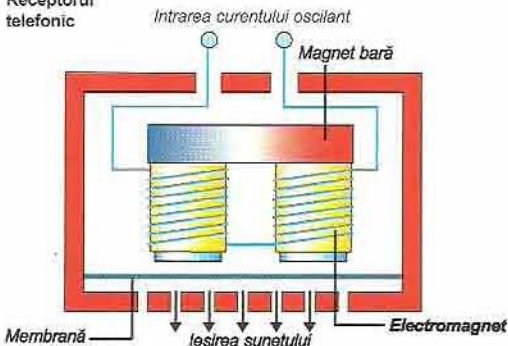
Clopotul electric



Receptorul telefonului

Un dispozitiv folosit pentru transformarea semnalelor electrice în unde sonore. **Magnetul permanent*** atrage membrana metalică, dar forța acestei atracții se modifică o dată cu intrarea curentului oscilant (semnalele intrate) în bobinele **electromagnetului**. Deci membrana vibrează pentru a produce unde sonore.

Receptorul telefonic



Macaraua electromagnetică

Electromagneți mari utilizați în oțelării pentru ridicarea unor încărcături grele. Electromagnetul activat atrage oțelul, nepermițând ca acesta să se miște. Încărcătura este eliberată la oprirea curentului.

Macara electromagnetică folosită la mutarea metalului vechi dintr-un loc în altul

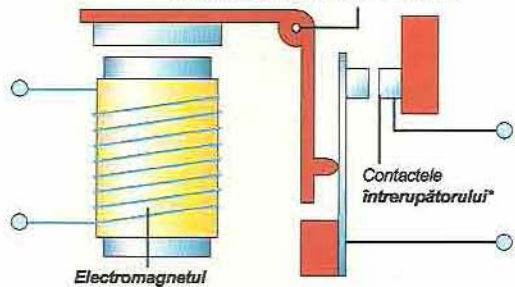


Releu

Un dispozitiv în care **întrerupătorul*** este închis prin acțiunea unui **electromagnet**. Pentru pornirea unui curent de mare intensitate se poate utiliza un curent mic în **bobina electromagnetului**, fără ca circuitele să fie legate electric.

Releu

Când electromagnetul este pomit, brațul pivotează aici și închide întrerupătorul.

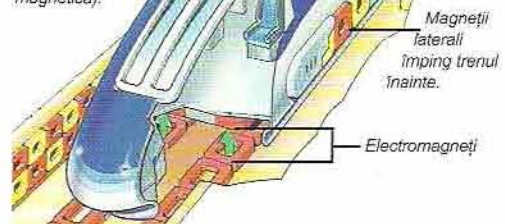


Trenul „maglev”

Tren și electromagneți. Șinele prevăzute cu **electromagneți**. Magneții se resping, astfel că trenul planează doar deasupra șinei. Frecarea redusă dintre șină și tren face ca trenul să se deplaseze mai repede.

Trenul japonez „maglev”

Cuvântul „maglev” provine de la **magnetic levitation** (plutire magnetică).



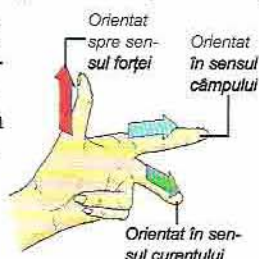
Electromagneți – continuare – forța electromagnetică

Forța electromagnetică se produce când un conductor parcurs de curent se află într-un câmp magnetic. Asupra conductorului acționează o forță care este capabilă de producerea mișcării. Acest fenomen este folosit la **motoarele electrice**, unde **energia mecanică*** este transportată din **energia electrică***. Fenomenul poate fi utilizat și la măsurarea curentului (vezi pagina 77).

Regula mâinii stângi a lui Fleming

Sensul forței care acționează asupra unui conductor electric printr-un câmp magnetic se poate determina cu mâna stângă (vezi figura).

Regula mâinii stângi a lui Fleming



Motorul electric

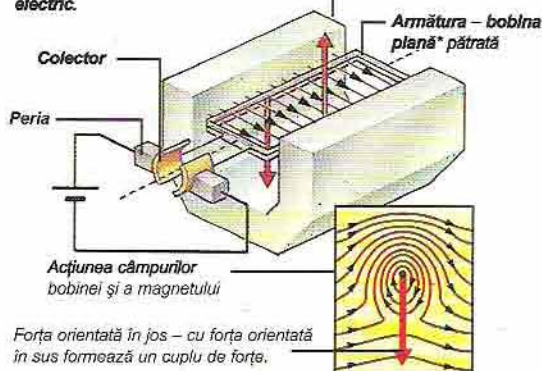
Un dispozitiv care transformă **energie electrică** în **energie mecanică**. Cel mai simplu motor este alcătuit dintr-o **bobină plană*** de formă pătrată, prin care trece curent electric și care se rotește într-un câmp magnetic (vezi figura de mai jos). Motoarele produc o forță **contraelectromotoare*** care se opune **f.e.m.** care le acționează. Aceasta se produce pentru că motorul o dată pornit acționează ca un **generator*** (mișcarea bobinei din câmp produce un curent electric opus).

Motorul electric simplu

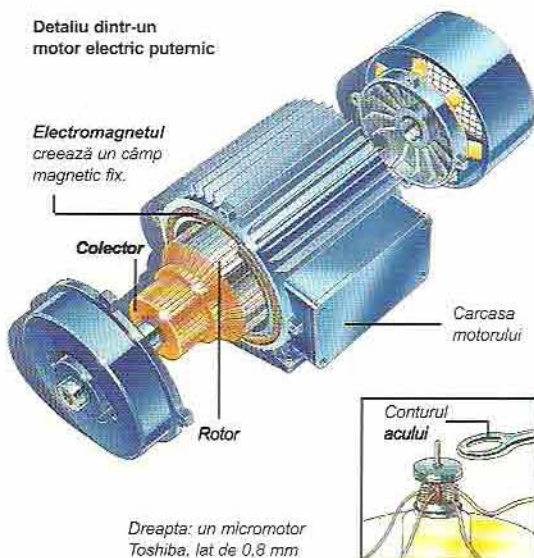
Comutare automată. Inelele colectoare, prin care curentul intră sau iese din **bobina* motorului electric**. Curentul care intră în bobină în sensul corect face ca motorul să se rotească într-o singură direcție, în mod continuu – fapt asigurat de inele.

Periile. Contactele, de obicei confecționate din carbon, prin care curentul intră în **inelele unui motor electric**.

Polii unui magnet în potcoavă produc câmp magnetic.



Detaliu dintr-un motor electric puternic



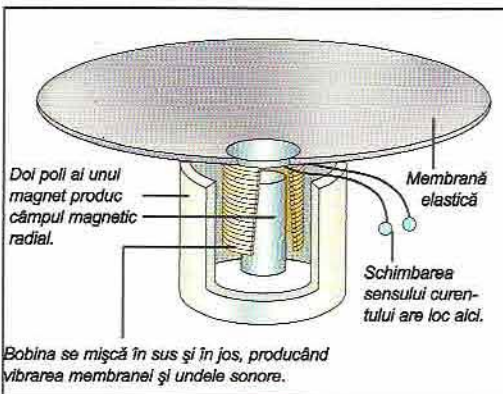
Intensificarea câmpului magnetic

Seturi de **bobine** dispuse în jurul unui **motor electric**, în locul unui magnet permanent, realizează producerea unui câmp magnetic mai puternic. Aceasta mărește puterea motorului.

Megafonul

Un dispozitiv care folosește **forța electromagnetică** pentru a transforma semnalele electrice în **unde sonore***. Este alcătuit dintr-o **bobină** în **câmp magnetic radial** (sensul câmpului este de-a lungul razelor spirelor). La schimbarea sensului curentului, bobina, care este atașată unui con de hârtie, vibrează în câmp (vezi figura). Conul de hârtie face ca aerul să vibreze, producând unde sonore care depind de puterea și frecvența curentului.

Megafonul



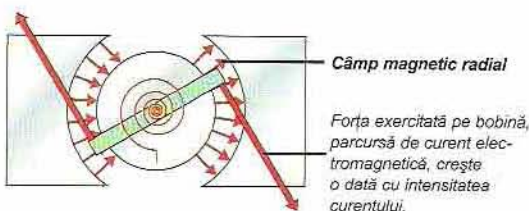
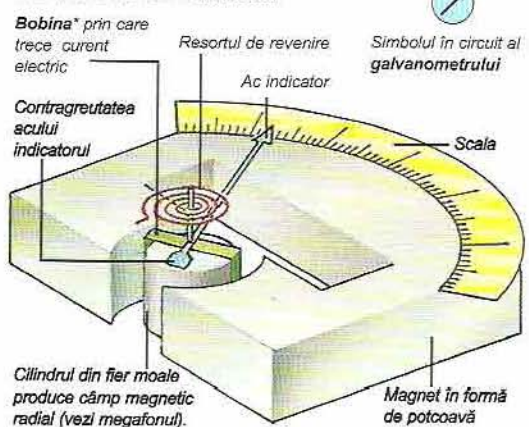
APARATE ELECTRICE DE MĂSURAT

Curentul se poate detecta prin suspendarea unui magnet lângă un fir electric parcurs de curent și prin observarea deviației acestuia. Această idee se poate extinde pentru a construi un dispozitiv (de măsurare) în care deviația indică intensitatea curentului pe o scală. Dispozitivul de măsurare a curentului se poate adapta apoi măsurării **diferenței de potențial***.

Galvanometrul

Orice dispozitiv folosit la detectarea unui **curent continuu*** prin efectul său magnetic. Cel mai simplu este reprezentat de o busolă așezată lângă un fir electric pentru a demonstra prezența curentului. **Galvanometrul cu bobină mobilă** se bazează pe **forța electromagnetă** pentru deviație pe o scală (vezi figura).

Galvanometrul cu bobină mobilă

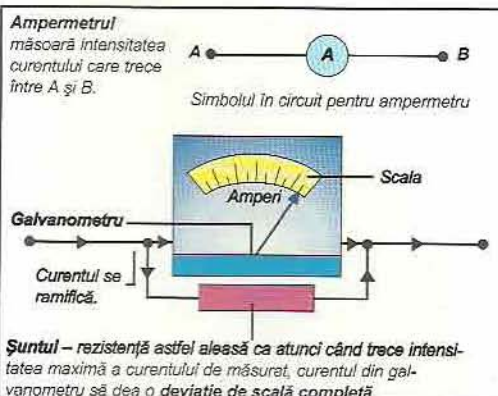


Ampermetrul cu echipaj mobil

Un dispozitiv de măsurare în care intensitatea curentului de măsurat induce magnetizarea în două piese de fier care se atrag sau se resping pentru a produce deviație.

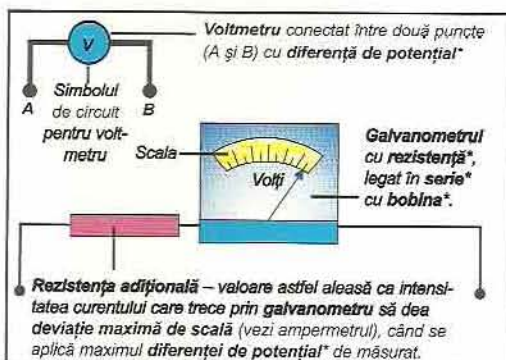
Ampermetrul

Dispozitiv utilizat la măsurarea intensității curentului. Este o variantă a **galvanometrului cu bobină mobilă**, creat astfel ca un curent de o anumită intensitate să producă o **deviație completă de scală**, adică indicatorul să se miște până la poziția maximă. Pentru a măsura curenți de intensitate mai mare, se adaugă un **șunt** (vezi figura de jos). Pe scală, curentul de intensitate mai mare va produce deviație completă de scală.



Voltmetrul

Dispozitiv utilizat la măsurarea **diferenței de potențial*** dintre două puncte între care se plasează în serie* un **galvanometru cu rezistență*** mare. Măsoară intensitatea curentului, iar pe scală este indicată tensiunea. Pentru a măsura tensiuni mai mari, se adaugă o rezistență adițională (vezi jos).



Voltampermetrul adițional

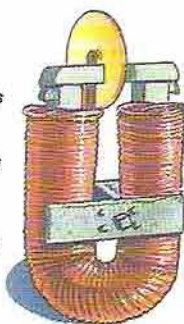
Un **galvanometru** combinat cu **șunturile** (vezi ampermetrul) și **rezistențele adiționale** (vezi voltmetrul) necesare măsurării intensităților curentului și **diferențelor de potențial***.

*Bobină, 74; Curent continuu, 61; Diferență de potențial, 58; Rezistență, 62; Serie, 64.

INDUCȚIA ELECTROMAGNETICĂ

Michael Faraday a descoperit că, la fel cum un curent care trece printr-un câmp magnetic produce o deplasare (vezi **forța electromagnetă**, pagina 76), tot așa, și deplasarea unui **conductor*** dintr-un câmp magnetic produce o **forță electromotoare*** în conductorul respectiv. Acest fenomen, numit **inducție electromagnetică**, se produce și când într-un câmp magnetic variabil se plasează un conductor parcurs demult.

Faraday a indus o forță electromotoare prin rotirea unui disc (conductor)* lângă un magnet, folosind acest dispozitiv cu disc, numit **dinam**.



Legea inducției (a lui Faraday)

Susține că mărimea forței electromotoare induse într-un **conductor*** este direct proporțională cu viteza de variație a câmpului magnetic.

Legea lui Lenz

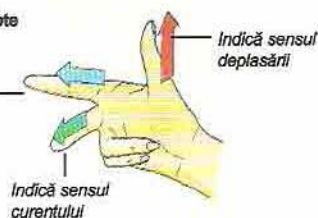
Susține că o forță electromotoare indusă se opune întotdeauna variației fluxului magnetic inductor, de ex., într-un **motor electric***, f.e.m. produsă datorită faptului că sunt reversibile, adică se comportă ca un **generator**, se opune f.e.m. care acționează motorul.

Regula Fleming (regula mâinii drepte)

Sensul unui curent indus se poate determina din sensul și mișcarea câmpului magnetic folosind mâna dreaptă (vezi diagrama).

Regula mâinii drepte (a lui Fleming)

Indică sensul
forței



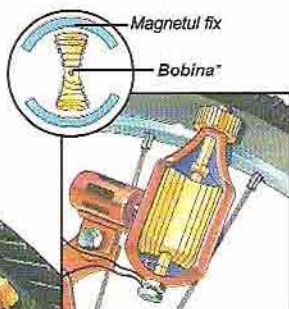
Indică sensul
deplasării

Indică sensul
curentului

Generatorul sau dinamul

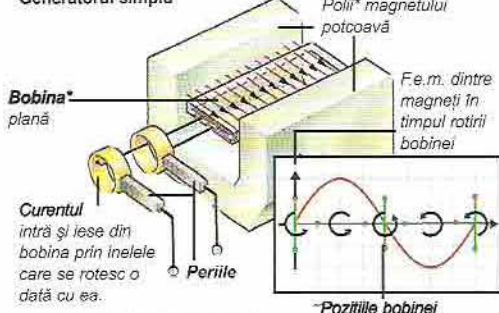
Dispozitiv utilizat pentru a obține energie electrică din **energie mecanică***. În cel mai simplu generator (vezi figura, jos), se induce o forță electromagnetă într-o **bobină*** care se rotește într-un câmp magnetic. Generatorul de **curent continuu*** prezintă o **comutare automată***, la fel ca **motorul electric***, care face ca sensul curentului electric să fie întotdeauna același.

Dinamul bicicletei conține o **bobină*** care se rotește între doi magneti.



Pentru a produce curentul electric necesar unei lămpi, dinamul folosește energia cinetică a roții în mișcare.

Generatorul simplu



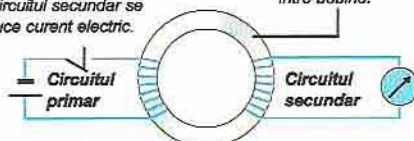
Inducția mutuală

Inducția unei forțe electromotoare într-o **bobină*** prin variația curentului dintr-o altă bobină. Curentul care se modifică produce un câmp magnetic variabil, care induce curentul electric în oricare altă bobină situată în câmp. Acest lucru a fost demonstrat prima oară prin **inelul de fier al lui Faraday**.

Inelul de fier al lui Faraday

Închiderea sau deschiderea **întrerupătorului*** produce o variație a câmpului magnetic din inel și în **circuitul secundar** se induce curent electric.

Inelul de fier moale — face legătura magnetică între bobine.



*Perii, 76; Bobină, 74; Comutare automată, 76; Conductor, 56; Curent continuu, 61; Motor electric, 76; Forță electromotoare (f.e.m.), 60; Energie mecanică, 9; Poli, 70; Întrerupător, 64.

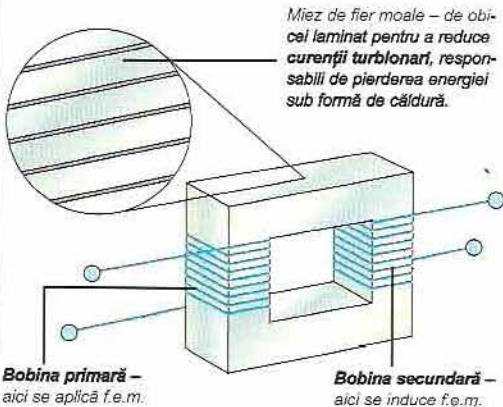
Autoinducția

Inducția unei forțe electromotoare într-o **bobină**, datorită variației curentului din interiorul ei. De exemplu, dacă curentul din bobină este întrerupt, câmpul magnetic produce prin bobină o forță electromotoare – în unele cazuri, cu mult mai mare decât cea inițială.

Transformatoarele

Transformatorul este alcătuit din două **bobine*** înfășurate pe același **miez*** din material **feromagnetic*** moale. Este folosit pentru schimbarea valorii forței electromotoare alternative dintr-o bobină într-o altă valoare a f.e.m. din cealaltă bobină, de ex. în centrala electrică, vezi pagina 61. Într-un transformator bun, energia dintre două circuite se pierde greu.

Transformatorul simplu



Bobina primară

Bobina* dintr-un transformator căreia i se aplică o forță electromotoare alternativă pentru a produce în **bobina secundară** valoarea altei forțe electromotoare.

Bobina secundară

Bobina dintr-un transformator în care forța electromotoare a bobinei primare induce o forță electromotoare alternativă. Unele transformatoare au mai multe bobine secundare.

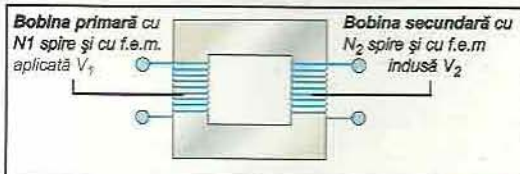
Curentul turbionar

Curentul format într-o bucată de metal când câmpul magnetic din jurul acesteia variază, chiar dacă metalul nu face parte din circuit. Curenții turbionari pot produce energie calorică nedorită, de exemplu, în miezul de fier al unui **transformator**. Acest lucru poate fi înlăturat prin laminarea miezului de fier (vezi transformatoarele, jos).

Raportul de transformare

Raportul dintre numărul de spire din **bobina secundară** a unui transformator și numărul de spire din **bobina primară**. Raportul de transformare este și raportul dintre forța electromotoare din bobina secundară și bobina primară.

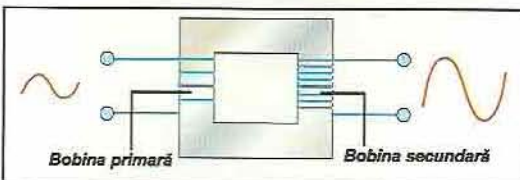
$$\text{Raportul rotațiilor} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$$



Transformatorul ridicător de tensiune

Transformatorul în care forța electromotoare din **bobina secundară** este mai mare decât cea din **bobina primară**. Raportul de transformare este mai mare de unu.

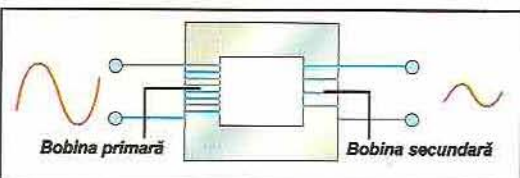
Transformatorul ridicător de tensiune



Transformatorul coborâtor de tensiune

Transformatorul în care forța electromotoare din **bobina secundară** este mai mică decât cea din **bobina primară**. Raportul de transformare este mai mic de unu.

Transformatorul coborâtor de tensiune



*Bobină, Miez, 74; Feromagnetism, 70.

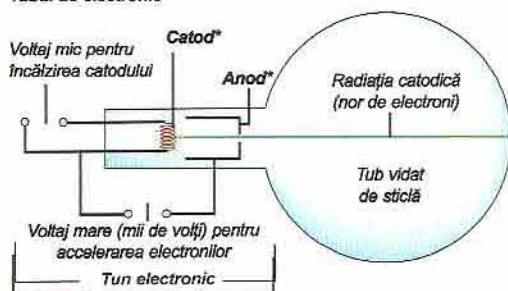
RADIAȚIILE CATODICE

Radiația catodică este un flux continuu de **electroni** (particule încărcate negativ – vezi pagina 83) care trece printr-un gaz de joasă presiune sau prin vid. Se produce când electronii sunt eliberați dintr-un **catod*** metalic și sunt atrași de un **anod***. Radiațiile catodice au numeroase aplicații practice, de la producerea **radiațiilor X** și până la **televiziune**. Toate acestea implică utilizarea unui tub de sticlă de formă specială (numit **tub de electroni**), care conține gaz la presiune joasă sau vid care este traversat de radiații. De obicei, radiațiile sunt produse cu ajutorul tunului electronic, care face parte din tub.

Tun electronic

Un dispozitiv care produce un flux continuu de electroni (o radiație catodică). Este alcătuit dintr-un **catod*** încălzit, care eliberează electroni (se numește **emisie termoelectronică**) și dintr-un **anod*** care îi atrage din flux.

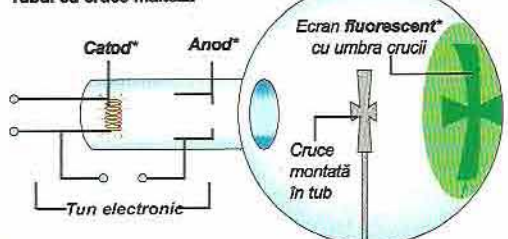
Tubul de electronic



Tubul cu cruce malteză

Un **tub electronic** în care radiația catodică este întreruptă de o cruce care formează o „umbră” pe un ecran **fluorescent***, plasat la capătul tubului. Acesta demonstrează că electronii se deplasează în linie dreaptă.

Tubul cu cruce malteză

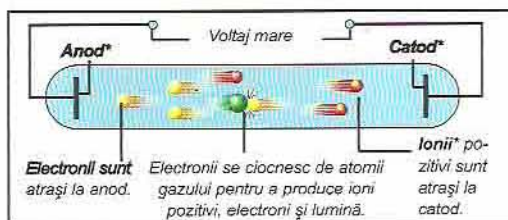


Când fasciculul de radiații este deviat spre stânga. Când fasciculul trece prin câmpul magnetic, fiind echivalent cu un curent, se supune **regulii mâinii stângi a lui Fleming***.

Câmp magnetic vertical (privit de sus), produs de magnetii puși deasupra și dedesubtul tubului

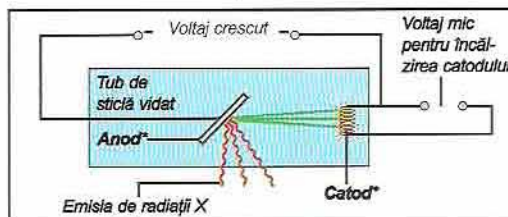
Tubul de descărcare electrică

Tub de sticlă umplut cu gaz, în care **ionii*** și electronii sunt atrași de **electrozii*** spre care aceștia se deplasează cu viteză foarte mare. În deplasarea lor, se ciocnesc de atomii gazului, făcând ca acești atomi să se ionizeze, formând ioni și electroni. În același timp se emite lumină. Culoarea luminii depinde de gazul folosit, de exemplu, neonul produce lumină portocalie (folosit în panourile publicitare), iar vaporii de mercur produc lumină verde-albăstruie (folosiți la iluminarea strădală). Tuburile de descărcare utilizează până la de cinci ori mai puțină electricitate decât alte tipuri de iluminare. **Tubul fluorescent** este un tub de descărcare cu vapori de mercur, care emite **radiații ultraviolete***. Vaporii sunt ciocniți de electroni și se emite **lumina vizibilă*** (vezi **fluorescența**, pagina 45).



Tubul de radiații X

Un tub de electroni special folosit pentru producerea fasciculelor de **radiații X***. O radiație catodică lovește o țintă de tungsten, care absoarbe energia electronilor. Acest fapt produce emisia de radiații X.



Osciloscopul de radiații catodice

Osciloscopul de radiații catodice (ORC) este un instrument folosit la studierea curentului electric și a diferențelor de potențial*. O radiație catodică dintr-un tun de electroni produce un punct luminos pe un ecran fluorescent*. Radiația se deplasează spre ecran

cu o viteză aleasă și astfel produce pe fața acestuia o urmă vizibilă. Dacă osciloscopul se conectează la un semnal electric, poziția verticală a fascicului va varia în funcție de valoarea tensiunii și atunci punctul pe ecran va oscila în funcție de timp.

Componentele osciloscopului

Catodul* încălzit produce electroni.

Grila de control. Prin modificarea voltajului, se poate regla numărul de electroni din radiație și luminozitatea punctului.

Tun electronic

Sistemul de deflexie. Două sisteme plăci care reglează poziția punctului de pe ecran. **Plăcile X** se folosesc la deflexia orizontală a punctului pe ecran, iar **plăcile Y**, legate de semnal, deplasează punctul pe verticală.

Anozii* accelerează electronii și îi centreză într-o radiație fină.

Comenzile osciloscopului

Comanda de focalizare și de luminozitate – vezi componentele, sus.

Variația X și variația Y. Folosită la ajustarea poziției orizontale sau verticale a întregii urme de pe ecran.

Baza de timp. Dacă este pornit, punctul luminos se deplasează automat pe ecran, cu viteză convenabilă.

Mărirea. Comandă gradul mișcării verticale a punctului, în funcție de semnal. Stabilește valoarea voltajilor necesari deplasării punctului, cu o gradație a ecranului.

Racordurile semnalului.

Ecranul fluorescent*, în locul în care

este atins de radiația, prezintă o descărcare luminoasă, producând un punct luminos vizibil. În funcție de deflexiunea realizată de plăci, punctul se deplasează pe ecran. Ecranul este marcat cu gradații pentru citiri.

Televiziunea

Imaginile sunt reproduse prin utilizarea unui **tub electronic** în care radiația catodică proiectează pe ecran variațiile de tensiune, în funcție de semnal.

Lumina, în funcție de intensitatea radiației, este emisă de diferitele puncte ale ecranului pentru a produce imaginea (vezi figura din dreapta).



Pixeli (vezi diagrama din dreapta).

Televizoarele HTDV (extra large high-definition) au mai mulți **pixeli** decât televizoarele obișnuite (vezi dreapta), deci imaginea lor este mai clară.

Secțiunea unui tub de radiații catodice al unui televizor

Ecran

Semnalele electrice sunt transformate în radiații catodice – câte una pentru fiecare **culoare primară*** (roșu, albastru și verde).

Variația de curent din bobinele magnetice fac ca razele să se proiecteze pe ecran.

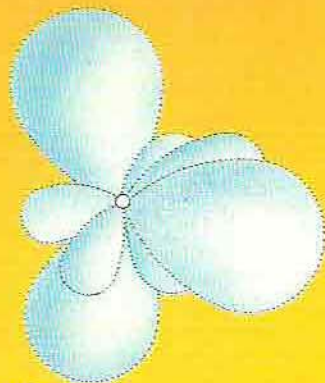
Ecranul este acoperit cu **pixeli**, mici zone cu **fosfor***.

În locul unde radiațiile catodice lovesc ecranul, **pixelii** dau lumină roșie, albastră sau verde, realizând imaginea.

*Anod, Catod, 66 (Electrod); Fluorescență, 45; Fosfor, 44 (Fosforescență); Diferență de potențial, 58; Culori primare, 55.

STRUCTURA ATOMULUI

S-a învățat multe despre natura fizică a atomului (vezi și pagina 4), încă de pe vremea când filosofii greci au afirmat pentru prima oară că materia este constituită din particule indivizibile (atomi). Se știe că atomul nu este indivizibil, ci are o structură internă complexă, alcătuită din mai multe particule mai mici (**particule subatomice**) și prezintă vid în interior.



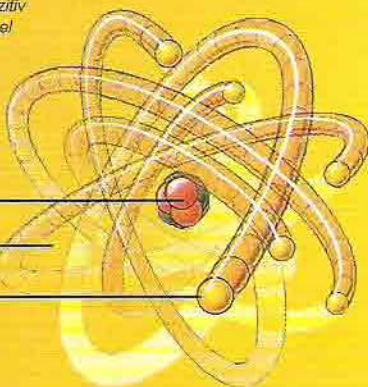
Atomul Rutherford-Bohr

Reprezentarea atomului după modelul sistemului solar, elaborată în 1911 de Ernest Rutherford și Niels Bohr. Azi, se știe că acest model este incorect (**electronii** nu au „orbite” regulate – vezi **învelișul electronic**).

Modelul atomic Rutherford-Bohr

„Soarele” încărcat pozitiv (**nucleul** greu – în acel timp se credea că este alcătuit doar din **protoni**; nu se descopense încă **neutronul**).

„Planetele” încărcate negativ (**electronii**), păstrate pe „orbite” prin **forță electrică** de atracție



Nucleul sau nucleul atomic

Particula centrală a unui atom, alcătuită din **nucleoni** (**protoni** și **neutroni**), concentrați unul lângă altul.

Nucleul – aproape toată masa atomului, dar foarte mic – raza sa este de cca $1/10.000$ din masa atomului.



Neutronul (are masa de cca 1840 ori mai mare decât cea a **electronului**).

Protonul (are masa de aproximativ 1836 ori mai mare decât cea a **electronului**).

Protonii

Particulele pozitive din **nucleu**. Numărul de protoni (**numărul atomic**) identifică elementul și este egal cu numărul de electroni, deci atomii sunt neutri din punct de vedere electric.

Neutronii

Particulele electric neutre din **nucleu**. Numărul de neutroni din atomii aceluiasi element pot să varieze (vezi **izotopul**).

Numărul de masă (A)

Numărul total de **protoni** și **neutroni** (**nucleoni**) dintr-un **nucleu**. Este numărul cel mai apropiat de **masa atomică relativă** a atomului și este important în identificarea **izotopilor**.

Numărul atomic (Z)

Numărul de **protoni** din **nucleu** (și deci și numărul de **electroni** din jurul acestuia). Toți atomii care au același număr atomic aparțin aceluiași element (vezi și **izotopul**).

Numărul de neutroni (N)

Numărul de **neutroni** dintr-un **nucleu**, calculat prin scăderea numărului atomic din numărul de masă. Vezi și graficul, pagina 87.

Numărul de **masă** și **numărul atomic** sunt scrise adesea cu simbolul unui element:

12 →

C



Numărul de masă (A) arată că nucleul are 12 **nucleoni**.

6 →

Numărul de neutroni (N) = A - Z

deci N = 6



Numărul atomic (Z) arată că șase dintre aceștia sunt **protoni**.



23 →

Na



Numărul de atomi (A) arată că nucleul are 23 de **nucleoni**.

11 →

Numărul de neutroni (N) = A - Z

deci N = 12



Numărul atomic (Z) arată că 11 dintre aceștia sunt **protoni**.



Electronii

Particule încărcate negativ și cu masă foarte mică. Ei se mișcă în jurul **nucleului** pe **învelișul electronic** (vezi și secțiunea despre protoni).

Învelișul electronic

Spațiul care înconjoară **nucleul**, în care se mișcă **electronii**.

Un atom poate avea până la șapte învelișuri (de la interior spre exterior, notate cu **K, L, M, N, O, P și Q**). Fiecare dintre acestea au un anumit număr de electroni (primele patru, din interior, au 2, 8, 18 și respectiv 32 de electroni).

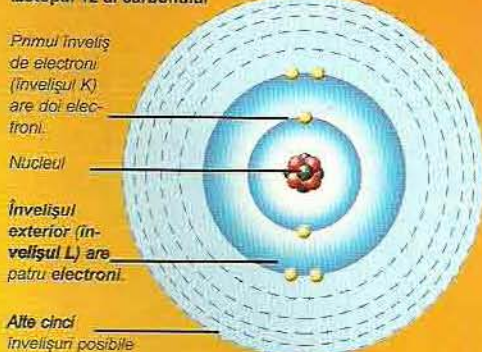
Cu cât învelișul este mai îndepărtat de nucleu, cu atât energia electronilor este mai mare (învelișul are un **nivel energetic** dat).

Învelișul exterior este ultimul care are electroni. Dacă este complet ocupat sau dacă are un **octet** (8 electroni), atomul este foarte stabil (vezi pagina 85).

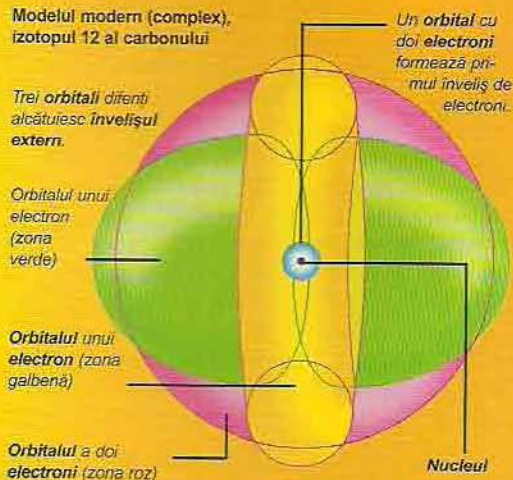
Pozițiile electronilor pe învelișurile lor nu pot fi determinate cu exactitate pentru fiecare deodată, ci fiecare înveliș este alcătuit din **orbitali** sau **nori de electroni**.

Fiecare dintre aceștia reprezintă o zonă în care se pot găsi oricând unul sau doi electroni (vezi și ilustrația de la pagina 82).

Modelul modern (simplificat),
izotopul 12 al carbonului



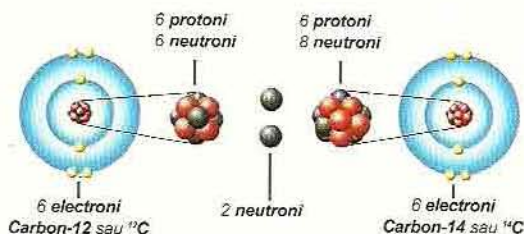
Modelul modern (complex),
izotopul 12 al carbonului



Izotopii

Formele diferite ale aceluiași element, cu același număr atomic, dar cu **numere de neutroni** diferite și, deci, cu **numere de masă** diferite. Există izotopi pentru fiecare element, chiar dacă există o singură formă naturală (elementul este **monoizotopic**), celelalte se pot produce artificial.

La **izotopii**, alături de numele sau simbolul elementului se notează **numărul de masă**:



Masa atomică relativă

Se mai numește **masă atomică**. Este masa unui atom în unități de **masă exprimată (u)**. Fiecare dintre acestea este egală cu $\frac{1}{12}$ din masa unui atom de carbon-12 (**izotop**). Deci masa atomică relativă a unui atom de carbon-12 este 12u, dar nici o altă masă atomică nu va fi un număr întreg, de exemplu, masa atomică relativă a aluminiului este 26,9815u.

Masa atomică relativă ia în considerare diferenții izotopi ai elementului, dacă aceștia apar într-o combinație naturală. De exemplu, clorul natural are trei atomi de clor-35 pentru fiecare atom de clor-37, iar masa atomică relativă a clorului (35,453u) este o medie proporțională a celor două mase diferite ale acestor izotopi.

ENERGIA ATOMICĂ ȘI NUCLEARĂ

Toate corpurile, indiferent dacă sunt mari sau sunt particule, au o **stare energetică** particulară, sau un nivel de **energie potențială*** (energie „acumulată”). Mai mult, ele întotdeauna vor tinde să atingă cea mai joasă stare energetică posibilă, numită stare fundamentală, fiind starea de **stabilitate maximă**. În majoritatea cazurilor, în atomi este necesară o recombinație, adică adăugarea sau pierderea unor constituenți. În toate cazurile se eliberează energia „în exces” – în cantitate mare dacă particulele sunt atomi și în cantitate foarte mare dacă sunt nuclee. Cu cât energia de legătură este mai mare, cu atât stabilitatea este mai mare, adică, cu atât mai puțin se supun schimbărilor.

Energia de legătură (E.L.)

Energia necesară descompunerii unui atom sau nucleu dat, în părțile sale constitutive (vezi paginile 82-83). **Energia potențială*** a unui atom sau nucleu este mai mică decât energia potențială totală a constituenților lui când aceștia nu sunt legați, pentru că atunci când ei au fuzionat, constituenții au avut o **stare energetică** (vezi introducerea și **forța nucleară**) cu energia mai mică și astfel s-a pierdut din ea. Energia de legătură măsoară această diferență a energiei potențiale – este energia necesară „întoarcerii în starea inițială” – deci, cu cât ea este mai mare, cu atât energia potențială a unui atom sau nucleu este mai mică și cu atât stabilitatea lui este mai mare. Energia de legătură variază de la atom la atom și de la nucleu la nucleu.

Forța nucleară

Acea forță puternică ce ține legate părțile componente ale nucleului și care învinge **forța electrică*** de respingere dintre **protoni***. Variază în funcție de mărimea nucleului (vezi graficul, pagina alăturată), pentru că numai această forță acționează între nucleonii învecinați. Cu cât efectul de atracție al forței nucleare este mai mare, cu atât energia de legătură a nucleului este mai crescută (o mare parte a energiei s-a eliberat la unirea componentelor).

Defectul de masă

Masa unui atom sau nucleu este mai mică decât suma maselor componentelor separate. Diferența reprezintă defectul de masă. Este masa corespunzătoare **energiei potențiale** eliberate la unirea componentelor (vezi **energia de legătură**, sus, și formula, dreapta).

Teoria cuantică

Susține că energia transportă impulsuri foarte mici, separate, numite **cuante**, și nu formează un flux continuu. Inițial, această teorie se limita numai la energia emisă de corpuri (energia **unde electromagnetice***), cu toate că azi sunt incluse și celelalte forme de energii (vezi paginile 8-9). Cuantele de energie sunt transportate de particulele numite **fotoni**. Teoria cuantică mai susține că energia transportată de un foton este proporțională cu **frecvența*** radiației electromagnetice emise (vezi paginile 44-45).

Energia transportată de o **cuantă (foton)**:

$$E = hf$$

unde E = energia în jouli; h = constanta lui Planck ($6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$); f = frecvența* în Herti

Electron volt (eV). Unitatea de măsură a energiei atomice, egală cu energia dobândită de un electron deplasat de o diferență de potențial de 1V.

$$1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Megaelectron volt (MeV). Unitatea de măsură a energiei nucleare, egală cu 1 milion de eV.

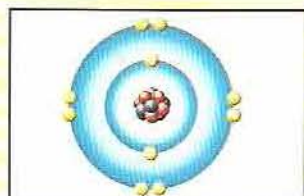
$$1\text{MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

Einstein a arătat că energia are masă. Deci, orice pierdere de **energie potențială*** are ca rezultat și o pierdere de masă – masa energiei în sine. **Formula energiei totale a lui Einstein**:

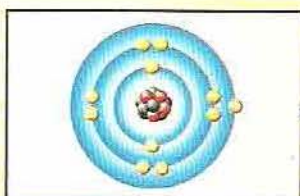
$$E = mc^2$$

unde E = energia în jouli; m = masa în kilograme; $c = 3 \times 10^8$ (valoarea numerică a vitezei luminii în m/s)

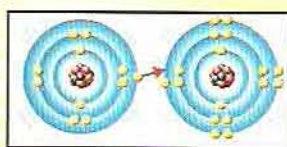
Nivele de stabilitate nucleară



Atomi cu **înveliș exterior*** complet acceptat



Câțiva **electroni*** pe învelișul extern sau pe învelișul aproape complet – lipsesc numai unul sau doi electroni.

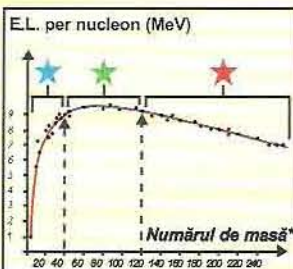


Unirea atomilor instabili cu alți atomi instabili face ca aceștia să reacționeze – se transferă electroni având recombinări.

★ Nucleele cu **numerele de masă*** cuprinse între 40 și 120 sunt cele mai stabile și au cea mai mare E.L. sau E.L. per nucleon (vezi nota de sub grafic, jos).

★ Nucleele cu **numerele de masă*** mai mici decât 40 sau mai mari decât 120 sunt mai puțin stabile și au o E.L. sau E.L. per nucleon scăzută.

Rezultatul constă întotdeauna într-o eliberare de energie (energie „de exces”). Crește stabilitatea – E.L. globală sau E.L. per nucleon este mai mare decât înainte. Energia eliberată sub formă de căldură sau energie cinetică* a particulei.



Notă: **energia de legătură per nucleon** (E.L. totală împărțită la numărul de nucleoni) redă o mai bună reprezentare a stabilității nucleare – E.L. totală a unui nucleu poate fi mai mare decât cea a altui nucleu, dar E.L. per nucleon poate fi mai scăzută – vezi dreapta.

Schimbarea stării energetice a unui atom sau nucleu se numește **tranzicție nucleară** sau atomică. Modificarea care rezultă din schimbarea proprietăților chimice (adică un alt element) se numește **transformare** sau **transmutație**.

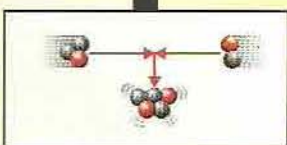


Câțiva **nucleoni*** și deci o suprafață relativ mare. Doar câțiva nucleoni (în funcție de întregul număr) au o **forță nucleară** „de tracțiune”, care acționează asupra lor din partea nucleonilor învecinați, astfel, efectul global al forței nucleare este mai mic.

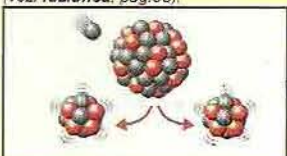
SAU



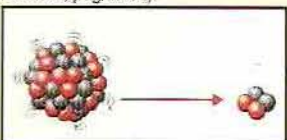
Un număr foarte mare de nucleoni. Mai mulți **protoni*** - **forța electrică*** de respingere are efect mai mare, efectul forței nucleare globale este mai mic.



Încălzirea nucleelor le conferă **energie cinetică*** mare și înseamnă că la ciocnirea lor, două nuclee se vor uni (vezi **fuziunea**, pag. 93).

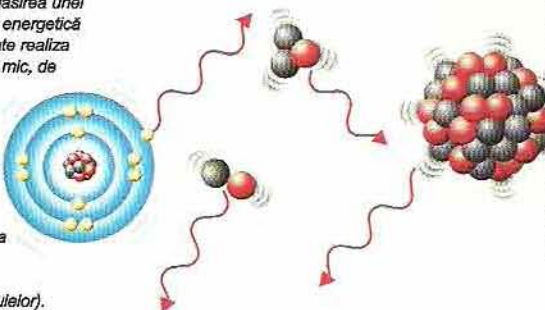


Ciocnirea nucleului cu o particulă face ca acesta să se rupă (vezi **fisiunea**, pagina 92).



Unele nuclee grele eliberează spontan particule (vezi **radioactivitatea**, pagina 86).

Așa cum se arată, găsirea unei E.L. mai mari (stare energetică mai scăzută) se poate realiza cu un „ajutor” foarte mic, de exemplu, amestecarea atomilor instabili sau cum este cazul radioactivității spontane. În alte cazuri, poate fi necesară acceptarea de energie (încălzirea atomilor, nucleelor sau particulelor).



Dacă nu se primește suficientă energie, se emit fotoni (vezi **teoria cuantică**). În atomi, electronii „cad” înapoi, iar energia fotonilor emiși depinde de învelișurile pe care se mișcă. **Radiațiile X*** (cea mai mare frecvență, cea mai multă energie) sunt emise de învelișurile interioare, **radiațiile UV*** sunt emise de pe învelișurile exterioare ș.a.m.d. (vezi **spectrul electromagnetic**, pagina 44). Alături de nuclee, se emit întotdeauna și **radiații γ** (implică mai multă energie).

RADIOACTIVITATEA

Radioactivitatea este proprietatea unor **nuclee instabile** (vezi paginile 82 și 84) prin care ele se descompun spontan în nucleele altor elemente și emit **radiații***, proces numit **dezintegrare radioactivă**. Există trei tipuri de radiații emise de elementele radioactive: fascicule de **particule alfa** (numite **radiații alfa**), fascicule de **particule beta** (**radiații beta**) și **radiații gama**. Pentru mai multe informații despre detectarea și aplicațiile practice ale radiațiilor (vezi paginile 88-91).

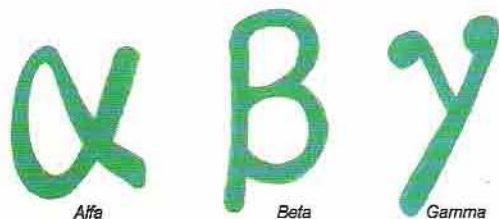
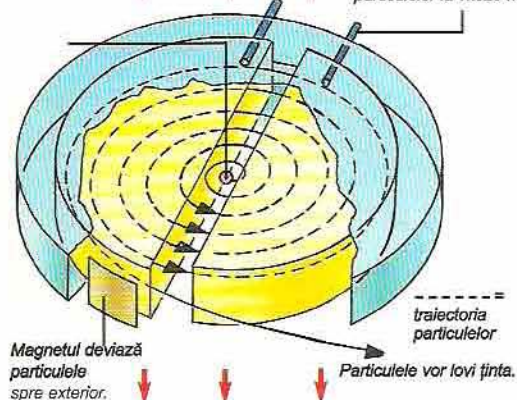
Radioizotopul sau izotopul radioactiv
Orice substanță radioactivă (toate substanțele au izotopi – vezi pagina 83). Cunoaștem câțiva radioizotopi naturali cu timpul de înjumătățire **foarte mare** (de exemplu, uraniu-238), iar unul, carbon-14, este produs continuu de radiațiile cosmice (vezi **radiația de fond**, pagina 88). Alți izotopi sunt produși prin **fisiune nucleară*** și, și mai mulți sunt produși în centrele de cercetare, unde nucleele sunt ciocnite de particule cu viteză foarte mare (de exemplu, **protoni*** și **neutroni***).

Acestea sunt accelerate în **acceleratoare de particule**, de exemplu **ciclotronul** (vezi imaginea de jos).

Secțiunea camerei vidate (partea centrală a ciclotronului)

Câmpul magnetic* al unui magnet uriaș. Menține particulele pe o traiectorie elicoidală.

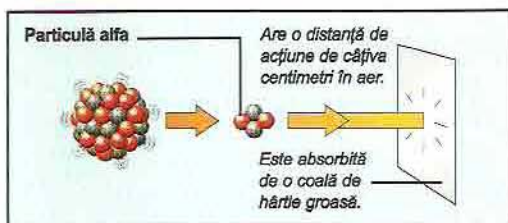
Circuitul creează prin canalul central un **câmp electric*** alternativ. Rezultă accelerarea particulelor la viteze mari.



Literele grecești folosite pentru cele trei tipuri de radiații*

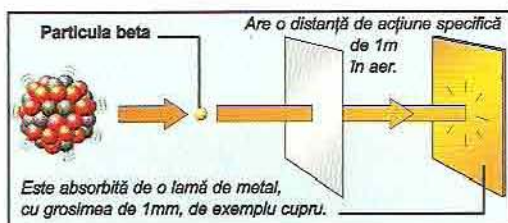
Particulele alfa (particulele α)

Particule încărcate pozitiv, emise de niște nuclee radioactive (vezi **dezintegrarea alfa**). Ele sunt relativ grele (doi **protoni*** și doi **neutroni***), se mișcă relativ încet și au o putere de penetrare scăzută.



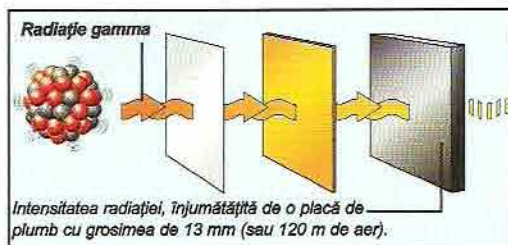
Particulele beta (particulele β)

Particula emisă din niște nuclee radioactive cu viteză apropiată de cea a luminii. Există două tipuri – radiația de **electroni*** și de **pozitroni**, care au aceeași masă ca și electronii, dar sunt încărcate pozitiv. Vezi **dezintegrarea beta**, pagina 87.



Radiațiile gamma (radiațiile γ)

Unde **electromagnetice invizibile** (vezi pagina 44). Au cea mai mare putere de penetrare și sunt emise în general, dar nu întotdeauna, de un nucleu radioactiv după o particulă **alfa** sau **beta**.



Dezintegrarea radioactivă

Dezintegrarea spontană a unui nucleu radioactiv care are ca rezultat emiterea de **particule alfa** sau **beta**, urmate adesea de **radiații gamma**. Nucleul emite o astfel de particulă (când suferă o dezintegrare nucleară), se eliberează energie (vezi pagina 84) și se formează un alt nucleu (și atom). Dacă și acesta este radioactiv, procesul de dezintegrare se continuă până la obținerea unui atom stabil (neradioactiv). Aceste serii sunt numite **serii de dezintegrare**, **lanț de dezintegrare**, **serii radioactive**.

Timpul de înjumătățire ($T_{1/2}$)

Timpul mediu necesar dezintegrării jumătății cantității de atomi dintr-o cantitate de substanță pentru a suferi **dezintegrarea radioactivă**, și deci pentru înjumătățirea radiației emise. Nu se poate preciza probabilitatea de dezintegrare a unui singur atom, deoarece ei se dezintegrează individual și haotic. Timpii de înjumătățire sunt diferiți, de exemplu, timpul de înjumătățire al stronțului-90 este de 28 de ani, iar cel al uraniului-238 este de $4,5 \times 10^9$ ani.

Dezintegrarea alfa (dezintegrarea α)

Emiterea unei **particule alfa** de către un nucleu radioactiv. Scade **numărul atomic*** cu doi și **numărul de masă*** cu patru și astfel se formează un nou nucleu.

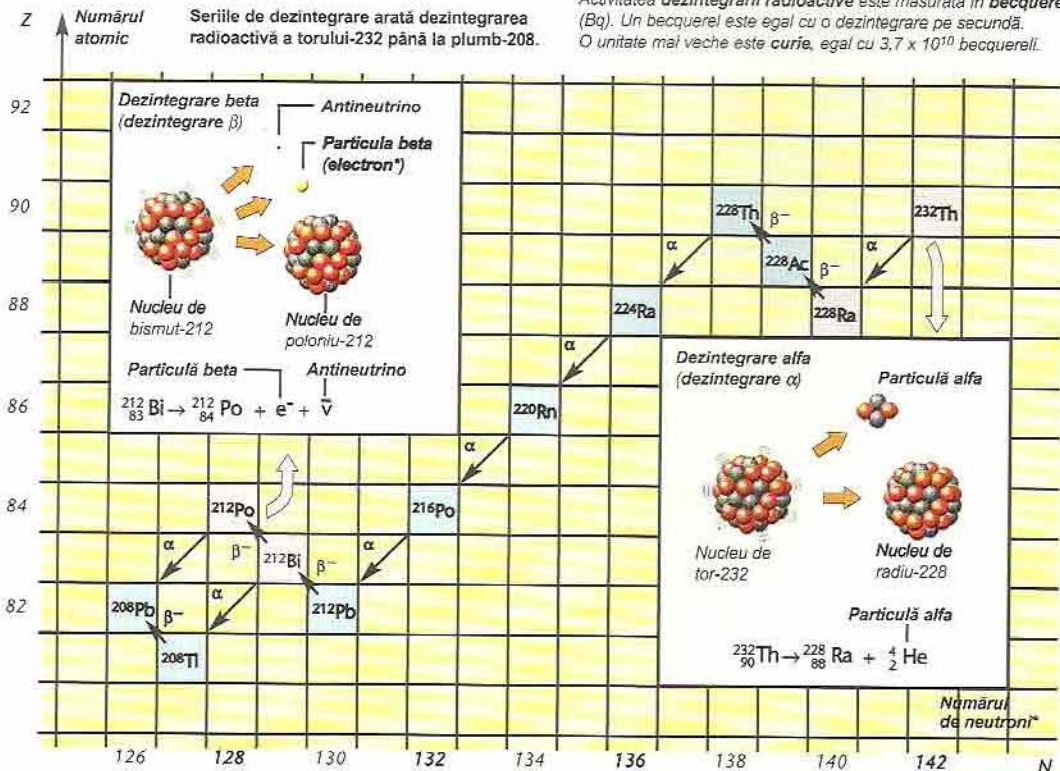


Dezintegrarea beta (dezintegrarea β)

Emiterea oricărui tip de **particulă beta** de către un nucleu radioactiv. Electronul (β^- sau e^-) se eliberează (o dată cu o altă particulă numită **antineutrino**) când un **neutron*** se dezintegrează în **proton***. Pozitronul (β^+ sau e^+) este eliberat (împreună cu **neutrino**) când un proton se dezintegrează în neutron. Dezintegrarea beta crește sau descrește **numărul atomic*** cu unu (nr. de masă* rămâne același).



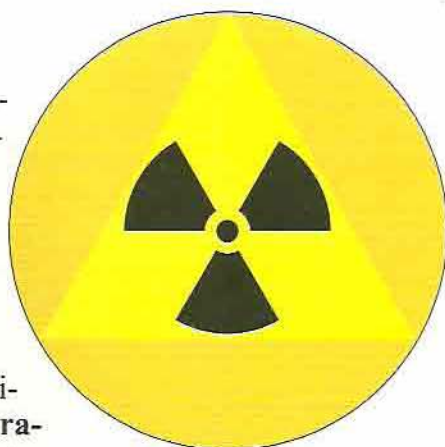
Activitatea **dezintegrării radioactive** este măsurată în **becquereli** (Bq). Un becquerel este egal cu o dezintegrare pe secundă. O unitate mai veche este **curie**, egal cu $3,7 \times 10^{10}$ becquereli.



*Număr atomic, 82; Electroni, 83; Număr de masă, 82.
Număr de neutroni, Neutroni, Protoni, 82.

DETECTAREA ȘI MĂSURAREA RADIOACTIVITĂȚII

Există numeroase dispozitive de detectare și măsurare a radiațiilor emise de substanțele radioactive (**radioizotopi***). Unele sunt utilizate mai ales în laboratoare (pentru studierea radioizotopilor produși artificial), altele au aplicabilitate mai mare (de exemplu, monitorizarea aparaturilor pentru siguranță) și pot fi utilizate și la detectarea **radiației de fond**. Majoritatea aparaturilor detectează și măsoară radiațiile prin monitorizarea **ionizației** pe care o creează – vezi **aparaturul Geiger** și **electroscopul de impulsuri**, dreapta, și **camerele cu ceață** și **cu bule**, pagina 90.



Substanțele radioactive (**radioizotopii***) au etichete speciale de avertizare.

Radiația de fond

Radiația prezentă pe Pământ (în cantitate relativ mică), care provine atât din surse naturale, cât și din surse artificiale. Una din sursele naturale remarcabile o reprezintă carbonul-14, care este absorbit de plante și animale. Acesta se produce constant din



Plantele, rocile și animalele conțin carbon-14.

azotul-14 stabil, datorită bombardării de către **radiațiile cosmice** care intră în atmosferă din spațiul cosmic. Acestea sunt fascicule de particule cu o energie extrem de mare. Sursele artificiale de radiații sunt folosite pentru testările industriale, medicale și de arme. Aparaturul Geiger măsoară radiațiile de fond.

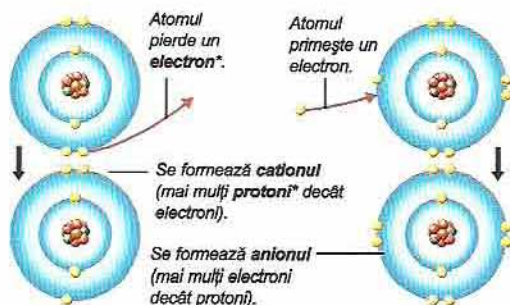
Aparaturul Geiger, folosit la măsurarea radiațiilor de fond.

Aparaturul Geiger, folosit la măsurarea radiațiilor de fond.

Ionizarea

Procesul de formare a **ionilor** (particule încărcate electric), care are loc când atomii (neutri din punct de vedere electric) pierd sau primesc **electroni***, formând **cationi** (ioni pozitivi), respectiv, **anioni** (ioni negativi).

Ionizarea



În cazul radiației, **particulele* alfa** și **beta** ionizează atomii substanței prin care trec, de obicei formând cationi, pentru că energia lor este atât de mare, încât face ca unul sau doi electroni din atomii lor să fie „dați afară”. De asemenea, și **radiațiile gamma*** pot ioniza atomii.

Ionizarea dată de radiații



*Particule alfa, Particule beta, 86; Electroni, 83; Radiații gamma, 86; Protoni, 82; Radioizotop, 86.

Detectors de radiații nucleare

Dozimetrul

Un dispozitiv purtat de cei expuși la iradiere. Conține un film fotografic (pe care radiațiile îl vor întuneca).

Acesta se dezvoltă regulat și măsoară întunecării filmului arată **doza** de radiație la care a fost expus individul.



Dozimetru

Muncitorii poartă măști și costume de protecție pentru a se proteja de praful radioactiv.



Contorul Geiger

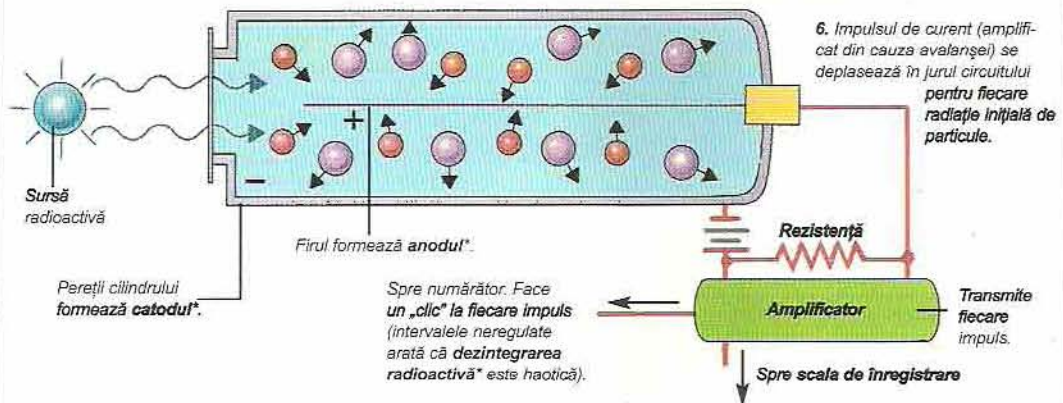
Un dispozitiv (vezi imagine, pagina 88) alcătuit dintr-un **tub Geiger-Müller**, un **numărător electromecanic** și adesea un amplificator de impulsuri. Tubul este un cilindru cu gaz cu doi **electrozi*** – pereții lui acționează ca și **catod***, și are un fir central, **anodul***. Aparatul indică prezența radiațiilor

prin înregistrarea impulsurilor de curent dintre electrozi. Aceste impulsuri rezultă din **ionizarea gazului** (de obicei argon la presiune scăzută și o urmă de bromură) de radiații.

Numărătorul este un dispozitiv electronic care numără impulsurile (numărul de impulsuri pe secundă).

Contorul Geiger

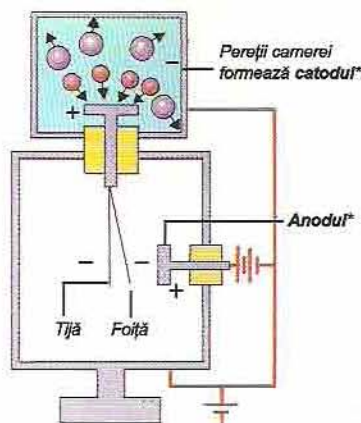
1. Radiația intră printr-o fereastră subțire.
2. Fiecare particulă sau radiație **ionizează** câțiva atomi de gaz.
3. Ionii sunt atrași la catod, **electronii*** la anod.
4. Ceilalți atomi sunt loviți pe traseu, formându-se o **avalanșă** de alți ioni și electroni.
5. Electronii sunt preluați de anod și „atrași” de la catod (pentru a se transforma din nou în atomi).



Electroscopul cu impulsuri (Wulf)

Un electroscop cu **foiță de aur**. Pereții unei camere de aer din jurul discului formează **catodul*** și pe o parte laterală se plasează **anodul***, aproape de foiță. Aceasta atrage **electronii*** din cameră (foița se îndepărtează de tijă pentru că ambele sunt încărcate negativ, însă nu suficient ca să atingă anodul înainte de introducerea sursei radioactive). Foița indică prezența radiației prin mișcarea înainte și înapoi la fiecare **ionizare** produsă de aceasta).

Electroscopul cu impulsuri (Wulf)



1. Radiația de la sursa radioactivă **ionizează** aerul din cameră.
2. Se formează **avalanșă** de ioni și **electroni*** (vezi **contorul Geiger**).
3. Ionii se deplasează spre catod, electronii intră prin disc și sunt atrași de anod.
4. Foița se mișcă să atingă anodul când radiațiile produc impulsul de curent (vezi **contorul Geiger**).
5. Foița devine neutră și se întoarce spre tijă, fiind influențată de ionizarea produsă de sursă. Procesul începe din nou.

*Anod, Catod, 86 (Electrod); Electroni, 83;
Electroscop cu foiță de aur, 56 (Electroscop); Dezintegrare radioactivă, 87; Rezistor, 62.

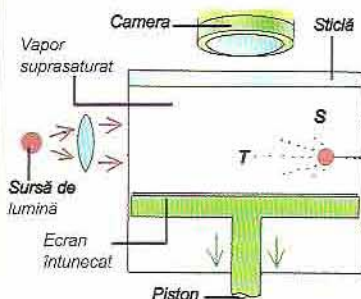
Detectori de radiații (continuare)

Camera cu ceață

Un dispozitiv în care traiectoria **particulelor* alfa și beta** apare sub formă de urme. Acest proces are loc când vaporii din cameră (vapori de apă sau alcool) se transformă, prin răcire (printr-una din cele două

Camera cu ceață Wilson

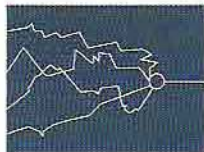
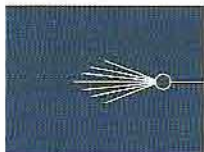
Vaporii sunt răciți prin creșterea bruscă a volumului (retragerea pistonului).



1. Radiația de la sursa (S) cauzează **ionizarea*** vaporului.
2. Ioni formați se comportă ca niște particule de praf, adică vaporii se condensează pe ei.
3. Picăturile de lichid (T) se formează acolo unde s-au condensat vaporii (vizibile destul timp, ca ele să poată fi fotografiate).

Traietoria particulei în camera cu ceață (dreapta) este produsă la intervale neregulate, arătând natura haotică a **dezintegrării radioactive***.

Urmele făcute de **particulele alfa*** grele sunt scurte, drepte și groase.



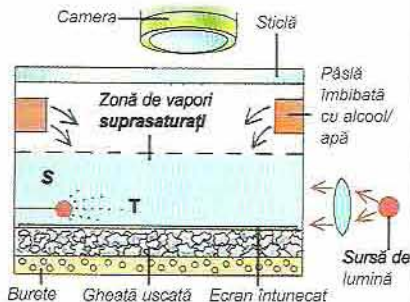
Urmele lăsate de **particulele beta*** ușoare sunt lungi, frânte și subțiri.

Radiațiile gamma nu creează urme singure, dar pot produce ionizări. Electronii își măresc viteza și pot să lase urme ca și radiațiile beta (vezi stânga).

metode de mai jos) în vapori **suprasaturați**. Vaporul suprasaturat este vaporul la temperatura mai mică decât cea la care ar trebui să se condenseze, dar care nu se condensează, pentru că în mediu nu există particule pe care să se condenseze.

Camera cu ceață de difuzie

Vaporii sunt răciți de un strat de gheață uscată (dioxid de carbon solid). Vaporii **difuzează*** în jos.

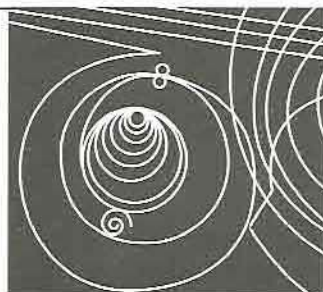


Camera cu bule

Un dispozitiv care, asemenea camerei cu ceață, vizualizează urmele lăsate de particule. Conține lichid **suprîncălzit** (de obicei hidrogen sau heliu) – lichid încălzit peste temperatura de fierbere, dar care nu fierbe deoarece se află sub presiune. După scăderea bruscă a presiunii, particulele nucleare care intră brusc în cameră produc **ionizarea*** atomilor de lichid. Ioni devin centri de fierbere, producând urme de bule.

Urmele lăsate în camera cu bule prezintă traiectoria particulelor nucleare.

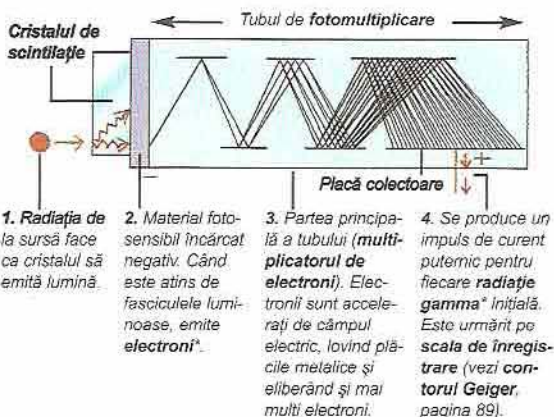
Urmele bulelor sunt în general curbe, deoarece se stabilește un câmp magnetic care deviază particulele. (Face ca identificarea să fie mai ușoară).



Detector cu scintilație

Un dispozitiv care detectează **radiațiile gamma***. Este alcătuit dintr-un cristal (**scintilator**) și un tub de **fotomultiplicare**. Cristalul este o substanță **fosforescentă*** (de ex., iodură de sodiu). Substanțele fosforescente, când sunt lovite de radiații, emit lumină (**scintilații**).

Aparatul de scintilație



UTILIZĂRILE RADIOACTIVITĂȚII

Radiațiile emise de **radioizotopi** (substanțe radioactive) au o largă aplicabilitate, mai ales în domeniul medicinei, industriei și cercetării arheologice.

Radiologia

Ramură a medicinei care folosește radioactivitatea și **radiații X*** în diagnosticare și tratament.

Radioterapia

Utilizarea radiațiilor emise de **radioizotopi*** pentru tratarea unor boli. Toate celulele vii sunt susceptibile la radiații, astfel este posibil ca celulele maligne să fie distruse prin folosirea unor doze de radiații atent controlate.

Acest pacient este supus **radioterapiei externe**, în care radiația este emisă de un aparat din afara corpului. Unele tipuri de cancer pot fi tratate prin **implanturi radioactive** inserate în organism.



Metoda trasorilor radioactivi

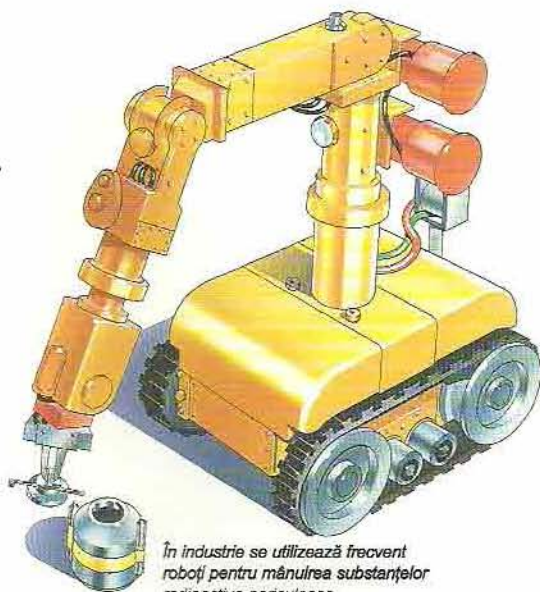
Urmărire a traseului unei substanțe printr-un corp și detectarea concentrației sale în timpul deplasării ei. Aceasta se efectuează prin introducerea unui **radioizotop*** în substanță și prin urmărirea radiației pe care aceasta o emite. Radioizotopul folosit se numește **substanță de contrast** și substanța este etichetată. În diagnosticarea medicală, nivelul crescut de radioizotopi într-un organ poate să indice prezența celulelor maligne (canceroase). Radioizotopii utilizați au întotdeauna timp de înjumătățire redus și se dezintegrează în substanțe stabile.



După două săptămâni, această căpșună iradiată este fermă și proaspătă.

Iradierea

Alimentele (fructele și carnea) pot fi **iradiate** cu **radiații gamma***. Radiațiile amână coacerea fructelor și legumelor și distrug bacteriile din carne, permițând conservarea lor pentru mai mult timp.

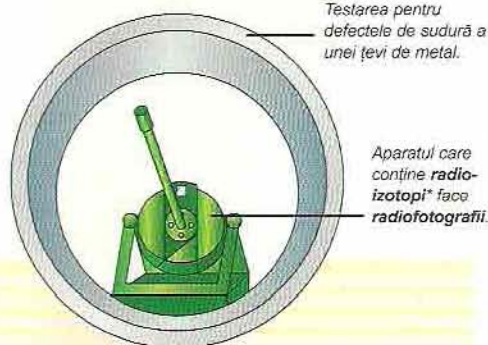


În industrie se utilizează frecvent roboți pentru mânăuirea substanțelor radioactive periculoase.

Radiografia gamma (radiografia γ)

Reproducerea unei **radiografii** (similare unei fotografii) prin utilizarea **radiațiilor gamma*** (vezi și **radiografia cu raze X**, pagina 44).

Are numeroase aplicații, printre care controlul de calitate din industrie.



Testarea pentru defectele de sudură a unei țevi de metal.

Aparatul care conține **radioizotopi*** face **radiofotografii**.

Datarea radiocarbonului

Metodă de calculare a timpului parcurs de la moartea materiei vii. Toate ființele vii conțin o cantitate redusă de carbon-14 (**radioizotop*** absorbit din atmosferă), care după moarte continuă să emită radiații. Această emisie scade treptat (carbonul-14 are timpul de **înjumătățire*** de 5.700 de ani), astfel, vârsta reziduurilor poate fi calculată din intensitatea de radiație.

Datarea radiocarbonului a arătat că această insectă prinsă în chihlimbar are 5.000 de ani.



*Radiații gamma, 86; Timp de înjumătățire, 87; Radioizotop, 86; Radiații X, 44.

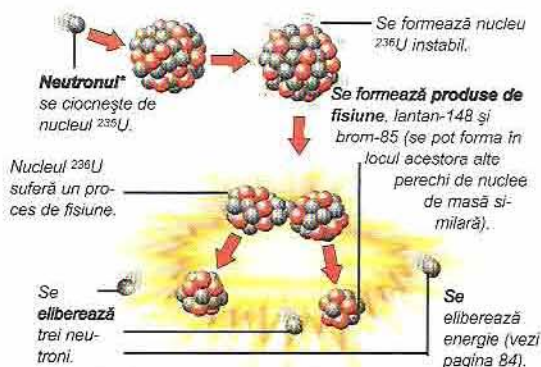
FISIUNEA ȘI FUZIUNEA NUCLEARĂ

Nucleul unui atom (vezi pagina 82) deține o mare cantitate de energie „acumulată” (vezi paginile 84-85). **Fisiunea nucleară** și **fuziunea nucleară** sunt două metode prin care această energie se poate elibera. Ambele sunt **reacții nucleare** (reacții care aduc schimbări nucleului).

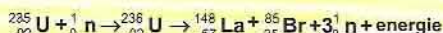
Fisiunea nucleară

Procesul prin care un nucleu greu se dezintegrează în două (sau mai multe) nuclee mai ușoare, de mărime aproximativ egală, cu eliberarea unei mari cantități de energie (vezi pagina 84) și a doi sau trei **neutroni*** (**neutroni de fisiune**). Cele două nuclee mai ușoare sunt numite **produsi de fisiune** sau **fragmente de fisiune** și majoritatea lor sunt **radioactive***. Fisiunea are loc (vezi **fisiunea indusă**) în **reactoare nucleare cu fisiune*** pentru a produce energie calorică. **Fisiunea spontană** are loc foarte rar.

Fisiunea indusă a uraniului-235

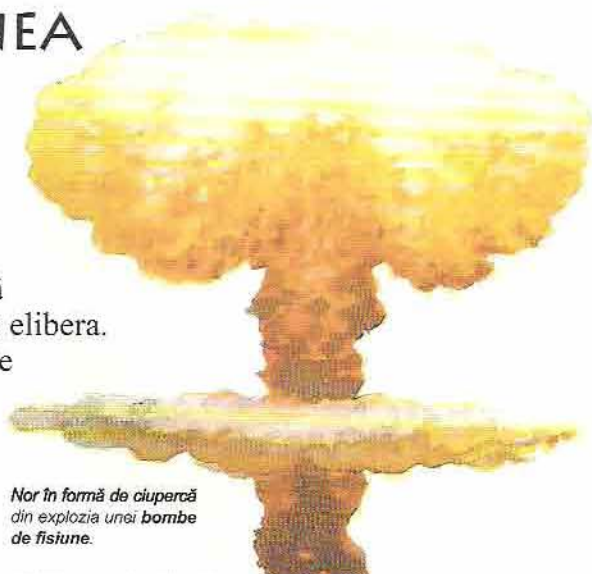


Ecuația reacției nucleare pentru reacția de mai sus (vezi numărul de masă și atomic, pagina 82):



Fisiunea spontană

Fisiunea nucleară care are loc natural, fără intervenția vreunui agent extern. Acest proces poate surveni în nucleul unui element greu, de exemplu, **izotopul*** uraniu-238, dar probabilitatea este mai scăzută în comparație cu procesul mai simplu care este o **dezintegrare alfa***.

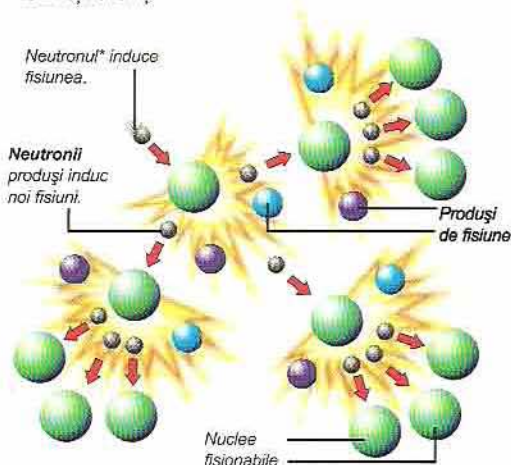


Nor în formă de ciupercă din explozia unei bombe de fisiune.

Fisiunea indusă

Fisiunea nucleară a unui nucleu care prin metode artificiale a devenit instabil, de exemplu, fiind lovit de o particulă (frecvent de un **neutron***), care apoi este absorbită. Nu toate nucleele pot fi induse în fisiune prin această metodă; cele capabile de această fisiune, de exemplu **izotopii*** uraniu-235 și plutoniu-239, sunt descrise ca fiind **fisionabile**. Dacă într-o substanță există mai multe nuclee fisionabile (vezi și **reactorul termic** și cel **FBR**, pagina 95), neutronii eliberați de fisiunea indusă vor cauza noi fisiuni (și neutroni) ș.a.m.d. Aceasta se numește **reacție în lanț**. Într-un **reactor nuclear cu fisiune*** are loc o reacție în lanț bine controlată, dar cea care se petrece într-o **bombă cu fisiune** este necontrolată și periculoasă.

Fisiunea indusă provoacă o reacție în lanț.

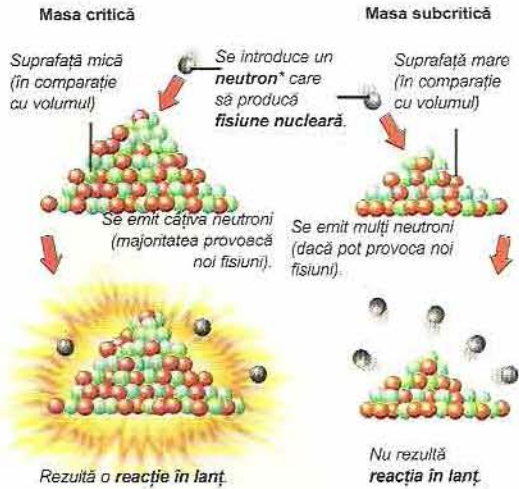


Masa critică

Masa minimă a unei substanțe **fisionabile** necesare susținerii unei **reacții în lanț** (vezi **fisiunea indusă**). În masele subcritice mai mici, raportul dintre suprafață și volum este prea mare și se eliberează în atmosferă mulți din **neutronii*** produși de prima fisiune. Combustibilul nuclear este păstrat în mase subcritice.

Bomba cu fisiune sau bomba atomică (nucleară) (bomba A)

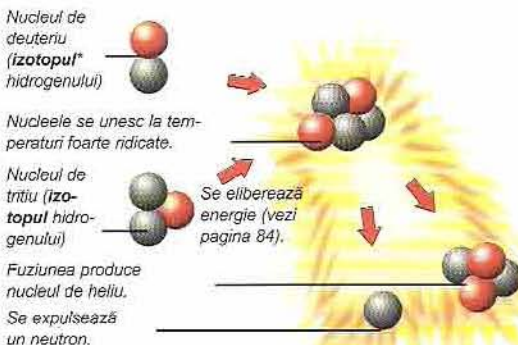
Bombă în care două mase subcritice (vezi sus) sunt unite pentru declanșarea unei explozii. **Reacția în lanț** (vezi **fisiunea indusă**) rezultată eliberează o cantitate uriașă de energie.



Fuziunea nucleară

Reacția nucleară de sinteză a nucleelor ușoare prin care formează unul mai greu, mai stabil, cu eliberare masivă de energie (vezi și pagina 84). Spre deosebire de **fisiunea nucleară**, aceasta nu generează deșeuri **radioactive***. Fuziunea nucleară necesită temperaturi de milioane de grade Celsius, pentru a putea da nucleelor destulă **energie cinetică*** pentru fuzionarea lor. (Datorită temperaturilor ridicate, reacțiile de fuziune se mai numesc **reacții termonucleare**.) Pe cale naturală, se petrece numai în Soare (și în stele ca acesta), dar cercetările continuă cu scopul de a obține fuziunea indusă, controlată în **reactori termonucleari** (cu fuziune)*.

Exemplu de fuziune nucleară
(Reacție D-T – vezi și **reactorul de fuziune**, pagina 94.)



Ecuația reacției nucleare pentru reacția de mai sus (vezi **numărul de masă și cel atomic**, pag. 82):



Bomba termonucleară sau bomba cu hidrogen (bomba H)

Bombă în care **fuziunea nucleară** are loc într-un amestec de tritiu și deuteriu (**izotopii*** hidrogenului). Declanșarea unei bombe atomice creează temperatura crescută necesară (bombele termonucleare se mai numesc **bombe cu fisiune-fuziune**). Energia eliberată este de circa 30 de ori mai mare decât cea eliberată de o bombă cu fisiune de aceeași mărime.

În Soare, hidrogenul suferă o **fuziune nucleară**.

AVERTISMENT:
Nu priviți niciodată direct Soarele; puteți orbi.

Flacără solară
(jetul de gaz demonstrează activitatea de fuziune).

*Reactor termonucleari, 94; Izotopi, 83;
Energie cinetică, 9; Neutroni, 82;
Radioactivitate, 86.

ENERGIA DATĂ DE REACȚIILE NUCLEARE

Reactorul nuclear este o instalație complexă în interiorul căreia reacțiile nucleare produc cantități uriașe de căldură. Există două modele principale de reactoare – **reactori nucleari cu fisiune** și **reactori nucleari cu fuziune** (termonucleare), cu toate că ultimul se află încă sub cercetare. Toate centralele electrice nucleare de astăzi sunt construite în jurul unui **reactor central cu fisiune** și fiecare generează, pe unitatea de masă a combustibilului, cantități mult mai mari de curent electric decât oricare alt tip de centrală electrică.

Reactorul nuclear cu fisiune

Reactor nuclear în care căldura este produsă prin **fisiune nucleară***. În centralele electrice nucleare se folosesc două tipuri principale – **reactori termici** și **reactori omogeni** (vezi pagina alăturată),

ambele folosind ca și combustibil de bază uraniul. Materialul fisionabil, uraniul, se află sub formă de bare, așezate în masca de moderator. **Barele de control** absorb neutronii.

Diagrama schematică a unui reactor cu fisiune și a unui complex de centrală electrică

Zona activă a reactorului. Reacțiile nucleare din combustibil generează căldură, încălzind refrigerentul.

Barele de control se extind până în miez. De obicei sunt din bor sau cadmiu (au o probabilitate foarte crescută de absorbție a neutronilor* și deci, încetinesc reacția). Sunt așezate la o anumită adâncime, pentru menținerea echilibrată a reacției în lanț,* dar pot fi lăsate mai jos sau ridicate pentru ca ele să absoarbă mai mulți sau mai puțini neutroni.

Agentul de răcire fierbinte transportă căldura.*

Cilindri de combustibil

Agentul de răcire rece este recirculat.*

Deșeurile radioactive (vezi reactorul omogen) este preluat de instalația de reproducere, unde materialele utile sunt regenerate.

Generatorul de abur. Apa din circuitul separat este încălzită de agentul de răcire fierbinte, până la formarea de abur.

Aburul transportă căldura.

Turbina. Aburul este folosit la generarea electricității.*

Apa este recirculată.

Un alt circuit de apă rece este utilizat pentru condensarea aburului (se formează din nou apă).

Electricitate

Deși centralele electrice nucleare cu combustibil sunt eficiente, măsurile de siguranță și îndepărtarea deșeurilor sunt scumpe.

Deșeurile radioactive periculoase (combustibilul folosit) din reactoarele cu fisiune trebuie îngropate. Reactoarele cu fuziune nu ar produce astfel de deșeur.*

Reactorul termonuclear (cu fuziune)

Reactor nuclear, cercetat, dar până acum insuficient dezvoltat, în care căldura s-ar produce prin **fuziune nucleară***. Aceasta ar consta, probabil, din fuziunea nucleelor **izotopilor*** de hidrogen, deuteriu și tritiiu – numită **reacția D-T** (vezi imaginea, pagina 93). Există câteva probleme majore care trebuie rezolvate înainte ca reactorul cu fuziune să devină realitate, dar acesta ar produce aproape de patru ori mai multă energie pe unitatea de masă de combustibil, decât **reactorul cu fisiune**. De asemenea, hidrogenul există în abundență, pe când uraniul este rar și minierul lui este scump și periculos.

*Reacție în lanț, 92 (Fisiune indusă); Izotopi, 83; Neutroni, 82; Fisiune nucleară, 92; Fuziune nucleară, 93; Radioactivitate, 86; Turbină, 115.

Tipuri de reactori nucleari

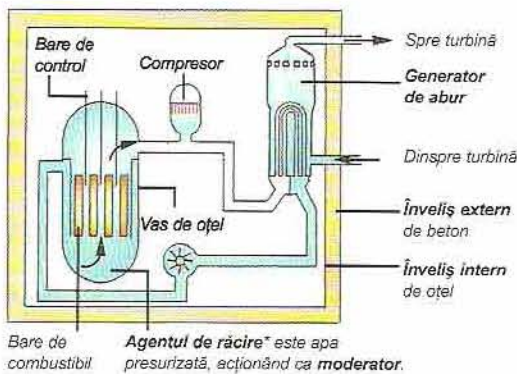
Reactorul termic

Reactorul cu fisiune care, în jurul barelor de combustibil, are un **moderator**. Moderatorul este o substanță cu nucleu ușor, cum ar fi grafitul sau apa. Este folosit pentru a încetini **neutronii*** rapizi produși de prima fisiune din combustibilul de uraniu, care sunt încetiniți cu aproximativ 2.200 m/s. Încetinirea neutronilor îmbunătățește șansa de a cauza noi fisiuni (și

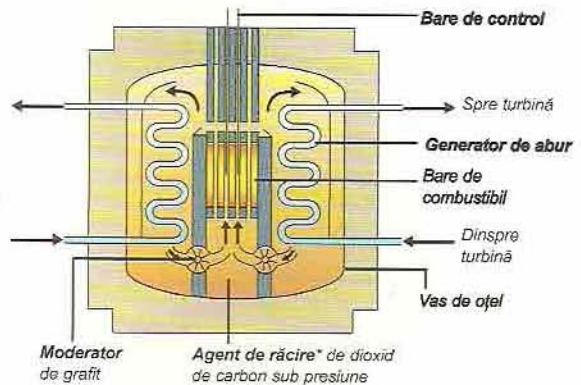
continuarea reacției în lanț). Neutronii mai rapizi sunt „capturați” de cele mai abundente nuclee – cele ale **izotopilor*** de uraniu-238 (vezi **reactorul omogen**), pe când neutronii lenți merg mai departe până întâlnesc nucleele de uraniu-235. Când sunt ciocniți de neutroni (oricare ar fi viteza lor), vor suferi procesul de fisiune, dar vor folosi un procent mai mic de combustibil (în ciuda faptului că acum sunt îmbogății cu atomi de ^{235}U).

Reactoare termice

Reactor nuclear moderat și răcit cu apă sub presiune (PWR)



Reactor nuclear răcit cu gaz și moderat cu grafit (AGR)

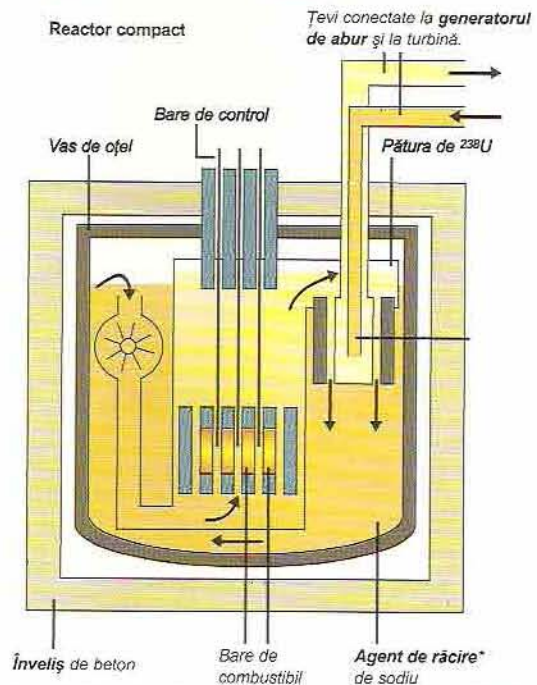


Reactorul reproducător rapid sau omogen (FBR – fast breeder reactor)

Reactor cu fisiune în interiorul căruia **neutronii*** care cauzează fisiunea pot să rămână neutroni rapizi (se deplasează cu circa 2×10^7 m/s). Combustibilul utilizat este îmbogățit continuu cu nuclee de uraniu-235 (vezi **reactorul termic**) și plutoniu-239.

Ambele substanțe fisioncă ușor când sunt ciocnite de neutronii rapizi, spre deosebire de uraniu-238, care este mult mai probabil să „capteze” neutronii (devenind ^{239}U) și să sufere **dezintegrare radioactivă***. Produsul final al acestei dezintegrări este ^{239}Pu .

Reactoarele omogene sunt numite și „crescătoare”, deoarece acest proces de dezintegrare a ^{239}U la ^{239}Pu se petrece într-o zonă periferică de ^{238}U din jurul combustibilului principal. Deci se creează și se acumulează mai mult combustibil. Reactorii omogeni au zona activă mai omogenă și funcționează la temperaturi mai mari decât reactorii termici. Reactorul are putere mare.



*Reacție în lanț, 92 (Fisiune indusă); Agent de răcire, 115; Izotopi, 83; Neutroni, 82; Dezintegrare radioactivă, 87.

MĂRIMI ȘI UNITĂȚI

Mărimile fizice importante sunt **masa***, **forța*** și **intensitatea*** curentului, utilizate în fizică. Ele trebuie măsurate într-un fel și, de aceea, fiecare are câte o **unitate de măsură** specifică. Aceasta este aleasă printr-o înțelegere internațională și sunt numite unități ale **Sistemului Internațional** sau **unități SI** – prescurtat din limba franceză, *Système International d'Unités*. Aici sunt clasificate toate **mărimile de bază**, precum și **cele derivate** din ele.

Mărimile fundamentale

Mărimi (vezi **mărimi derivate**) pe baza cărora se pot defini toate celelalte mărimi (vezi tabelul de mai jos).

Fiecare mărime fundamentală își are **unitatea de măsură SI fundamentală**, pe baza căreia se poate defini orice altă unitate SI.

| Mărimia fundamentală | Simbolul | Unitatea SI fundamentală | Prescurtări |
|-------------------------|----------|--------------------------|-------------|
| Masa | <i>m</i> | kilogram | <i>kg</i> |
| Timpu | <i>t</i> | secundă | <i>s</i> |
| Lungimea | <i>l</i> | metru | <i>m</i> |
| Intensitatea | <i>I</i> | amper | <i>A</i> |
| Temperatura | <i>T</i> | kelvin | <i>K</i> |
| Cantitatea de substanță | – | mol | <i>mol</i> |
| Intensitatea luminoasă | – | candela | <i>cd</i> |

Prefixe

Uneori, unitatea SI dată poate fi prea mare sau prea mică pentru a fi utilizată, de exemplu, metrul este prea mare pentru măsurarea grosimii unei coli de hârtie. De aceea, se recurge la multiplii și submultiplii unităților SI și sunt notați prin folosirea unui prefix (vezi tabelul de mai jos).

De pildă, milimetrul (mm) este egal cu o mîime de metru.

Multipli și submultipli utilizați

| Multiplu sau submultiplu | Prefix | Simbol |
|--------------------------|--------|-----------|
| 10^{-9} | nano- | <i>n</i> |
| 10^{-6} | micro- | μ |
| 10^{-3} | milli- | <i>m</i> |
| 10^{-2} | centi- | <i>c</i> |
| 10^{-1} | deci- | <i>d</i> |
| 10^1 | deca- | <i>dc</i> |
| 10^2 | hecto- | <i>h</i> |
| 10^3 | kilo- | <i>k</i> |
| 10^6 | mega- | <i>M</i> |
| 10^9 | giga- | <i>G</i> |

Unități SI fundamentale

Kilogramul (kg)

Unitatea SI pentru masă. Este egal cu masa unui cilindru de platină iridiată, care este un prototip internațional, păstrat la Sèvres, lângă Paris.

Secunda (s)

Unitatea SI pentru timp. Este egală cu intervalul de timp de 9.192.631.770 **perioade*** de oscilație ale unui anumit tip de radiație emise de atomul de cesiu-133.

Metru (m)

Unitatea SI pentru lungime. Este egal cu distanța străbătută de lumină în vid în $1/299.792.458/\text{sec}$.

Amperul (A)

Unitatea SI pentru curentul electric (vezi și pagina 60). Este egal cu mărimea unui curent care trece prin doi conductori paraleli, infinit de lungi și drepecți, în vid, și care produce între conductori o forță de 2×10^{-7} N la fiecare metru.

Kelvin (K)

Unitatea SI pentru temperatură. Este egal cu $1/273,16$ din temperatura **punctului triplu** al apei (punctul la care gheața, apa și vaporul pot exista în același timp), la scara **temperaturii absolute***.

Molul (mol)

Unitatea SI pentru cantitatea de substanță (rețineți că este diferit de masă, pentru că aceasta este numărul de particule din substanță). Este egal cu cantitatea de substanță care conține $6,023 \times 10^{23}$ (acesta este **numărul lui Avogadro**) particule (de exemplu, atomi sau molecule).

Candela (cd)

Unitatea SI pentru intensitatea luminoasă. Este egală cu intensitatea luminoasă în direcția normală a ariei $1/600.000 \text{ m}^2$ a unui **corp negru*** la temperatura de înghețare a platinei.

Mărimile derivate

Mărimi, altele decât **mărimile fundamentale**, care sunt definite în funcție de aceste mărimi sau în funcție de alte mărimi derivate. Mărimile derivate sunt **derivate ale unităților SI**, care sunt definite în funcție de **unitățile SI fundamentale** sau alte unități derivate. Ele sunt calculate din formele de definiție pentru mărime și uneori primesc denumiri speciale.

| Mărimi derivate | Simbol | Formula de definiție | Unități SI derivate | Denumirea unității | Prescurtare |
|------------------------|--------|--|---------------------|--------------------|-------------|
| Viteza | v | $v = \frac{\text{lungimea}}{\text{timp}}$ | m/s | — | — |
| Acceleerația | a | $a = \frac{\text{viteza}}{\text{timp}}$ | m/s^2 | — | — |
| Forța | F | $F = \text{masa} \times \text{acceleerația}$ | $kg \ m/s^2$ | newton | N |
| Lucrul mecanic | W | $W = \text{forța} \times \text{distanța}$ | $N \ m$ | joule | J |
| Energia | E | Capacitatea de a efectua lucru mecanic | J | — | — |
| Puterea | P | $P = \frac{\text{lucrul mecanic}}{\text{timp}}$ | J/s | watt | W |
| Suprafața | A | Depinde de formă (vezi pag. 101) | m^2 | — | — |
| Volumul | V | Depinde de formă (vezi pag. 101) | m^3 | — | — |
| Densitatea | ρ | $\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volum}}$ | $kg \ m^{-3}$ | — | — |
| Presiunea | P | $P = \frac{\text{forța}}{\text{suprafață}}$ | N/m^2 | pascal | Pa |
| Perioada | T | Durata unui ciclu | s | — | — |
| Frecvența | f | Numărul de cicluri pe secundă | s^{-1} | hertz | Hz |
| Impulsul | — | Impulsul = forța \times timpul | $N \ s$ | — | — |
| Momentul | — | Momentul = masa \times viteză | $kg \ m/s$ | — | — |
| Sarcina electrică | Q | $Q = \text{intensitatea} \times \text{timpul}$ | $A \ s$ | coulomb | C |
| Diferența de potențial | V | $V = \frac{\text{energia transferată}}{\text{sarcina electrică}}$ | $J \ C^{-1}$ | volt | V |
| Capacitatea | C | $C = \frac{\text{sarcina electrică}}{\text{diferența de potențial}}$ | $C \ V^{-1}$ | farad | F |
| Rezistența | R | $R = \frac{\text{lungimea}}{\text{intensitatea}}$ | $V \ A^{-1}$ | ohm | Ω |

ECUAȚII, SIMBOLURI ȘI GRAFICE

Toate **mărimile fizice** (vezi paginile 96-97) și unitățile lor pot fi reprezentate prin **simboluri** și, într-un fel, sunt dependente de alte mărimi. De aceea, între ele există o relație care poate fi exprimată printr-o **ecuație** și poate fi prezentată pe un **grafic**.

Ecuatiile

Ecuatia reprezintă relația dintre două sau mai multe mărimi fizice. Această relație poate fi exprimată printr-o **ecuație de cuvinte** sau printr-o ecuație cu **simbolurile** care reprezintă mărimile respective. Ultima este utilizată atunci când sunt implicate mai multe mărimi, întrebuintarea ei fiind mai ușoară. Rețineți că trebuie stabilit înțelesul simbolurilor.

Ecuatie de cuvinte

$$\text{Densitatea} = \frac{\text{masa}}{\text{volum}}$$

Ecuatie de simboluri

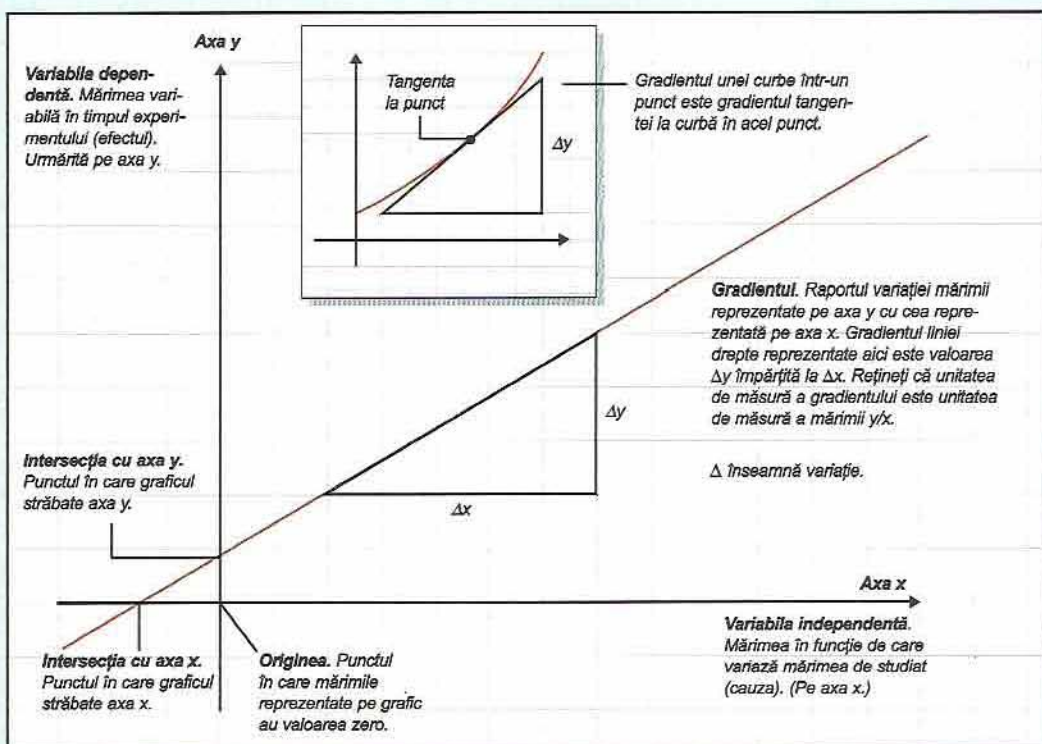
$$Q = m \times c \times (t_2 - t_1) \text{ sau } Q = mc(t_2 - t_1)$$

unde Q = energia calorică dată sau primită; m = masa;
 c = capacitatea calorică specifică; t_1 și t_2 = temperaturile

Graficele

Graficul este reprezentarea vizuală a relației dintre două mărimi. Arată cum depinde o mărime de cealaltă. Punctele de pe grafic sunt trasate folosind valori

pentru mărimile obținute în timpul unui experiment sau, dacă este cunoscută, prin folosirea ecuației pentru această relație. Cele două mărimi reprezentate se numesc **variabile**.



Simbolurile

Simbolurile sunt utilizate pentru reprezentarea **mărimilor fizice**. Valoarea unei mărimi fizice constă dintr-o valoare numerică și unitatea ei de măsură. De aceea, orice simbol reprezintă atât o cifră, cât și o unitate.

Simbolurile reprezintă cifra și unitatea de măsură, de ex., $m = 2,1 \text{ kg}$ sau $s = 400 \text{ J/kg/K}$

„Curentul printr-un rezistor = I ” (dacă unitatea de măsură este inclusă, nu este nevoie să spunem I amperi).

Rețineți că simbolul împărțit la o unitate de măsură este o cifră pură, de exemplu, $m = 2,1 \text{ kg}$ înseamnă că $\text{m/kg} = 2,1$.

În tabele și la notarea axelor din grafice, se folosesc aceste notații.

Orice cifră din această coloană reprezintă o lungime exprimată în metri.

| l/m | t^2/s^2 |
|-------|-----------|
| 0.9 | 3.6 |
| 1.0 | 4.0 |
| 1.1 | 4.4 |
| 1.2 | 4.8 |

Orice cifră din această coloană reprezintă timpul la pătrat, măsurat în secunde la pătrat.

Orice cifră de pe această scală reprezintă o forță exprimată în newtoni.

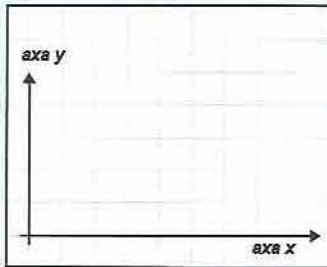
F/N

Orice cifră de pe această scală reprezintă o lungime exprimată în milimetri.

l/mm

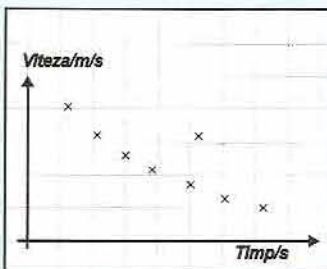
Reprezentările grafice

1. Mărimea de control într-un experiment trebuie reprezentată pe axa x , iar mărimea care variază ca urmare a experimentului, pe axa y .



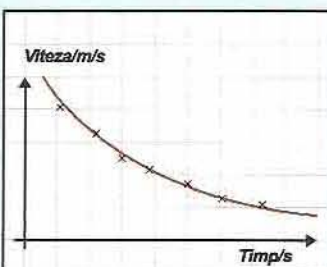
2. Axa trebuie să indice valori ușor de găsit. (Evitați pătratele care reprezintă multipli de trei.)

3. Axele trebuie notate cu simbolul care reprezintă mărimea (sau denumirea mărimii) și cu unitatea ei de măsură, cum ar fi lungimea/mm .



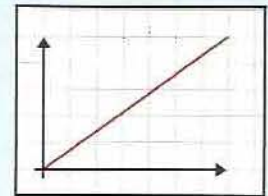
4. Punctele de pe grafic trebuie notate cu creionul cu x sau cu o .

5. Prin legarea punctelor, se desenează o linie curbă sau dreaptă (deoarece mărimile fizice sunt de obicei în legătură într-un mod definit). Rețineți că prin unirea punctelor nu va rezulta întotdeauna o curbă precisă. Se datorează erorilor experimentale.

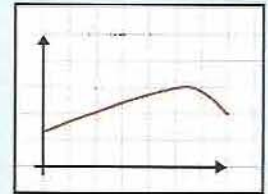


Informațiile date de grafice

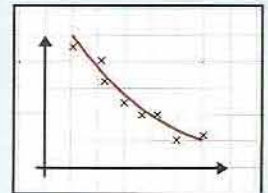
Graficul unei linii drepte care trece prin origine arată că mărimile reprezentate pe axe sunt direct proporționale (dacă una se dublează, se dublează și cealaltă).



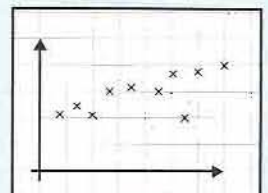
Un segment de linie dreaptă pe un grafic arată zona în care relația dintre cele două mărimi este liniară (una se modifică cu aceeași cantitate la o variație constantă a celeilalte).



Punctele împrăștiate pe lângă curba teoretică indică erorile de date rezultate din imprecizia procedurii, aparaturii și măsurării (se întâmplă în orice experiment).



Punctele aflate la o distanță față de curbă se datorează, probabil, unei erori în măsurarea acelei părți de date din experiment. Totuși, punctul nu trebuie ignorat – trebuie verificat și, dacă e posibil, să se refacă măsurătorile.



MĂSURĂTORI

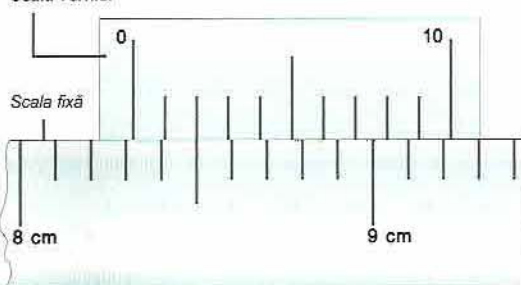
Măsurarea lungimii

Metoda folosită pentru măsurarea lungimii depinde de mărimea lungimii. Pentru lungimi de 50 mm sau mai mult, se utilizează rigla gradată. În mod normal, cea mai mică diviziune este 1 milimetru și, astfel, lungimile pot fi estimate până la cea mai apropiată jumătate de milimetru. Pentru lungimile mai mici de 0,5 mm, eroarea implicată ar fi inacceptabilă (vezi și **eroarea de citire**, pagina 103). De aceea se utilizează **scala vernier**. Pentru măsurarea lungimilor foarte mici (până la 0,01 mm), se folosește **șublerul micrometric** (vezi pagina alăturată).

Scala vernier

O scală scurtă care alunecă pe o altă scală fixă. Poziția de pe scala fixă a liniei zero se poate găsi cu precizie. Este utilizată la măsurătorile cu anumite dispozitive, cum ar fi **șublerele vernier**.

Scala vernier



Metoda poziției de citire a gradației zero pe o scală vernier:

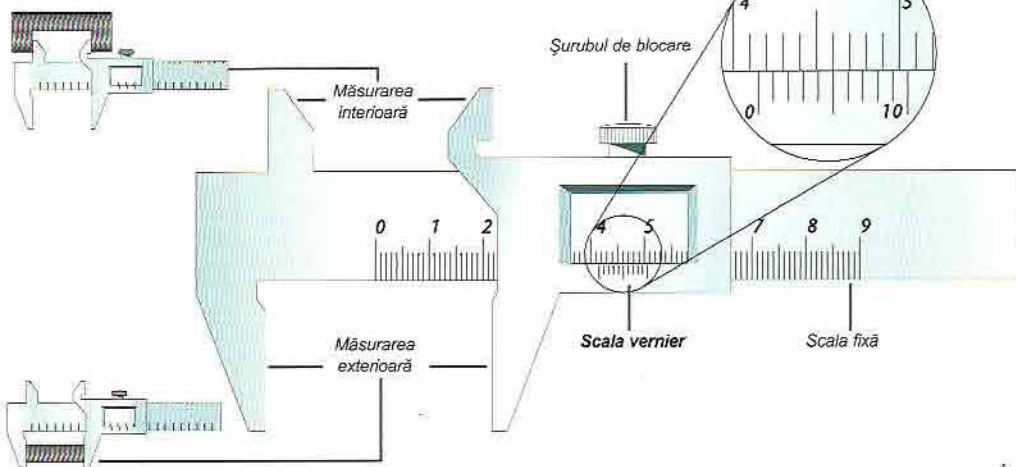
1. Citiți cu aproximație poziția gradației zero – în acest caz 8,3 cm.
2. Găsiți pe scala vernier poziția în care gradațiile coincid – în acest caz 2.
3. Adăugați aceasta la figura precedentă – citirea exactă este 8,32 cm.

Șublerul vernier

Instrument care conține o **scală vernier**, folosit la măsurarea lungimilor între 10 și 100 mm.

Metoda de măsurare:

1. Închideți fălcile dispozitivului și verificați dacă **gradația zero** de pe **scala vernier** coincide cu gradația zero de pe **scala fixă**. Dacă nu, notați citirea (aceasta este **eroarea zero***).



2. Închideți sau deschideți fălcile pe obiectul de măsurat.
3. Blocați pe poziție falca mobilă.
4. Înregistrați citirea de pe scală.
5. Adăugați sau scădeți eroarea zero (vezi 1), pentru a obține citirea corectă.

Șublerul micrometric

Instrument folosit pentru măsurători exacte de până la 30 mm.

Metoda de măsurare:

1. Căutați valoarea unei diviziuni de pe scala fusiformă (vezi diagrama).

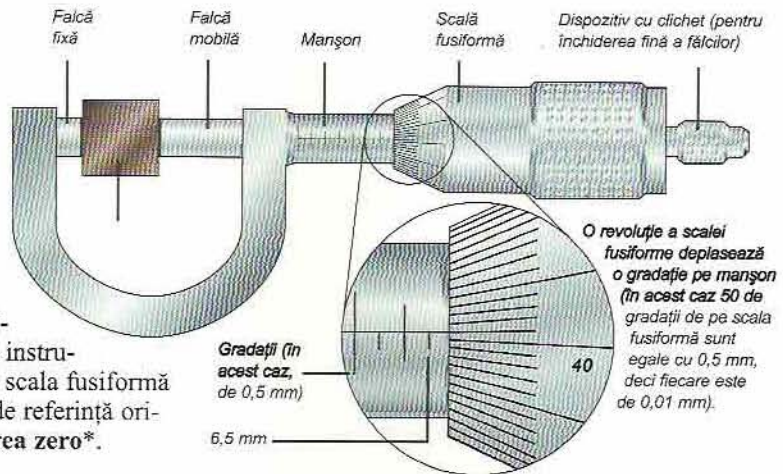
2. Folosind dispozitivul cu clichet, închideți complet fălcile instrumentului. Gradația zero de pe scala fusiformă ar trebui să coincidă cu linia de referință orizontală. Dacă nu, notați **eroarea zero***

3. Folosind dispozitivul cu clichet, închideți fălcile pe obiectul de măsurat, până se blochează.

4. Notați citirea celei mai ridicate gradații vizibile de pe scala manșonului (în acest caz 6,5 mm).

5. Notați diviziunea de pe scala manșonului, care coincide cu linia de referință orizontală (în acest caz 0,41 mm).

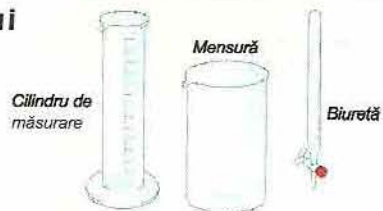
6. Adunați valorile celor două citiri și adăugați sau scădeți eroarea zero (vezi 2) pentru obținerea citirii corecte (în acest caz 6,91 mm).



Măsurarea suprafeței și a volumului

Volumul unui lichid se calculează din spațiul pe care îl ocupă într-un vas. Volumul interior al vasului are ca **unitate de măsură*** pentru acest volum **litru (l)**, egal cu 10^{-3} m^3 . Retineți că $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$. Volumul unui lichid se măsoară folosind un vas gradat.

Suprafața și volumul unui corp solid de formă regulată se calculează din măsurătorile de lungime ale obiectului (vezi jos).



Exemple de vase gradate pentru măsurarea volumului

Pentru corpurile solide de formă neregulată, vezi **vasul eureka**, pagina 24.

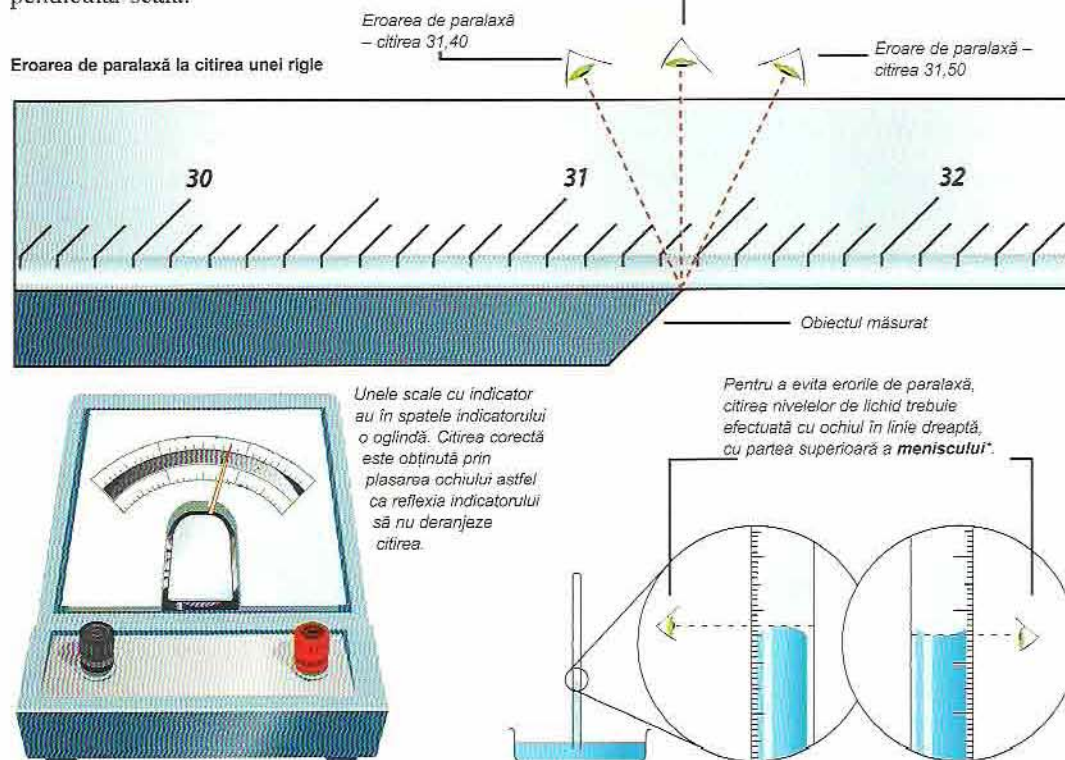
| Corp cu formă regulată | Corp dreptunghic | Sferă | Cilindru |
|--|--|--------------------------|--|
| | | | |
| Măsurările se efectuează cu șublerul vernier sau cu șublerul micrometric . | h = înălțimea b = lățimea l = lungimea | r = rază | r = rază l = lungimea |
| Volumul V al corpului calculat din | $V = lbh$ | $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ | $V = \pi r^2 l$ |
| Suprafața A calculată din | $A = 2bl + 2hl + 2hb$ Baza Suprafețe Laterale | $A = 4\pi r^2$ | $A = 2\pi r l + 2\pi r^2$ Suprafața laterală Baza |

PRECIZIE ȘI EROARE

Toate măsurătorile experimentale sunt subiectul unor erori, altele decât cele cauzate de neatenție (precum citirea incorectă a scalei). Cele mai obișnuite erori care survin sunt **erorile de parallaxă**, **erorile zero** și **erorile de citire**. De aceea, pentru susținerea unei citiri ar trebui reprezentate câteva **cifre semnificative** care să dea o estimare a preciziei de citire.

Eroarea de parallaxă

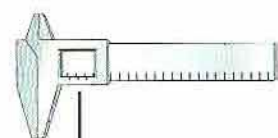
Eroarea care are loc când ochiul nu privește perpendicular scala.



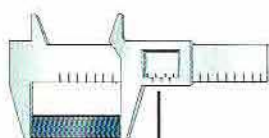
Eroarea zero

Eroarea survenită când instrumentul de măsură nu indică zero atunci când ar trebui. Dacă se întâmplă acest lucru, ori ar trebui

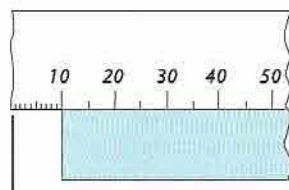
să fie corectat ca să arate zero, ori ar trebui efectuată „citirea zero” eronată și adăugată sau scăzută la sau din orice altă citire efectuată.



Citirea **șublerului vernier**,* când este închis (ar trebui să se citească zero) este de 0,2 mm. Aceasta este **eroarea zero**.



Din orice citire efectuată trebuie să se scadă 0,2 mm (în acest caz, citirea aparentă este 53,9, dar lungimea reală este $53,9 - 0,2$, adică 53,7 mm).

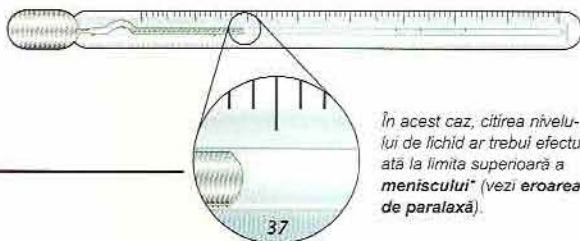


Eroarea zero a unei rigle se poate datora capetelor uzate. Citirea ar trebui efectuată de la o gradație de 10 mm și scăzând 10 mm din toate citirile.

Eroarea de citire

Eroarea datorată presupunerii implicată în citirea unei scale, când valoarea de citit se găsește între diviziunile scalei.

Valoarea de pe termometru este între $36,8^{\circ}\text{C}$ și $36,9^{\circ}\text{C}$. Cel mai bine se estimează cu o jumătate de diviziune, obținându-se citirea de $36,85^{\circ}\text{C}$.



În acest caz, citirea nivelului de lichid ar trebui efectuată la limita superioară a meniscului* (vezi eroarea de parallax).

Cifrele caracteristice

Cifrele caracteristice unei valori sunt cifrele din acea valoare care ignoră adăugarea sau scoaterea zerourilor (dar vezi jos) și nu țin cont de poziția virgulei care marchează zecimala. Ele indică precizia unei citiri.

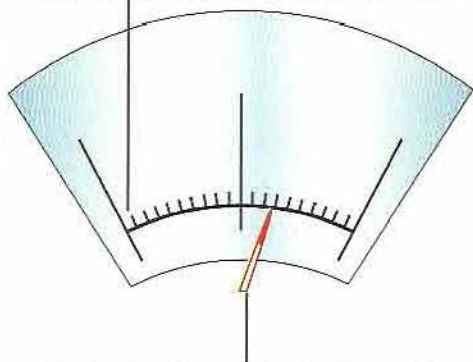
Citirea a $3,704\text{ mm}$ are patru cifre caracteristice. Se poate scrie ca:



Rețineți că zerourile de aici nu sunt cifre caracteristice, ci arată valoarea citirii.

Numărul cifrelor caracteristice citite indică precizia unei citiri sau a unui rezultat.

Cea mai mică diviziune pe scala unui ampermetru = $0,1\text{ A}$



Cea mai bună aproximație este o jumătate de diviziune, deci citirea dată este $1,25\text{ A}$. Trei cifre caracteristice indică faptul că citirea este exactă la circa $0,05\text{ A}$.

Citirea cu mai multe cifre, de exemplu, $1,2518\text{ A}$, implică o exactitate mai mare decât cea posibilă pe această scală.

Rotunjirea

Procesul de reducere a numărului de cifre citate. Ultima cifră caracteristică este eliminată, iar ultima cifră rămasă se modifică în funcție de cea eliminată.

| | |
|----------------|---------------------------------------|
| 7,3925 | (5 cifre semnificative citite) |
| = 7,393 | (rotunjire la 4 cifre caracteristice) |
| = 7,39 | (rotunjire la 3 cifre caracteristice) |
| = 7,4 | (rotunjire la 2 cifre caracteristice) |
| = 7 | (rotunjire la 1 cifră caracteristică) |

| | |
|-----------------|---------------------------------------|
| 0,08873 | (4 cifre caracteristice citite) |
| = 0,0887 | (rotunjire la 3 cifre caracteristice) |
| = 0,089 | (rotunjire la 2 cifre caracteristice) |
| = 0,09 | (rotunjire la 1 cifră caracteristică) |

Rețineți că:

| | |
|---------------|--------------------------------------|
| 29,000 | este citat la 5 cifre caracteristice |
| = 29,0 | (la 3 cifre caracteristice) |
| = 29 | (la 2 cifre caracteristice) |
| = 30 | (la 1 cifră caracteristică) |

În acest ultim caz, 0 nu este o cifră caracteristică, dar trebuie inclus (vezi jos).

Pentru numerele mari ca 283.000 este imposibil de precizat câte din cifre sunt caracteristice (primele trei trebuie să fie), pentru că zerourile trebuie să fie incluse pentru a arăta valoarea. Se înlătură folosind **indicele de notație** (vezi pagina 109).

CÂMPURI ȘI FORȚE

În următoarele tabele vom compara trei forțe mai frecvent folosite în fizică (**forța nucleară** se exclude). De fapt, majoritatea forțelor de care se ocupă fizica, de exemplu **forța de contact** dintre două corpuri, sunt exemple de forță **electromagnetică**, care reprezintă o combinaire a **forței magnetice** cu **forța electrică**. Pentru mai multe informații despre acestea și despre toate celelalte forțe, vezi paginile 6-7.

Tip de forță

Observați că o forță poate exista numai între două mase, sarcini electrice sau curenți electrice și că mărimea forței este identică asupra ambelor (vezi și **principiul al III-lea al lui Newton**, pagina 13). Mai observați că forțele acționează între corpuri de același fel, de exemplu, între două corpuri există o forță, dar între un corp și un curent nu există.

Descrierea forței în câmpul de forță

Câmpul de forță este zona din jurul unui corp (masă, sarcină electrică sau curent) în care se manifestă efectele sale (gravitaționale, electrice sau magnetice) – vezi și pagina 6.

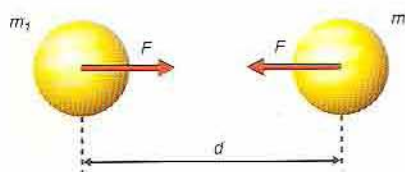
Sensul câmpului

Se obține prin desemnarea efectului câmpului de forță asupra unui corp (masă, sarcină electrică sau curent electric) aflat în câmp.

Forța gravitațională

(vezi și paginile 6 și 18)

Forța care acționează între două corpuri cu greutate. Este întotdeauna o forță de atracție.



$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$$G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$$

G este **constanta gravitațională***. Valoarea sa atât de mică indică faptul că forța gravitațională este remarcabilă când unul din corpuri este foarte mare (de exemplu, o planetă).

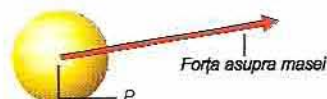


Masa m_1 produce în spațiul înconjurător un **câmp gravitațional** (vezi **intensitatea câmpului**, pagina 106).

Asupra unei alte mase introduse în orice punct al câmpului gravitațional (de exemplu P) al lui m_1 acționează o forță gravitațională.

Deci o masă produce un câmp gravitațional prin care acționează cu o forță gravitațională.

Masa

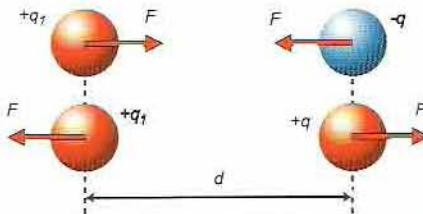


Sensul câmpului gravitațional într-un punct P este sensul forței asupra masei plasate în punctul P.

Forța electrică

(vezi și paginile 6 și 58)

Forța dintre două sarcini electrice. Este de atracție dacă sarcinile sunt de semn opus, adică una este negativă și cealaltă pozitivă, și este de respingere dacă au același semn.



$$F = K_E \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

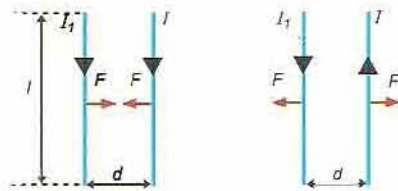
În aer $K_E = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$

Această valoare ridicată indică faptul că două sarcini contrare sunt greu de separat.

Forța magnetică

(vezi și paginile 6 și 70)

Forța ce acționează între 2 conductori prin care trece curent electric. Dacă sensul curenților electrici este identic, forța este de atracție, dacă este opus, forța este de respingere.



$$F = K_B \frac{I_1 I_2 l}{d}$$

În aer $K_B = 2,7 \times 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$

Această valoare mică indică faptul că forța magnetică este mică în comparație cu forța electrică.

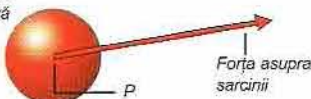


Punct în câmp
P

Sarcina electrică q_1 produce în spațiul din jurul ei un **câmp electric*** (vezi intensitatea câmpului, pagina 106).

Când o altă sarcină electrică este plasată în orice punct (de exemplu P) al câmpului electric al lui q_1 , asupra acesteia acționează o forță electrică. Deci sarcina electrică produce un câmp electric.

Sarcină pozitivă

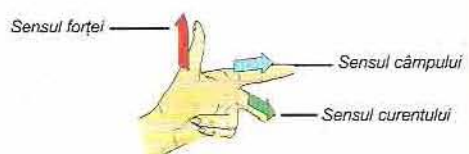


Sensul intensității unui câmp electric într-un punct P este sensul forței care acționează asupra unei sarcini pozitive în punctul P.



Curentul electric I_1 produce în jurul lui un **câmp magnetic*** (vezi intensitatea câmpului, pagina 106).

Dacă un alt curent este plasat în oricare punct P al câmpului magnetic al I_1 , asupra acestuia acționează o forță magnetică. Deci, curentul electric produce un câmp magnetic.



Sensul câmpului magnetic în punctul P este dat de **regula mâinii stângi** (a lui Fleming)*.

*Câmp electric, 58; Regula mâinii stângi (a lui Fleming), 76; Câmpul magnetic, 72.

Câmpuri și forțe (continuare)

Intensitatea câmpului

Se obține din măsurarea efectului câmpului de forță asupra unui corp (masă, sarcină electrică sau curent electric) plasat în el.



Reprezentarea prin liniile de câmp

Pentru reprezentarea forței și sensului câmpurilor și pentru vizualizarea lor (vezi imaginea din josul paginii), se utilizează **liniile de câmp** (sau **linii de forță** sau de **flux**). Liniile de câmp nu se intersectează numai dacă într-un anumit punct au sensuri diferite.



Energia potențială (vezi și pagina 8)

Depinde de **intensitatea câmpului** și de corp (de masa lui într-un **câmp gravitațional** sau de sarcina electrică într-un **câmp electric***). **Potențialul*** într-un punct al câmpului este energia pe unitate (de masă sau de sarcină) și depinde numai de câmp. De obicei, singura problemă o reprezintă **diferența de potențial*** dintre două puncte. Potențialul se poate defini alegând un punct de referință. Atunci, potențialul într-un punct este diferența dintre punct și punctul de referință.



Forța gravitațională

Pentru a măsura intensitatea câmpului g al câmpului gravitațional dat de masa m_1 într-un punct P , se plasează în P un corp de probă m , asupra lui acționând o forță gravitațională F .

$$g = \frac{\text{forța gravitațională (F)}}{\text{masa (m)}}$$

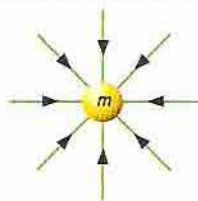
sau

$$F = mg$$

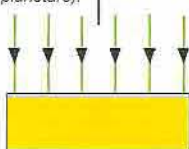
Făcând comparație cu ecuația de mai sus pentru forța gravitațională, intensitatea câmpului g la distanța d de o masă m_1 va fi:

$$g = G \frac{m_1}{d^2}$$

Liniile câmpului gravitațional sunt determinate întotdeauna de o masă.



Câmp gravitațional uniform (de exemplu, deasupra suprafeței planetare).

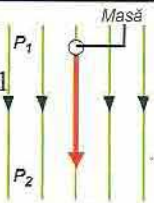


Diferența de potențial gravitațional dintre două puncte situate într-un câmp gravitațional este lucrul mecanic efectuat împotriva forțelor câmpului în deplasarea unei unități de masă între puncte.

$$\frac{\text{Diferența de potențial gravitațional}}{\text{masă}} = \frac{\text{lucrul mecanic}}{\text{masă}}$$

Potențialul gravitațional scade dacă punctul se mișcă de-a lungul **liniei de câmp**, în sensul câmpului (în sensul săgeții).

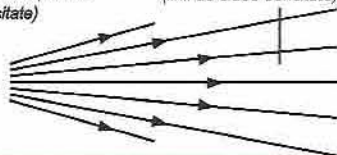
Potențialul gravitațional este mai mare în P_1 decât în P_2 .



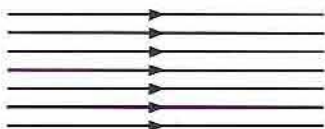
Câmp puternic (linii de mare densitate)

Câmp slab

(linii de slabă densitate)



Câmp uniform are sens și intensitate constantă.



Forța electrică

Pentru măsurarea intensității câmpului electric E într-un punct P , dat de o sarcină electrică q_1 , se plasează în punctul P o sarcină de probă q , cu forța electrică F cunoscută. Atunci:

$$E = \frac{\text{forța electrică } (F)}{\text{sarcină } (q)}$$

sau

$$F = qE$$

Comparând ecuația de mai sus pentru forța electrică, intensitatea câmpului E la distanța d de sarcina q_1 este:

$$E = K_E \frac{q_1}{d^2}$$

Forța magnetică

Pentru măsurarea intensității câmpului magnetic B într-un punct P , dat de intensitatea I_1 , se plasează în punctul P un conductor de lungimea l , care transportă curent electric de intensitate I cu forța magnetică F cunoscută:

$$B = \frac{\text{forța magnetică } (F)}{\text{intensitatea } (I) \times \text{lungimea } (l)}$$

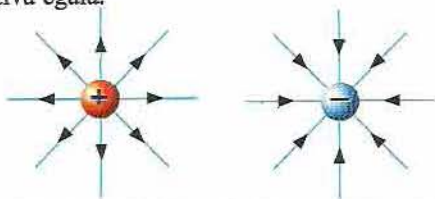
sau

$$F = BIl$$

Comparând ecuația de mai sus pentru forța magnetică, intensitatea câmpului B la distanța d de intensitate a curentului I_1 este:

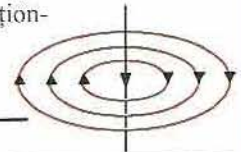
$$B = K_B \frac{I_1}{d}$$

Linii de câmp electric pornesc întotdeauna de la sarcina pozitivă spre o sarcină negativă egală.



Linii de câmp magnetic* nu au început sau sfârșit, ci sunt întotdeauna contururi închise, pentru că polul nord nu poate exista fără polul sud. Aceasta este o diferență fundamentală față de câmpurile gravitaționale și electrice.

Linii câmpului magnetic circular în jurul unui conductor care transportă curent.

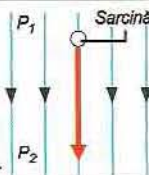


Diferența potențialului electric dintre două puncte situate într-un câmp electric este lucrul mecanic efectuat pentru învingerea forțelor câmpului prin deplasarea unei unități de sarcină electrică pozitivă între cele două puncte.

$$\frac{\text{Diferența potențialului electric}}{\text{lucrul mecanic}} = \frac{\text{sarcină}}$$

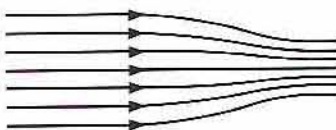
Potențialul electric scade în sensul câmpului (pe direcția săgeții).

Potențialul electric este mai mare în punctul P_1 decât în P_2 .



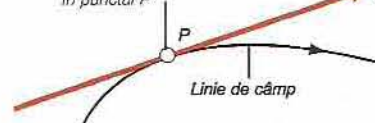
Potențialul magnetic este mult mai greu de definit decât cel al câmpului gravitațional sau al celui electric, deoarece liniile sunt circulare. Rețineți că dacă un punct se mișcă de-a lungul unei linii circulare ca în figura de mai sus, acesta se întoarce în același punct, care trebuie să aibă același potențial. Înseamnă că potențialul magnetic este dificil de calculat.

Câmp neuniform



Tangenta la câmp în punctul P

Sensul câmpului în P



VECTORI ȘI SCALARI

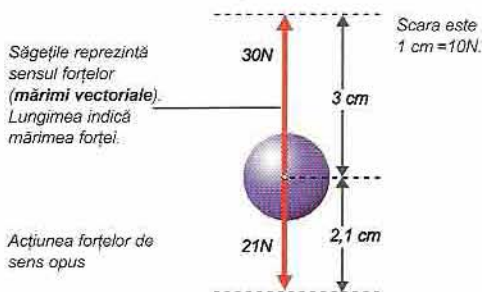
Toate mărimile utilizate în fizică sunt fie **mărimi scalare**, fie **mărimi vectoriale**.

Mărimea scalară

Orice mărime caracterizată complet de un număr, de ex., masa, timpul, energia, densitatea.

Mărimea vectorială

Mărimea vectorială caracterizată atât de modul, cât și de sens și direcție, de exemplu, forța, deplasarea, viteza și accelerația. Atunci când se dă o valoare (modulul) mărimii vectoriale, trebuie să i se dea și direcția și sensul. De obicei, vectorul este reprezentat grafic printr-un segment de dreaptă orientată. Lungimea segmentului indică modulul mărimii (pe o scară aleasă), iar săgeata indică sensul mărimii.

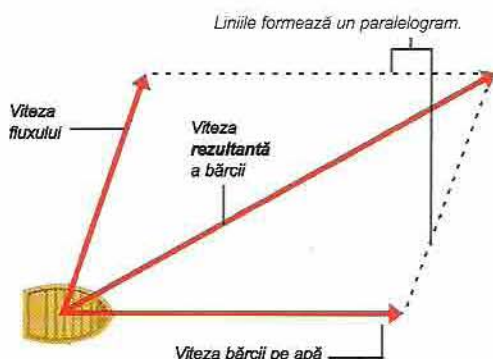


Regula paralelogramului

Regulă utilizată la însumarea a două **mărimi vectoriale**.

Cei doi vectori au originea într-un punct pentru a forma două laturi ale unui paralelogram, care apoi este completat. Diagonala din origine este suma celor doi vectori (rezultanta).

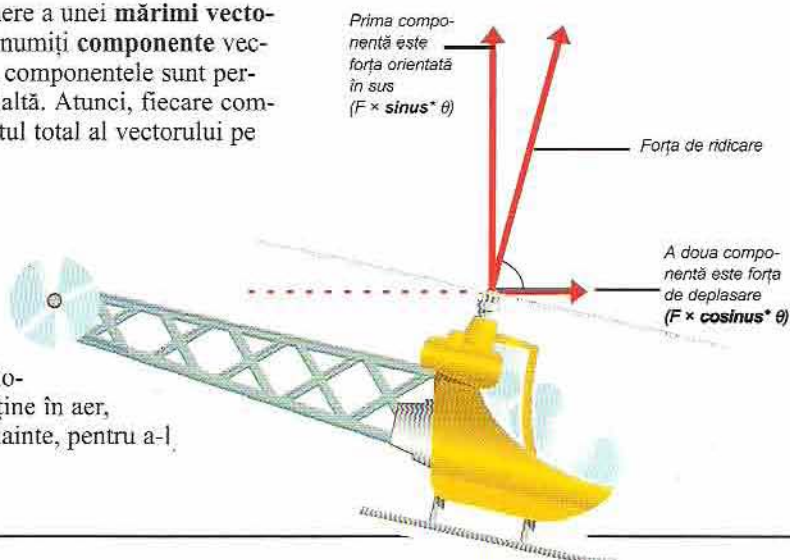
Regula paralelogramului este aplicată la navigarea pe mare. Trebuie luate în considerare direcția și viteza fluxului, reprezentând a doua mărime vectorială care se adaugă la direcția și viteza bărcii.



Descompunerea vectorilor

Procesul de descompunere a unei **mărimi vectoriale** în alți doi vectori numiți **componente vectoriale**. În mod normal, componentele sunt perpendiculare una pe cealaltă. Atunci, fiecare componentă reprezintă efectul total al vectorului pe acea direcție.

Forța de ridicare (mărimea vectorială) de la rotorul elicopterului se poate descompune în două componente. Prima acționează în sus pentru a-l ține în aer, iar a doua acționează înainte, pentru a-l deplasa.



CIFRELE

Numerele foarte mari sau foarte mici (de exemplu 10.000 000 sau 0,000 001) necesită mult timp pentru scrierea lor și sunt greu de citit. De aceea se folosește **notarea cu indici**. Această notație prezintă o scriere prescurtată a cifrelor lungi, prin scrierea cu puterii lui zece.

| | | | |
|-----------|-------------|----------------------------|--|
| 1.000.000 | = 10^6 | sau „zece la a șasea” | Rețineți că o putere negativă înseamnă „1/”, deci $10^{-3} = 1/10^3 = 1/1.000$. Aceasta se aplică și unităților de măsură, de exemplu, kg m^{-3} sau kg/m^3 . |
| 100.000 | = 10^5 | sau „zece la a cincea” | |
| 10.000 | = 10^4 | sau „zece la a patra” | |
| 1.000 | = 10^3 | sau „zece la a treia” | |
| 100 | = 10^2 | sau „zece la a doua” | |
| 10 | = 10^1 | sau „zece la puterea unu” | Indicii se adună algebric la operațiile de înmulțire, de exemplu, $10^2 \times 10^{-3} (= 100.000 \times 1/1.000) = 10^{-1} = 10^{-2} = 100$. |
| 1 | = 10^0 | sau „zece la puterea zero” | |
| 0,1 | = 10^{-1} | sau „zece la minus unu” | |
| 0,01 | = 10^{-2} | sau „zece la minus doi” | |
| 0,001 | = 10^{-3} | sau „zece la minus trei” | |
| 0,0001 | = 10^{-4} | sau „zece la minus patru” | |
| 0,000 01 | = 10^{-5} | sau „zece la minus cinci” | |
| 0,000 001 | = 10^{-6} | sau „zece la minus șase” | |

Forme standard

O formă de exprimare a cifrelor în care numărul are întotdeauna o cifră înaintea virgulei zecimale și este urmat de o putere a lui zece – cu **notarea cu indici** (vezi și cifre caracteristice, pagina 103).

Exemple de numere scrise sub formă standard

| | |
|---------|--|
| 56.342 | $5,6342 \times 10^4$ |
| 4.000 | 4×10^3 (presupunând că zerourile nu sunt caracteristice). |
| 569 | $5,69 \times 10^2$ |
| 23.3 | $2,33 \times 10^1$ |
| 0.98 | $9,8 \times 10^{-1}$ |
| 0.00211 | $2,11 \times 10^{-3}$ |

Ordonarea valorilor în tabele

Valoarea este exprimată cu o cifră exactă și cu puterea lui zece. Este important să le facem comparație cu celelalte mărimi fizice, astfel ca valoarea respectivă să poată fi

evaluată. De exemplu, greutatea unei persoane este de aproximativ 60 kg. De aceea, un rezultat de 50 kg sau de 70 kg este destul de rezonabil, dar rezultatul de 6 kg sau 600 kg este evident greșit.

Ordonarea tipică a mărimii

| Item | Masa/kg |
|---------------------|---------------------|
| Pământul | 6×10^{24} |
| Mașina | 5×10^3 |
| Omul | 5×10^2 |
| Punga de zahăr | 1 |
| Portocala | 2×10^{-1} |
| Mingea de golf | 5×10^{-2} |
| Mingea de ping-pong | 2×10^{-3} |
| Protonul | 2×10^{-27} |
| Electronul | 10^{-30} |

| Item | Lungimea/m |
|----------------------------|--------------------|
| Raza Căii Lactee | 10^{16} |
| Raza Sistemului Solar | 10^{11} |
| Raza Pământului | 5×10^6 |
| Înălțimea Muntelui Everest | 10^4 |
| Înălțimea omului | 2 |
| Grosimea hârtiei | 10^{-4} |
| Lungimea de undă a luminii | 5×10^{-7} |
| Raza atomului | 10^{-10} |
| Raza nucleului | 10^{-14} |

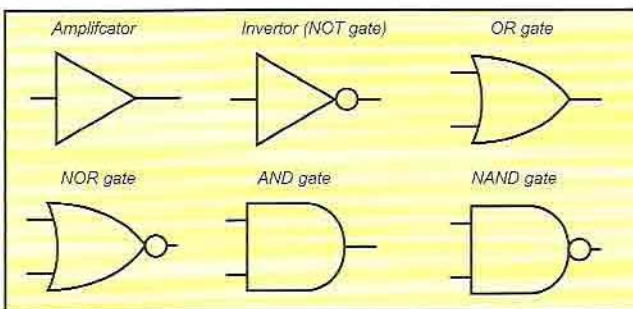
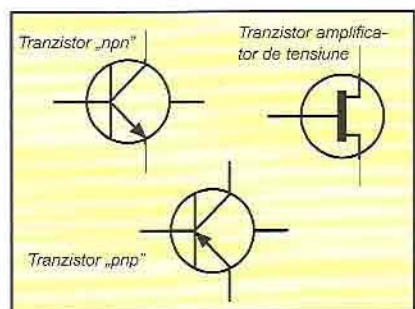
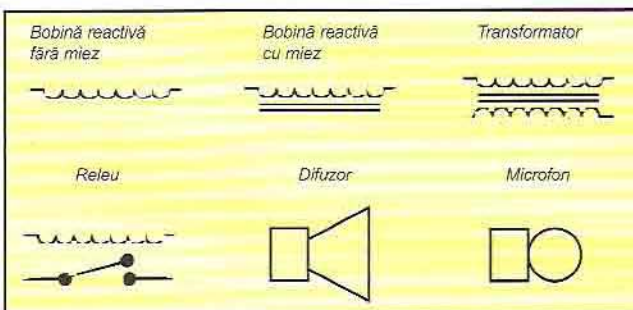
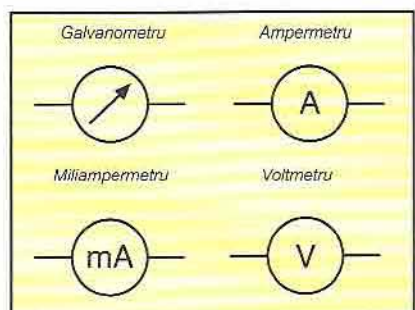
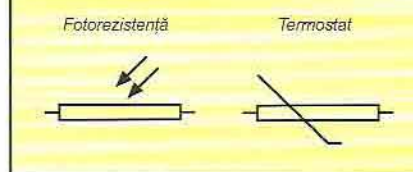
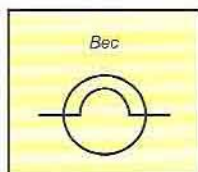
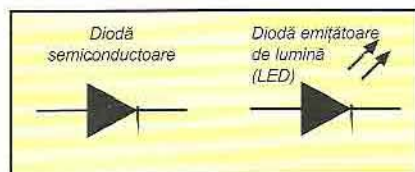
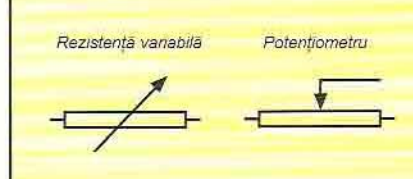
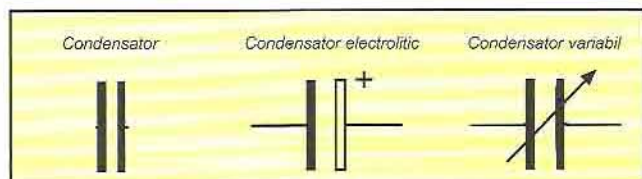
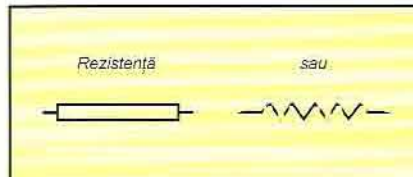
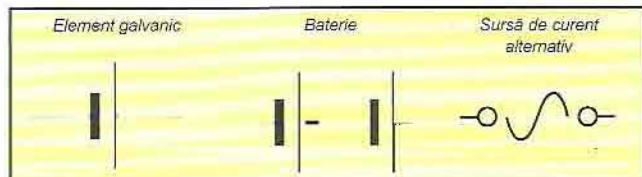
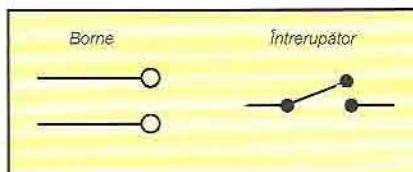
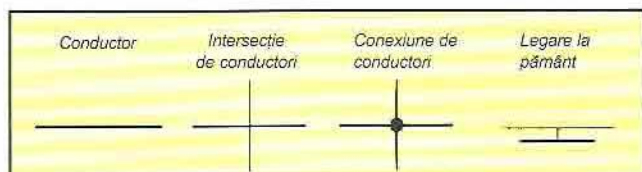
| Item | Timpu/s |
|--|----------------------|
| Vârsta Pământului | 2×10^{27} |
| Timpu consumat de la ridicarea omului | 10^{13} |
| Durata de viață a omului | 2×10^8 |
| Durata unui an | 3×10^7 |
| Durata unei zile | 9×10^4 |
| Timpu dintre bătăile inimii | 1 |
| Viteza obturatorului fotografic | 10^{-2} |
| Timpu de înjumătățire a Poloniului-214 | $1,5 \times 10^{-4}$ |
| Viteza luminii pentru distanța de 1 m | 3×10^{-9} |

| Item | Energia/J |
|--|--------------------|
| Energia eliberată de Soare într-o secundă | 10^{26} |
| Energia eliberată de cutremurul din San Francisco (1906) | 3×10^{17} |
| Energia eliberată de fisiunea a 1g de uraniu | 10^{11} |
| Energia descărcării fulgerului | 10^9 |
| Energia a 1kW per oră | 4×10^3 |
| Energia cinetică a unei mingi de golf | 20 |

¹ Pentru lucrările științifice, convenția impune scrierea cifrelor până la 9999 fără punct sau spațiu. Pentru cifrele peste această valoare, se folosește spațiu pentru citirea mai ușoară. În alte cazuri, convenția este să se adauge puncte de despărțire numerelor cu patru sau mai multe cifre.

SIMBOLURILE CIRCUITELOR ELECTRICE

Acest tabel prezintă simbolurile principale folosite pentru reprezentarea diferitelor componente utilizate în circuite (vezi și paginile 60-65).



GLOSAR

Agent de răcire

Lichid folosit în industrie sau acasă pentru răcire (de exemplu la frigider). De obicei, lichidul extrage căldura de la o sursă și o transferă altuia. Într-o **centrală electrică nucleară**, agentul termic transferă căldura eliberată de reacția nucleară unui generator de aburi, unde căldura este utilizată la producerea aburului. Acesta învârtă **turbinele** și generează electricitate.

Aliaj

Amestec de două sau mai multe metale sau un metal și un nemetal. Are proprietăți (care sunt metalice), independente de cele ale constituenților. De exemplu, alama este un aliaj de cupru și zinc, iar oțelul este aliaj de fier și carbon (diferitele amestecuri dau oțelului diverse proprietăți).

Amalgam

Aliaj de mercur cu alte metale. De obicei este moale și poate fi chiar lichid.

Calibrare

„Reglarea” unui instrument de măsură astfel ca el să dea citirea corectă a unei mărimi. De obicei, instrumentele sunt reglate din fabricație, astfel încât să citească valoarea corectă când măsoară o mărime standard cunoscută, de exemplu, balanța ar trebui reglată ca ea să citească exact 1 kg când se măsoară o masă standard de 1 kg.

Calorimetrie

Măsurarea schimbării de temperatură în timpul unei reacții chimice sau a unei reacții care implică transfer de căldură. De pildă, la măsurarea creșterii de temperatură a unei mase cunoscute de substanță, când aceasta este încălzită termic, se calculează **capacitatea calorică specifică**, iar creșterea de temperatură a unei mase de apă poate fi folosită la calcularea energiei produse de un combustibil la arderea lui.

Coefficient

Constanta unei substanțe, utilizată la calcularea mărimilor în raport cu substanța, prin înmulțirea ei cu celelalte mărimi. De exemplu, forța de apăsare normală înmulțită cu **coeficientul de frecare*** al suprafețelor, rezultă **forța de frecare**.*

Constantă

O valoare invariabilă. De exemplu, în ecuația $E = mc^2$ (vezi și pagina 84), mărimea c (viteza luminii în vid) este constantă. E și m sunt **variabile**, deoarece ele se pot schimba.

Cosinus (al unui unghi)

Raportul lungimii catetei opuse a unghiului la lungimea ipotenuzei (cea mai lungă latură) a unui triunghi dreptunghic. Depinde de unghi.

Elastic

Describe proprietatea unei substanțe care poate fi deformată. Diversele substanțe prezintă grade variate de **elasticitate**. Vezi și **punctul de rupere**, pagina 23.

Fotocelulă sau celulă fotoelectrică

Dispozitiv utilizat la detectarea și măsurarea luminii.

Gradații

Marcaje folosite la măsurări, de exemplu, cele ale unui **șubler micrometric*** sau ale unei scale **vernier***.

Invers proporțional

Când se referă la două mărimi, înseamnă relația dintre ele: dacă una se dublează, cealaltă se înjumătățește (vezi și **proporțional**).

Inversul

Valoarea obținută prin împărțirea cifrei 1 cu această valoare, adică, inversul lui x este $1/x$. De exemplu, reciproca lui 10 este 0,1.

Maleabil

Describe substanța care poate fi formată ușor. Se folosește, de obicei, la substanțe care pot fi subțiate, mai ales la metale și **aliaje** de metale. Diversele substanțe prezintă diferite grade de **maleabilitate**.

Medie

Suma valorilor adunate, împărțită la numărul valorilor din adunare.

Mediu

Orice substanță în care se află corpul de studiat, de exemplu sticlă, reprezintă un mediu când este traversată de lumină.

Menisc

Suprafața concavă sau convexă a unui lichid, de exemplu apă sau mercur. Este cauzată de atracția relativă dintre moleculele substanței și cele ale conținătorului (vezi și **adeziunea** și **coeziunea**, pagina 23 și **eroarea de parallaxă**, pagina 102).

Proportional sau direct proporțional

Când se aplică la două mărimi, înseamnă că relația dintre ele este: dacă una se dublează, se dublează și cealaltă.

Raport

Caritatea cu care o mărime se schimbă în funcție de o altă mărime, de exemplu, **acelerația*** este raportul de schimbare a **vitezei***, în funcție de timp. Rețineți că nu în toate cazurile a doua mărime este timpul. Dacă se trasează graficul x, y , raportul de schimbare a lui y în funcție de x într-un punct este gradientul din acel punct.

Sinus (al unui unghi)

Raportul dintre lungimea catetei opuse unghiului și lungimea ipotenuzei (latura cea mai lungă) a unui triunghi dreptunghic. Depinde de unghi.

Sistem

Totalitatea părților componente care au un efect una asupra celeilalte și împreună formează o unitate întreagă.

Spectru

Distribuție specială a frecvențelor și lungimilor de unde, de exemplu, lungimile de unde din **spectrul luminii vizibile*** variază de la 4×10^{-7} m la $7,5 \times 10^{-7}$ m.

Tangentă (a unui unghi)

Raportul dintre lungimea catetei opuse a unui unghi și lungimea catetei alăturate la acesta, dintr-un triunghi dreptunghic. Depinde de unghi.

Turbina

Dispozitiv cu palete rotative, rotite de o forță, de exemplu, de jeturile de aburi. Într-un **generator***, energia paletelor învârtite poate fi transformată în energie electrică.

Variabilă

Mărime numerică ce poate lua orice valoare. De exemplu, în ecuația $E = mc^2$ (vezi și pagina 84), E și m sunt variabile pentru că pot avea orice valoare (deși valoarea lui E depinde de valoarea lui m). Mărimea c (viteza luminii într-un vid) este **constantă**.

Vid

Spațiu complet lipsit de materie. Într-un vas, se poate crea **vid parțial** prin scoaterea aerului sau a gazului din interior. Acest fapt face ca presiunea din vas să fie mai scăzută decât presiunea atmosferică din afara lui.

Volum

Mărimea spațiului ocupat de un lichid. Pentru calcule de volum, vezi pagina 110. **Unitatea SI*** pentru volum este metrul cub (m^3).

*Acelerație, 11; Coeficient de frecare, Forță de frecare, 7; Generator, 78; Șubler micrometric, 101; Centrală electrică nucleară, 94; Viteză, 10; Scală vernier, 100; Spectru luminii vizibile, 54; Unități SI, 96; Capacitate calorică specifică, 31.

INDEX

Numerele paginilor menționate în index sunt de trei tipuri. Cele îngroșate (de exemplu 92) indică în fiecare caz unde pot fi găsite definițiile principale ale noțiunii (sau noțiunilor). Cele cu caractere obișnuite (de exemplu 92) se referă la termeni suplimentari. Numerele de pagină imprimate cu caractere înclinate (de exemplu 92) indică pagina unde pot fi găsite imagini cu text. Dacă numărul paginii este urmat de un cuvânt între paranteze, înseamnă că acest cuvânt indexat apare definit în textul indicat. Dacă este urmat de (I), cuvântul indexat apare în textul introductiv al paginii date. Când sunt importante, după cuvintele indexate sunt date între paranteze formele de singular, plural simbolurile și formulele. Sinonimele sunt indicate prin cuvântul „vezi” sau printr-o bară (/), dacă sinonimele se suprapun alfabetic.

dezintegrare α , *vezi* dezintegrare alfa

particulă α , *vezi* particule alfa
radiații α , *vezi* radiații alfa

dezintegrare β , *vezi* dezintegrare beta

particulă β , *vezi* particule beta
radiații β , *vezi* radiații beta

radiografie γ , *vezi* radiografie gamma

radiații γ , *vezi* radiații gamma

A

a treia lege a gazelor, *vezi* legea presiunii

aberație sferică 49

aberație
cromatică 55
de sfericitate 49

acceleratoare, de particule 86
(radioizotop)

acelația gravitațională (g) 18, 113

acelația negativă 11
(acelația)

acelație 11, 97
unghiulară 17
centripetă 17

liniară 14 (I)

uniformă 11 (acelația)

actiniu 114

acțiune

capilară 23
(forță) 13 (principiul al treilea al lui Newton)

degajare de hidrogen 68

ionizare produsă de vârf 57

acumulator plumb-acid 69

acumulator, *vezi* element galvanic secundar plumb-acid 69

acustică 40 (I)

adâncime aparentă 51

adeziune 23

agent de depolarizare 68
(polarizarea)

agent de răcire 94, 95, 115

AGR, *vezi* reactor nuclear cu gaz răcit, avansat

alfa, dezintegrare (dezintegrare α) 87

alfa, particule (particule α) 86, 87 (dezintegrare alfa) 90
(camera cu ceață)

alfa, radiații (radiații α) 86 (I)

aliaj 115

aluminu (Al) 67 (electrometalurgia) 112, 114

amalgam 115

americu (Am) 114

amestec aditiv 55 (amestecul culorilor)

amestec 4 (compusul)

amesteca substractiv 55
(amestecul culorilor)

amestec, de culoare 55
aditiv 55 (amestecul culorilor)
substractiv 55 (amestecarea culorilor)

amorf, silicon 112

amper (A) 60, 96

amper oră 69 (cantitatea de electricitate transportată)
ampermetru cu echipaj mobil 77

ampermetru 77, 110

amplificator (simbol pentru) 110

amplitudine 16, 34

analog 111 (porți logice – gates)

AND (poartă logică) 110, 111

anioni 66 (teoria ionică a electrolizei), 88 (ionizarea)

anod 66 (electrodul)

ansamblu de lentile (aparatură de fotografiat) 54

antimoniu (Sb) 112, 114

antineutrino 87 (dezintegrarea beta)

- aparat de fotografiat 54
 aparate electrice de măsurat 77
 apă (H₂O) 112, 113
 argint (Ag) 112, 114
 argon (Ar) 114
 armătură (magneți) 71 (autode-
 magnetizarea)
 armonici superioare 43 (moduri
 de vibrație)
 arsen (As) 112, 114
 astatin (At) 114
 atingere divizată (magneți) 71
 atingere simplă (magneți) 71
 atom(i) 4, 5, 82-87
 Rutherford-Bohr 82
 structura 82-83
 aur (Au) 112, 114
 autodemagnetizare 71
 autoinducție 79
 avalanșă (particulă) 89
 avantaj mecanic (A.M.) 20
 Avogadro, numărul lui 96
 (molul) 113
 axa x (grafice) 98
 axa y (grafice) 98
 axa
 magnetică 70
 principală (reflexie, refracție)
 48, 52

B
 balanță (echipament),
 intensitate 60 (amper)
 balanță de curent 60 (amper)
 bandă bimetalică 32
 bandă de unde 44 (radiații
 gamma)
 bare de control 94 (reactoare
 termice) 95
 bariu (Ba) 114
 barometru 25
 simplu 25
 baterie 68 (I), 69, 110
 baza de timp (comenzile
 osciloscopului) 81
 bază (tranzistor) 65
 bazin cu valuri 36

 bătaie 42
 bec (simbol pentru) 110
 becquerel (Bq) 87
 beriliu (Be) 114
 beta
 dezintegrare (dezintegrare β)
 87
 particule (particule β) 86, 87
 (dezintegrare beta) 90
 (camera
 de nori)
 radiații (radiații β) 86 (I)
 biconcavă (lentilă) 53
 biconvexă (lentilă) 53
 bismut, (Bi) 112, 114
 biuretă 101
 bobină (electromagnetism) 74
 plană 74
 primară 79
 secundară 79
 bomba -A, vezi bomba cu fisi-
 une, termonucleară, etc
 bomba cu fisiune 93
 bomba cu fisiune-fuziune 93
 (bomba termonucleară)
 bomba cu hidrogen (bomba H),
 vezi bomba cu fuziune
 bomba H, vezi bomba cu
 hidrogen (bomba termo-
 nucleară)
 bombă atomică sau nucleară
 (bomba A), vezi bomba cu
 fisiune
 bombă cu fuziune 93
 bombă
 atomică/cu fisiune 93
 fisiune-fuziune 93 (bomba cu
 fuziune - termonucleară)
 fuziune/hidrogen 93
 bor (B) 114
 bornă(e) 60 (forța electromo-
 toare), 110
 brom (Br) 92, 114
 bronz 112
 busolă 72 (liniile câmpului
 magnetic)
 butelia de Leyda 59

C
 cadmiu (Cd) 112, 114
 calciu (Ca) 114
 calibrare 115
 calorimetrie 115
 Cameră
 cu ceață (Wilson) 90
 de difuziune 90
 Wilson 90
 cu bule 90
 câmp(uri) 104-107
 electric 58 (I), 105, 107
 de forță 6, 104-107
 gravitațional 104, 106
 magnetic 72-73, 105, 107
 linii de 6 (câmpul de forță),
 106, 107
 candela (cd) 96
 cântar cu arc 22
 cantitatea de electricitate tran-
 sportată,
 (elemente galvanice) 69
 calorică (C) 31
 (potențială) vezi capacitatea
 calorică specifică (c) 31,
 112
 (volum) 101
 capacitate (C) 97
 capacitate calorică (C) 31
 specifică (c) 31, 112
 capacitate calorică specifică (c)
 112
 carbon (C) 82, 83, 88 (radiația
 de fond), 91 (datarea
 radiocarbonului)
 cationi 66, 88 (ionizarea)
 catod 66 (electrodul)
 cădere liberă 19
 căldura
 de fuziune latentă specifică
 31, 112
 de vaporizare latentă speci-
 fică 31
 transfer 28-31
 căldură latentă (L) 30, 31
 specifică (I) 30, 31, 112
 specifică de vaporizare 31

- de topire 31
- căldură latentă specifică (l) 30
- cărbune 9
- Celsius, scala 27
- centrală electrică 61
- centrale electrice nucleare 94 (l)
- centru optic (O) 52
- centrul
 - curburii (C) 48, 52
 - de gravitație 10 (centrul de greutate)
 - de greutate 10
- cerc de înclinație 73
 - (înclinația)
- ceriu (Ce) 114
- cesiu (Cs) 114
- ciclotron 86 (radioizotopul)
- ciclu (mișcarea) 16
- cifre caracteristice 103
- cilindru de măsurare 101
- ciocnire 13
- circuit(e) 60 (l)
 - integrat 111 (porți logice)
 - primar 78
 - secundar 78
 - (simboluri) 111
- clopot electric 75 (soneria electrică)
- clor (Cl) 114
- cobalt (Co) 112, 114
- coeficient 115
 - al frecării dinamice 7 (coeficientul de frecare)
 - de frecare (μ) 7
 - al frecării statice 7 (coeficientul de frecare)
- coeziune 23
- colector 76
- combustibil fosilizat 9
- componente, 108 (descompunerea)
- compus 4
 - ionic 4
- compresiune 7
- comprimării (unde) 35
- computere 111
- condensare 30
- condensator 59 (condensatorul de hârtie)
- condensator 59, 110
 - electrolitic 59, 110
 - de hârtie 59
 - variabil 59, 110
- conducție termică 28
- conductivitate termică 28, 112
- conductibilitate
 - (electricitate) 56 (conductorul)
- conductivitate
 - (electricitate) 63
 - termică (calorică) 28, 112
- conductor(i)
 - (electricitate) 56
 - trăsnet 57 (trăsnetul)
 - termic (caloric) 28 (conducția)
- conductori (simboluri pentru) 110
- conservare
 - energia de, legea 8 (l)
 - a impulsului, legea 13
- constanta 113, 115
 - dielectrică 59
 - gazului 113
 - gravitațională (G) 18, (legea gravitațională a lui Newton) 113
 - lui Faraday 113
 - lui Planck 84
- contact
 - forță de 7
 - apăsare normală 7 (coeficient de frecare)
- contor de scintilații 90
- contor Geiger 89
- convecție 28
- corp negru 29 (cubul lui Leslie)
- cosinus 115
- Coulomb (C) 60, 97
- CPU, vezi procesor
- cristal de scintilații 90 (detectorul cu scintilații)
- cristal scintilator
 - scintilație 90 (detector cu scintilații)
- CRO, vezi osciloscopul de radiații catodice
- crom (Cr) 114
- cromatism, vezi aberație cromatică
- cuantă 84 (teoria cuantică)
- cubul lui Leslie 29
- culori primare 55
- culori secundare 55
- culori 54-55
 - complementare 55
 - primare 55
 - secundare 55
- cuplu (forțe) 14
- cupru (Cu) 66, 67, 112, 114
 - voltametrul de 67
 - (voltametrul)
- cuptoare cu microunde 45 (microundele)
- curbă de răcire 31
- curbe de viteză 23
- curbură
 - centrul (C) 48, 52
 - raza (r) 48
- curent (electric) (l) 56 (l), 60-64, 96 (amper)
 - alternativ (c.a.) 61, 110
 - continuu (c.c.) 61
 - turbionar 79
 - de convecție 28 (convecția)
 - electric (l) 56 (l), 60-64, 96 (amper)
- curie (unitate) 87
- D
- datarea radiocarbonului 91
- decibeli (dB) 42 (intensitatea auditivă)
- declinația magnetică, vezi înclinația
- declinația 73
- deformare
 - elastică 23
 - plastică 23 (punctul de rupere)
- degajare de hidrogen 68
- demagnetizare 71

- densimetru 24
- densitate (ρ) 24-25, 97, 112, 113
- a fluxului magnetic 72
 - optică 50 (legea lui Snell)
 - relativă 24
 - superficială de sarcină 57
- deplasare 10, 34
- deplasarea undei, *vezi* undele progresive
- descărcare 66 (teoria ionică a electrolizei)
- deschidere
- (aparat de fotografiat) 54
 - (diafragma)
 - (lentilă) 52
 - (oglină) 48
- deschiderile lui Young 38
- descompunere 108
- deuteriu (D) 93, 94 (reactorul cu fuziune)
- deviație completă de scală 77 (ampermetru)
- deviație completă 77 (ampermetru)
- dezintegrare în lanț, *vezi* serii de dezintegrare
- dezintegrare 87 (dezintegrarea radioactivă)
- dezintegrarea radioactivă 87
- alfa (dezintegrare α) 87
 - beta (dezintegrare β) 87
- diafragmă (aparat de fotografiat) 54
- diamagnetism 72
- dielectric 59 (condensator)
- diferență de fază 38 (faza)
- diferență de potențial 58, 106-107
- difracție 37
- difuziune 5
- legea lui Graham 5
- difuzor 110
- dilatate anormală 32
- dilatate în volum absolută, *vezi* dilatate în volum reală
- dilatate cubică (γ) 32
- absolută, *vezi* dilatate în volum reală
- volum reală
- aparentă 33
 - reală 33
- dilatate de suprafață *vezi* dilatarea superficială
- dilatate de suprafață (β) 32
- dilatate în volum aparentă 32
- dilatate liniară (α) 32, 112
- dinam, *vezi* generator
- dinamică 12-13
- diodă 65, 110
- emitoare de lumină (LED) 65, 110
- dioptrii 53 (puterea optică)
- dipoli 71 (teoria domeniului de magnetizare)
- direct proporțional, *vezi* proporțional
- disc pentru transfer de sarcini 57
- dispersie 54 (culoarea)
- disprosiu (Dy) 114
- distanța focală (f) 48, 52
- lungimea (măsurarea lungimii) 100
- divizor de tensiune 63
- domenii 71 (teoria domeniului de magnetizare)
- dopaj 65
- doză (radiație) 89 (dozimetru)
- dozimetru 89
- E
- E.C., *vezi* energia cinetică
- E.L., *vezi* energia de legătură
- E.P., *vezi* energia potențială
- echilibru 15
- dinamic 15 (echilibrul)
 - liniar 15
 - indiferent 15
 - de rotație 15
 - stabil 15
 - static 15 (echilibrul)
 - termic 28 (f)
 - instabil 15
- echipotențial 58
- echivalent electrochimic 67
- (legea electrolizei – Faraday)
- eclipsă 46
- de lună 46 (eclipsa)
 - parțială 46
 - de soare 46 (eclipsa)
 - totală 46
- ecolocație 41 (ecoul)
- ecou 41
- ecranare, *vezi* protejare
- ecuator magnetic 73
- ecuația gazelor (generale/ideale) 33
- ecuația gazului ideal 33
- ecuație
- de stare, *vezi* ecuația gazului ideal
 - mișcării de accelerație uniformă 11
- ecuație(ii) 98
- generală a gazelor/gazului ideal 33
 - a reacției nucleare 92, 93
 - de simboluri 98
 - de cuvinte 98
- efect de seră 29
- efect Doppler 41
- efort 20 (f)
- elastic 22 (elasticitate)
- elastic 23 (punctul de rupere), 115
- elasticitate 115 (elastic)
- elasticitate 22
- electricitate 56-69, 74-79
- statică 56-57
- electrod 66
- activ 66 (electrodul)
 - negativ 66 (electrodul)
- electrofor 57
- electrolit
- slab 66
 - topit 66
 - puternic 66
- electroliză 66-67
- legile lui Faraday (prima, a doua) 67
 - teoria ionică a 66
- electromagnetism 74-76

- electromagnet 75-76
- electrometalurgie 67
- electron volt (eV) 84
- electron(i) 80-81, 83, 86 (particule beta), 87 (dezintegrarea beta), 88-90, 113
- electroscop 56
 - cu condensator 56 (electroscopul)
 - cu foiță de aur 56 (electroscopul)
 - cu impulsuri (Wulf) 89
- element alcalin 69
- element de acumulare, *vezi* element secundar
- element galvanic (pilă electrică) 68-69
 - alcalin 69
 - „uscat” 69
 - Leclanché 69
 - nichel-cadmium 69 (element galvanic alcalin)
 - primar 69
 - secundar 69
 - standard 69
 - acumulator, *vezi* element galvanic secundar
 - voltaic, *vezi* element galvanic sau pilă voltaică
- element voltaic, *vezi* pila voltaică 68
- element(e) 4, 114
- emisie termoelectronică 80 (tun electronic)
- emitor 65 (tranzistorul)
- endoscop 51
- energie (E) 8-9, 97
 - atomică 84-85
 - de legătură (E.L.) 84
 - chimică 8, 9
 - potențială elastică 8
 - electrică 9
 - electromagnetică 9 (energia electrică și magnetică)
 - potențială electromagnetică 8
 - potențială gravitațională 8
 - calorică 9, 28-32
 - internă 9
 - cinetică (E.C.), 9
 - legea conservării a 8 (I)
 - magnetică 9
 - mecanică 9
 - potențială moleculară 8
 - potențială nucleară 8
 - potențială (E.P.) 8, 106-107
 - calorică radiantă 29 (radiația)
 - cinetică de rotație 9 (energia cinetică)
 - cinetică de translație 9 (energia cinetică)
 - cinetică de vibrație 9 (energia cinetică)
 - de întindere, *vezi* energia potențială elastică
 - termică, *vezi* energia internă de undă 9
- energie potențială (E.P.) 8, 106-107
 - elastică 8
 - electromagnetică 8
 - gravitațională 8
 - moleculară 8
 - nucleară 9
- energie termică, *vezi* energia internă
- erbiu (Er) 114
- erori 102-103
 - de paralaxă 102
 - de citire 103
 - zero 102
- etichetare 91 (metoda trasorilor radioactivi)
- europiu (Eu) 114
- evaporare 30
- F
 - f.e.m., *vezi* forța electromotoare
 - farad (F) 59, 97
 - Faraday
 - constanta lui 113
 - inelul de fier al lui 78 (inducția mutuală)
 - legea inducției 78
 - legea electrolizei (prima, a doua) 67
 - Fahrenheit, scala 27
 - fază (unde) 38
 - feromagnetic 70
 - fibre optice 51
 - fier (Fe) 112, 114
 - forjat 112
 - topit 112
 - fierbere 30 (vaporizare)
 - filament 64 (filamentul becului)
 - film (aparat de fotografiat) 54
 - film fotografic, *vezi* dozimetru
 - fisionabil 92 (fisiunea indusă)
 - fisiune indusă 92
 - fisiune nucleară 85, 92-93, 94-95
 - indusă 92
 - spontană 92
 - fluor (F) 114
 - fluorescență 45
 - focalizare și luminozitate (comenzile osciloscopului) 81
 - focar principal 48, 52
 - foni 42 (zgomotul)
 - formă standard (cifrele) 109
 - formula energiei de masă – Einstein 84
 - formula energiei totale – Einstein 84
 - formula oglinzii 49
 - formula, *vezi* formula oglinzii
 - forță(e) 6-7, 97, 104-107
 - centrifugă 17 (centripetă)
 - centripetă 17
 - de compresie 7
 - de contact 7
 - dinamică de frecare 7
 - electrică 6, 105, 107
 - electromagnetică 6
 - electromotoare (f.e.m.) 60
 - electrostatică, *vezi* forța electrică
 - de frecare 7
 - gravitațională 6, 104, 106

- intermoleculară 7
- linii de, *vezi* linii de câmp
- magnetică 6, 105, 107
- de apărare normală 7 (coeficientul de frecare)
- nucleară 7, 84
- la alunecare, *vezi* forța de frecare dinamică
- de frecare statică 7
- de tensiune 7
- fosfor (P) 114
- fosforescență 44
- fotocelulă/celulă fotoelectrică 115
- fotomultiplicare 90 (detector cu scintilație)
- fotoni 84 (teoria cuantică)
- fotorezistență (simbol pentru) 110
- fragmente de fisiune, *vezi* produși de fisiune
- frânare 16, 35
- frânare 19 (viteza finală)
- franciu (Fr) 114
- frecare statică, coeficient de 7 (coeficientul de frecare)
- frecarea, *vezi* forța de frecare coeficientul de 7
- frecvență (f) 16, 35, 97, 113
- de bătaie 42 (bătăile)
- fundamentală 43 (moduri de vibrație)
- fronturi de unde 34
- circulare 34
- incidente 36 (unda incidentă)
- plane 34
- fuziune
- nucleară 85, 93, 94 (reactor cu fuziune)
- căldură latentă specifică 31, 112
- G**
- gadolinu (Gd) 114
- galiu (Ga) 112, 114
- galvanometru 77, 110
- cu bobină mobilă 77
- (galvanometrul)
- galvanostegie 67
- gaz(e) 5, 33
- ideal 33
- constanta lor 33, 113
- generator 78
- de abur 94, 95
- Van de Graaff 57
- germaniu (Ge) 112, 114
- gradații 115
- gradient
- (grafice) 98
- de temperatură 28 (conductivitatea)
- de potențial 58 (potențialul)
- grafice 98-99
- grafit 95 (reactorul termic)
- gravitație 18-19
- legea lui Newton 18
- gravitație, *vezi* forță gravitațională
- acclerație dată de (g) 18, 113
- centru de 10 (centrul de greutate)
- specifică, *vezi* densitatea relativă
- greutate atomică, *vezi* masa atomică relativă
- greutate 18, 20 (l)
- inutilă 20
- atomică, *vezi* masa atomică relativă
- grila de control (componentele osciloscopului) 81
- H**
- hafniu (Hf) 114
- heliu (He) 93, 114
- hertz (Hz) 16 (frecvența), 97
- hidrogen (H) 94 (reactorul cu fuziune) 114
- Hoffman, voltmetru 67
- holmium (Ho) 114
- I**
- imagine 49
- reală 49 (imaginea)
- termică 45 (radiația infraroșie)
- virtuală 49 (imaginea)
- impedanță 64
- implanturi, radioactive 91
- imponderabilitate aparentă 19
- imponderabilitate reală 19
- impuls 12, 97
- impuls, legea conservării impulsului 13
- incandescență 45 (lumină vizibilă)
- incidentă
- unghi de (i) 47, 50
- punct de 47, 50
- indice
- de refracție absolut 37 (indicele de refracție) 50
- de refracție (n) 37, 50 (legea lui Snell) 51 (dispozitiv termometric)
- de notare 109
- indiu (In) 114
- inductanță 64
- inducție
- electromagnetică 78-79
- electrostatică 57
- legea lui Faraday 78
- mutuală 78
- inelastic 23 (punctul de rupere)
- inerție 12
- infrasonet 40
- input (computere) 111
- instalație de reproducere 94
- intensificarea câmpului magnetic (motorul electric) 76
- intensitatea
- câmpului 106-107
- luminoasă 96
- unde 35
- undelor 38-39
- intensitatea câmpului 106-107
- electric 107
- gravitațional 106
- magnetic 72, 107
- interferență 38-39
- cu caracter constructiv 39

- cu caracter distructiv 39
 - franje de 38 (deschiderile lui Young)
 - model de 38 (I), 39
 - intersecția cu axa x (grafice) 98
 - intersecția cu axa y (grafice) 98
 - interval
 - fundamental 26 (punctul fix)
 - muzical 43 (sunetele muzicale)
 - invers proporțional 115
 - inversul 115
 - invertor (simbol pentru) 110
 - iod (I) 114
 - ionizare 88
 - ionosferă 45
 - iradiere 91
 - iridiu (Ir) 112, 114
 - izolator(oare)
 - (electricitate) 56
 - (căldură) 28
 - izotop radioactiv, *vezi* radioizotopul
 - izotop(I) 83
 - radioactiv *vezi* radioizotopul
- I**
- încălțare 73
 - întrerupător 64, 110
 - dipolar 64
 - de comutare 64
 - rotativ 64
 - înveliș exterior 83 (învelișul electronic)
 - înveliș K 83 (învelișul electronic)
 - înveliș M 83 (învelișuri electronice)
 - înveliș electronic 83
 - exterior 83 (învelișul electronic)
 - înveliș L 83 (învelișul electronic)
 - înveliș N 83 (învelișul electronic)
 - înveliș O 83 (învelișul electronic)
- înveliș P 83 (învelișul electronic)
 - înveliș Q 83 (învelișul electronic)
 - învelișuri electronice 83
- J**
- joule (J) 8 (I), 97
- K**
- kelvini (K) 27 (scala temperaturii absolute), 96
 - kilogram (kg) 96
 - kripton (Kr) 114
- L**
- lantani (La) 93, 114
 - lanțuri de dezintegrare 87 (dezintegrarea radioactivă)
 - LED, *vezi* dioda emițătoare de lumină
 - lege(i)
 - Arhimede 25
 - Boyle 33
 - Faraday, (electroliză) 67
 - Faraday (inducție) 78
 - a gazelor 33
 - Graham 5
 - Hooke 22
 - Kirchhoff 63
 - Lenz 78
 - Newton 12-13, 18
 - Ohm 62
 - presiunii 33
 - Snell 50
 - legea(ile)
 - conservării energiei 8 (I)
 - conservării impulsului 13
 - difuziunii a lui Graham 5
 - electrostaticii, prima 56
 - gravitațională a lui Newton 18
 - inducției a lui Faraday 78
 - magnetismului, prima 70 (Pol)
 - volumelor 33
 - electrolizei, a lui Faraday 67
 - reflexiei luminii 47
 - refracției luminii 50
 - lentilă(e) 52 (I)
 - acromatică 54, 55 (aberația cromatică)
 - concavă 52, 53
 - convergentă 52
 - convexă 52, 53
 - divergentă 53
 - oculară 54, 55
 - a obiectivului 54, 55
 - de proiecție 55
 - lentila obiectivului, (microscopul) 54 (telescopul) 55
 - limita de proporționalitate 22 (legea lui Hooke) 23
 - limita *vezi* limita de proporționalitate
 - elasticității 22
 - forță 7
 - limita 22 (legea lui Hooke)
 - elasticității 23
 - de rupere 22 (punct de rupere)
 - linie izogonală 73
 - linii de câmp electric 107
 - linii de câmp gravitațional 106
 - linii de câmp magnetic (linii de flux) 72, 107
 - linii de flux, *vezi* linii de câmp
 - linii de flux/forță, *vezi* liniile de câmp
 - linii nodale 38, 39 (nodurile)
 - litium (Li) 114
 - litru (l) 101
 - lucru mecanic 8 (I), 97
 - lumină 46-55
 - legile reflexiei 47
 - legile refracției 50
 - principiul reversibilității 49, 50
 - reflexia 47-49
 - viteza 113
 - vizibilă 45, 54-55 (culoarea), 113
 - lungimea de undă 34, 113

lupă, *vezi* microscopul simplu
lutejiu (Lu) 114

M

macara electromagnetică 75
magnet(i) 70-79
 macara 75
 molecular *vezi* dipoli
 permanent 70 (puternic)
 temporar 70 (slab)
magnetic 70 (I)
magnetism 70-79
 teoria domeniului 71
 prima lege a 70 (pol)
 indus 71 (magnetizarea)
magnetizare 71
magnetizație reziduală 70
 (slab)
magnetron 45
magneți moleculari *vezi* dipoli
magneți permanenți 70 (puternici)
magneți temporari 70 (slabi)
magneziu (Mg) 112, 114
maleabil 115
maleabilitate 115 (maleabil)
mangan (Mn) 114
manometru 25
masa atomică relativă 83, 114
masă (m) 18 (greutate), 96, 113
 atomică, *vezi* masa atomică relativă
 centru de 10
 critică 93
 atomică relativă 83, 114
 subcritică 93 (masa critică)
 defect de 84
mașini simple 20-21
 perfecte (ideale) 20
maxime (ventre) (unde) 34
mărime 97
 (măsurarea) 101
 suprafață (măsurarea) 101
mărime 96-97, 113
 de bază 96
 derivată 97
 fizică 96 (I), 98-99

vectorială 108
 scalară 108
mărire
 unghiulară 55 (unghiul vizual)
 liniară 49
măsurători 100-101
medie 115
mediu(ii) 115
megaelectronvolt (MeV) 84
megafon 76, 110 (simbol pentru)
memorie (computere) 111
menisc 115
 concav 53 (lentilă concavă)
 convex 53 (lentilă convexă)
mensură 101
mercur (Hg) 112, 113, 114
meridian magnetic 73
metoda trasorilor radioactivi 91
metru (m) 96
 Newton (Nm) 14 (momentul forței și rotația)
microcip 111 (computere)
microscop 54
 compus 54 (microscopul)
 simplu 54 (microscopul)
microunde 45, 113
miez
 (electromagneți) 70
miliampermetru (simbol pentru) 110
minime (unde) 34
mișcare 10-11
 browniană 5
 ecuațiile mișcării de accelerație uniformă 11
 liniară 10
 legile newtoniene ale 12-13
 periodică 16-17
 rectilinie, *vezi* mișcarea liniară
 rotațională 10 (I), 11
 translațională 10 (I)
 circulară uniformă 17
 propagarea undelor 34 (I)
moderator 95 (reactorul termic)

modulul lui Young 22, 112
moduri de vibrație 43
mol (mol) 96
molecule 4-5
molibden (Mo) 112, 114
momentul forței rezultante 14
 (momentul forței)
moment(e)
 principiul 15 (echilibru de rotație)
 al forței rezultante 14
 (momentul forței)
monoizotopic 83 (izotopii)
motor cu reacție 13
motor electric 76
multiplicator de electroni 90
multiplu(i), (unități) 96

N

NAND (operație logică) 110, 111
neodimium (Nd) 114
neon (Ne) 114
neptuniu (Np) 114
neutrino 87 (dezintegrarea beta)
neutroni 82, 113
neutroni de fisiune 92 (fisiunea nucleară)
Newton (N) 6, 97
Newton metru (Nm) 14 (momentul)
nichel (Ni) 112, 114
niobiu (Nb) 114
nitrogen (N) 114
nivel energetic (atomi) 83
 (învelișuri electronice)
noduri 38, 39
NOR (operație logică) 110, 111
nord magnetic 73
nord/polul îndreptat spre nord
 nordul 70 (polul)
nori electronici, *vezi* orbital
normală 47, 50
NOT (operație logică) 110, 111
notare (cifrele) 109
 indice de 109

note 43 (sunetele muzicale)
 nuclee *vezi* nucleu
 nucleon(i) 82 (nucleu)
 energia de legătură per 84
 nucleu 82, 84-85, 92-95
 nucleul atomic, *vezi* nucleu
 număr atomic (Z) 82, 114
 de masă (A) 82
 de neutroni (N) 82
 lui Avogadro 96 (molul),
 113
 (notarea) 109

O

octet 83 (învelișul electronic)
 ocular
 (microscop) 54
 (telescop) 55

oglină
 concavă, convergentă 48
 convexă 48
 sferică 48 (I)
 divergentă, *vezi* oglindă
 convexă
 plană 47

Ohm (Ω) 62 (rezistența electrică), 97

OR (gate) 110, 111

orbitali 83 (învelișurile electronice)
 orbită de parcare, *vezi* orbita geostaționară
 orbită geostaționară/de
 staționare 19

ordonare 71 (teoria domeniului de magnetizare)
 ordonarea valorilor 109

origine (grafice) 98

oscilație 16, 34 (I)
 forțată 17
 liberă 17

osciloscop de radiații catodice (CRO) 73, 81

osmiu (Os) 114

oțel 67, 112

output (computere) 111

oxigen (O) 114

P

paharul pentru măsurarea densității densitate 24

paladiu (Pd) 112, 114

paralaxă 47

paralel 64

paramagnetism 72

paratrăsnet 57 (trăsnetul)

pârghie 21

particulă subatomică 82 (I)

pas (mecanică) 21 (cricul cu șurub)

pascal (Pa) 25, 97

pământ (conductori) 61

penumbră 46 (umbra)

peria (motorul electric) 76

periodă (T) 16, 34, 97
 mișcare periodică 16-17

permeabilitate 73

pilă electrică 66

pixeli 81

plan înclinat 21
 concav 53
 convex 53

plastică 22 (elasticitatea)

platină (Pt) 112, 114

plăci Y (osciloscop) 81

plăci X (osciloscop) 81 (sistemul de deflexie)

plumb (Pb) 112, 114

plutoniu (Pu) 92 (fisiune indusă) 114

pol(i) (magneți) 70
 nord/magnetic 70 (polul)
 sud/magnetic 70 (polul)

pol(i) (oglinzi) 48

polarizare 68

poloniu (Po) 87, 114

porți, *vezi* porți logice (gates)

porți logice 111

potasiu (K) 114

potențial, 58 106-107

potențiometrul 63 (rezostat), 110

pozitroni 86 (particulele beta)

prazeodimium (Pr) 114

precizie 102-103

preferențial 66 (teoria ionică a electrolizei)

prefixe (unități) 96

presa hidraulică 21

presiune 24-25, 97
 atmosferică 25 (barometrul), 113

prima lege a electrostaticii 56

prima lege a magnetismului 70 (polul)

principiul
 de plutire 25
 momentelor 15 (echilibrul de rotație)
 reversibilității luminii 49, 50
 superpoziției (I) 38

prismă 51

procesor (CPU) 111

produși de fisiune 92 (fisiunea nucleară)

prometiu (Pm) 114

proporțional 115
 direct, *vezi* proporțional
 invers 115

proporționalitate
 limita de 22 (legea lui Hooke), 23

proprietate termometrică 26 (termometrul)

proprietăți (substanțe) 112
 moleculare 22-23
 termometrice 26 (termometrul)

protactiniu (Pa) 114

protejare (magnetism) 73

protoni 82, 113

punct
 de echilibru 16
 de fierbere 30 (evaporarea), 31
 de incidență 47, 50
 de solidificare 30 (solidificare)
 de sprijin 21 (pârghia)
 de topire 30 (topire), 31
 fix (inferior, superior) 26
 fix inferior 26 (punctul fix)

- fix superior 26 (punctul fix)
neutru 72
triplu 96 (kelvin)
nodal *vezi* noduri
- punte metrică 63 (puntea Wheatstone)
puntea Wheatstone 63
putere (P) 9, 97
 (lentilă) 53
 de mărire *vezi* mărirea unghiulară
 centrală electrică 61
 nucleară 94 (I)
putere de mărire, *vezi* mărirea unghiulară
PWR, *vezi* reactorul nuclear moderat și răcit cu apă sub presiune
- R**
radar 45 (microundele)
radiație (reflexia luminii) 46 (I), 47-55
 critică 51 (unghiul critic)
 de fond 88
 incidentă 47, 50
 reflectată 47
 refractată 50
radiație (particule/unde)
 alfa (radiație α) 86 (I)
 beta (radiație β) 86 (I)
 catodică 80-81
 gamma (radiație γ), 44, 85, 86, 113
 cosmică 88 (radiația de fond)
 infraroșie (radiație IR) 45, 113
 IR, *vezi* radiația infraroșie ultravioletă (radiația UV) 44, 85, 113
radioactivitate 86-87, 88-91
radiografie gamma (radiografie γ) 91
radiografie cu raze X 44 (radiații x) 44
radioizotop 86
radiologie 91
radioterapie externă 91
rădăcină pătrată 61 (curentul alternativ)
radon (Rn) 114
RAM (memorie de acces întâmplător) (computere) 111 (memoria)
randament 20
raport 115
 de transformare 79
 viteză (R.V.) 20
rază
 curburii (r) 48
 incidentă 47, 50
 reflectată 47
 refractată 50
rădăcină pătrată 61 (curentul alternativ)
reactanță (electrică) 64
reactor nuclear moderat și cu apă răcit cu apă sub presiune (PWR) 95
reactor nuclear cu fisiune 94
reactor nuclear răcit cu gaz (AGR) 95
reactor nuclear omogen (reactor reproducător) (fast breeder reactor – FBR) 95
reactor termic 95
reactor termionuclear 94
reacție (forță) 13 (principiul al III-lea al lui Newton)
 D-T 93, 94 (reactorul termionuclear fuziune)
 reacție în lanț 92 (fisiunea indusă)
 reacție(i) (nucleară) 85, 92 (I)
receptorul telefonului 75
redresarea ambelor alternanțe 65
redresarea unei singure alternanțe 65
reflexie 36, 47-49
 difuză 47
 internă totală 51
 internă 51 (reflexia totală)
 regulată 46
unghi de (r) 47
legile 47
refracție 37, 50-53
 unghi de (r) 50
 legile 50
regula
 burghiului – Maxwell 74
 dinamului, *vezi* regula mâinii drepte – Fleming
 mâinii drepte – Fleming 78
 mâinii stângi – Fleming 76
 paralelogramului 108
releu 75, 110
reniu (Re) 114
reostat 63
reverberație 41
rezistență (R) 62, 97
 internă (r) 63
rezistivitate (p) 62, 112
rezistor 62, 110
 de carbon 62 (rezistorul)
 fotorezistență (simbol pentru) 110
rezonanță 17
rigid 10 (I)
rodiiu (Rh) 114
ROM read only memory (computere) 111 (memoria)
rotație, *vezi* mișcarea de rotație
rubidiu (Rb) 114
rutețiu (Ru) 114
- S**
samariu (Sm) 114
sarcină (Q) 56-59, 97
 densitatea superficială de 57
saturat (magnet) 71
scala diatonică 43
scala temperaturii termodinamice, *vezi* scala temperaturii absolute
scală cromatică 43
scală de temperatură absolută 27
Celsius 27
Fahrenheit 27

scală muzicală 43 (sunetele muzicale)
 scală sonică 40 (I)
 scanare ultrasonică 40, 41 (ecoul)
 scandiu (Sc) 114
 scara temperaturii absolute 27
 schimbări de stare 30-31
 scintilație(i) 44 (fosforescența), 90 (detector cu scintilație)
 secundă (s) 96
 seleniu (Se) 112, 114
 semiconductori 65
 semn convențional 11
 real este pozitiv 49
 sens direct 65 (dioda)
 sens invers 65 (dioda)
 sensul câmpului 104-105
 serii de transformare, *vezi* serii de dezintegrare
 serii radioactive, *vezi* serii de dezintegrare
 serii
 (componente) 64
 de dezintegrare/radioactivă/de transformare 87 (dezintegrarea radioactivă)
 silicon (Si) 112, 114
 simbol(uri)
 (mărimi și unități) 96-97, 99, 110, 113
 (elemente) 114
 simetria, 47 (oglină plană)
 sinterizat 70 (feromagnetismul)
 sinus 115
 sinusoidală (formă de undă) 61
 sistem 115
 de deflexiune (osciloscop) 81
 de scripeți 20, 21
 sistem de deflexie (osciloscop) 81
 sistem de scripeți 20, 21
 sodiu (Na) 82, 114
 solenoid 74
 solidificare 30
 sonar 41 (ecou)

soneria electrică 75
 sonometru 43
 spectrometru 54 (culoarea)
 spectru electromagnetic 44, 113
 spectrul luminii vizibile 54
 stabilitate 84 (I)
 staniu (Sn) 112, 114
 stare
 gazoasă 5
 energetică 84 (I)
 lichidă 5
 solidă 5
 stare(stări), fizică 4-5, 30-31
 schimbări de 30
 ecuația de stare, *vezi* ecuația gazului ideal
 stări fizice 4(I), 5, 30-31
 stările materiei, *vezi* stările fizice
 stronțiu (Sr) 114
 structură atomică 82-83
 sublimare 30
 substanță de contrast 91 (metoda trasorilor radioactivi)
 sud magnetic 73
 sulf (S) 114
 sunet(e) 40-43
 muzical 43
 viteza 40
 suport (electromagnet) 74 (bobina)
 suprafață caustică 49 (aberația de sfericitate)
 supraîncălzit (lichid) 90 (camera cu bule)
 suprapunere 38 (principiul suprapunerii)
 suprasaturat, (vapor) 90 (camera de nori)
 susceptibilitate 70
 Ș
 șubler micrometric 101
 șubler vernier 100
 șunt 77 (ampermetrul)
 șurub 21

T
 taliiu (Tl) 114
 tangentă 115
 tantal (Ta) 112, 114
 tecnețiu (Tc) 114
 telescop 55
 televizor 81
 telur (Te) 112, 114
 temperatură 26-27, 96
 critică 5 (vaporul)
 tensiune 7
 de rupere 23
 teoria domeniului de magnetizare 71
 teoria ionică a electrolizei 66
 teorie cinetică 5
 teorie cuantică 84
 terbiu (Tb)
 termistor 27, 65, 110
 termocuplu 27
 termometru 27
 cu cristale lichide 26
 cu rezistență 27
 digital 27
 medical 26
 cu temperaturi maxime 27
 minime 27
 termos 29
 termostat 32
 timbru 43 (modurile de vibrație)
 timp (t) 96
 timp de înjumătățire (T₁) 87
 tip-n (semiconductor) 65 (dopajul)
 tip-p (semiconductor) 65 (dopajul)
 titan (Ti) 114
 tonuri 43
 topire 30
 tor (Th) 87, 114
 transformare (energie) 8 (I), 9 (atomică/nucleară) 85
 transformator
 coborât de tensiune 79
 ridicător de tensiune 79

- translație, *vezi* mișcarea de translație
 transmutație, *vezi* transformarea (atomică/nucleară)
 tranzistor 65 (tranzistorul)
 amplificator de tensiune (simbol pentru) 110
 npn 65, 110
 pnp 65, 110
 de acumulare (simbol pentru) 110
 tranziție (atomică/nucleară) 85
 trăsnet 57
 trenul maglev 75
 tub capilar 23, 24, 26
 tub cu cruce malteză 80
 tub de descărcare 80
 tub de electroni 80 (I)
 tub de radiații X 80
 tub fluorescent 80 (tubul de descărcare)
 tub Geiger-Müller 89, (contorul Geiger)
 tului TM 114
 tun electronic 80
 tungsten (W) 112, 114
 turbină 9, 61, 94, 115
- U**
 ultrasunet 40
 umbră 46
 undă(e) 34-35
 acustică, *vezi* undele sonore
 coerentă 38 (I)
 de șoc 40, 40
 incidentă 36
 reflectată 36 (reflexia)
 refractată 37 (refracția)
 staționară 43
 electromagnetică 34 (I), 44-45
 ultrasonică 40 (ultrasunetul) longitudinală 35
 mecanice 34 (I)
 progresive 34 (I)
 radio 44 (I), 45, 113
 sonore 40-43
- transversale 34
 de deplasare, *vezi* unde progresive
 unghi
 critic (c) 51
 de deviație 51
 de incidență (i), 47, 50
 de reflexie (r) 47
 de refracție, (r) 50
 unități de masă atomică (u) 83 (masa atomică relativă)
 unități de masă atomice, standard (u) 83 (masa atomică relativă)
 unități derivate SI 97
 unități SI fundamentale 96
 unități SI 96-97
 fundamentale 96
 derivate 97
 unități
 ale sistemului internațional/ SI (derivate fundamentale) 96-97
 de masă atomică standard (u) 83 (masa atomică relativă)
 uraniu (U) 92 (fisiunea indusă), 94 (reactorul cu fisiune), 95 (reactorul termic, reactorul omogen), 114
- V**
 vanadiu (V) 114
 vapor 5
 vaporizarea 30
 căldura latentă specifică a 31
 variabilă(e) 115
 dependentă 98
 independentă 98
 pahar Eureka 24
 vectorul viteză 10
 viteză uniformă 10 (velocitatea)
 vid parțial 115 (vidul)
 vid toricellian 25
 vid 115
 viscozitate 23
- viteză 10, 97
 medie 10 (viteză)
 instantanee 10 (viteză)
 unde 35
 luminii 113
 sunetului 40
 unghiulară 17
 „scăpare” de 19
 relativă 11
 finală 19
 uniformă 10 (viteză)
 subsonică 40
 supersonică 40
 volt(volți) 58 (diferența de potențial), 97
 electron (eV) 84
 megaelectron (MeV) 84
 voltaj, *vezi* diferența de potențial
 voltmetru 67
 de cupru 67 (voltametrul) Hoffmann 67
 voltampermetru 77
 voltmetru 77, 110
 volum de dilatare, *vezi* dilatare volumică
 volum(e) (V) 33, 97, 101, 115
 legile 33
- W**
 Watt (W) 9 (tensiunea), 97
- X**
 xenon (Xe) 114
- Y**
 yterbiu (Yb) 114
 ytriu (Y) 114
- Z**
 zero absolut 27 (scara temperaturii absolute)
 zgomot 42
 zinc (Zn) 112, 114
 zirconiu (Zr) 114
 zona activă a reactorului 94 (reactorul nuclear)

MULȚUMIRI

Coperta: Stephen Wright și Zöe Wray
Design suplimentar de Chris Scollen, Stephen Wright și Roger Berry

Alte ilustrații de:

Simone Abel, Andrew Beckett, Joyce Bee, Stephen Bennett, Roland Berry, Gary Bines, Kuo Kang Chen, Blue Chip Illustration, Isabel Bowring, Derek Brazell, John, Brettoner, Peter Bull, Hilary Burn, Andy Burton, Sydney Cornford, Dan Courtney, Peter Dennis, Richard Draper, Brian Edwards, Malcolm English, Caroline Ewen, John Francis, Mark Franklin, Nigel Frey, Peter Froste, Peter Geissler, Nick Gibbard, William Giles, Mick Gillah, David Goldston, Peter Goodwin, Jeremy Gower, Terri Gower, Phil Green, Terry Hadler, Christine Howes, Ian Jackson, Elaine Keenan, Aziz Khan, Steven Kirk, Richard Lewington (The Garden Studio), Jason Lewis, Steve Lings (Linden Artists), Rachel Lockwood, Kevin Lyles, Chris Lyon, Kevin Maddison, Janos Marffy, Andy Martin, Rob McCaig, Joseph McEwan, David McGrail, Malcolm McGragor, Dee McLean (Linden Artists), Annabel Milne, Robert Morton (Linden Artists), Louise Nevett, Martin Newton, Louise Nixon, Steve Page, Justine Peek, Russel Punter, Kim Raymond, Barry Raynor, Michael Roffe, Michelle Ross, Mike Saunders (Tudor Art), John Scorey, John Shackell, Chris Shields (Wilcock Riley), Guy Smith, Peter Stebbing, Paul Sullivan, Stuart Trotter, Robert Walster, Ross Watton, Phil Weare, Wigwam Publishing Services, Sean Wilkinson, Ann Winterbotham, Gerald Wood, David Wright (Jillian Burgess).

Fotografii:

Copertă (în sensul acelor de ceasornic, din stânga sus): Telegraph Colour Library, David Taylor/Science Photo Library, Omikron/Science Photo Library, Henry Dakin/Science Photo Library; David Parker/Science Photo Library.

Scanarea ultrasonoră de la pagina 40 este reprodusă cu permisiunea lui Charlotte Tomlins.
(pagina 45, stânga jos) Alfred Pasieka/Science Photo Library
pagina 45 (dreapta jos), pagina 93 (dreapta jos), pagina 206 (dreapta sus): Digital Vision

S-au făcut toate eforturile pentru identifica și recunoaște dreptul de autor. Editorii vor fi bucuroși să ajungă la înțelegere amiabilă cu orice deținător de copyright care nu a putut fi contactat.

Copyright © Usborne Publishing Ltd, 2000, 1986.
Titlul în original: The Usborne Illustrated Dictionary of Physics

©2002 Editura Aquila '93

Romanian edition and translation
Toate drepturile pentru ediția în limba română
sunt rezervate Editurii Aquila '93.

ISBN 973-8250-24-2

Traducere: Ondine Fodor
Consultant științific: Fidelia-Edita Burian
Lectori literari: Sanda Ilieș
Brigitta Pop
Director editorial: Cristina Voițiu

DICȚIONAR ILUSTRAT DE FIZICĂ

Această carte constituie o referință ideală pentru cei care studiază fizica. Claritatea stilului și aspectul atractiv ajută la o înțelegere deplină a tuturor temelor cuprinse în acest obiect de studiu.

- **Definiții clare** ale tuturor termenilor și conceptelor cheie, într-un limbaj simplu.
- **Referințe cuprinzătoare**, care asigură o legătură între anumite domenii de studiu înrudite.
- **Ilustrații viu colorate**, diagrame clare care ajută la interpretarea, clarificarea și explicarea noțiunilor.
- **Indexul detaliat** garantează accesul ușor la fiecare subiect din carte.
- **Ghid de studiu**, esențial pentru candidații la examene.

Alte titluri din această serie:
Dicționar ilustrat de chimie
Dicționar ilustrat de biologie

ISBN 973825024-2

