



Facultatea de Știința și Ingineria Mediului

UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI

CLUJ-NAPOCA

FIZICĂ II

SUPORT DE CURS

INGINERIA MEDIULUI

Lector Dr. Alida Gabor (Timar)

Mecanica fluidelor



Fluidele- Ansamblu de molecule sau atomi între care forțele de coeziune sunt slabe.

Un fluid este, prin definiție, o substanță care poate curge și care ia forma vasului care o conține. Lichidele și gazele poartă denumirea de **fluide**. Un fluid este, prin definiție, o substanță care poate curge și care ia forma vasului care o conține.

Gazele sunt expansibile și compresibile. **Expansibilitatea** gazelor constă în faptul că neavând suprafețe de separație proprii, gazele ocupă în întregime volumul pe care îl au la dispoziție. **Compresibilitatea** gazelor reflectă proprietatea acestora de a se comprima foarte ușor, sub acțiunea unor forțe externe, prin modificarea rapidă a densității.

Lichidele sunt mărginite de suprafețe proprii care le delimitează volumul. Lichidele sunt foarte puțin compresibile, densitatea lor rămânând practic constantă. În cazul lichidelor, deplasarea straturilor vecine de substanță, unul față de celălalt are loc cu frecare. Această caracteristică este cuprinsă sub termenul de **vâscozitate**.

Pentru a studia comportarea fluidelor, se utilizează un model fizic numit **fluid ideal** care este incompresibil și lipsit de vâscozitate.

Presiunea

Presiunea (notată cu p) este o mărime fizică scalară egală cu raportul dintre valoarea forței F care acționează normal și uniform distribuită pe o suprafață și aria S a acelei suprafețe:

$$p = \frac{F}{S}$$

Unitatea de măsură pentru presiune este **Pascalul (Pa)** și ea rezultă din ecuația de definiție a presiunii:

$$\langle p \rangle = \frac{\langle F \rangle}{\langle S \rangle}, 1Pa = \frac{1N}{1m^2}$$

În practică sunt utilizate și alte unități de măsură pentru presiune:

- *torrul (torr)* este presiunea exercitată, datorită greutății sale, de o coloană de mercur cu înălțimea de 1 mm:

$$1 \text{ torr} = 133,3 \text{ N/m}^2$$

- *atmosfera tehnică (at)* reprezintă presiunea exercitată de greutatea unui corp cu masă de 1 kg pe o suprafață cu aria de 1 cm^2 :

$$1 \text{ at} = 9,8 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

- *atmosfera fizică (atm)* reprezintă presiunea exercitată de aerul atmosferic la nivelul mării, în condiții normale de climă:

$$1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

- *psi (pound/inch-squared)*

$$1 \text{ psi} \approx 6894,75 \text{ N/m}^2 \quad \frac{1 \text{ lbf}}{(1 \text{ in})^2} = \frac{4,4482216152605 \text{ N}}{(0,0254 \text{ m})^2}$$

Presiunea hidrostatică

Presiunea exercitată în interiorul unui lichid aflat în echilibru în câmp gravitațional se numește ***presiune hidrostatică***.

Un fluid aflat în repaus, exercită forțe orientate perpendicular pe orice suprafață aflată în contact cu fluidul. Considerăm un vas în care se găsește un lichid aflat în echilibru. Dacă forța F exercitată de lichid nu ar fi perpendiculară pe perete, am putea să o descompunem într-o componentă normală și o componentă tangențială. Sub acțiunea forței tangențiale, lichidul s-ar deplasa în lungul peretelui vasului și nu ar mai fi în echilibru.

Suprafața liberă a unui lichid aflat în echilibru se orientează astfel încât ea să fie perpendiculară pe rezultanta tuturor forțelor. Astfel, dacă un vas ce conține apă este pus într-o mișcare accelerată, suprafața apei se inclină până când devine perpendiculară pe rezultanta dintre greutate și forța de inerție.

Pentru a găsi factorii de care depinde presiunea hidrostatică considerăm un vas ce conține un lichid. La o adâncime h delimităm un element de suprafață S . Lichidul situat

deasupra acestei suprafețe va exercita o apăsare datorită greutății coloanei de lichid.

Presiunea p la adâncimea h în lichid se calculează astfel:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{G}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{V\rho g}{S} = \frac{Sh\rho g}{S} = \rho gh$$

Astfel, expresia de calcul a presiunii în interiorul unui lichid este:

$$p = \rho gh$$

Presiunea este independentă de orientarea suprafeței, depinzând numai de adâncimea h la care se măsoară aceasta și de densitatea ρ a lichidului.

Într-un lichid aflat în repaus, delimităm un volum V cu o formă paralelipipedică cu aria bazei S și înălțimea h , care are greutatea:

$$G = \rho g S(d+h) - \rho g S(d) = \rho \cdot g \cdot S \cdot h$$

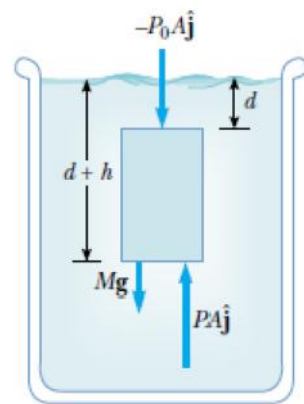
Condiția de echilibru a lichidului din volumul V se scrie ca suma forțelor care acționează pe verticală în jos să fie egală cu suma forțelor care acționează pe verticală în sus :

$$\sum \mathbf{F} = PA\hat{\mathbf{j}} - P_0A\hat{\mathbf{j}} - Mg\hat{\mathbf{j}} = 0$$

$$PA - P_0A - \rho Ahg = 0$$

$$PA - P_0A = \rho Ahg$$

$$P = P_0 + \rho gh$$



Principiul fundamental al hidrostaticii

Diferența de presiune între două puncte aflate într-un lichid în echilibru în câmp gravitațional este direct proporțională cu diferența de nivel dintre cele două puncte.

$$\Delta p = \rho g \Delta h$$

Observații:

1. Presiunea hidrostatică este independentă de forma vasului în care se afla lichidul.

2. Presiunea hidrostatică este aceeași în toate punctele aflate la aceeași adâncime în lichid.

Presiunea atmosferică

Aerul este un amestec de gaze și el înconjoară toată suprafața într-o pătură groasă numită atmosfera terestră. Atmosfera este alcătuită dintr-un amestec de gaze cu vapori de apă, cristale de gheață, praf și diverse alte impurități. Masa atmosferei a fost estimată ca fiind egală cu $6 \cdot 10^5$ tone. Greutatea acestei mase de aer exercită o presiune continuă pe suprafața Pământului, numită *presiune atmosferică*.

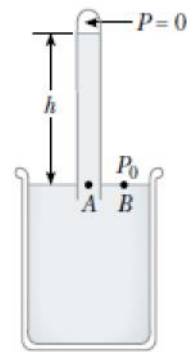
Datorită greutateii aerului, straturile inferioare de aer sunt comprimate de către cele superioare astfel încât densitatea aerului atmosferic scade cu altitudinea.

La nivelul mării presiunea atmosferică are o valoare de ordinul a 10^5 N/m^2 .

Forțele de presiune mari exercitate de către atmosfera asupra plantelor și animalelor nu sunt supărătoare datorită adaptării la aceste condiții de presiune.

Presiunea atmosferică se poate determina experimental printr-o metodă simplă propusă de către fizicianul italian Torricelli în anul 1643. Se folosește un tub de sticlă cu lungimea de aproximativ un metru și închis la un capăt, numit *tub barometric*. Se umple tubul cu mercur după care se răstoarnă cu capătul deschis într-o cuvă cu mercur. Se constată că parte din mercur coboară în cuvă dar în tub rămâne în final, o coloană cu lungimea de aproximativ 76 cm. La echilibru, presiunea atmosferică este egală cu presiunea dată de coloana de mercur:

$$P_0 = \rho \cdot g \cdot h$$



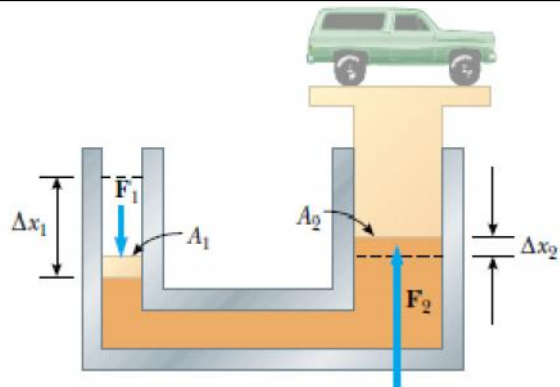
Legea lui Pascal

Variația presiunii produsă într-un punct al unui lichid aflat în echilibru în câmp gravitațional se transmite integral în toate punctele acelui lichid.

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$F_2 = (F_1 \cdot S_2) / S_1$$



Legea lui Arhimede

Legea lui Arhimede este o consecință importantă a principiului fundamental al hidrostaticii.

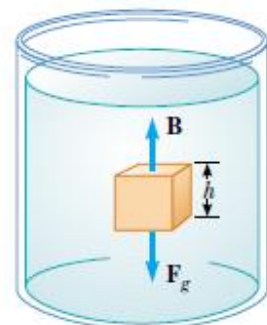
Considerăm un corp cilindric cufundat într-un lichid aflat în repaus. Rezultanta forțelor verticale de presiune, normale pe bazele cilindrului, este:

$$\vec{R} = \vec{F}_2 - \vec{F}_1 = (p_2 - p_1) \cdot S$$

Ținând cont că $p = \rho \cdot g \cdot h$ obținem:

$$F = \rho g (h_2 - h_1) S = \rho g h S = B$$

unde $h = h_2 - h_1$ este înălțimea cilindrului,



ρ este densitatea lichidului, iar

B este greutatea lichidului dezlucuit de corp.

Deci, rezultanta forțelor de presiune exercitate asupra corpului cufundat în fluid, numita **forța arhimedica**, este egală și de sens opus cu greutatea volumului de lichid dezlucuit de corp.

Enunțul legii lui Arhimede este următorul :

Un corp cufundat într-un fluid aflat în repaus este împins de jos în sus cu o forță egală cu greutatea volumului de fluid dezlucuit de acel corp.

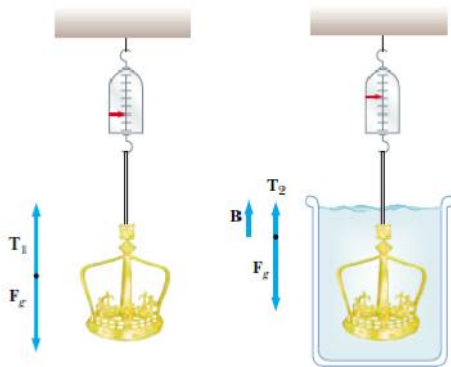
Punctul în care se aplică forța arhimedică se numește *centru de presiune*.

Un corp introdus într-un lichid este așadar supus acțiunii a două forțe: greutatea G aplicată în centrul de greutate al corpului și forța arhimedică B aplicată în centrul de presiune. Rezultanta acestor forțe se numește *greutate aparentă*:

Aplicații ale legii lui Arhimede se regăsesc în condițiile de plutire a navelor, a submarinelor, în construcția densimetrelor, etc.

Întrebare

1. *Legenda spune că Arhimede ar fi trebuit să determine dacă coroana regelui era făcută din aur pur. Se spune că Arhimede ar fi rezolvat această problemă în felul următor. Coroana a fost cântărită în aer și scufundată în apă. Considerând figura de mai jos și presupunând că prima citire este de 7.84 N iar cea din apă de 6.84 N, ce ar fi trebuit să spună Arhimede regelui? Densitatea aurului este $19\,300\text{ kg/m}^3$.*



2. *Densitatea apei de mare este de 1030 kg/m^3 iar a gheții de 917 kg/m^3 . Care este fracțiunea din volumul unui aisberg care se află sub apă.*

3. *Superman încercă să bea apă printr-un pai foarte lung. Forța sa este imensă, iar pereții paiului nu cedează. Găsiți care este înălțimea maximă până la care Superman poate ridica apa în pai pe Pământ. Dar pe o planetă fără atmosferă?*



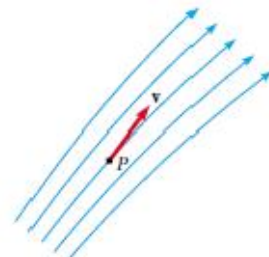
Dinamica fluidelor

Dinamica fluidelor reprezintă partea din capitolul de mecanica a fluidelor care se ocupa cu mișcarea acestora în raport cu un sistem de referință.

În general, în timpul mișcării, un fluid nu se deplasează ca un tot unitar, straturile de fluid *aluneca unele fata de altele*. Vom studia curgerea în cazul unui fluid ideal, adică un fluid incompresibil și fără vâscozitate. În timpul curgerii straturile de fluid aluneca unele fata de altele, ceea ce ne permite să observăm că ele *au viteze diferite*. De aceea este necesar să se cunoască vectorul viteza în fiecare punct al fluidului.

Curgerea staționară este acea curgere în care vectorul viteza în orice punct al fluidului este constant în timp, depinzând doar de poziția punctului respectiv.

Linia de curent este o curbă imaginară, tangentă în fiecare punct la vectorul viteza al fluidului în acel punct. În curgerea staționară,



doua linii de curent nu se intersectează niciodată.

Debitul reprezintă cantitatea de substanță care traversează o secțiune în unitatea de timp. Debitul se notează cu Q . În funcție de mărimea a cărei curgere este studiată, deosebim două tipuri de debite : debitul masic și debitul volumic.

Debitul masic printr-o secțiune a unui tub de curent este definit prin relația:

$$Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

unde Δm este masa de fluid care străbate o anumită arie în timpul Δt . Debitul masic se exprimă în kilograme pe secundă (kg/s).

Debitul volumic este dat de relația:

$$Q_v = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

unde ΔV este volumul de fluid care străbate o anumită arie în timpul Δt .

Dinamica fluidelor

Ecuatia de continuitate

Să considerăm un fluid în curgere staționară printr-un tub de curent care este delimitat de secțiunile A_1 și A_2 . Vitezele de curgere prin cele două secțiuni sunt v_1 și respectiv v_2 . Fluidul fiind incompresibil, ariile sunt străbătute de același volum de fluid în unitatea de timp. Debitele de volum prin ariile A_1 și A_2 au aceeași valoare. Ca urmare putem scrie :

$$Q_{v1} = Q_{v2}$$

$$\frac{\Delta V_1}{\Delta t} = \frac{\Delta V_2}{\Delta t}$$

$$v_1 \Delta t A_1 = v_2 \Delta t A_2$$

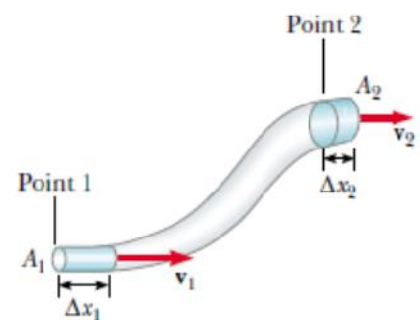
Rezultă expresia matematică a ecuației de continuitate

$$v_1 A_1 = v_2 A_2$$

Observații:

1. Viteza de curgere a unui fluid prin secțiuni diferite este invers proporțională cu mărimea secțiunii.

2. Ecuația de continuitate este o lege de conservare.

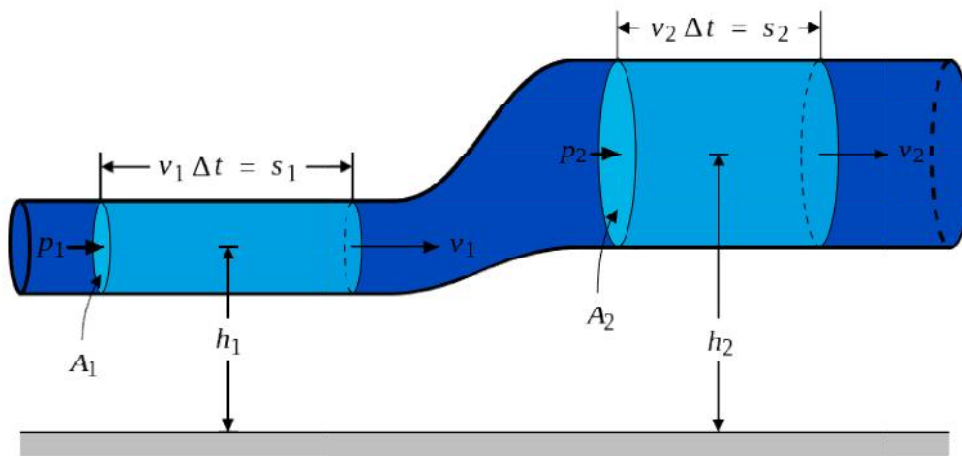


Întrebare

În ce unități de măsură poate fi exprimat debitul?

- a) kg/s
- b) mc/s
- c) kg/s și mc/s,
- d) kg,
- e) mc

Legea lui Bernoulli



Considerăm un fluid care curge dintr-o zonă în care presiunea este p_1 înalta zonă în care presiunea este p_2 .

Considerând un element de volum (V) lucrul mecanic poate fi exprimat ca:

$$L_1 = F_1 \cdot s_1 = P_1 \cdot A_1 \cdot s_1 = P_1 \cdot V$$

$$L_2 = F_2 \cdot s_2 = P_2 \cdot A_2 \cdot s_2 = P_2 \cdot V$$

$$L = (P_1 - P_2) \cdot V$$

Variația energiei cinetice este:

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2$$

Variația energiei potențiale este:

$$\Delta E_p = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1$$

Având în vedere că:

$$L = \Delta E_c + \Delta E_p$$

Rezultă că:

$$(P_1 - P_2) \cdot V = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1$$

Scriind că $m = \rho \cdot V$ se simplifică volumul și ajungem la

$$\frac{\rho v_2^2}{2} + p_2 + \rho g h_2 = \frac{\rho v_1^2}{2} + p_1 + \rho g h_1$$

Sau

$$\boxed{p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g h = \text{const.}}$$

Observații

- Presiunea scade- crește viteza
- Presiunea scade dacă crește înălțimea
- Viteza crește- scade presiunea

Vâscozitatea

În timpul curgerii unui fluid real, între straturile de fluid aflate în mișcare relativă se exercită forțe de frecare internă. Acest fenomen este denumit *vâscozitate*. Datorită acestor forțe, stratul de fluid care are viteza de curgere mai mică frânează stratul de fluid cu viteza de curgere mai mare, o parte din energia mecanică a particulelor de fluid trecând în energie internă a moleculelor fluidului. Curgerea fluidelor este stânjenită și de pereții față de care alunecă straturile de fluid, frecările vâscoase determină viteze de curgere mai mici în vecinătatea pereților. **Vâscozitatea se exprimă prin coeficientul de vâscozitate dinamică η .**

În cazul curgerii unui fluid printr-o conductă, stratul de fluid aflat chiar în contact cu pereții conductei este în repaus, straturile vecine având o viteză din ce în ce mai mare pe măsura ce poziția lor este mai depărtată de perete. O astfel de curgere, în care straturile de fluid rămân paralele între ele în cursul deplasării se numește **curgere laminară**. Curgerea la viteze mari, formându-se vârtejuri, se numește **curgere turbulentă**.

Forța de frecare este proporțională cu variația vitezei între straturile de fluid și cu suprafața :

$$F = -\eta \frac{\Delta v}{\Delta r} S$$

Semnul negativ indica faptul ca forța de frecare se opune mișcării fluidului.

Unitatea de măsura pentru coeficientul de vâscozitate dinamica este *pois(P)*.

$$1P = \frac{1g}{1cm \cdot 1s}$$

In Sistemul International unitatea de măsura este decapoisul (daP) :

$$1daP = \frac{1kg}{1m \cdot 1s} = 10P$$

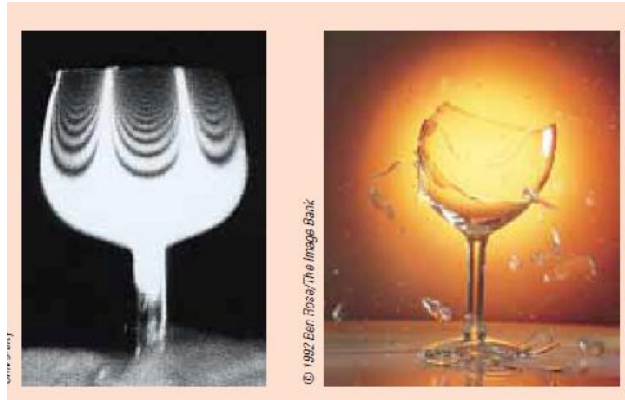
Lichidele au coeficientul de vâscozitate de ordinul a $10^{-3}daP$ iar gazele de ordinul $10^{-5}daP$.

Vâscozitatea dinamica a lichidelor scade puternic cu temperatura. In cazul gazelor, aceasta creste cu temperatura după legea $\sqrt{T}$. Mărimea inversa a coeficientul de vâscozitate se numește *coeficient defluiditate*, si se notează cu φ .

Bibliografie:

1. R. A. Serway, J. W. Jewett, *Physics for Scientists and Engineers*, 8th Edition, Brooks/Cole Publishing Co., 2010.
2. <http://www.scribde.com/stiinta/fizica/Mecanica-fluidelor65689.php>
3. http://en.wikipedia.org/wiki/Bernoulli's_principle

OSCILAȚII ȘI UNDE



MIȘCAREA OSCILATORIE

Mișcarea oscilatorie- Mișcarea oscilatorie reprezintă o mișcare periodică, adică o mișcare care se repetă la intervale egale de timp. Exemple de mișcare periodică sunt corpurile care se mișcă circular, oscilația pendulului sau vibrația moleculelor.

Alte exemple din viața de zi cu zi ar include: modul în care circula tramvaiul (de la un capăt de linie la altul), bătăile inimii, mișcarea pământului în jurul soarelui, mișcarea lunii în jurul pământului, mișcarea frunzelor în bătaia vântului.

Propagarea undelor constă în oscilația particulelor sau a câmpurilor.

Ciclul - Mișcarea efectuată de la un punct până în același punct, când mișcarea se repetă.

Oscilația- Mișcarea periodică dintre două puncte extreme.

!!!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.

Orice sistem aflat în echilibru stabil într-o groapă de potențial are posibilitatea să oscileze în jurul poziției pentru care energia potențială este minimă.

Perioada (T)- Reprezintă timpul necesar efectuării unui ciclu complet.

$$[T]_{SI} = s$$

Frecvența (ν) – Numărul de cicluri ale unei anumite mișcări efectuate într-un interval de timp egal cu o secundă.

$$\nu = \frac{1}{T}$$

$$[\nu]_{SI} = s^{-1} = \text{Hz (Hertz)}$$

Punctul de echilibru – Poziția în jurul căreia oscilează un corp. De obicei, acest punct este considerat poziția inițială.

Elongația – Distanța față de punctul de echilibru.

Amplitudinea – Deplasarea maximă a unei particule/ a unui corp oscilant față de punctul de echilibru.

Amortizarea – Procesul în care, datorită pierderii de energie, oscilațiile încetinesc.

Oscilația liberă – Oscilația unui sistem care este lăsat liber după pornire, adică asupra sistemului nu acționează alte forțe din exterior.

Oscilația forțată – Oscilația unui sistem după aplicarea periodică a unei forțe exterioare. Sistemul va oscila cu o frecvență imprimată de către forța exterioară.

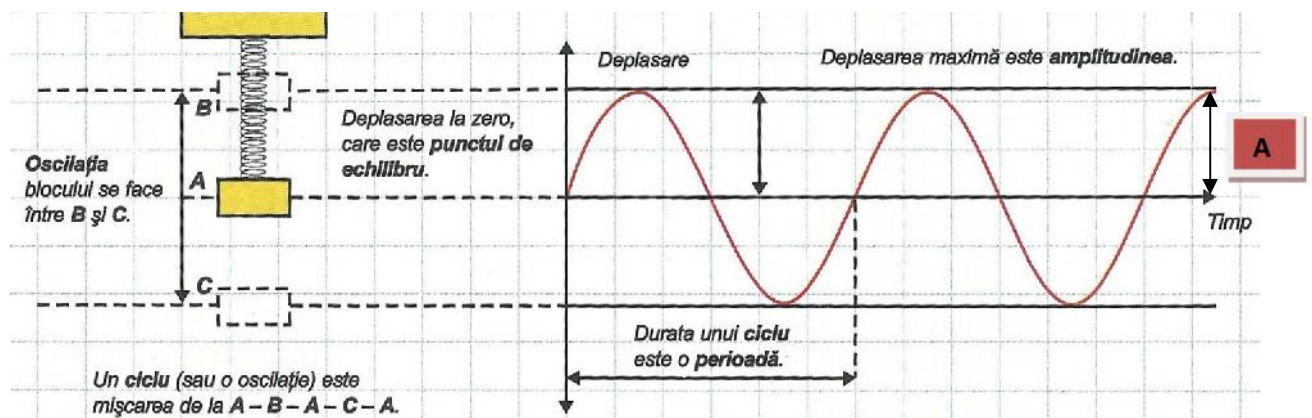
Rezonanța – Efectul prezentat de un sistem în care frecvența imprimată de forța exterioară este aproximativ egală cu frecvența oscilațiilor libere ale sistemului. Astfel se ajunge la amplitudine maximă.

Exemple de mișcare oscilatorie

Oscilatorul armonic ideal

$$F_{\text{elastica}} = -k \cdot x$$

Nu există pierderi!



O forță liniară, de tip elastic generează o mișcare de tip oscilatoriu.

Dacă forța totală care acționează asupra obiectului care oscilează depinde doar de poziția acestuia față de poziția de echilibru, printr-o ecuație de forma celei de mai sus $F = -k \cdot x$, atunci dependența elongației de timp va fi una de tip sinusoidal.

Perioada oscilațiilor va fi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Se observă că perioada oscilațiilor depinde doar de masa corpului și de constanta elastică!

Energia totală a sistemului este formată din energie cinetică și energie potențială.

Energia cinetică este maximă în momentul în care corpul trece prin poziția de echilibru, în timp ce energia potențială este maximă în punctele în care elongația este maximă.

$$E_{\text{cin}} = \frac{1}{2} m(v)^2$$

$$E_{pot} = \frac{1}{2} k(x)^2$$

$$E_{tot} = \frac{1}{2} k(A)^2$$

Întrebare: Un corp agățat de un resort este tras în jos, în poziția $x=A$, față de poziția de echilibru și eliberat. Care este distanța totală parcursă de corp până când ajunge în poziția inițială:

- a) A
- b) $2A$
- c) $A-2$
- d) $4A$

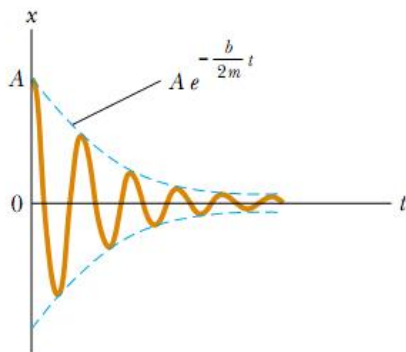
Întrebare: O mașină are masa de 1300 kg, iar suspenia este formată din patru resorturi, fiecare având constanta elastică de 20 000 N/m. Considerând că în mașină sunt 2 pasageri cu masele de 80 kg fiecare, calculați frecvența de oscilație a automobilului, dacă acesta intră într-o groapă.

Dacă avem pierderi

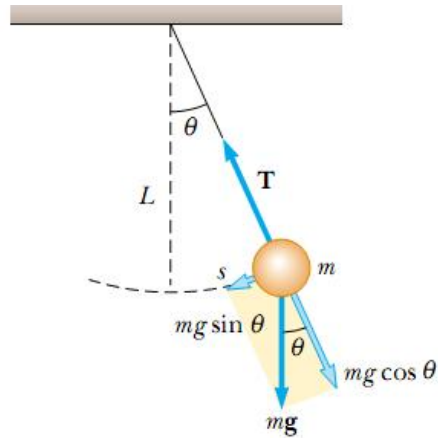
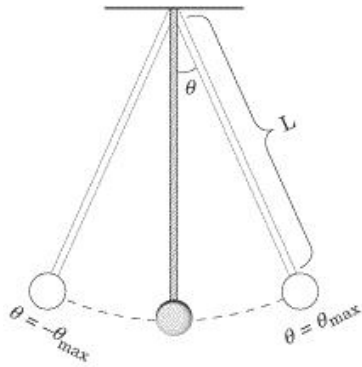
Oscilații amortizate

- spre exemplu prin frecare

$$\sum F_x = -kx - bv_x$$



Pendulul matematic



$$G_t = m \cdot g \cdot \sin \theta$$

Pentru unghiuri mici

$$G_t = m \cdot g \cdot \theta = m \cdot g \cdot \frac{x}{L} = \frac{m \cdot g}{L} \cdot x$$

x

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

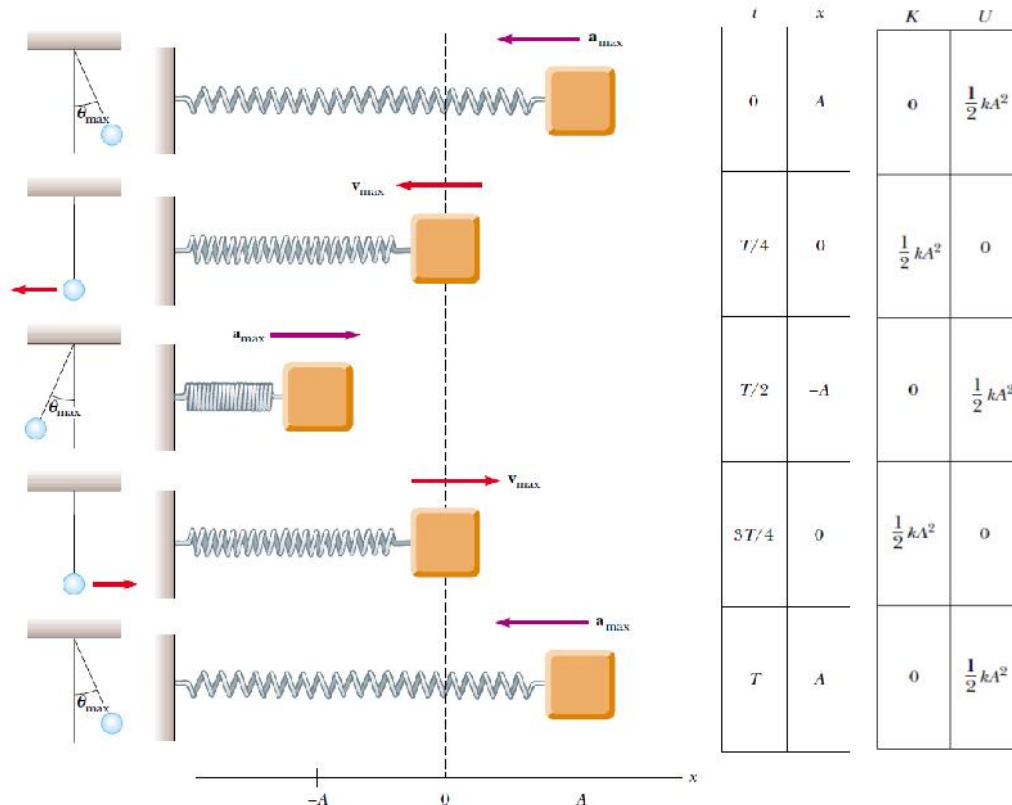
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\frac{m \cdot g}{L}}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Perioada pendulului depinde doar de lungimea sa și de accelerația gravitațională.

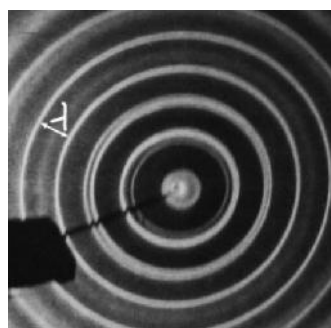
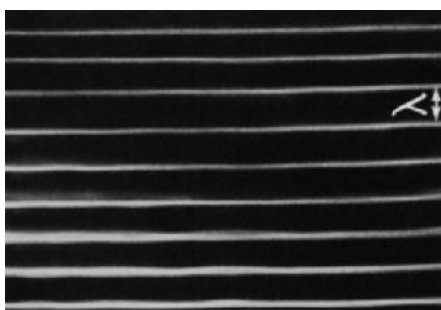
Întrebare: Ceasul cu pendul al bunicului rămâne în urmă. Cum trebuie modificată lungimea?

Întrebare: Cum se modifică perioada unui pendul matematic dacă lungimea firului se dublează?



UNDE MECANICE

Într-un mediu material toate particulele unui corp interacționează. O perturbație mecanică produsă undeva într-un punct oarecare al corpului pune în mișcare particulele vecine, care la rândul lor le antrenează pe următoarele și așa mai departe.



Procesul de propagare a unei perturbații se numește undă.

Intensitatea unei unde caracterizează energia transportată de o undă. Este definită ca fiind cantitatea de energie care cade asupra unității de suprafață într-o secundă. Depinde de frecvența și de amplitudinea unde, precum și de viteza ei de propagare.

!!! *Energia primită de mediu de la sursa de oscilații este transmisă în tot mediul fără ca particulele acestuia să aibă deplasări semnificative.*

!!! *Energia primită în procesul de perturbare este transferată de la un oscilator la altul fără să se producă și transport de substanță.*

!!! Principiul superpoziției : Mai multe unde pot exista în același timp în aceeași regiune din spațiu, efectul fiind unul aditiv.

Viteza de propagare a unei unde reprezintă distanța parcursă de undă în timp de o secundă. Depinde de mediul prin care se propagă unda.

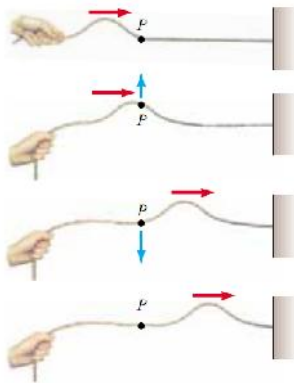
Frecvența unei unde reprezintă numărul de oscilații care au loc într-o secundă când undele se propagă printr-un punct dat. Este egală cu numărul de lungimi de undă pe secundă.

Atenuarea unei unde reprezintă scăderea treptată a amplitudinii unei surse când aceasta se propagă printr-o substanță și are loc pierderi de energie.

a) UNDE TRANSVERSALE

Undele pentru care particulele oscilează perpendicular pe direcția de propagare a undei. Se pot transmite în solide și la suprafața lichidelor.

Exemplu: propagarea perturbațiilor într-o coardă



Se poate observa mișcarea punctului P, care este perpendiculară pe direcția de propagare a undei.

Pentru o perioadă de oscilație, mișcarea de oscilație avansează pe coardă cu distanța λ . Dacă propagarea se face uniform cu viteza v :

$$\lambda = v \cdot T$$

sau

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Prin urmare lungimea de undă depinde de perioada sau frecvența perturbației și de mediul în care se propagă această perturbație.

În cazul prezentat, viteza depinde de tensiunea din coardă și de masa unității de lungime a acesteia după relația:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

b) UNDE LONGITUDINALE

Undele în care oscilațiile se produc de-a lungul direcției de propagare a undei. Se pot propaga în orice mediu.

Se poate demonstra teoretic și verifica experimental că expresia de propagare a unei unde longitudinale este

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

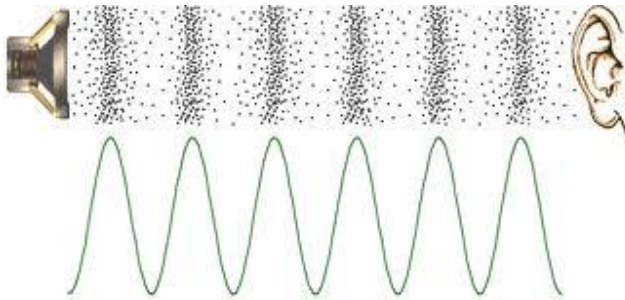
unde E este modulul de elasticitate al mediului iar ρ este densitatea mediului.

Exemplu: Unde longitudinale într-o coloană de gaz- SUNETUL

Undele sonore

Undele sonore, numite și unde acustice, sunt unde longitudinale, cauzate de particulele care oscilează de-a lungul direcției de propagare, creându-se astfel zone de înaltă sau joasă presiune. Ele se pot propaga prin medii solide, lichide și gazoase.

Urechea umană percepe undele sonore ce au o frecvență cuprinsă între 20 și 20 000 Hz.



Comprimările – regiunile unde presiunea și densitatea moleculelor sunt mai mari decât în cazul în care nu se propagă nici o undă.

Dilatările – regiunile unde presiunea și densitatea sunt mai mici decât în cazul în care nu se propagă nici o undă.

Reverberația reprezintă fenomenul de persistență a unui sunet într-un spațiu închis. Acest fenomen are loc atunci când durata înotarcerii ecoului de la sursă este atât de scurtă

încât undele inițiale și cele reflectate nu se mai pot distinge între ele. Dacă unda se reflectă de pe mai multe suprafețe, sunetul se intensifică mai mult.

Viteza undelor sonore în aerul uscat la 0 °C este de 331 m/s, dar odată cu creșterea temperaturii, crește și viteza sunetului, după cum se vede din tabelul de mai jos.

De asemenea viteza sunetului în apă este mai mare decât în aer, fiind de aproximativ 1460 m/s. În timp ce în oțel undele longitudinale se deplasează cu o viteză de 5050 m/s și cele transversale cu o viteză de 3300 m/s.

Temperatura aerului (°C)	Viteza sunetului m/s	Densitatea aerului kg·m ⁻³
+35	351.9	1.145
+30	349.0	1.164
+25	346.1	1.184
+20	343.2	1.204
+15	340.3	1.225
+10	337.3	1.247
+5	334.3	1.269
0	331.3	1.292
-5	328.3	1.316
-10	325.3	1.341
-15	322.1	1.367
-20	318.9	1.394
-25	315.8	1.422

Speed of Sound in Various Media	
Medium	v (m/s)
Gases	
Hydrogen (0°C)	1 286
Helium (0°C)	972
Air (20°C)	343
Air (0°C)	331
Oxygen (0°C)	317
Liquids at 25°C	
Glycerol	1 904
Seawater	1 533
Water	1 493
Mercury	1 450
Kerosene	1 324
Methyl alcohol	1 143
Carbon tetrachloride	926
Solids^a	
Pyrex glass	5 640
Iron	5 950
Aluminum	6 420
Brass	4 700
Copper	5 010
Gold	3 240
Lucite	2 680
Lead	1 960
Rubber	1 600

^a Values given are for propagation of longitudinal waves in bulk media.

$$v = (331 \text{ m/s}) \sqrt{1 + \frac{T_C}{273^\circ\text{C}}}$$

Utilizări ale ultrasunetelor

Ecograful- Ultrasunetele se folosesc în scanarea corpului uman, deoarece osul, grăsimea și mușchii reflectă diferit undele ultrasonice. Undele reflectate (ecouri) sunt convertite în impulsuri electrice care formează o imagine pe ecran

Sonarul (sound navigationranging)- Undele emise de un dispozitiv situat sub vas-ecourile sunt percepute de un echipament de detecție.

Ecolocația – modul prin care anumite animale utilizează ecourile undelor ultrasonore pe care le emit pentru a obține informații despre distanța și mărimea corpurilor din jurul lor.

Viteza mai mică decât viteza sunetului într-un mediu se numește **viteză subsonică**.

Viteza mai mare decât viteza sunetului într-un mediu în aceleași condiții se numește **viteză suprasonică**.

Undele cu o frecvență mai joasă de 20Hz se numesc **infrasunete**.

Undele cu frecvențe mai înalte de 20000Hz sunt numite **ultrasunete**.

Perceperea sunetului

Tonul – Reprezintă percepția frecvenței bine determinate a unei unde sonore. Sunetul cu ton înalt are frecvență înaltă, iar cel cu ton coborât are frecvență joasă.

În cazul sunetelor se deosebesc două feluri de intensități și anume: *intensitatea sonoră* (sau *acustică*) și *intensitatea auditivă*.

Intensitatea sonoră (I_S) reprezintă energia transportată în unitatea de timp pe unitatea de suprafață de către unda sonoră.

Intensitatea auditivă – Senzația fiziologică produsă când undele sonore ajung la ureche. Aceasta este direct proporțională cu intensitatea undei, iar nivelul de tărie se măsoară în **decibeli**.

Intensitatea sonora (energetica) de referință are valoarea $I_{s0} = 10^{-12} \text{ W / m}^2$.

Frecvența $\nu_0 = 10^3 \text{ Hz}$ a fost luată drept frecvența standard.

Intensitatea maximă corespunzătoare pragului auditiv superior este :

$$I_{s,\max} = 10^2 \text{ W / m}^2$$

Nivel de intensitate sonoră (acustică) este definit ca

$$N_S = 10 \lg \left(\frac{I_S}{I_{S0}} \right)$$

$$[N_S] = 1 \text{ dB}$$

Unitatea de măsură în SI a nivelului de intensitate sonoră se numește decibel și are simbolul dB.

Intervalul nivelului sonor al sunetelor percepute de urechea umană este între valorile 0 și 140 dB.

Sursa	I_s/I_0	N_s [dB]	Descrierea
-	10^0	0	Prag de audibilitate
Respirația normală	10^1	10	De abia auzibil
Șoptit ușor (la 5 m)	10^3	30	Foarte încet
Conversație normală (la 1 m)	10^6	60	
Trafic intens	10^7	70	
Birou zgomotos, cu utilaje, fabrică	10^8	80	
Camion mare (la 15 m)	10^9	90	Pune în pericol auzul
Metrou	10^{10}	100	
Zgomot de construcții	10^{11}	110	
Concert rock, decolare avion	10^{12}	120	Pragul de durere
Pușcă cu aer comprimat, mitralieră	10^{13}	130	
Decolare de avion (apropiere)	10^{15}	150	

Întrebare: Creșterea intensității sonore cu un factor de 100 face ca nivelul de intensitate sonoră să crească cu:

- a) 100 dB
- b) 20 dB
- c) 10 dB
- d) 2 dB

Întrebare: Două utilaje identice sunt plasate la aceeași distanță față de un lucrător.

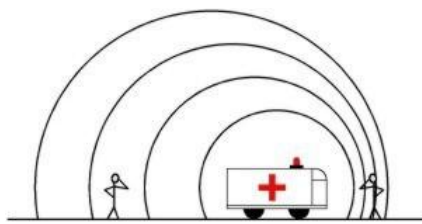
Intenistatea sonoră generată de fiecare mașină este de $2 \cdot 10^{-7} \text{ W/m}^2$ în punctul în care se află lucrătorul. Calculați nivelul de intensitate acustică în cazul în care funcționează un utilaj. Dar cand funcționează ambele?

În ceea ce privește auzul uman, valoarea de 10^{-12} W / m^2 reprezintă valoarea prag doar pentru un sunet cu frecvența de 1000 Hz. În urma efectuării de experimente pe subiecți umani, s-a observat o variație a valorii prag a intensității energetice în funcție de frecvența sunetului. Spre exemplu, în cazul unei frecvențe de 100 Hz, un sunet trebuie să aibă un nivel de intensitate acustică de aproximativ 30 dB pentru a fi auzit. Nu există o relație simplă între măsurătorile fizice și senzațiile fiziologice. Din punct de vedere

fiziologic, sunetul cu frecvența de 100Hz și nivelul de intensitate acustică de 30 dB este echivalent cu sunetul cu frecvența de 1000 Hz și intensitatea acustică de 0 dB.

Efectul Doppler

Efecul Doppler constă în schimbarea frecvenței sunetului auzit când ascultătorul sau sursa se deplasează. Dacă observatorul și sursa se apropie frecvența sunetului va crește în timp ce dacă sursa și observatorul se îndepărtează frecvența va scădea.



v_{observat}

$$= v_{\text{sursa}} \left(\frac{\text{viteza sunet} \pm \text{viteza observator}}{\text{viteza sunet} \pm \text{viteza sursa}} \right)$$

Frecvența crește când sursa se apropie de observator.

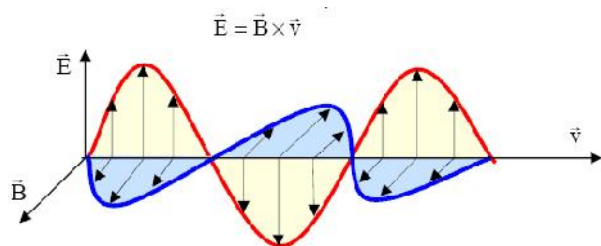
Frecvența crește când observatorul se apropie de sursă.

Frecvența scade când sursa se îndepărtează de observator.

Frecvența scade când observatorul se îndepărtează de sursă.

UNDE ELECTROMAGNETICE

Ansamblul câmpurilor electrice și magnetice care oscilează și se generează reciproc se numește câmp electromagnetic.



Viteza de propagare în vid a câmpului electromagnetic este egală cu viteza luminii

$$c = 299\,792\,458$$

$$\text{m/s}$$

$$= 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

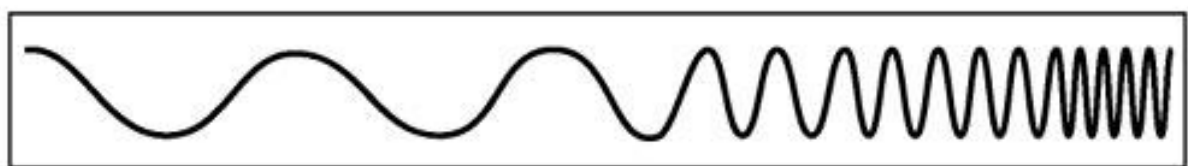
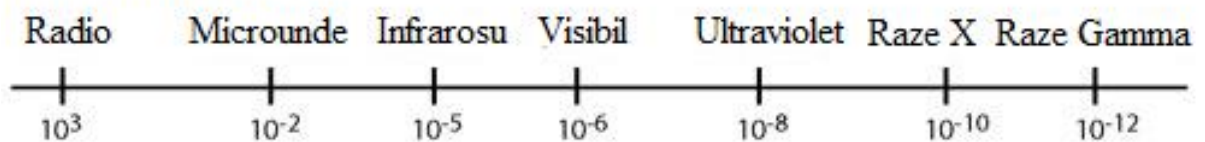
Particula mesager asociată câmpului electromagnetic se numește foton. Energia acestei particule poate fi scrisă ca

$$E = h \cdot \nu$$

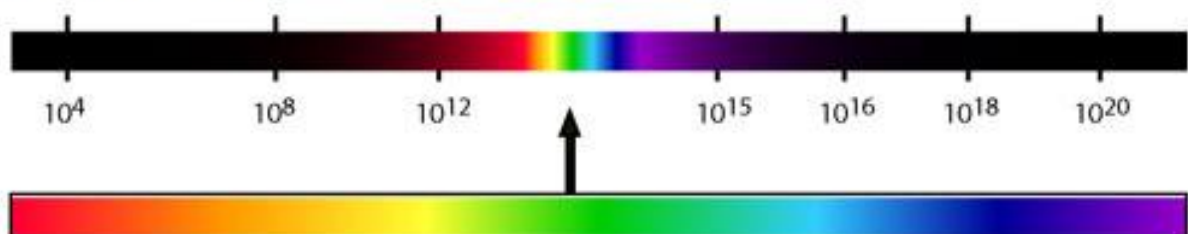
unde h este constanta lui Planck, egală cu $6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

SPECTRUL ELECTROMAGNETIC

Lungimea de undă (m)



Frecvență (Hz)



Undele radio – Au domeniul de frecvență cuprins între zeci de herți până la gigaherți, adică au lungimea de undă cuprinsă între câțiva kilometri până la aproximativ 30 cm. Se utilizează în special în transmisiile radio și TV. În funcție de lungimea de undă se subîmpart în unde lungi (2km-600m) unde medii (600m-100m), unde scurte (100-10m) și unde ultrascurte (10m-1cm).

Microundele– Lungimea de undă este cuprinsă între 30 cm și 1 mm. În mod corespunzător, frecvența variază între 10^9 și $3 \cdot 10^{11}$ Hz. Se folosesc în sistemele de telecomunicații, radar, cercetare etc. Se subîmpart în unde decimetrice, centimetrice și milimetrice.

Radiația infraroșie – Cuprinde domeniul de lungimi de undă situat între 10^{-3} și $7.8 \cdot 10^{-7}$ m. Sunt în general produse de corpurile încălzite.

Radiația vizibilă – Este radiația cu lungime de undă cuprinsă între 760 și 400 nm.

Radiația ultravioletă – Lungimea de undă corespunzătoare acestei radiații este cuprinsă în domeniul $3.8 \cdot 10^{-7}$ și $6.6 \cdot 10^{-10}$ m. Este generată de către moleculele și atomii dintr-o descărcare în gaze. Soarele este de asemenea o sursă puternică de radiații ultraviolete.

Radiația X (sau Roentgen)– Sunt produse în tuburi de radiații X sau emise de cînd electronii din statele atomice suferă tranziții.

Radiațiile gamma (γ) – Constituie regiunea superioară ($3 \cdot 10^{18}$ - $3 \cdot 10^{22}$ Hz) în clasificarea undelor electromagnetice. Originea acestor radiații este nucleară.

BIBLIOGRAFIE

1. R. A. Serway, J. W. Jewett, *Physics for Scientists and Engineers*, 8th Edition, Brooks/Cole Publishing Co., 2010.
2. K. Rogers (Ed.), *Dicționar ilustrat de fizică*, Editura Aquila, 93, 2000.
3. B. Crowell, *Vibration and Waves, Light and Matter*, 2003. (www.lightmatter.com)
4. G. Enescu, N. Gherbanovschi, M. Prodan, S. Levai, *Fizică, Manual pentru clasa a XI-a*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1997.
5. <http://scheeline.scs.illinois.edu/~asweb/CPS/HSFiles/2.html>
6. <http://createdigitalmusic.com/2005/11/happy-birthday-doppler-sounds-sights-and-software-of-the-doppler-effect/>
7. http://en.wikipedia.org/wiki/Speed_of_sound
8. <http://fizicaedu.wikispaces.com/Unde+electromagnetice>
9. <http://theconstructor.org/earthquake/how-the-ground-shakes-during-earthquake/2648/>
10. <http://www.thehighdefinite.com/2011/08/seismic-waves/>

OPTICA

Optica este știința care studiază lumina și interacțiunea acesteia cu substanța. Ea poate fi structurată în:

- *optica ondulatorie*: descrie fenomene în care se remarcă preponderent caracterul ondulatoriu al luminii (interferența, difracția, polarizarea)
- *optica corpusculară*: descrie fenomene în care se remarcă caracterul corpuscular al luminii (efectul fotoelectric, efectul Compton, emisia și absorbția luminii)
- *optica geometrică*: operează cu raze de lumină, fără să țină cont de aspectul ondulatoriu sau corpuscular.

Lumina. Dualismul corpuscul-undă

Christiaan Huygens (fizician olandez) a făcut o analogie între modul de propagare a sunetelor în aer și propagarea luminii. Astfel, corpul care emite lumină imprimă un impuls particulelor unui mediu ipotetic numit eter, particule care la rândul lor transmit această stare de mișcare altor particule, astfel încât lumina se va propaga din aproape în aproape. În acest context, oscilațiile luminoase sunt oscilații elastice de tip longitudinal ale eterului.

În urma experimentelor efectuate de Thomas Young (fizician englez) privind fenomenul de polarizare a luminii, acesta a arătat legătura între acest fenomen și transversalitatea undelor luminoase, astfel încât s-a conturat ipoteza potrivit căreia lumina este o oscilație transversală a eterului. Existența acestui mediu ipotetic (eter) nu a putut fi dovedită.

James Maxwell (fizician scoțian) a arătat că perturbațiile electromagnetice se propagă prin unde de tip transversal, iar coincidența dintre viteza de propagare a luminii și cea a unei electromagnetice în vid l-a determinat pe J. Maxwell să elaboreze teoria potrivit căreia lumina este o undă electromagnetică. Experiențele ulterioare au ilustrat

faptul că efectele luminoase sunt produse de componenta electrică a câmpului electromagnetic.

Deși, fenomene precum interferența, polarizarea sau difracția luminii pot fi explicate prin această teorie ondulatorie, fenomene precum efectul fotoelectric sau Compton nu își găsesc o explicație. Astfel de fenomene își găsesc explicația în teoria corpusculară emisă de Max Planck (fizician german), potrivit căreia lumina este constituită din cuante de energie (vezi cursul Efectul fotoelectric extern).

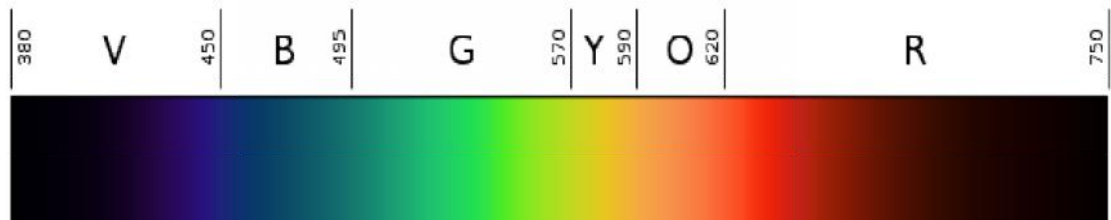
Particula mesager asociată câmpului electromagnetic se numește foton. Energia acestei particule poate fi scrisă ca

$$E = h \cdot \nu$$

unde h este constanta lui Planck, egală cu $6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

Prin urmare, **lumina prezintă un caracter dual, undă și corpuscul.**

Domeniul vizibil (lungimea de undă în nm)

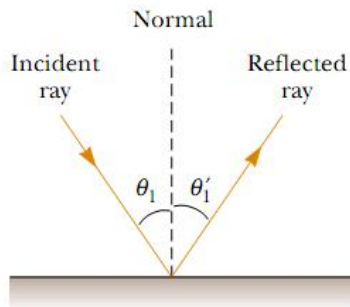


OPTICA GEOMETRICA

Optica geometrică folosește noțiunea de rază de lumină, definită ca direcția de-a lungul căreia se propagă lumina. Într-un mediu omogen și izotrop, lumina se propagă în linie dreaptă. Razele de lumină își schimbă direcția de propagare în momentul trecerii dintr-un mediu în altul.

Reflexia luminii

Reflexia luminii constă în întoarcerea (parțială) în mediul din care a venit a unei luminoase atunci când întâlnește suprafața de separare a unui mediu.



Raza incidentă, normala la suprafață în punctul de incidență și raza reflectată se află în același plan.

Unghiul de reflexie este numeric egal cu unghiul de incidență.

$$\theta'_1 = \theta_1$$

Refracția luminii

Suprafața care separă două medii transparente și omogene cu indici de refracție diferiți se numește **dioptru**.

O rază incidentă pe suprafața de separare a două medii transparente suferă atât fenomenul de reflexie cât și cel de refracție. Lumina care trece în cel de-al doilea mediu își schimbă direcția de propagare.

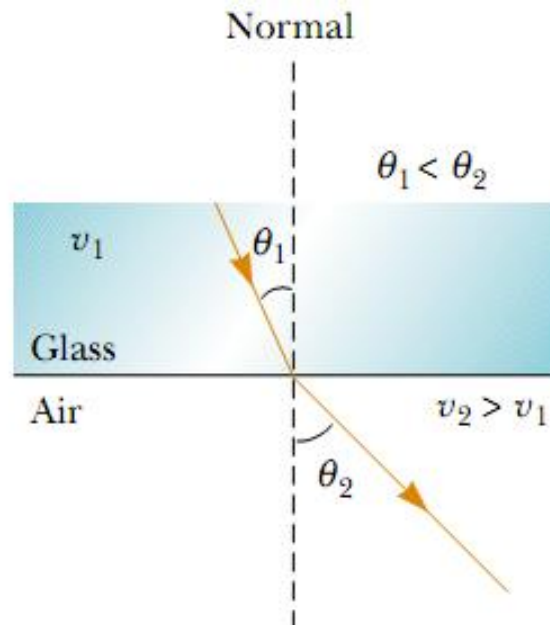
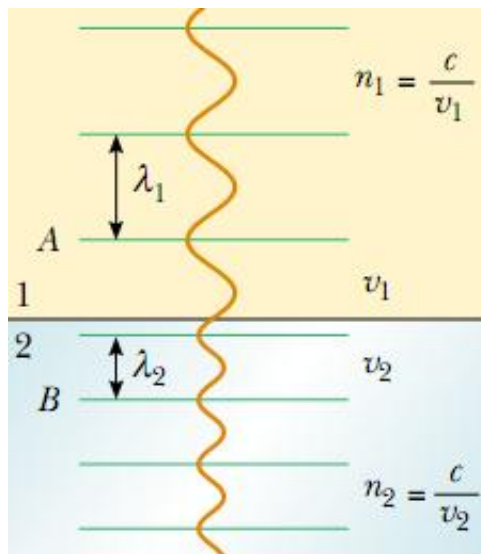
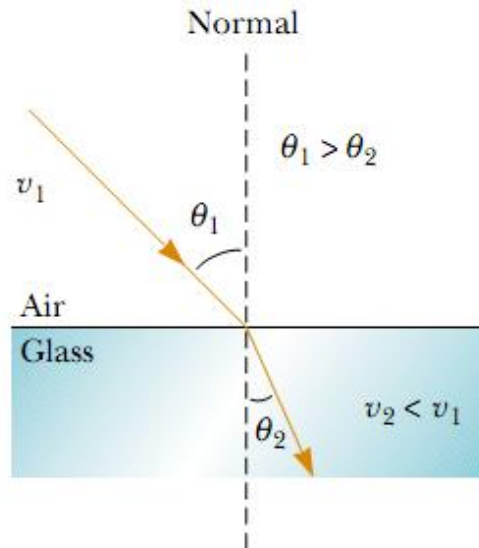
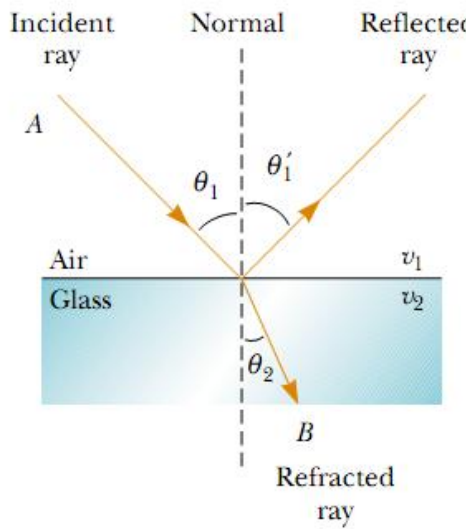
Indicele de refracție n este o măsură a densității optice a mediului.

$$n \equiv \frac{\text{speed of light in vacuum}}{\text{speed of light in a medium}} = \frac{c}{v}$$

Raza refractată se apropie de normală în cazul patrunderii într-un mediu optic mai dens.

Raza refractată se îndepărtează de normală în cazul pătrunderii într-un mediu cu indice de refracție mai mic.

Lumina se propagă cu viteze mai mici în medii optice mai dense.



Indices of Refraction ^a			
Substance	Index of Refraction	Substance	Index of Refraction
<i>Solids at 20°C</i>		<i>Liquids at 20°C</i>	
Cubic zirconia	2.20	Benzene	1.501
Diamond (C)	2.419	Carbon disulfide	1.628
Fluorite (CaF ₂)	1.434	Carbon tetrachloride	1.461
Fused quartz (SiO ₂)	1.458	Ethyl alcohol	1.361
Gallium phosphide	3.50	Glycerin	1.473
Glass, crown	1.52	Water	1.333
Glass, flint	1.66		
Ice (H ₂ O)	1.309	<i>Gases at 0°C, 1 atm</i>	
Polystyrene	1.49	Air	1.000293
Sodium chloride (NaCl)	1.544	Carbon dioxide	1.00045

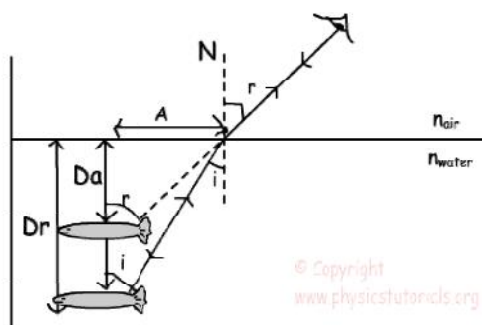
^a All values are for light having a wavelength of 589 nm in vacuum.

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Legea SNELL

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$$



Da=Apparent depth
Dr=Real depth
i=angle of incident ray
r=angle of refracted ray

Snell's Law;

$$n_{\text{water}} \cdot \sin \theta_i = n_{\text{air}} \cdot \sin \theta_r$$

$$n_{\text{water}} = \frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_i} \quad \text{for small angles } \sin \theta_i = \tan \theta_i \text{ and } \sin \theta_r = \tan \theta_r$$

writing down the tangents of the angle n_{water} becomes;

$$n_{\text{water}} = \frac{\tan \theta_r}{\tan \theta_i} \quad \text{where } \tan \theta_i = \frac{A}{D_r} \text{ and } \tan \theta_r = \frac{A}{D_a}$$

$$n_{\text{water}} = \frac{D_r}{D_a}$$

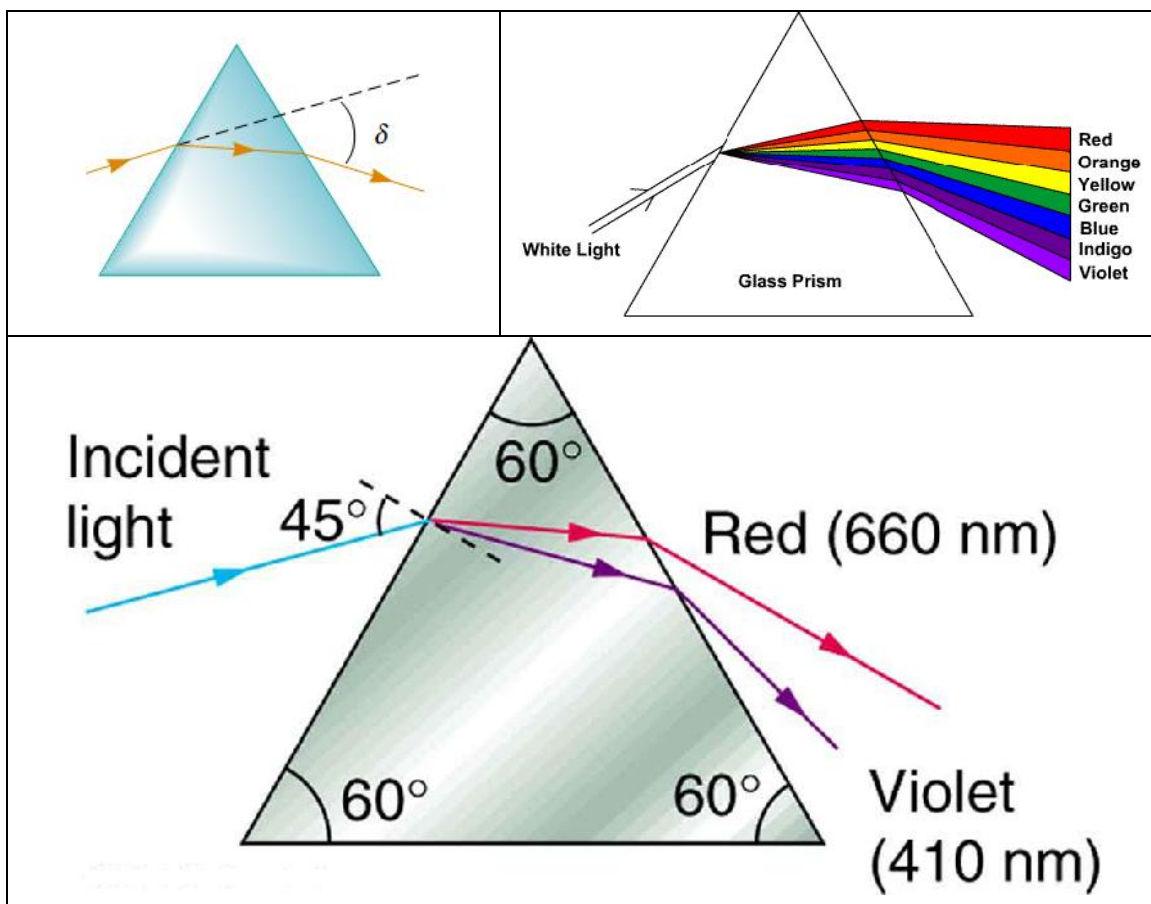
DISPERSIA LUMINII

Fenomenul de variație a indicelui de refracție a indicelui de refracție cu lungimea de undă se numește dispersie.

Vidul este un mediu nedispersiv. Prin el toate undele electromagnetice se propagă cu aceeași viteză indiferent de lungimea lor de undă. Celelalte medii materiale sunt medii dispersive. Toate mediile transparente pentru radiații vizibile prezintă fenomenul de dispersie.

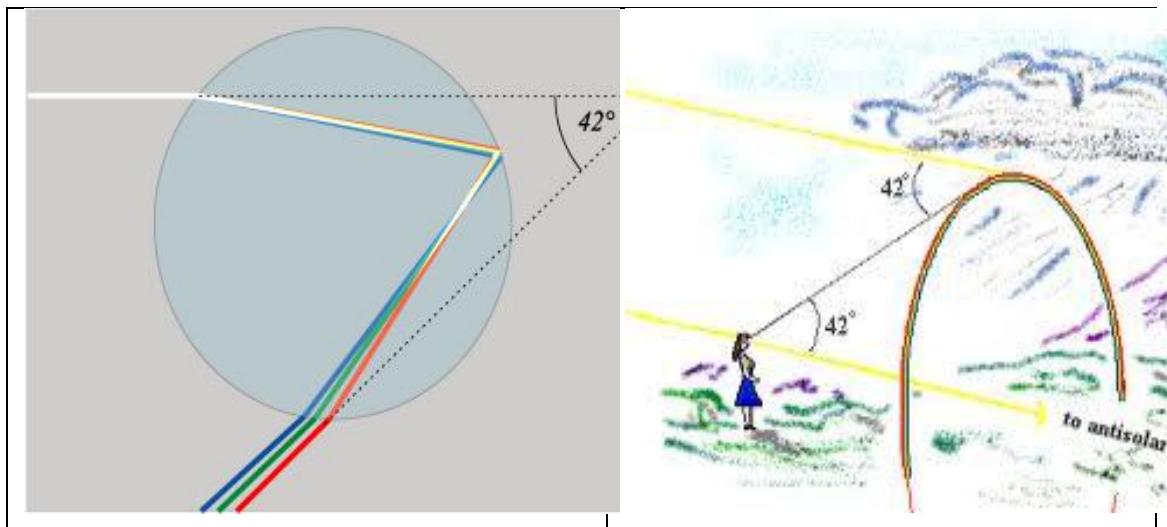
În general în mediile optice obișnuite indicele de refracție crește cu scăderea lungimii de undă.

Indici de refracție mai mari pentru lungimi de undă mai mici. Razele corespunzătoare lungimilor de undă mai mici se vor apropia mai mult de normală.



CURCUBEUL

Fenomenul de producere poate fi explicat analizand mersul razelor de lumina pentru o picatura sferica de apa. Lumina naturala sufera o refractie la intrarea in picatura de apa, unde, datorita fenomenului de dispersie, incepe separarea culorilor. In partea opusa a picaturii, la interfata apa-aer, are loc o reflexie, dupa care lumina iese din picatura printr-o noua refractie, care amplifica separarea culorilor.



Pentru lumina rosie - 42° pentru unghiul sub care privim arcu curcubeului. Pentru violet - 40° .

LENILE

Lentila optică este un mediu transparent separat de mediul exterior prin doi dioptri (sferici sau combinații de dioptri sferici și plani).

Dreapta care trece prin centrele de curbură ale dioptrilor se numeste ax optic principal.

Orice rază care trece prin centrul optic nu suferă nici o abatere din drumul său.

Lentilele se caracterizează prin doua focare principale, focar obiect și focar imagine. Ele reprezintă locul unde este situat un izvor de lumină punctiform pentru ca razele emergente sa fie paralele cu axul optic principal, respectiv locul unde se întâlnesc razele emergente provenite dintr-un fascicul incident paralel cu axul optic.

Dacă focarele sunt reale, dacă dacă razele paralele se strâng după refracția prin lentilă într-un punct real, lentila se numește convergentă sau pozitivă. În cazul focarelor virtuale, fasciculele paralele devin după refracție divergente iar lentila se numește divergentă sau negativă.

Lentilele convergente sunt lentile cu marginea subțire, $f > 0$, folosite pentru corectarea prezbitismului.

Lentilele divergente au marginea groasă, $f < 0$, folosite pentru corectarea miopiei.

Prin convenție distanțele de la stânga axului optic sunt negative, iar în dreapta axului optic pozitive.

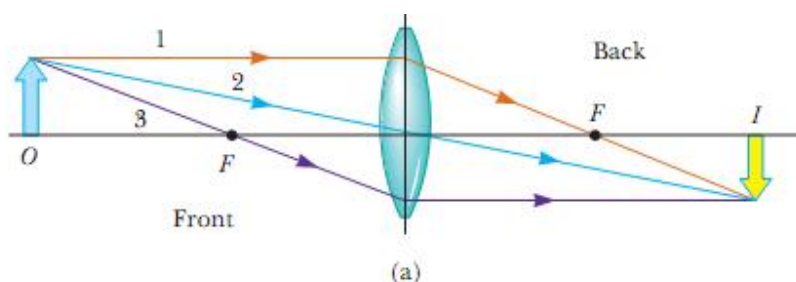
Mărimea $C = 1/f$ se numește puterea optică sau convergența lentilei. În sistemul internațional se măsoară în dioptrii.

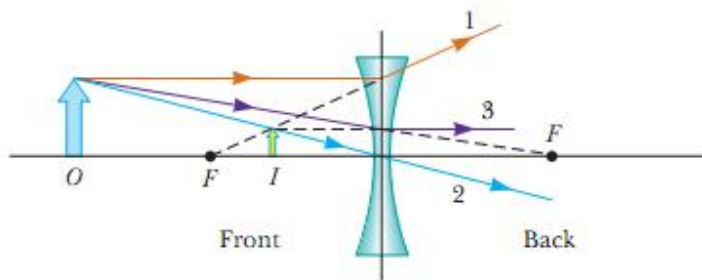
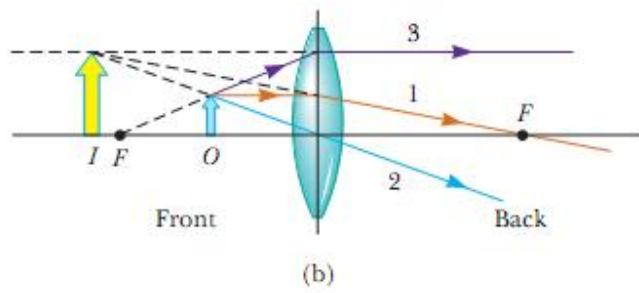
$$1 \text{ dioptrie} = 1 \text{ m}^{-1}$$

Dioptria este convergența unei lentile cu distanța focală de 1 m.

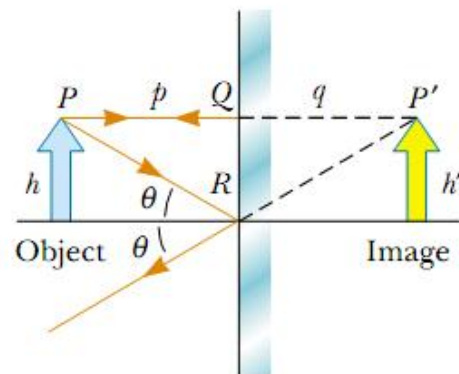
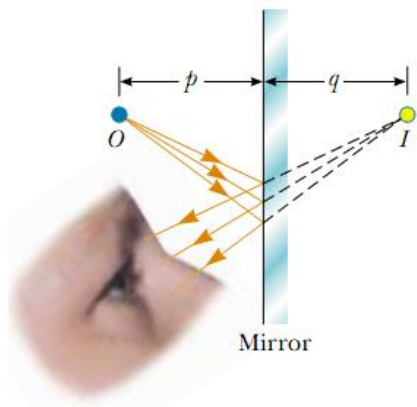
Formula lentilelor

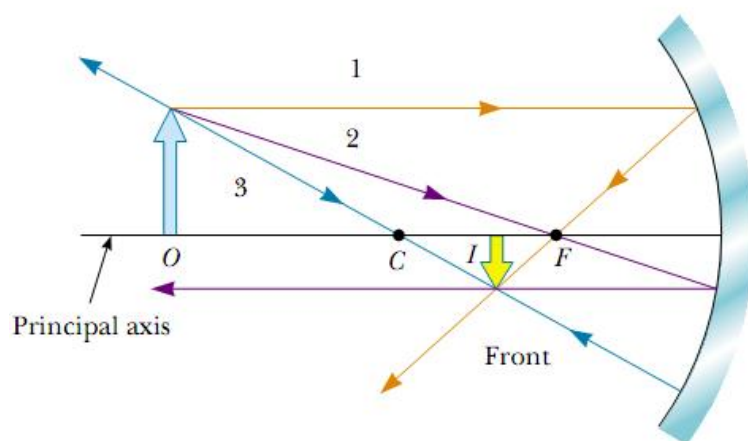
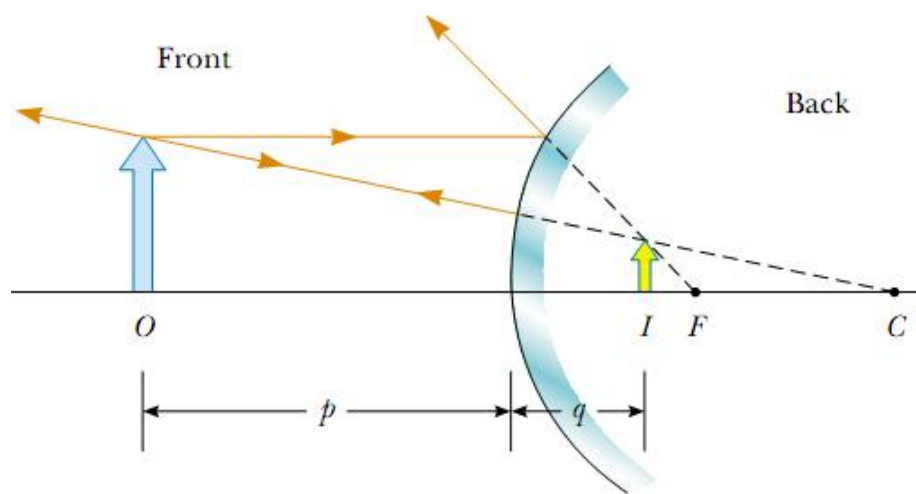
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

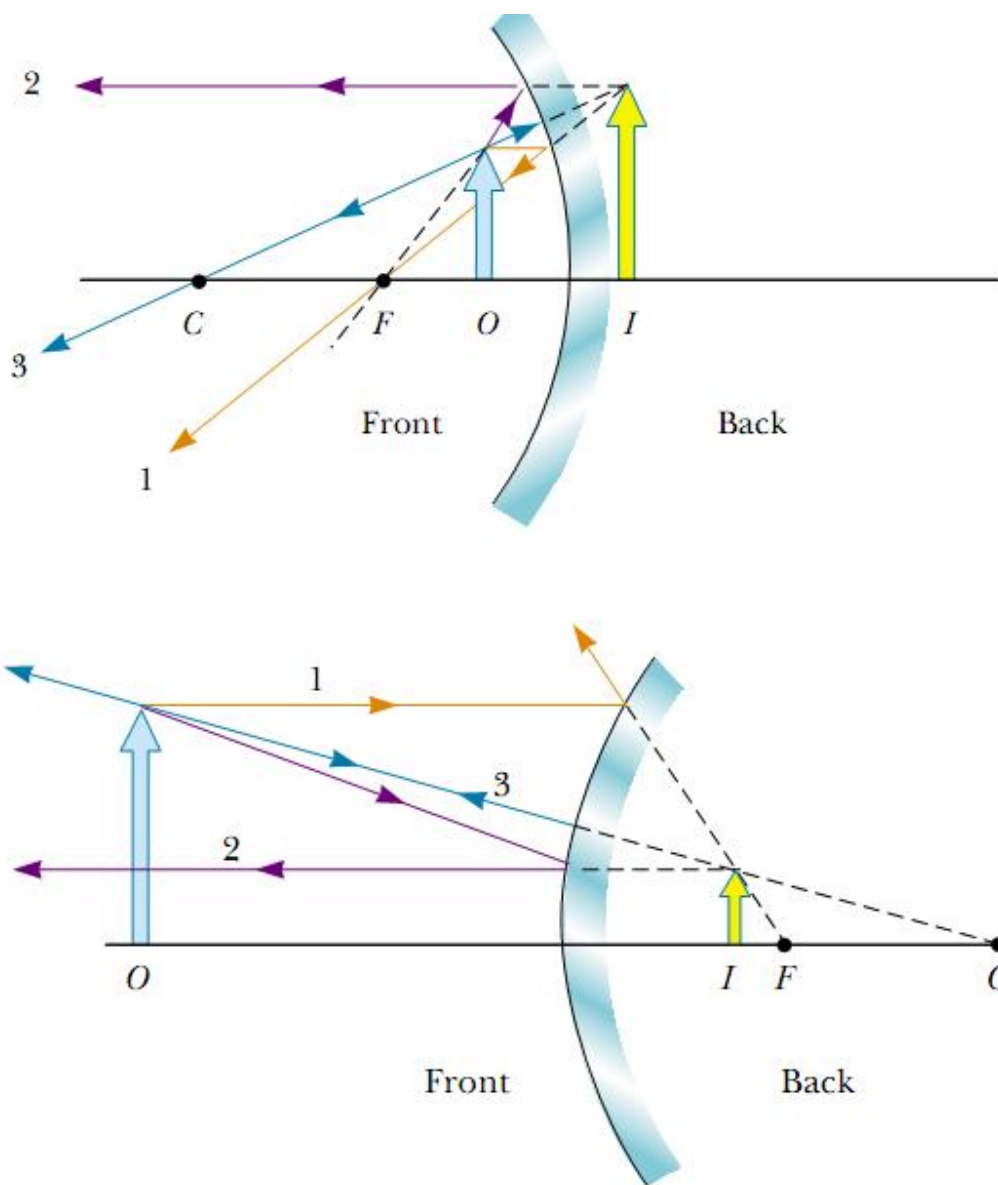




IMAGINI OGLINZI







BIBLIOGRAFIE

1. R. A. Serway, J. W. Jewett, *Physics for Scientists and Engineers*, 8th Edition, Brooks/Cole Publishing Co., 2010.
2. <http://www.physicstutorials.org/home/optics/refraction-of-light/apparent-depth-real-depth>
3. G. Enescu, N. Gherbanovschi, M. Prodan, S. Levai, *Fizică, Manual pentru clasa a XI-a*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1997.

MICROSCOPUL

OBIECTIV

image dată de ocular.

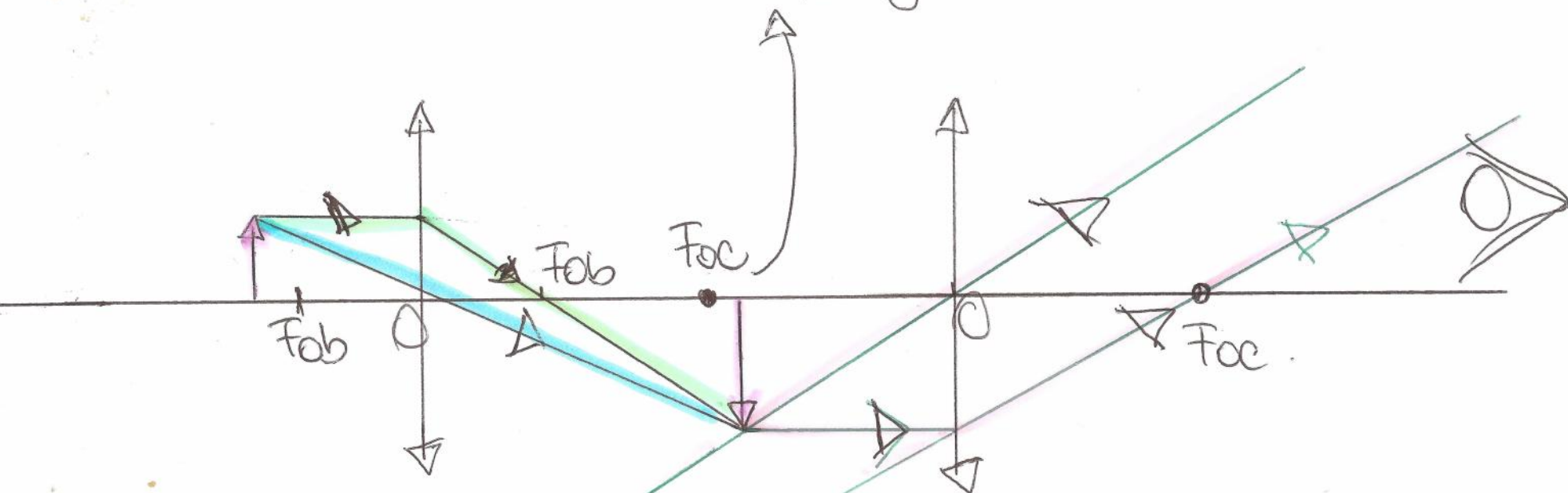


image finală

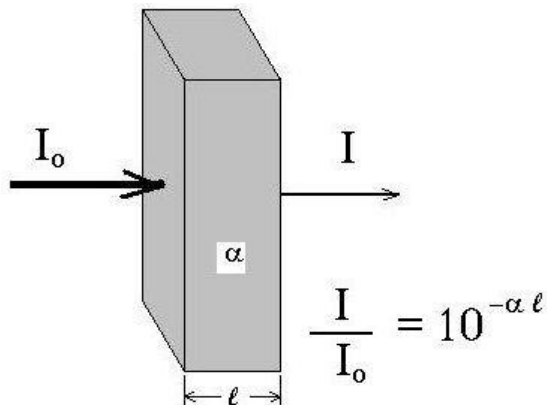
2 lentile convergente.
 Obiect între $2f$ și f obiectiv
 image dată de obiectiv
 între f și CO ocular cât mai
 aproape de focar !

ABSORBȚIA LUMINII

LEGEA BEER -LAMBERT

Dacă la intrarea într-un strat absorbant onogen lumina emisă de o sursă oarecare este caracterizată de un flux incident $I_0(\lambda)$, dependent de lungimea de undă λ , la ieșirea din

stratul absorbant de lungime l fluxul emergent va fi atenuat după o lege exponențială.



$$I = I_0 \cdot \exp(-\varepsilon \cdot c \cdot l)$$

$-\varepsilon \cdot c = \alpha$ este o constantă dependentă de materialul străbătut. Pentru o soluție c este concentrația acesteia, iar ε este coeficientul de absorbție/extincție specific speciei în soluție.

Demonstrație

Scăderea intensității este proporțională cu grosimea stratului străbătut și intensitatea inițială, constanta de proporționalitate fiind specifică materialului.

$\Delta I \sim l$ și I_0

$$\frac{dI}{dl} = -a \cdot I$$

$$\frac{dI}{dl} = -\varepsilon \cdot c \cdot I \quad \text{și} \quad \frac{dI}{I} = -\varepsilon \cdot c \cdot dl$$

$$\int_I^I \frac{dI}{I} = \int_0^l -\varepsilon \cdot c \cdot dl \quad \text{rezultă} \quad \ln I - \ln I_0 = -\varepsilon \cdot c \cdot l$$

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\varepsilon \cdot c \cdot l \quad \text{sau}$$

$$I = I_0 \cdot \exp(-\varepsilon \cdot c \cdot l)$$

Raportul $\frac{I}{I_0}$ se numește transmisivitate și se notează cu T. Prin urmare putem scrie că

există o dependență logaritmică între transmisivitate și produsul dintre coeficientul de absorbție, concentrația și distanța parcursă de lumină în mediu.

ABSORBANȚA unui mediu transparent optic este definită ca

$$A = \ln \frac{I_0}{I}, \quad A = \varepsilon \cdot c \cdot l \quad \text{sau} \quad A = \log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right)$$

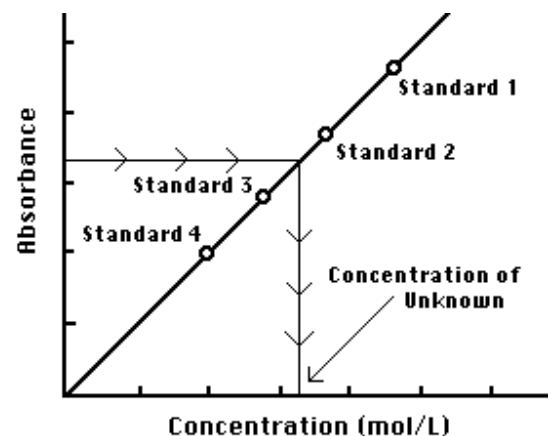
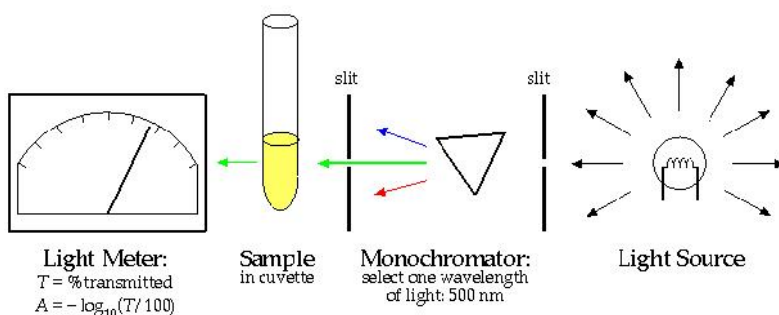
Aplicând formula de schimbare a bazei logaritmilor:

$$\log_c(x) = \log_c(b) \cdot \log_b(x)$$

$$\ln(x) = \ln(10) \cdot \log_{10}(x)$$

$$\log_{10}(x) = \frac{\ln(x)}{2.303}$$

$$A = \frac{\varepsilon \cdot c \cdot l}{2.303} \quad \text{de unde rezultă că } A \approx c$$

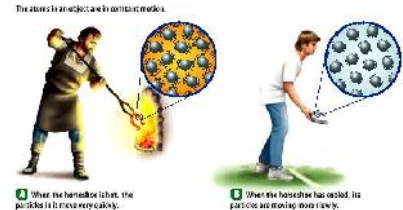


TRANSFERUL ENERGIEI PRIN CALDURA

ENERGIA TERMICA

A. TEMPERATURA & CALDURA

1. Temperatura este un parametru de stare. Indica energia cinetica medie a particulelor din substanta in cauza.



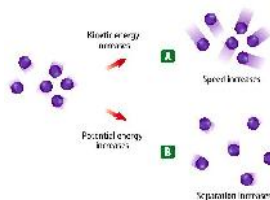
2. Unitatea de masura a temperaturii in sistemul international este **Kelvin**

a. $K = C + 273$ ($10C = 283K$)

b. $C = K - 273$ ($10K = -263C$)



3. Energia termica reprezinta practic energia cinetica si potentiala a particulelor dintr-o substanta.



4. **Caldura**

- a. Transferul de energie termica de la un obiect la altul.



- b. Transferul de energie are loc intodeauna de la corpurile calde inspre cele reci.

5. **Caldura specifica**

- a. Anumite obiecte se incalzesc sau se racesc mai repede decat altele.



- b. Caldura specifica este cantitatea de energie necesara pentru a creste temperatura 1 kg de material cu un grad (C or K). $C_{\text{apa}} = 4184 \text{ J / kg C}$

$C_{\text{nisip}} = 664 \text{ J / kg C}$

$$Q = m \times \Delta T \times C_p$$

Q = Caldura = variatia in energie termica

m = masa

ΔT = diferenta intre temperaturi ($T_f - T_i$)

C_p = caldura specifica a substantei

$1 \text{ calorie} = 4.18 \text{ J}$

$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$

$1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J}$

1 calorie- energia necesara pentru a ridica Temperatura unui gram de apa cu un grad.

O sticla cu apa fierbinte contine 750g de apa cu temperatura de 65°C. Daca apa de raceste pana la temperatura corpului uman, care este energia transferata in exprimata in cal?

$$Q = m \times \Delta T \times C \text{ specific (H}_2\text{O)}$$

$$750 \text{ g} \times 28^\circ\text{C} \times \frac{1.00 \text{ cal}}{\text{g } (^\circ\text{C})}$$

$$= 21\,000 \text{ cal.}$$

Cate kcal sunt necesare pentru a ridica temperatura a 120 g de apa de la temperatura de 15°C pana la temperatura de 75°C?



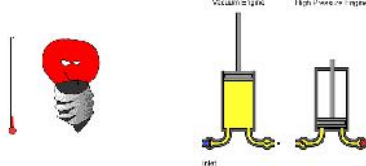
- Lucrul mecanic si caldura.

• **Randamentul nu poate fi niciodata 100% !!!**

- O parte din energie se pierde intotdeauna prin caldura.



- Dilatarea si contractia – modificarea volumului unui material datorita modificarii temperaturii.
- Particulele materiale se ciocnesc mai mult sau mai putin intre ele datorita modificarii temperaturii.



TRANSFERUL CALDURII

TRANSFER PRIN CONDUCTIE

Nu are loc transfer de materie. Propagare din aproape in aproape.

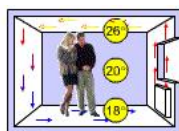
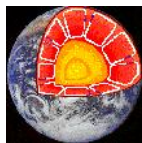


TRANSFERUL CALDURII



TRANSFERUL PRIN CONVECTIE

Particulele de lichid sau gaz sunt antrenate in miscare.



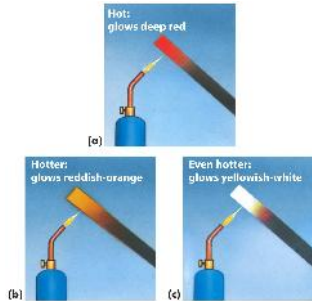
TRANSFERUL CALDURII

TRANSFERUL PRIN RADIATIE

TRANSFERUL NU SE FACE PRIN INTERMEDIU UNUI MEDIU MATERIAL CI PRIN ONDE ELECTROMAGNETICE



LUNGIMEA DE UNDA EMISA DE UN OBIECT DEPINDE DE TEMPERATURA SA



Radiatia termica este alcatuita din undele electromagnetice emise de orice corp cald ($T > 0K$). Fluxul de radiatie nu este monocromatic ci este alcatuit din componente cu diferite frecvente (sau lungimi de unda).

Fluxul energetic integral este cantitatea de energie radiata in unitatea de timp:

$$F = dW/dt$$

$$[F]_{SI} = W$$

Radianta energetica integrala = fluxul energetic integral raportat la aria suprafetei care radiaza:

$$R = d\Phi / dS$$

$$[R]_{SI} = W/m^2$$

Fluxul energetic spectral este fluxul energetic pentru intervalul de frevente (sau lungimi de unda) $[v, v+dv]$ sau $[\lambda, \lambda + d\lambda]$:

$$\Phi_{\lambda} = dW/d\lambda$$

$$[\Phi_{\lambda}]_{SI} = W/m$$

Legile radiatiei termice au fost deduse pentru "corpul absolut negru" in conditii de echilibru termodinamic.

Corpul absolut negru este acel corp care are o putere de absorbtie egala cu unitatea.

Se numeste *putere de absorbtie* raportul dintre fluxul absorbit (Φ_a) si fluxul incident (Φ_i) pe suprafata corpului:

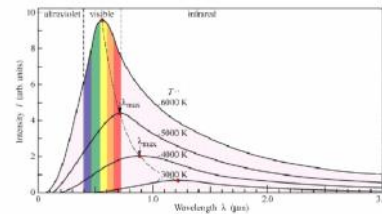
$$A = \Phi_a / \Phi_i \text{ (integral) sau}$$

$$A_{\lambda} = \Phi_{a\lambda} / \Phi_{i\lambda} \text{ (spectral)}$$

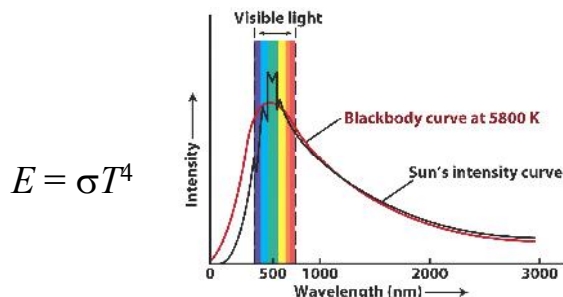
LEGEA Wien - lungimea de unda a distributiei spectrale pentru care intensitatea este maxima este invers proportionala cu temperatura.

SAU LUNGIMEA DE UNDA IN CARE CORPUL EMITE IN MOD PREPONDERENT ESTE INVERS PROPORTIONALA CU TEMPERATURA.

$$\lambda_{max} (m) = 0.0029 (m \cdot K) / T (K)$$



LEGEA Stefan-Boltzmann



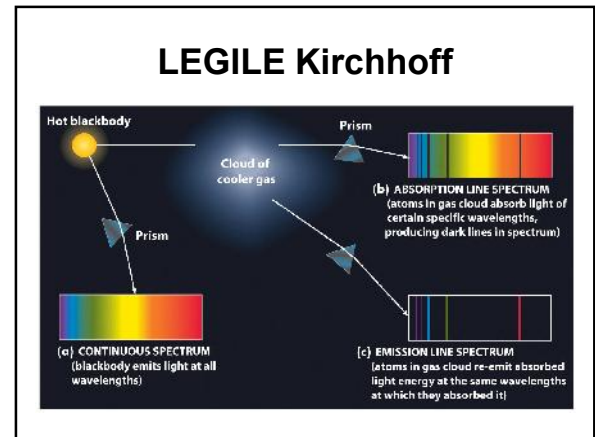
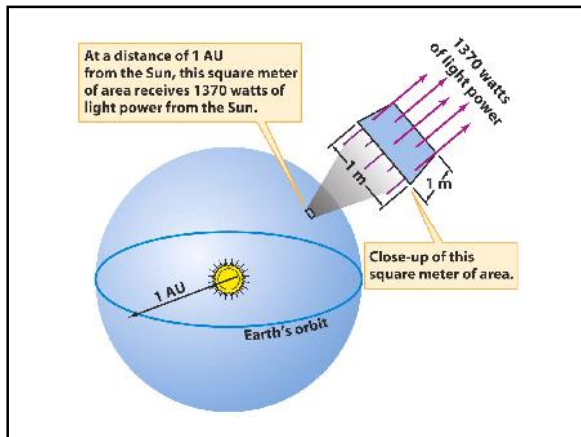
$$\sigma = 5.672 \cdot 10^{-8} W/m^2 K^4$$

Diferitele încercări de a explica, pe baza legilor fizicii clasice, distribuția energiei în spectrul radiației corpului negru, nu au condus la rezultate în concordanță cu datele experimentale.

Rezolvarea acestei probleme a devenit posibilă numai după ce fizicianul german M. Planck a emis ipoteza că emisia și absorbtia energiei de către substanță are loc în mod discontinuu, prin cuante de energie de valoare:

$$W_0 = h\nu$$

Mărimea $h = 6,62 \cdot 10^{-34} Js$ este denumită **constanta lui Planck**, iar ν reprezintă frecvența radiației emise sau absorbită.



NOȚIUNI DE TERMODINAMICĂ

Termodinamica reprezintă în zilele noastre una din cele mai bine structurate logic ramuri ale fizicii. Născută la începutul secolului al XIX-lea din necesitatea practică de a optimiza randamentul motoarelor cu abur, termodinamica a devenit una din disciplinele clasice ale fizicii teoretice. Baza teoretică a termodinamicii o constituie un număr restrâns de principii, care sunt generalizări și abstractizări ale unor fapte experimentale. Caracterul general al acestor principii, care nu conțin ipoteze referitor la natura forțelor implicate sau la structura microscopică a sistemelor studiate, face ca metodele termodinamicii să fie aplicabile unei clase largi de fenomene. Aplicațiile practice sunt numeroase și variate, de la frigider și încălzire centrală la energie regenerabilă și prognoză meteorologică.

Numim **sistem termodinamic** un corp macroscopic sau un ansamblu bine precizat de corpuri macroscopice. Prin definiție, numim stare a unui sistem termodinamic totalitatea proprietăților la acestui sistem la un moment dat.

Principiile termodinamicii se aplică unui număr mare dar nu infinit de particule.

Dacă un sistem termodinamic nu interacționează și nu schimbă masă cu corpurile exterioare acesta se numește **sistem izolat**. Noțiunea de sistem izolat este o idealizare fizică. În natură nu există sisteme termodinamice izolate. Sistemul termodinamic se numește neizolat dacă interacționează cu corpurile exterioare.

Un **sistem termodinamic se numește închis** dacă între el și mediul exterior există schimb de energie, dar nu există schimb de masă.

Un **sistem termodinamic se numește deschis** dacă între el și mediul exterior există atât schimb de energie cât și schimb de masă.

Numim stare a unui sistem termodinamic totalitatea proprietăților lui la un moment dat. Parametrii de stare caracterizează proprietățile sistemului termodinamic. Parametrii sistemului își modifică valoarea când condițiile exterioare se schimbă.

Starea unui sistem termodinamic se numește **stare de echilibru termodinamic** dacă toți parametrii care o caracterizează nu se modifică în timp.

Pentru un fluid (lichid, gaz) se pot alege ca parametri de stare independenți, de exemplu, presiunea și volumul fluidului pentru a descrie starea de echilibru a fluidului.

Câteva mărimi legate de structura discretă a substanței

Unitatea atomică de masă- a fost definită printr-o convenție internațională în anul 1961 ca fiind egală cu a 12-a parte din masa atomică a izotopului ^{12}C . Ea are masa aproximativă $1 \text{ u.a.m} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

1. Se numește **masă atomică relativă** numărul care arată de câte ori masa unui atom este mai mare decât a 12-a parte din masa atomului de ^{12}C .
2. Se numește **masă moleculară relativă** numărul care arată de câte ori masa unei molecule este mai mare decât a 12-a parte din masa atomului de ^{12}C .
3. Se numește **mol** cantitatea de substanță a cărei masă, exprimată în grame, este numeric egală cu masa moleculară sau atomică a substanței date. Numărul de molecule sau atomi care se găsesc într-un mol este același, indiferent de natura substanței. Acest număr se numește numărul lui Avogadro, iar valoarea lui este:
 $N_A = 6.023 \cdot 10^{23} \text{ (molecule/mol)}$
 $N_A = 6.023 \cdot 10^{26} \text{ (molecule/Kmol)}$
4. În aceleași condiții de presiune și temperatură, un mol dintr-un gaz oarecare ocupă același volum. S-a stabilit experimental, că, indiferent de natura gazului, în condiții normale ($t=0^\circ\text{C}$ și $p=1\text{atm}$), volumul unui mol are valoarea
 $V_{\mu 0} = 22.42 \text{ (m}^3/\text{Kmol)}$

Atomii au razele de aproximativ $1\text{-}2 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$. Lungimea de 10^{-8} cm se numește Angström. Considerând un gaz într-un recipient, moleculele din care este format acest gaz se vor afla într-o necontenită mișcare și se vor ciocni de pereți. Temperatura gazului este practic o măsură a vitezei acestor molecule.

Când aceste molecule se ciocnesc de perete, acesta este imprins. Prin urmare spunem că gazul exercită o forță asupra pereților recipientului în care se află. Considerând un gaz într-un cilindru cu piston, pistonul fiind lovit de către moleculele gazului, iar pentru ca acesta să nu fie scos din recipient trebuie să aplicăm o forță asupra acestuia.

Să presupunem ca dublam numărul de molecule din recipient, dublând astfel densitatea gazului, dar menținând temperatura constantă (viteza moleculelor rămâne aceeași). Numărul de ciocniri cu pistonul se va dubla, iar presiunea prin urmare va crește. Într-o aproximație satisfăcătoare, dacă densitatea este suficient de joasă, presiunea este proporțională cu densitatea.

De asemenea dacă mărim temperatura fără a modifica densitatea gazului, adică mărim viteza atomilor/moleculelor, atomii vor lovi mai tare și totodată mai des pereții, așa că presiunea crește.

Dacă mișcăm pistonul spre interior, atomii sunt comprimați într-un spațiu mai mic. Când un atom lovește pistonul în mișcare viteza lui crește. Prin urmare viteza medie a atomilor va crește. Aceasta înseamnă că atunci când comprimăm încet un gaz, temperatura gazului crește. Astfel, la compresie lentă temperatura gazului va crește, iar la dilatare lentă temperatura gazului va scădea.

Ecuatia de stare a gazului ideal

Starea gazului ideal este perfect determinată, dacă se cunosc simultan parametrii de stare presiune, volum și temperatură (p , V , T). Ecuatia de stare a gazului ideal rezultă din formula fundamentală a teoriei cinetico-moleculare:

$$p = n \cdot k \cdot T = \frac{N}{V} k \cdot T \quad pV = N \cdot k \cdot T$$

Unde n reprezintă numărul de molecule sau atomi din unitatea de volum iar k este o constantă, numită constanta lui Boltzmann egală cu

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

Pentru condiții normale

$$p = p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2, T = T_0 = 273,16 \text{ K}$$

Un volum, numit volum molar $V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ din gaze diferite, conține același număr de constituenți (atomi sau molecule) numit numărul lui Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$.

Celor N_A constituenți le corespunde o masă totală $\mu = m_0 N_A$ numită masă molară sau mol de substanță.

Numărul de moli ν dintr-un gaz cu N constituenți este dat de rapoartele:

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m_0 N}{m_0 N_A} = \frac{M}{\mu}$$

iar ecuația de stare se mai poate scrie sub forma:

$$pV = \nu \cdot N_A \cdot k \cdot T = \frac{M}{\mu} (N_A \cdot k) \cdot T = \frac{M}{\mu} RT$$

unde R este constanta generală a gazelor:

$$R = N_A \cdot k = 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

În raționamentele anterioare s-a presupus că sistemul nu schimbă substanță cu mediul, deci $M = \text{const.}$ Și atunci ecuația de stare se mai poate scrie:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT = \nu RT$$

PRINCIPIILE TERMODINAMICII

PRINCIPIUL GENERAL AL TERMODINAMICII

Un sistem termodinamic izolat evoluează înspre starea de echilibru pe care o atinge fără a o putea depăși atâta timp cât parametrii externi sunt menținuți constanți.

Un interes teoretic deosebit îl prezintă transformările care conduc de la o *stare inițială* de echilibru la o *stare finală* de echilibru, trecând printr-o înșiruire continuă de *stări intermediare* de echilibru. Întrucât orice schimbare de stare se petrece într-un timp finit, astfel de transformări nu pot fi realizate, riguros, în realitate. Dar, dacă transformarea se produce suficient de lent, ea se poate apropia oricât de mult de acest model ideal. Astfel de **transformări** se numesc *cvasistatice*, pentru a indica faptul că ele sunt o înșiruire de stări de echilibru; **dacă este posibilă transformarea în care aceeași înșiruire de stări să fie parcursă în sens invers ele se numesc reversibile. O transformare se numește ciclică dacă starea finală coincide cu starea inițială.**

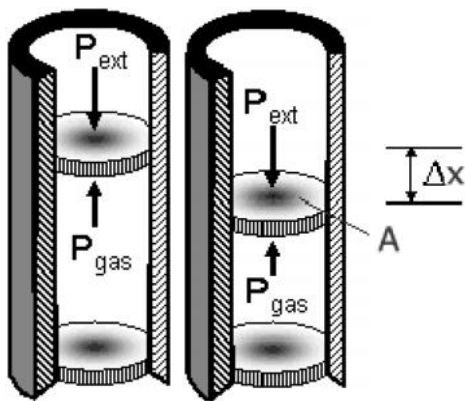
PRINCIPIUL ZERO AL TERMODINAMICII

Temperatura este o funcție de stare a echilibrului termodinamic.

Starea de echilibru termodinamic este determinată de temperatură și de parametrii externi. Toți parametrii interni ai sistemului sunt funcțiuni de temperatură și parametrii externi.

Lucrul mecanic în termodinamică

În termodinamică, ca și orice alt capitol al fizicii, interacțiunea dintre sistemul considerat și lumea înconjurătoare prezintă un interes deosebit. Unul dintre cele mai importante tipuri de interacțiune este cel datorat existenței unor forțe exercitate de lumea înconjurătoare asupra sistemului considerat. Aceste forțe exterioare provoacă acțiuni mecanice în urma cărora fie starea de echilibru termodinamic nu se modifică, forțele exterioare realizând doar o deplasare mecanică a întregului sistem, fie sistemul părăsește starea de echilibru termodinamic începând să efectueze o transformare în care anumiți parametri de stare ce caracterizează sistemul se modifică în timp. În ambele cazuri, forțele exterioare efectuează un lucru mecanic asupra sistemului, însă pentru termodinamică este de interes doar cazul al doilea, situația în care are loc o deplasare a sistemului în ansamblu fiind studiată în cadrul mecanicii.



$$L = F \cdot \Delta x = F \cdot (\Delta V / A)$$

$$L = P_{\text{ext}} \cdot \Delta V$$

$$L = P_{\text{ext}} \cdot A \cdot \Delta x$$

$$L = P_{\text{ext}} \cdot A \cdot (x_{\text{in}} - x_{\text{fin}})$$

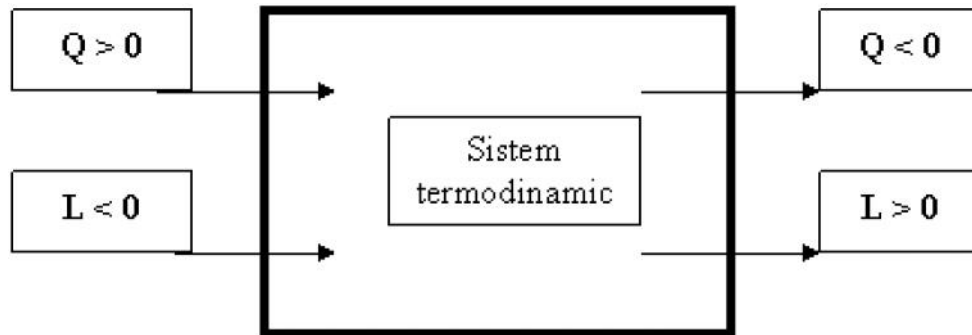
$$L = P_{\text{ext}} \cdot (V_{\text{in}} - V_{\text{fin}}) = -P_{\text{ext}} \cdot \Delta V$$

Prin convenție lucrul mecanic primit de sistem din exterior se consider negativ, iar lucrul mecanic efectuat de către sistem pozitiv.

- dacă $L > 0$, lucrul mecanic este efectuat de sistem;
- dacă $L < 0$, lucrul mecanic este efectuat asupra sistemului.

În cursul unui proces termodinamic, un sistem termodinamic poate schimba căldura cu mediul exterior.

- dacă $Q > 0$, atunci căldura este primită de sistemul termodinamic;
- dacă $Q < 0$, atunci căldura este cedată de sistemul termodinamic



PRINCIPIUL ÎNTÂI AL TERMODINAMICII

Pentru orice sistem termodinamic există o funcție de stare numită energie internă. În orice transformare prin care trece sistemul, variația energiei interne este egală cu suma dintre lucrul mecanic efectuat asupra sistemului și cantitatea de căldură transferată către sistem.

Principiul I reprezintă practic legea conservării energiei.

$$\Delta U = Q - L$$

Energia internă, notată prin convenție cu U , poate fi exprimată ca:

$$U = U_{\text{cin}} + U_{\text{pot}} + U_0$$

Unde U_{cin} este suma energiilor cinetice a particulelor constituente ale mediului

U_{pot} sumă a energiei potențiale datorată interacțiunii particulelor între ele

U_0 sumă a energiilor particulelor mediului la nivel submolecular

reprezintă suma dintre energiile cinetice a particulelor constituente,

Așadar, lucrul mecanic și cantitatea de căldură sunt *forme ale schimbului de energie* între un sistem și lumea înconjurătoare.

Energia internă U este o funcție de stare a sistemului în sensul că valoarea sa depinde doar de starea în care se află sistemul de particule și nu depinde de procesul particular prin care el a ajuns în această stare.

$$Q = L + \Delta U$$

Căldura primită de sistem este egală cu variația energiei interne a sistemului plus lucrul mecanic efectuat de către sistem.

L și Q nu sunt funcții de stare în general, în sensul că valorile lor depind de procesul particular prin care sistemul trece de la o stare la alta.

Dacă se consideră în particular un **proces ciclic** adică un proces în care sistemul revine la starea inițială, atunci $\Delta U = 0$

$$Q = -L$$

În concluzie, sistemul poate efectua lucru mecanic, într-un proces ciclic, numai pe seama cantității de căldură absorbite de la mediul înconjurător.

Transformări simple ale gazului ideal

Transformarea izocoră (VOLUMUL RĂMÂNE CONSTANT)

$$L = 0$$

$$Q = \Delta U = C_v \cdot \Delta T$$

Transformarea izobară (PRESIUNEA RĂMÂNE CONSTANTĂ)

$$L = p \cdot (V_{\text{fin}} - V_{\text{in}})$$

$$Q = v \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$\Delta U = v \cdot C_v \cdot \Delta T$$

Transformarea izotermă (TEMPERATURA RĂMÂNE CONSTANTĂ)

$$\Delta U = 0$$

$$Q = L = v \cdot R \cdot T \cdot \ln(V_2/V_1)$$

Transformarea adiabatică (NU SE FACE SCHIMB DE CĂLDURĂ CU MEDIUL EXTERIOR)

$$Q = 0$$

$$\Delta U = C_v \cdot \Delta T$$

$$L = -\Delta U$$

PRINCIPIUL AL DOILEA AL TERMODINAMICII

Principiul al doilea al termodinamicii precizează condițiile în care are loc transformarea energiei termice în energie mecanică. El are un caracter calitativ, arată sensul în care se produc spontan transformările, fără să se referire la cantitățile de energie schimbate. El este o particularizare a principiului general al schimburilor de energie, conform căruia transformările spontane de energie se realizează de la potențialul mai înalt spre potențialul mai scăzut.

Studiul modului în care se efectuează lucru mecanic cu ajutorul căldurii a fost defapt începutul științei termodinamicii. Ca să avem o mașină care să efectueze lucru mecanic aceasta trebuie să funcționeze după un ciclu, deci trebuie să avem o transformare ciclică. Știința termodinamicii a început cu analiza făcută de către inginerul Sadi Carnot care studia randamentul mașinilor cu aburi. Acesta a tras niște concluzii foarte importante pe care le-a enunțat sub forma a două teoreme în anul 1824.

Formularea Carnot

I: Randamentul unei mașini termice depinde numai de temperatura izvorului cald și a izvorului rece și nu depinde de natura mașinii.

II: Randamentul unei mașini termice care funcționează ireversibil este întotdeauna mai mic decât randamentul unei mașini termice care funcționează reversibil între aceleași limite de temperatură.

Dacă ambele mașini, atât cea reversibilă cât și cea ireversibilă primesc de la sursa caldă aceeași cantitate de căldură Q și cedează sursei reci cantitatea de căldură Q_0 , respectiv Q_0' , rezultă că randamentul mașinii reversibile va fi:

$$\eta = \frac{Q - |Q_0|}{Q} = \frac{T - T_0}{T} = 1 - \frac{T_0}{T}$$

iar al mașinii ireversibile este:

$$\eta' = \frac{Q - |Q_0'|}{Q} < \frac{Q - |Q_0|}{Q}$$

Deși cele două teoreme a lui Carnot cuprind conținutul celui de-al doilea principiu al termodinamicii ele au deficiența de a avea un caracter specializat, restrângând semnificația unui principiu general la aspecte tehnice.

Pentru a obține o formulare mai generală să considerăm o transformare ciclică:

$$Q = \Delta U + L \rightarrow \Delta U = 0 \rightarrow Q = L$$

Putem însă să transformăm în realitate integral căldura în lucru mecanic?

Avem posibilitățile

$$a) \quad Q=L=0$$

b) $Q=L<0$

c) $Q=L>0$

Cazul final fiind practic situația după care o mașină termică poate funcționa.

Observăm că pentru a transforma integral căldura în lucru mecanic mașina termică trebuie să preia căldură de la un corp de temperatură dată fără a mai ceda căldură unui alt corp, deoarece am presupus că întreaga cantitate de căldură este transformată în lucru mecanic. Transformare integrală a căldurii în lucru mecanic ar impune schimbul de căldură a sistemului cu un singur termostat.

Transformarea în care sistemul face schimb de căldură cu un singur termostat se numește transformare monotremă. Să vedem dacă putem însă transforma practică căldura în lucru mecanic într-o transformare ciclică monotermă.

Să presupunem că avem un bidon cu aer comprimat la o temperatură oarecare și lăsăm aerul din bidon să se destindă. El poate efectua lucru mecanic: putem ridica sau mișca corpuri cu acest piston. Gazul se răcește puțin în urma acestei destinderi, dar dacă avem un rezervor de căldură, o mare, un ocean, aerul atmosferic la o temperatură dată am putea să-l încălzim din nou. Astfel am putea lua căldură de la mare și am efectua lucru mecanic cu aerul comprimat. Intervine însă o problemă. Nu am ajunge la starea inițială. Nu am lăsa lucrurile așa cum au fost. Trebuie să avem un ciclu, iar pentru asta, la un moment dat, trebuie să recomprimăm gazul. Iar făcând acest lucru noi efectuăm lucru mecanic. Rezultatul net al acestui proces ar fi că noi am efectuat un lucru mecanic cel puțin egal cu cel pe care sistemul l-a efectuat. Iar ceea ce se dorește în final este o situație în care rezultatul net al procesului este efectuarea de lucru mecanic pe seama primirii de căldură, iar în cazul transformării monotreme acest lucru nu este posibil.

Putem concluziona că nu este posibilă obținerea de lucru mecanic într-o transformare ciclică în care mașina termică schimbă căldură cu un singur termostat. Căldura nu poate fi preluată la o temperatură oarecare și transformată în lucru mecanic fără alte schimbări în sistem sau în împrejurimi.

Dacă toate obiectele din lume ar avea aceeași temperatură, nu am putea transforma energia calorică în lucru mecanic.

Formularea Kelvin

Este imposibil de realizat o transformare ciclică a cărei unic rezultat să fie o transformare în lucru mecanic a căldurii luate de la o sursă cu temperatură uniformă.

Într-o transformare ciclică monotermă sistemul nu poate ceda lucru mecanic în exterior. Dacă transformarea monotermă ciclică este și ireversibilă, atunci asupra sistemului trebuie să se efectueze lucru mecanic din exterior.

Pentru o transformare ciclică $\Delta U = 0$

transformare ciclică monotermă $L \leq 0, Q \leq 0$

transformare ciclică monotermă și ireversibilă $L < 0, Q < 0$

transformare ciclică monotermă și reversibilă $L = 0, Q = 0$

Observație: dacă transformarea nu este ciclică există posibilitatea teoretică de a avea transformarea integrală a căldurii în lucru mecanic, un exemplu în acest caz fiind destinderea izotermă.

Dacă am putea obține lucru mecanic extrăgând căldură de la o mare sau un ocean care se află la o anumită temperatură înseamnă că acel lucru mecanic l-am putea transforma prin frecare spre exemplu în căldură. Iar dacă frecarea ar fi efectuată pe un corp cu temperatura mai mare decât a mării sau a oceanului înseamnă că practic fără ca noi să efectuăm un lucru mecanic din exterior am putea să transferăm căldura de la un corp mai rece la un corp mai cald. Acest lucru este în contradicție cu experiența noastră de zi cu zi.

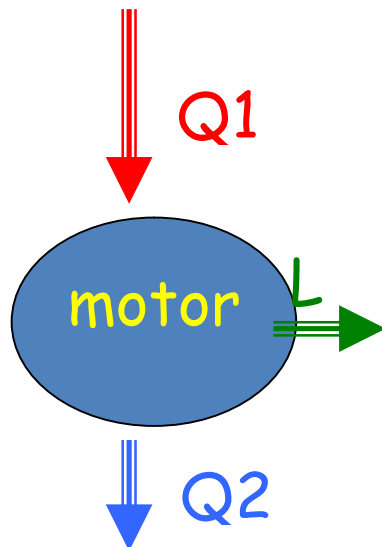
Formularea Clausius

Nu este posibilă o transformare care să aibă ca rezultat trecerea spontană a căldurii de la un corp cu o temperatură dată la un corp cu o temperatură mai înaltă.

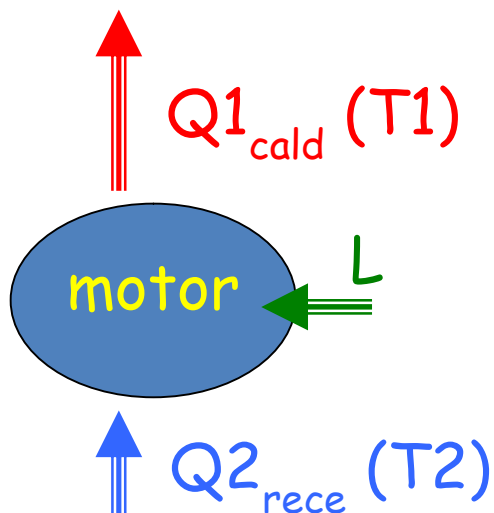
Spontan = în mod natural, fără a se interveni din exterior asupra sistemului, adică fără a efectua noi lucru mecanic.

Această formulare a principiului doi arată imposibilitatea funcționării unei mașini termice luând căldură de la un singur termostat, însă lasă posibilitatea constatării că se poate obține lucru mecanic de la un sistem care efectuează o transformare ciclică în care schimbă căldură cu două termostate.

RANDAMENTUL UNOR MOTORI TERMICI



FRIGIDERUL



$$\eta = \frac{Q_2}{L} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{1}{Q_1/Q_2 - 1}$$

$$\eta \leq \frac{1}{T_1/T_2 - 1}$$

2 transformări izoterme+

2 transformări adiabatice

$$T_1 \text{ și } T_2 \quad T_1 > T_2$$

$$Q_1 > 0 \text{ și } Q_2 < 0$$

$$\eta = L / Q_1$$

$$L = Q_1 - |Q_2|$$

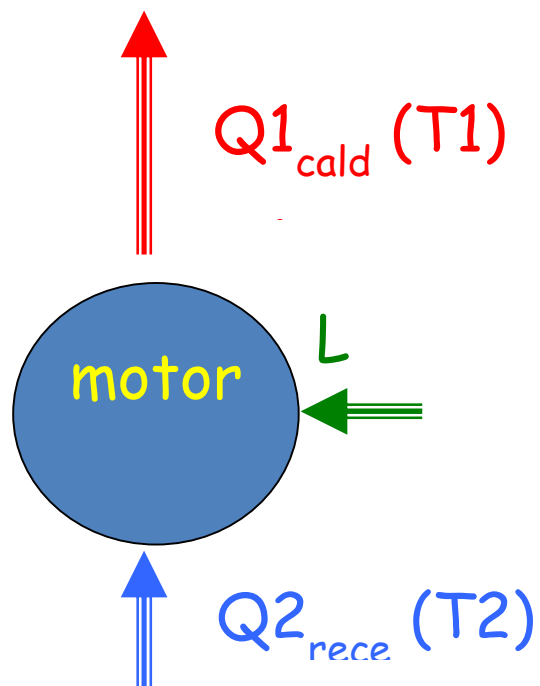
$$\eta = 1 - (|Q_2|/Q_1)$$

pentru ciclul CARNOT

RANDAMENTUL MAXIM

$$\eta = 1 - (T_2/T_1)$$

POMPA DE CĂLDURĂ



$$\eta = \frac{Q_1}{L} = \frac{Q_1}{Q_1 - Q_2} = \frac{1}{1 - Q_2/Q_1}$$

$$\eta \leq \frac{1}{1 - T_2/T_1}$$

Notiunea de entropie

În mare entropia este o măsură a calității energiei interne în sensul că cu cât entropia este mai scăzută, cu atât calitatea energiei crește. Conceptul de entropie a fost introdus și transpus într-o formulare calitativă, precisă, de Rudolf Clausius, în anul 1856 când lucra la formularea celui de-al doilea principiu al termodinamicii. El a introdus acest concept, definind variația entropiei (ΔS) care se produce atunci când energia este transferată sub formă de căldură unui sistem. Numele de entropie vine de la cuvântul grecesc evoluție. Prin această denumire, Clausius a dorit să sugereze că această mărime are capacitatea de a exprima, prin variația ei, sensul de producere al proceselor reale.

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{\text{energia transferată sub formă de căldură}}{\text{temperatura la care are loc transferul}}$$

Formularea principiului II al termodinamicii după Clausius, introducând noțiunea de entropie. Entropia unui sistem izolat crește în orice transformare spontană.

Fizicianul Ludwig Boltzmann (1844-1906) a arătat că entropia este o măsură a dezordinii. Atunci când încălzim un gaz, moleculele sale au un domeniu mai mare de viteze, așa încât mișcarea lor de agitație termică se caracterizează printr-o dezordine și mai mare. Atunci când un gaz se destinde, pentru a umple un volum mare, dezordinea sa și prin urmare entropia sa crește chiar dacă menținem temperatura constantă, deoarece, deși moleculele au același domeniu de viteze, este puțin probabil ca o moleculă să poată fi găsită în aceeași regiune din incinta în care era înainte de destindere. Entropia este caracterizată prin urmare și de dezordinea termică cât și de dezordinea de poziție.

Nu trebuie să fie uitat însă că pentru a aplica formularea lui Clausius asupra entropiei ca un indicator al schimbării, trebuie să avem în vedere schimbarea totală a entropiei, adică schimbarea entropiei ansamblului care este format din obiectul studiat și restul universului.

Exemplu: avem o cană de cafea care se răcește pe masă. Scăderea temperaturii lichidului duce la o variație a entropiei canii de cafea. Această variație este negativă deoarece căldura este cedată mediului. Variația este însă mică deoarece temperatura este mare. Avem însă și o variație a entropiei mediului înconjurător (aerul din încăpere). În acest caz variația este una pozitivă, entropia acestui mediu crescând datorită faptului că se

primește căldură. Deoarece temperatura mediului este mai mică decât a cafelei din cană, în valoare absolută, variația entropiei mediului este mult mai mare decât a entropiei căni cu cafea. Prin urmare avem o creștere a entropiei per ansamblu.

BIBLIOGRAFIE

1. Atkins P., Amprenta lui Galileo, Cele mai mari Idei ale Științei, Editura All, 2008.
2. Feynman, R. Fizica modernă, Editura Tehnică, București, 1970.
3. Gherbanovschi N., Borșan D., Costescu A., Petrescu-Prahova, Sandu M., Fizică, Manual pentru clasa a X-a, Ministerul Învățământului și Științei, Editura Didactică și Pedagogică, București 1991.
4. Moțoc C., Fizică, Vol I, Editura All, 1994.

Motoare termice cu ardere internă

După : <http://cner-10c-termodinamica.wikispaces.com/Aplicatii+practice>

Acestea sunt mașini termice în interiorul cărora arderea unui gaz combustibil conduce la obținerea unei cantități de căldură cu realizarea unui lucru mecanic util la arborele mașinii.

Motorul Diesel

Este un motor cu ardere internă, în patru timpi cu aprindere prin compresie;

Cei 4 timpi de funcționare ai motorului Diesel sunt:

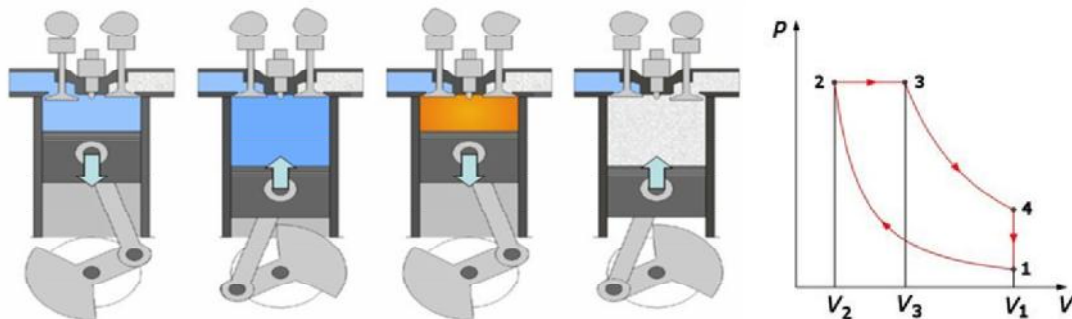
Admisia-supapa de admisie este deschisă, pistonul se deplasează în jos și în cilindru se aspiră aer la presiunea atmosferică; supapa de evacuare este închisă; procesul are loc la presiune constantă- **transformare izobară**

Compresia-ambele supape sunt închise; pistonul se deplasează în sus și aerul este puternic comprimat aproximativ 35-50 atm și temperatura este 700-800 °C; procesul se desfășoară rapid, fără schimb de căldură –**transformare adiabetică**

Arderea și detenta- pompa de injectie pulverizează picături foarte fine de motorină în cilindru; deoarece temperatura în cilindru este mai mare decât temperatura de aprindere a combustibilului, acesta se aprinde și arde la **presiune constantă**;

Evacuarea gazelor- pompa de injectie pulverizează picături foarte fine de motorină în cilindru;

Deoarece temperatura în cilindru este mai mare decât temperatura de aprindere a combustibilului, acesta se aprinde și arde la presiune constantă; gazele rezultate din ardere se destind **adiabetic**.



Ciclul termodinamic al motorului Diesel

EFECTUL FOTOELECTRIC EXTERN

În 1888, fizicianul englez W. Hallwachs constata că o placă de zinc, supusă acțiunii radiațiilor ultraviolete (UV) a prezentat următorul comportament:

- s-a descărcat electric, dacă inițial a fost încărcată cu sarcină negativă
- s-a încărcat pozitiv, dacă inițial era neutră din p.d.v. electric
- rămâne încărcată pozitiv, dacă inițial era încărcată pozitiv

Prin urmare, sub acțiunea radiațiilor UV placa de zinc a emis electroni. Emisia electronilor de către un corp aflat sub acțiunea radiațiilor electromagnetice se numește efect fotoelectric extern.

Pentru testarea virtuală a efectului fotoelectric, de pe site-ul: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric>, se descarcă aplicația Java.

Schema presupune un tub de sticlă în care se găsesc doi electrozi, catodul (stânga) și anodul (dreapta). Între cei doi electrozi se poate aplica o diferență de potențial cu ajutorul bateriei prezentate în Fig. 1.

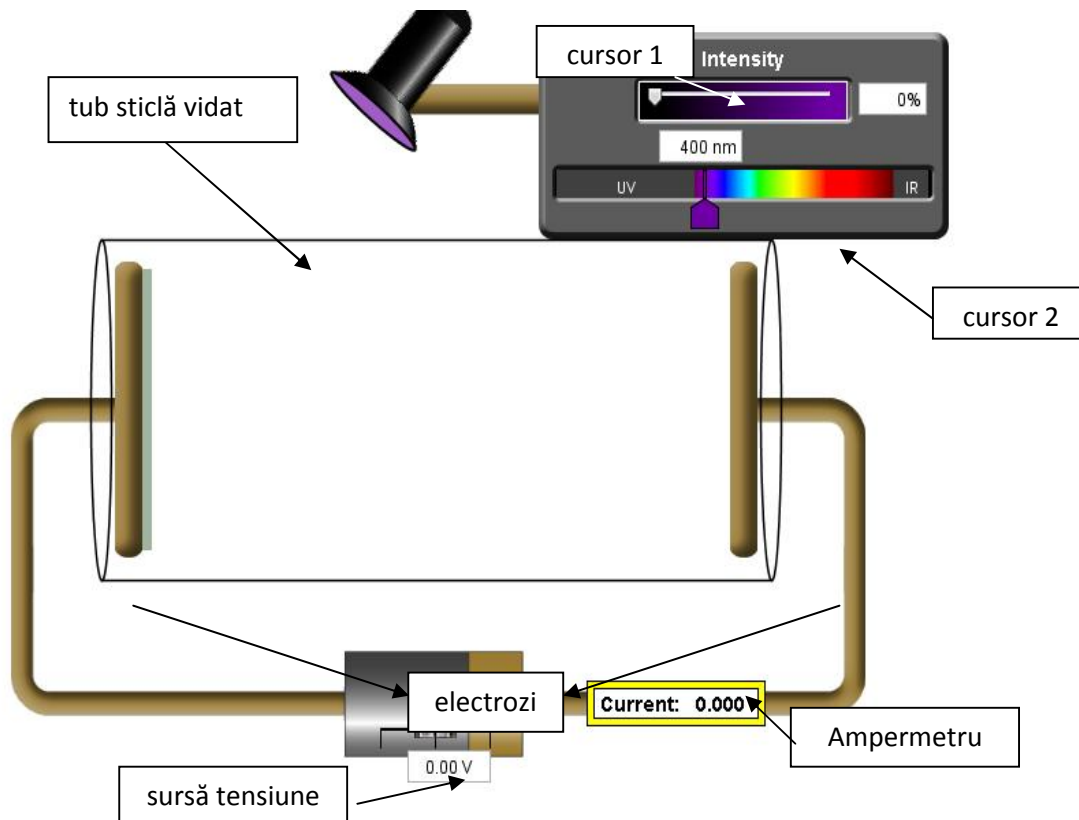


Fig. 1. Schema experimentului pentru observarea efectului fotoelectric extern
(<http://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric>).

Lungimea de undă (și implicit frecvența ν) a radiației incidente poate fi aleasă în domeniul UV, vizibil sau IR, cu ajutorul cursorului 2 (Fig. 1), în timp ce fluxul de radiație (Φ) poate fi modificat cu ajutorul cursorului 1. Intensitatea curentului electric poate fi citită cu ajutorul ampermetrului. Pe suprafața catodului se transmite un fascicul de radiație monocromatică (o anumită lungime de undă și frecvență).

Dacă frecvența și fluxul radiațiilor electromagnetice sunt menținute constante se constată:

- dacă tensiunea de alimentare este zero (Fig. 2), curentul fotoelectric este diferit de zero. Acest lucru sugerează că o parte din cei mai rapizi electroni, ca urmare a transmiterii fasciculului incident pe suprafața catodului, ajung la nivelul anodului, fără tensiune de accelerare, determinând curentul I_0 (Fig. 3).

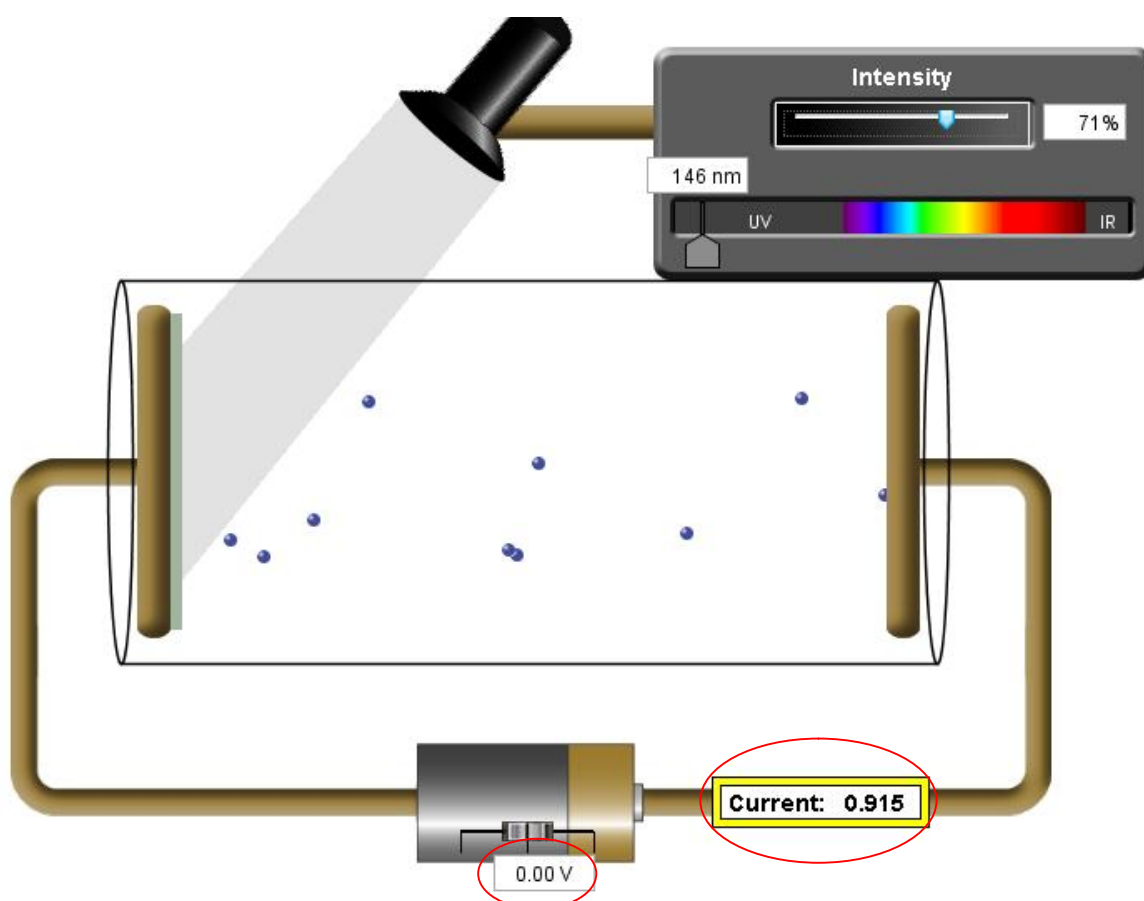


Fig. 2. Transmiterea unui fascicul de radiație UV (146 nm) pe suprafața catodului, fără aplicarea unei diferențe de potențial între cei doi electrozi.

- Dacă diferența de potențial este aplicată în așa fel încât anodul să prezinte un potențial electric superior catodului, intensitatea curentului crește cu tensiunea, deoarece câmpul electric dintre electrozi antrenează un număr tot mai mare de electroni. Când toți electronii emiși de catod sunt captați de anod se obține un curent de saturație (I_s) - Fig.3.
- Dacă diferența de potențial se aplică în așa fel încât anodul să prezinte un potențial electric inferior catodului, intensitatea curentului scade cu creșterea tensiunii, deoarece câmpul electric frânează deplasarea electronilor. Intensitatea devine zero pentru o anumită valoare a tensiunii electrice, numite tensiune de stopare (U_s) – Fig.3. Cu ajutorul acestei tensiuni de stopare se poate determina energia cinetică maximă a electronilor cu relația:

$$E_{c_{max}} = eU_s \quad (1)$$

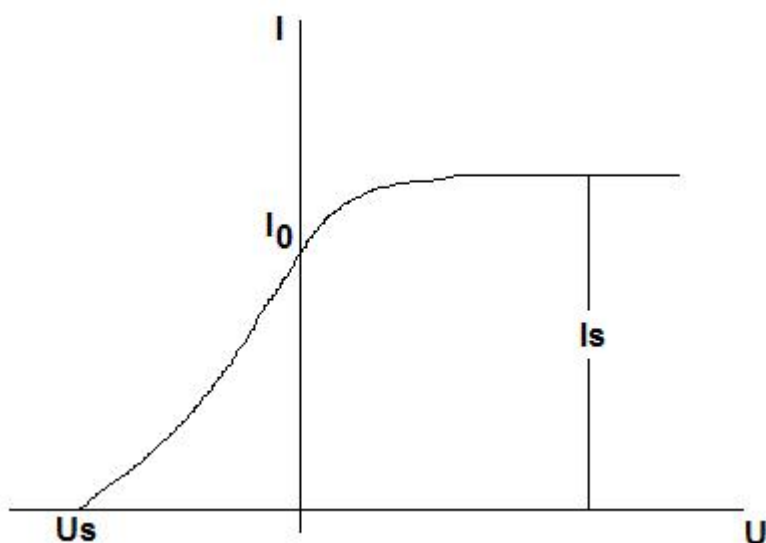


Fig. 3. *Dependența curentului fotoelectric de tensiunea de alimentare.*

Pentru a studia influența fluxului radiațiilor electromagnetice asupra intensității curentului electric, se recurge la variația fluxului (cursorul 1) și se urmărește variația intensității curentului electric funcție de flux (Fig. 4).

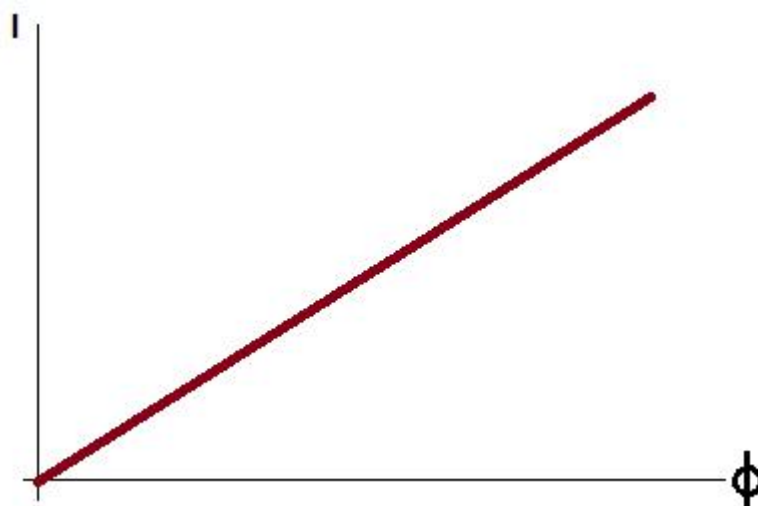


Fig. 4. Dependența curentului fotoelectric de fluxul de radiație electromagnetică.

Din Fig. 4 se poate deduce legea 1 pentru efectul fotoelectric extern.

Legea 1: Intensitatea curentului electric de saturație este direct proporțională cu fluxul radiației electromagnetice incidente, când frecvența este constantă.

Urmărind dependența între energia cinetică (E_c) a electronilor și frecvența radiației incidente, se constată că pentru orice valoare a fluxului incident, E_c crește liniar cu creșterea frecvenței (Fig. 5).

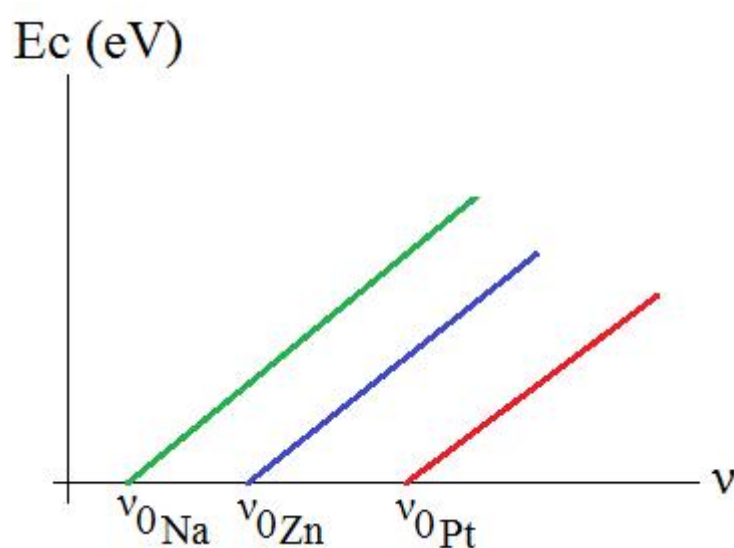


Fig. 5. Dependența energiei cinetice de frecvența radiației electromagnetice.

Legea 2: Energia cinetică (E_c) a fotoelectronilor emiși crește liniar cu frecvența (ν) radiațiilor electromagnetice și nu depinde de fluxul (Φ) acestora.

Tot din Fig. 5, se constată faptul că efectul fotoelectric se produce numai dacă frecvența este mai mare sau egală cu ν_0 , iar aceasta depinde de materialul din care este confecționat catodul (Na, Zn, Ca, etc.).

Legea 3: Efectul fotoelectric extern se poate produce numai dacă frecvența radiației electromagnetice incidente este mai mare sau egală cu o valoare minimă (ν_0), specifică fiecărei substanțe.

Legea 4: Efectul fotoelectric extern se produce practic instantaneu.

Teoria ondulatorie, potrivit căreia radiația UV, este o undă electromagnetică, cu frecvența ν , nu poate explica legile enunțate anterior pentru efectul fotoelectric extern. Conform acestei teorii, interacțiunea dintre o undă electromagnetică și suprafața unui corp conduce la apariția unei oscilații a electronilor din corp cu o amplitudine proporțională cu amplitudinea unde incidente. În acest context, între energia cinetică a electronilor extrași și fluxul radiației incidente ar trebui să existe o relație de dependență, contrar legii nr. 2 a efectului fotoelectric. De asemenea, efectul fotoelectric, conform teoriei ondulatorii, ar trebui să se producă pentru orice frecvență a radiației incidente, cu condiția ca intensitatea lor să fie suficient de mare, contrar legii nr. 3-a a efectului fotoelectric. În plus, între momentul iluminării și cel al emisiei fotoelectronilor trebuie să existe un interval de timp care este funcție de intensitatea radiațiilor incidente, contrar legii nr. 4 pentru efectul fotoelectric extern.

Pentru explicarea efectului fotoelectric extern se poate recurge la teoria corpusculară elaborată de Max Planck. În 1900, fizicianul german a lansat ipoteza potrivit căreia oscilatorii microscopici (atomi, ioni) nu pot avea orice valoare pentru energie, ci numai valori discrete: $E_1, E_2, E_3, \dots, E_i$. Energia unui astfel de oscilator poate să crească în cazul absorbției sau să scadă în cazul emisiei, între două valori E_k și E_i numai cu cantitatea:

$$\epsilon = h\nu = E_k - E_i, \quad \text{denumită cuantă de energie}$$

unde: ν reprezintă frecvența oscilatorului, iar h este constanta Planck ($6,626 \cdot 10^{-34}$ J*s).

În acest context, radiațiile electromagnetice emise sau absorbite au o structură discontinuă, fiind formate din porții discrete de energie, numite cuante de energie. Particula care posedă energia unei cuante se numește **foton**.

În acord cu această teorie, Albert Einstein (fizician german) consideră că în efectul fotoelectric extern un foton incident este absorbit de un electron, căruia îi cedează întreaga energie.

The diagram shows the equation $h\nu = L + \frac{m_e v^2}{2}$ with three labels in boxes and arrows pointing to the terms:

- A red box labeled "Energie foton" points to $h\nu$.
- A blue box labeled "lucru mecanic necesar extragerii electronului din atom" points to L .
- A green box labeled "Energie cinetică pentru electronul extras" points to $\frac{m_e v^2}{2}$.

În acest context, creșterea fluxului de radiație electromagnetică incidentă se traduce printr-o creștere a numărului de fotoni incidenți. Prin creșterea lor, crește numărul de electroni extrași din catod și, implicit, intensitatea curentului electric (legea 1).

Din relația (2) se observă că pe măsură ce crește frecvența, crește și energia cinetică a fotoelectronilor emiși (legea 2). Pentru o anumită frecvență de prag (ν_0) energia fotoelectronilor este nulă, iar pentru valori ale frecvenței mai mici de valoarea prag efectul fotoelectric nu mai este posibil (legea 3). Aceasta este explicația pentru care, în funcție de tipul materialului din care este confecționat catodul, efectul fotoelectric are loc numai dacă radiația incidentă este în domeniul UV (lungime de undă mică, adică frecvență ridicată).

Interacțiunea între fotonul incident și electron producându-se într-un interval de timp extrem de scurt, putem spune că efectul fotoelectric extern se produce instantaneu (legea 4).

Pornind de la teoria corpusculară, Louis de Broglie (fizician francez) susține că orice particulă în mișcare (electron, proton, atom, etc.) are și o comportare ondulatorie. Legătura între lungimea de undă asociată (λ) și impulsul particulei (p) poate fi dedusă din relațiile:

$$E=mc^2, \text{ respectiv } E=h\nu, \quad \text{unde } c - \text{ viteza luminii}$$

adică, $mc^2=h\nu$, de unde rezultă că:

$$\mathbf{m} = \frac{h\nu}{c^2} \quad (3)$$

Știm că impulsul este dat de relația: $p = mv = mc$. Înlocuind valoarea lui m cu cea dată de relația (3), obținem:

$$\mathbf{p} = \frac{h\nu}{c^2} \mathbf{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad (4)$$

Această teorie stă la baza principiului de funcționare a microscopului electronic, lentilele fiind în această situație de natură magnetică sau electrică, după cum fasciculul de electroni incident este deviat de câmpuri electrice sau magnetice.

Bibliografie:

1. Pollock S., The atomic hypothesis (Great Ideas of classical physics – TTC video lecture).
2. Ciobotaru D., Angelescu T., et al., (1994), Fizică-manual clasa a XII-a, Ed. Didactică și Pedagogică, pag. 20-73.

ATOMUL

ATOMUL DE HIDROGEN MODELUL BOHR

Conceptul de “atom” este foarte vechi, datand din secolul IV î.Hr, fiind introdus de filozofii greci **Leucip** si **Democrit**. La intrebarea: ce se intampla cu o substanta daca o dividem in parti din ce in ce mai mici? (o putem divide la infinit sau ajungem la un moment dat la o entitate care nu se mai poate divide in continuare?), Leucip si Democrit au raspuns ca exista o ultima entitate care nu se va mai poate “taia” la randul sau, pe care au denumit-o *atom* (gr. atomos = nu se mai poate taia). Atomul este unitatea elementara din care este alcatuita orice substanta.

Oricum, pentru urmatoarea mie de ani, nu aceasta idee a fost adoptata in explicarea structurii substantei, ci aceea a lui Aristotel: acesta a adoptat modelul structurii continue a oricarei substante alcatuita dintr-un amestec de patru elemente fundamentale: aer, apa, foc, pamant.

La inceputul anilor 1800, **John Dalton** a readus in actualitate ipoteza atomista a filozofilor greci. El a ajuns la aceasta idee studiind reactiile chimice, observand ca raportul cantitatilor care intra intr-o reactie este bine precizat. Daca elementele ar fi continue, nu e motiv ca ele sa reactioneze in proportii bine determinate. Dalton a presupus ca proportionalitatea macroscopica trebuie sa fie cauzata de o proportionalitate microscopica - adica substantele sunt alcatuite din atomi care reactioneaza intre ei in proportii bine determinate (ex. 2 parti H_2 , una O = H_2O).

La sfarsitul anilor 1800 si inceputul anilor 1900, s-a descoperit ca si atomul are o structura, ca nu e indivizibil. In experientele de electricitate, s-a pus in evidenta ca din atomii substantelor ies particule incarcate electric, care s-au numit electroni. **J.J. Thomson** (1897) a aratat ca aceste particule sunt negative, iar **Robert Millikan** (1906) a masurat sarcina si masa lor.

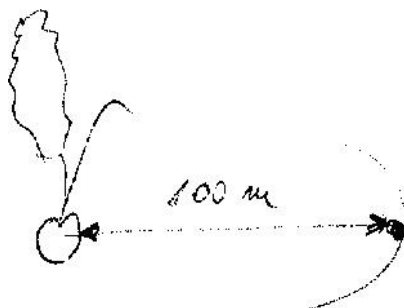
Dar spunem ca atomul este neutru, si pentru ca electronii sunt parti negative din atom, rezulta ca in atom trebuie sa mai existe alte entitati, pozitive, care sa neutralizeze sarcina electronilor.

Existenta entitatilor pozitive din atom a fost pusa in evidenta de cercetarile asupra fenomenului de radioactivitate, de la inceputul anilor 1900. Se cunosteau particulele alfa, masive si pozitive, emise in fenomenul de radioactivitate.

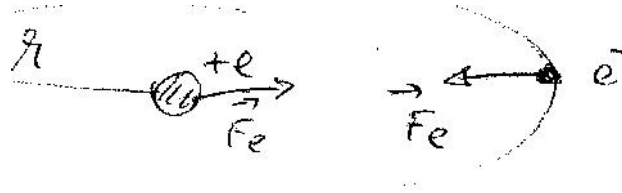
Ernest Rutherford (1911), in urma experientelor de imprastiere a particulelor alfa pe foite subtiri din aur, a tras concluzia ca atomul trebuie sa aiba un nucleu mic, masiv si pozitiv. In 1917 Rutherford a rupt nucleul de azot prin bombardare cu particule alfa si a pus in evidenta particula pozitiva constituenta a nucleului pe care a numit-o proton. Tot el a prevazut existenta unei alte particule din nucleu, neutra, neutronul. Neutronul a fos pus in evidenta in 1932 de **James Chadwick**. Astfel, s-a ajuns la o imagine a atomului analoga sistemului Solar, in care Soarele este echivalentul nucleului masiv alcatuit din protoni si neutroni, iar planetele sunt echivalentul electronilor ce se misca pe orbite in jurul nucleului.

Modelul planetar al atomului – atomul de hidrogen

Sa studiem, in limitele fizicii clasice, cel mai simplu atom, atomul de hidrogen. Atomul de hidrogen este format dintr-un nucleu cu masa mare si sarcina pozitiva $+e$ ($-e$ = sarcina electronului), si un electron cu sarcina negativa $-e$. Putem considera nucleul punctiform si fix deoarece masa sa este de aproximativ 1837 de ori mai mare decat masa electronului, constituind si centrul de masa al atomului. Dimensiunile atomului sunt de ordinul a 10^{-10} m, iar nucleul are dimensiunea de ordinul 10^{-14} m. Pentru o imagine mai sugestiva, daca nucleul ar fi de dimensiunea unei cirese, electronii s-ar misca pe raze cam de 100 m, deci atomul este mai mult gol (vid).



Forța care ține atomul “legat” este forța electrostatică de atracție dintre nucleu (proton) și electron.



Energia potentiala a sistemului va fi :

$$U(r) = \frac{-e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (1)$$

Energia cinetica (nerelativista) a sistemului electron-nucleu este:

$$E_c = \frac{m_0 v^2}{2} \quad (2)$$

unde m_0 masa de repaus a electronului.

Daca energia cinetica a sistemului este mai mica decat energia potentiala in valoare absoluta, electronul se va misca pe o orbita indusa si va executa o miscare periodica in jurul nucleului pe o elipsa (nucleul se afla in unul dintre focare). In acest caz spunem ca sistemul se afla intr-o stare legata. Energia totala a sistemului este negativa:

$$E_{tot} = E_c + U(r) = \frac{m_o v^2}{2} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (3)$$

Se defineste energia de legatura a sistemului electron-nucleu ca fiind egala cu lucrul mecanic necesar pentru a desface sistemul in parti componente izolate si in repaus

a) starea initiala $E_i = E_{tot}$

b) starea finala $E_F = 0$ ($U(r)=0$, $E_c=0$)

$$W_{leg} = L = \Delta E = E_F - E_i = 0 - E_{tot} = -E_{tot} \quad (4)$$

Sistemul este legat dacă energia sa de legatură este pozitivă, deci energia sa totală este negativă. Dacă unui sistem legat (unui atom) i se transferă o energie mai mare decât energia de legatură, el se desface, electronul părăsind atomul (are loc ionizarea atomului). Modelul planetar consideră atomul un sistem legat electron-nucleu de tipul celui descris mai sus. Alegem ca model simplificat modelul orbitelor circulare. O orbită circulară este stabilă dacă se îndeplinește condiția de echilibru (forța centripetă este egală cu forța electrostatică):

$$F_{cp} = F_e$$

$$\frac{m_o v^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (5)$$

Din (3) și (5) $\Rightarrow$

$$E_{tot} = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r} \quad (6)$$

Observăm că energia totală a atomului este negativă (între 0 și $-\infty$ se poate lua orice valoare) și că electronul se poate mișca prin o orbită de orice rază.



Deficiente ale modelului planetar

Una din deficiențele de bază a modelului planetar clasic, o constituie explicarea stabilității atomului. Electrodinamica spune că o sarcină electrică în mișcare accelerată (așa cum este electronul în mișcarea sa pe orbită) emite energie sub formă de radiație electromagnetică. Pe măsura ce electronul ar emite energie electromagnetică, energia sa ar scădea, și în consecință ar “cadea” pe nucleu. Un

astfel de sistem atomic nu ar fi stabil in timp, contrar evidentei ca atomii sunt stabili in timp.

Modelul planetar clasic nu poate de asemenea explica frecventele radiatiei electromagnetice emise de atomii excitati (spectrul de linii al hidrogenului).

Modelul atomic al lui Bohr

Postulatele lui Bohr

Pentru a surmonta deficientele modelului planetar clasic, Niels Bohr a introdus ca postulate concluziile impuse de datele experimentale.

1. Primul postulat a fost introdus pentru a explica stabilitatea sistemelor atomice: stările legate ale atomului sunt stări în care atomul nu absoarbe și nici nu emite energie. Aceste stări ale atomului se numesc *stări stationare*, deoarece atomul poate să se găsească într-o asemenea stare un timp oricât de lung, dacă nu este perturbat prin alte interacțiuni. Energiile stărilor stationare formează un sir discret de valori $E_1, E_2, \dots, E_n$.

2. Al doilea postulat explica interacțiunea atomilor cu radiația electromagnetică: atomii absorb sau emit energia numai la trecerea dintr-o stare stationară (m) în alta (n). Radiația emisă sau absorbită într-o asemenea tranziție are o frecvență ν_{mn} determinată de relația:

$$h\nu_{mn} = E_m - E_n \quad (7),$$

unde $h\nu_{mn}$ este energia fotonului emis sau absorbit, iar E_m și E_n sunt energiile stărilor stationare între care are loc tranziția, h - constanta lui Planck.

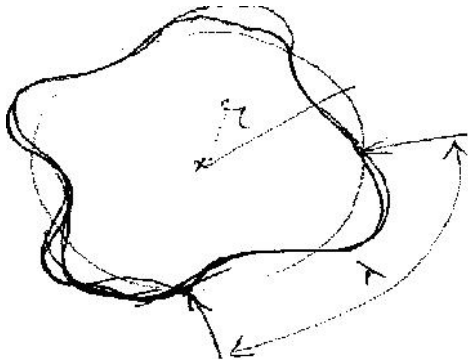
Al doilea postulat arată și că la tranziția între două nivele energetice, frecvența radiației emise de un atom este aceeași și cu cea pe care o poate absorbi atomul respectiv. Acest postulat explică faptul că frecvențele tranzițiilor atomice au valori discrete, sau cu alte cuvinte, spectrele de emisie (absorbite) sunt spectre de linii.

Conditia de cuantificare. O marime fizica se numeste “cuantificata” daca ea variaza in trepte (in portii, in cuante) si nu variaza continuu. Valoarea unei portii cu care variaza aceasta marime fizica se numeste *cuanta*. In continuare vom exprima valorile energiei totale a atomului (E_{tot}) si a razelor electronului in atomul de hidrogen (r), in lumina postulatelor lui Bohr.

In 1923 fizicianul francez Louis de Broglie a afirmat ca, asa cum lumina are un aspect dual unda-corpusul, orice corp in miscare (electron, proton, atom, etc) are si o comportare ondulatorie. Legatura dintre lungimea de unda asociata particulei λ si impulsul sau p este data de relatia lui Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{p} \Rightarrow p = \frac{h}{\lambda} \quad (8), \text{ unde } h - \text{constanta lui Planck iar } \varepsilon = h\nu.$$

In cazul miscarii electronului pe orbita in atom, unda asociata lui trebuie sa fie o unda stationara. Conditia ca unda sa fie stationara este ca lungimea sa de unda λ sa se cuprinda de un numar intreg de ori in lungimea traiectoriei circulare pe care se misca electronul .



Unda asociata electronului- unda stationara

Conditia de unda stationara se scrie: $2\pi r = n\lambda$ (9), $n = 1, 2, \dots$.

Cuantificarea razelor orbitelor electronilor

$$\text{Din rel. (8), (9) } \Rightarrow 2\pi r = n\lambda = \frac{nh}{p} \Rightarrow rp = \frac{nh}{2\pi} \quad (10)$$

$$\text{Din rel. (5) } \Rightarrow (m_o v r)^2 = (pr)^2 = r \frac{m_o e^2}{4\pi\varepsilon_0} \quad (11)$$

Inlocuind rel (10) in (11) =>

$$r = \frac{\varepsilon_0 h^2 n^2}{\pi m_0 e^2}, \quad n=1,2, \dots \quad (12)$$

Din rel. (12) rezulta ca electronii nu se pot misca pe orbite de orice raza (raza nu variaza continuu), ci ca razele orbitelor permise sunt discrete (raza variaza in trepte dupa valorile numarului intreg $n=1,2,\dots$).

Spunem ca razele orbitelor in atom sunt cuantificate. Raza primei orbite in modelul lui Bohr ($n=1$) este:

$$r_1 = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m_0 e^2} = 0,529 \cdot 10^{-10} m$$

Cuantificarea energiei totale a atomului

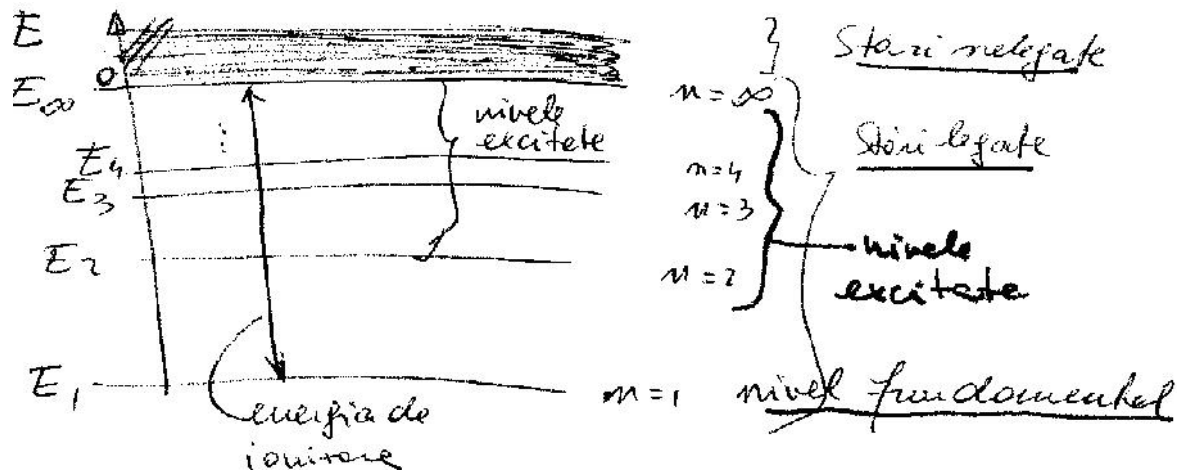
Inlocuind in rel (6) expresia cuantificata a razei (12) obtinem:

$$E_n = -\frac{m_0 e^4}{8 h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2} \quad (13)$$

Observam ca energia totala a atomului nu poate lua orice valoare, ci ca ea variaza in trepte (dand valori lui $n=1,2,\dots$). Spunem ca energia atomului este cuantificata. Numarul n se numeste *numar cuantic principal*.

Nivele de energie în atomul de hidrogen

O diagrama care conține o singură axă (ordonată) pe care se figurează liniile orizontale reprezentând valoarea energiei totale a atomului se numește *schema a nivelelor energetice* (Fig 5).



Schema nivelelor energetice ale atomului de hidrogen

Originea pe ordonată este aleasă în punctul $E=0$. După cum știm (rel. 13) energia totală a atomului (sau cu alte cuvinte, energia totală a electronului în atom) este negativă. Starea electronului pe nivelul E_1 ($n=1$) este numită *starea fundamentală* și este starea cu energia de legătură cea mai mare. În cazul atomului de hidrogen în stare fundamentală, electronul se află pe nivelul E_1 . Nivelele energetice $E_2, E_3, \dots, E_\infty$ se numesc *stări excitat* ale atomului (electronului). Stările cu energie pozitivă ($E>0$) sunt reprezentate deasupra valorii $E=0$ (pt $n \rightarrow \infty$). Un electron cu energie totală pozitivă înseamnă un electron care a părăsit atomul. Pentru ca un electron de pe nivelul fundamental să părăsească atomul, trebuie să primească o energie $\Delta E = |E_1 - E_\infty|$ care se numește *energia de ionizare*.

Stările energetice în care se găsește sistemul proton-electron legat unul de altul în atom se caracterizează prin energia totală negativă; aceste stări se numesc stări legate (fig. anterioară). Dacă i se “comunica” atomului o energie mai mare decât cea

corespunzatoare lui $\Delta E = |E_1 - E_\infty|$, electronul si protonul devin separati intre ei ($E_{tot} > 0$). Aceasta stare se numeste *stare nelegata*. Intr-o stare nelegata, energia de miscare a electronului invinge atractia columbiana care tine legat atomul.

Recapitulare: modele ale atomului de hidrogen

1. Modelul planetar : r - poate lua orice valoare (variaza continuu)

$$E_{tot} = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r}$$



$\Rightarrow E_{tot}$

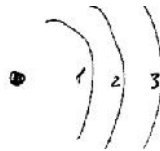
$\Rightarrow$ Deficiente

2. Modelul lui Bohr

Postulate

$$r_n = \frac{\epsilon_0 h^2 n^2}{\pi m_0 e^2} \quad n = 1, 2, \dots$$

r - este cuantificata



$$E_n = -\frac{m_0 e^4}{8h^2 \epsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}$$

E_n - este cuantificat

TRANZITII ATOMICE

$$E = -\frac{1}{n^2} \frac{m_0 e^4}{8 \varepsilon_0^2 h^2} = \frac{1}{n^2} E_H$$

Unde cu E_H se notează energia atomului de hidrogen în stare fundamentală ($n = 1$). Se observă că energia este minimă pentru $n = 1$, adică starea fundamentală este o stare de echilibru și are un timp de viață infinit. În acest caz, energia de legătură a electronului este maximă, fiind egală cu valoarea absolută a energiei unei stări legate. Celelalte stări ($n > 1$) se numesc stări excitate. Atomul are o infinitate de nivele de energie situate la intervale din ce în ce mai apropiate. La limită, pentru $n \rightarrow \infty$, energia tinde la valoarea zero. Energia de tranziție între două stări poate fi exprimată ca:

$$\varepsilon = \Delta E_{mn} = E_m - E_n = h \nu_{mn} = \frac{hc}{\lambda}$$

unde

ε - energia fotonilor emiși

$\Delta E = E_m - E_n$ - diferența dintre energia electronului la tranziția de pe nivelul m pe nivelul n

h - constanta lui Planck

ν_{mn} - frecvența asociată fotonului la tranziția $m-n$

$$h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$1 \text{ eV} = 1.19 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Știind că energia electronului pe nivelul n este

$$E_n = -\frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\varepsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Atunci frecvența fotonului emis la tranziția $m-n$ este, conform relațiilor

$$\nu_{mn} = \frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\varepsilon_0^2 h^3} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

Ținând cont de relația $\nu = \frac{c}{\lambda}$:

$$N = \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

Unde N se numește numărul de undă (arată de câte ori se cuprinde lungimea de undă într-un centimetru).

$$R = \frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\epsilon_0^2 h^3 c} \text{ se numește constanta lui Rydberg}$$

$$R = 1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

Figura de mai jos arată nivelele de energie în atomul de hidrogen și seriile spectrale ale hidrogenului. O serie spectrală reprezintă grupul de tranziții electronice de pe diferite nivele energetice m , pe același nivel n . Astfel, avem pentru

$n = 1$ - seria Lyman, în domeniul UV

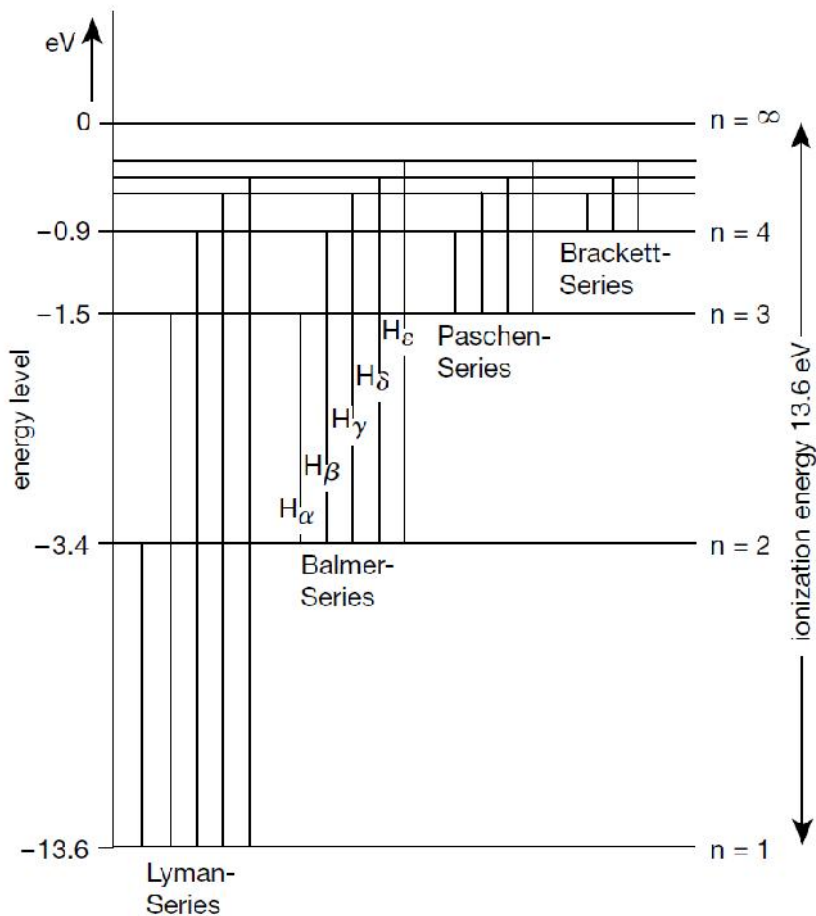
$n = 2$ - seria Balmer, în domeniul VIS

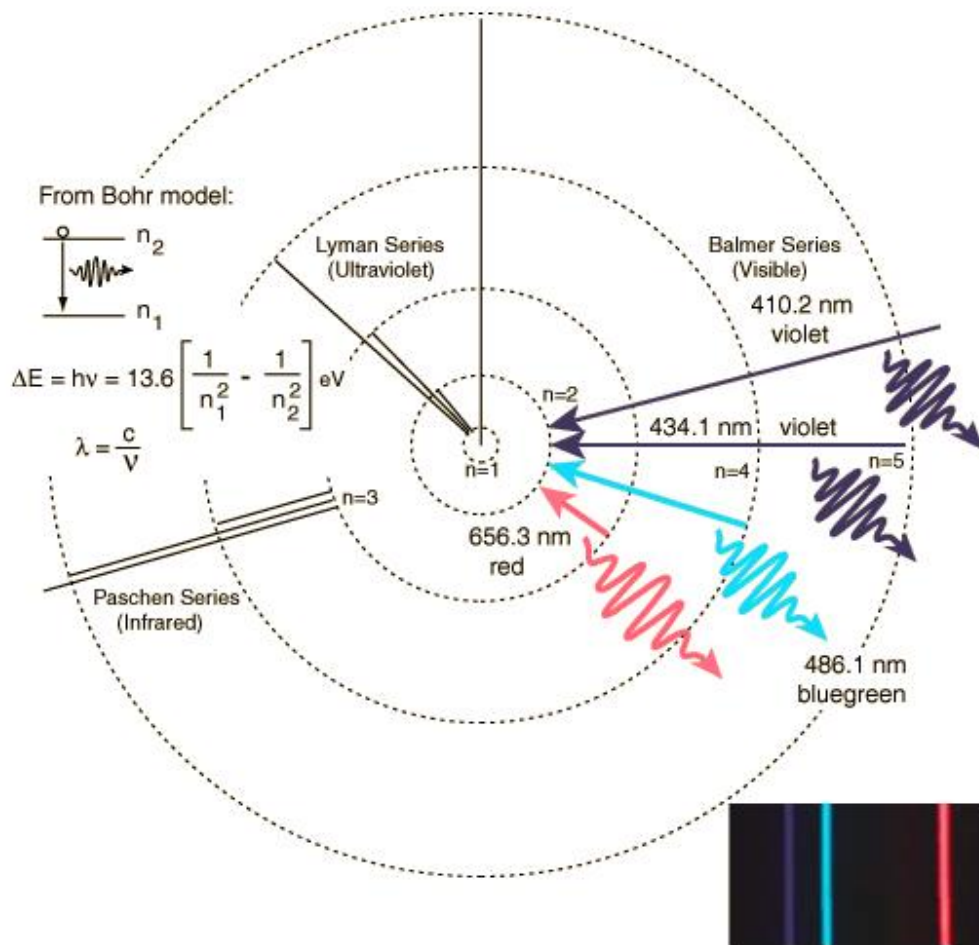
$n = 3$ - seria Paschen, în domeniul IR

$n = 4$ - seria Brackett, în domeniul IR

$n = 5$ - seria Pfund, în domeniul IR

Pentru un n dat, limita seriei se află pentru $m = \infty$.



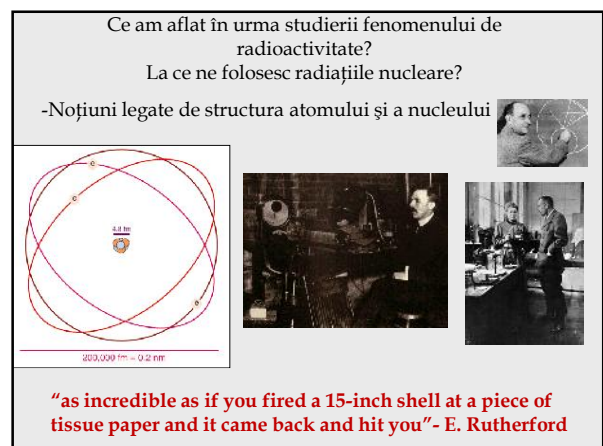
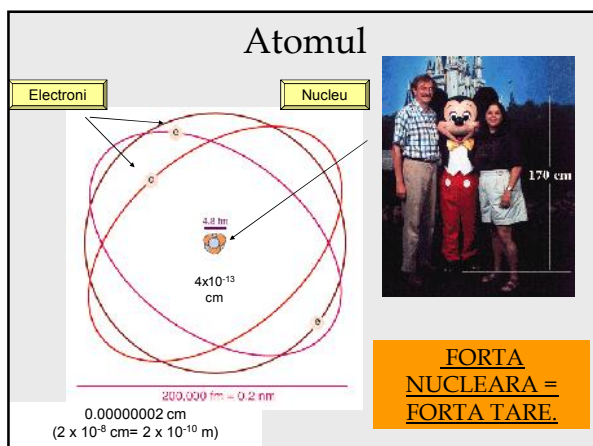
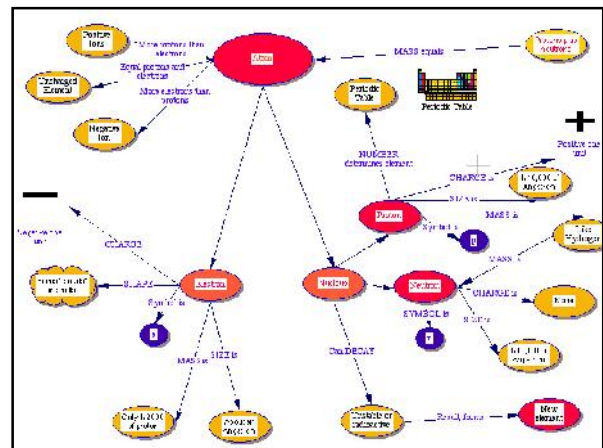
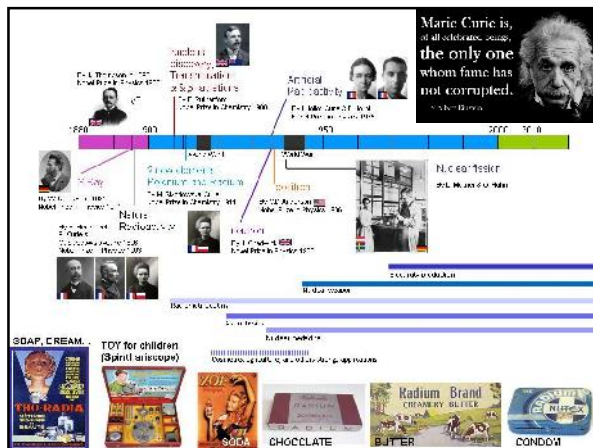
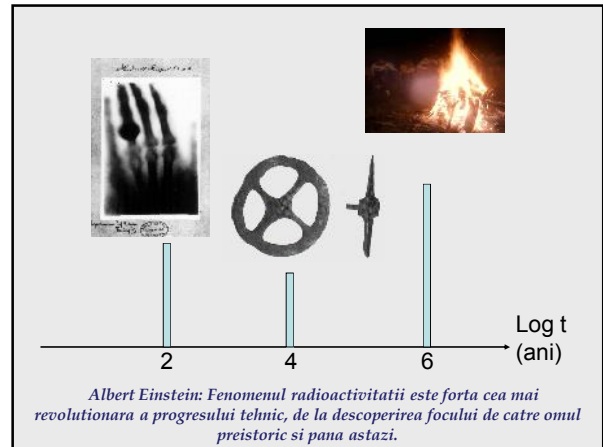


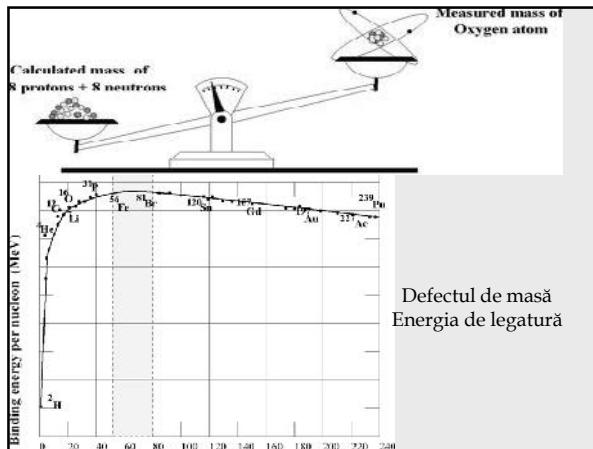
<http://astronomy.nmsu.edu/tharriso/ast105/Ast105week07.html>

Spectre de emisie pentru alti atomi:



NUCLEUL ATOMULUI ȘI FENOMENUL DE DEZINTEGRARE RADIOACTIVĂ





Nota: A =
Numar de masa =
Nr de protoni +
Nr de neutroni

Radiatiile alfa

Particulele alfa (α)

Dezintegrarea alfa

Radiu
 Rn^{226}

88 protoni
138 neutroni

→

Radon
 Rn^{222}

86 protoni
136 neutroni

+

α (4He)

2 protoni
2 neutroni

Particula alfa este un nucleu de heliu

Radiatiile beta - particule beta (β)

Dezintegrarea beta

Carbon
 C^{14}

6 protoni
8 neutroni

→

Azot
 N^{14}

7 protoni
7 neutroni

+

e^-

electron
(particula beta -)

+

$\bar{\nu}$

antineutrino

$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$

Sodiu
 Na^{22}

11 protoni
11 neutroni

→

Neon
 Ne^{22}

10 protoni
12 neutroni

+

e^+

electron
(particula beta +)

+

ν

neutrino

$p \rightarrow n + e^+ + \nu$

Forța slabă

Radiatiile gamma (γ)

Emisia gamma

Neon
 Ne^{20}

10 protoni
10 neutroni
(in stare excitata)

→

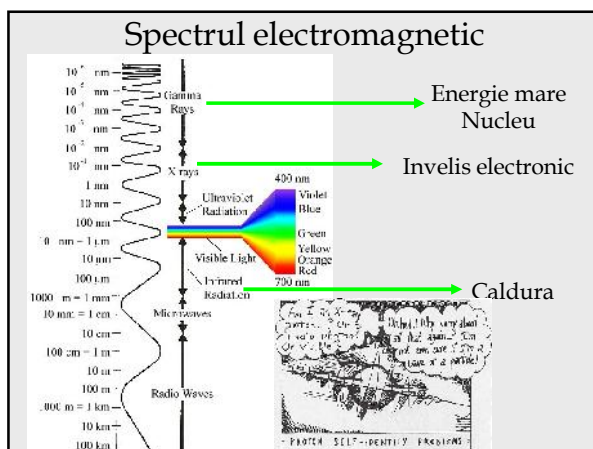
Neon
 Ne^{20}

10 protoni
10 neutroni
(intr-o stare energetica mai joasa- convenabila)

+

γ

gamma
foton



LEGEA DEZINTEGRĂRII RADIOACTIVE

$dN = -N \lambda \cdot dt$

semnul minus semnifică scăderea numărului de nuclee radioactive ($dN < 0$).

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = - \int_0^t \lambda dt \Rightarrow$$

$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

Nucleele radioactive sunt sisteme in stare metasabila.

Legea dezintegrării nu ne spune ce timp de viață are fiecare nucleu in parte.

Legea este valabila pentru un numar mare de nuclee.

Caracterul statistic al legii de dezintegrare radioactivă.

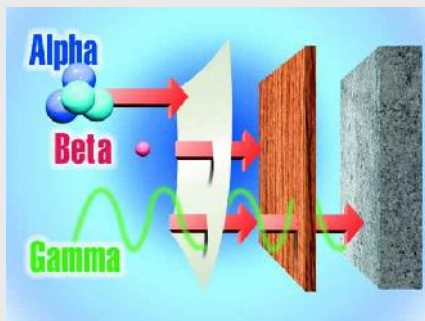
The Essential Exponential!
For the Future of Our Planet
by Albert A. Bartlett
Robert G. Parker, Vicki L. Parker, and John A. Rogers

CENTER FOR SCIENCE, MATHEMATICS & COMPUTER EDUCATION

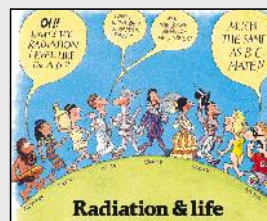
Interacțiunea radiațiilor alfa cu substanța.
Interacțiunea radiațiilor lor beta cu materia.

Interacțiunea
Radiațiilor
Gamma
Cu substanța

Interacțiunea
Neutronilor
Cu substanța



De ce RADIOACTIVITATE ÎN STUDIUL MEDIULUI ?



In fiecare ora, natural

100 milioane radiatii de natura cosmica



30 000 nuclee radioactive se dezintegreaza in plamanii nostri

10 milioane atomi K-40 se dezintegreaza in corpul fiecaruia dintre noi

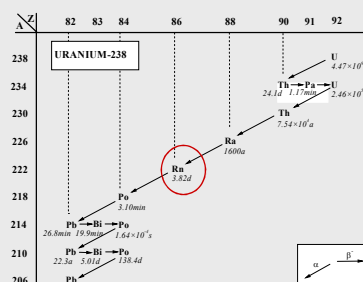
200 milioane γ din sol si materiale constructie

NORM - naturally occurring radioactive materials

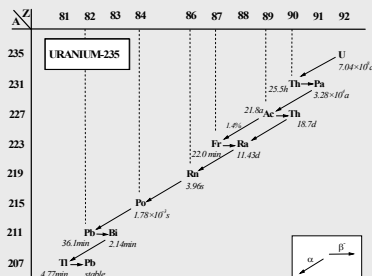
In mod natural se gasesc in mediu aproximativ 340 de tipuri de nuclizi, dintre care 70 sunt radioactivi.

- Radionuclizi primordiali
- Progeniturile radionuclizilor primordiali
- Radiatiile cosmice si radionuclizii formati in atmosfera sub actiunea acestor radiatii.

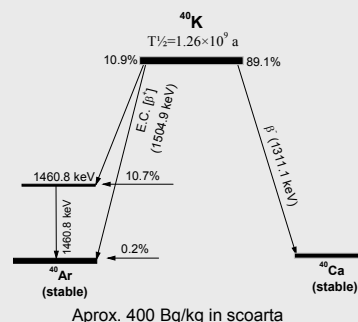
Sursele de expunere naturale telurice-seriile radioactive naturale



Sursele de expunere naturale telurice-seriile radioactive naturale



Sursele de expunere naturale telurice-radionuclizi primordiali



Radiatiile cosmice / clima/ incalzire globala

The discovery

"At six o'clock on the morning of August 7, 1912, a balloon ascended from a field near the town of Augsburg, in Austria..."
from Cosmic rays, Bruno Rossi



16 000 feet
=5000 m

Victor F. Hess took with him three electroscopes up to an altitude of about 16000 feet (without oxygen).

"The results of my observations are best explained by the assumption that a radiation of very great penetrating power enters our atmosphere from above."
Physikalische Zeitschrift, November 1912

Hess won the Nobel prize in 1936 for his discovery of cosmic rays. Millikan gave the name *cosmic rays* to the new radiation.

Radiatiile Cosmice primare

Exploziile supernovelor -
Radiatii cosmice galactice
Foarte enetice 10^{10} - 10^{20} eV
Ajung pana in Stratosfera
- 87% protoni
- 11% particule alfa
- 1% nuclee cu Z intre 4 si 26
- 1% electroni



Mare parte din afara sistemului solar (GCR)
O fractiune provin de la Soare (pot avea o contributie mare in afara atmosferei in cazul eruptiilor solare)

Pe Pamant - Interactiunea radiatiilor primare cu nucleele din atmosfera duc la aparitia

de electroni, radiatii gamma, neutroni si mezoni-radiatia secundara
Doar 0.05% din protonii primari ajung pana la nivelul marii.

Doza primita datorita acestor radiatii la nivelul marii este de 0.29 mSv/an si se dubleaza la fiecare crestere in altitudine de 2000 m.

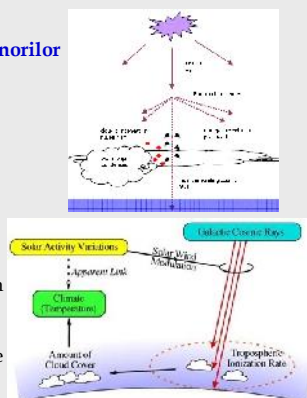
Radiatia cosmica si formarea norilor

Radiatiile cosmice ionizeaza atmosfera.

Producerea de aerosoli depinde de rata de ionizare.

-Relatia intre schimbarile climatice si cantitatea de ioni din troposfera

-Corelatie directa dintre activitatea solara si climat prin prisma faptului ca activitatea solara moduleaza fluxul de radiatii cosmice si prin urmare formarea norilor.



S	Solar constant (at 1 AU)	1360 W/m^2
S_0	Top of atmosphere	340 W/m^2
$S_0(1 - \alpha_p)$	Earth's albedo $\alpha_p = 0.3$	235 W/m^2
% change in T at 1000 m		1 $^{\circ}\text{C/K}$
Estimated radiative effect of increase in CO ₂ since 1750 and present		1.5 W/m^2
Doubling of CO ₂		4 W/m^2
Radiative effect of cloud (if cooling)		0.7-2.0 W/m^2

3 % variatie in cantitatea de nori - variatii de 0.8-1.7 W/m^2

Intensitatea radiatiilor cosmice care ajung la Pamant este mai mica in perioadele de activitate solara intensa deoarece campul magnetic al Soarelui este mai intens in perioadele de activitate solara intensa.

Radiatiile cosmice si activitatea solara sunt anticorelate.

Activitate solara mai mare - incalzire directa mai mare + formare de mai putini nori care duce la o noua incalzire.

TENORM- technologically enhanced naturally occurring radioactive materials

-Ingrasamintele fosfatice (produse prin procesarea unor roci fosfatice care sunt bogate in uraniu si radium)

-Exploatarea petroliera (zacaminte asociate cu roci fosfatice).

- Carbunii si in mod special cenusa rezultata in urma arderii lor.



Ce am aflat în urma studierii fenomenului de radioactivitate?

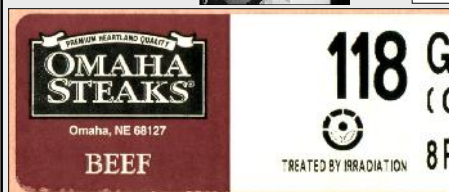
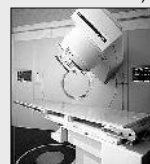
La ce ne folosesc radiatiile nucleare?

În medicină

-Tratament

-Diagnostic

Sterilizare



Ce am aflat în urma studierii fenomenului de radioactivitate?
La ce ne folosesc radiațiile nucleare?

Datate nucleară

- aplicatii in **taxonomie, arheologie, geologie, climatologie**

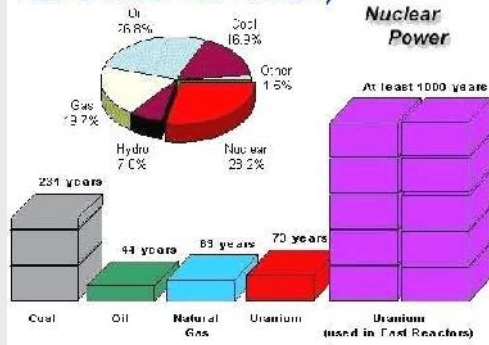


ENERGETICA NUCLEARA



*O descoperire in sine nu este niciodata buna sau rea...
Bun sau rau este numai modul in care oamenii o folosesc*

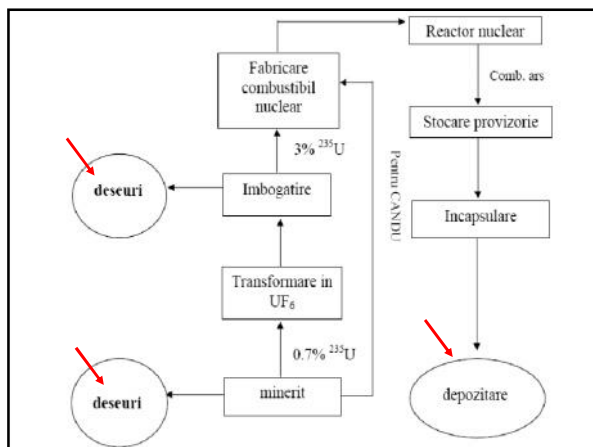
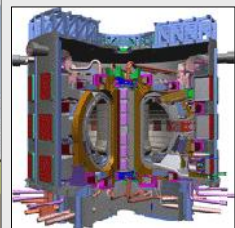
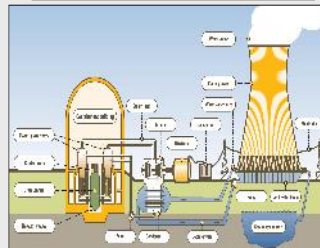
Fossil & Nuclear Fuel Availability



Energetica nucleara



UN reactor nuclear
NU POATE
EXPLODA
CA O BOMBA !



SITUATIA IN ROMANIA

Prima mina de uraniu a fost deschisa in anii 50 la Baita-Bihor si exploatarea de o companie sovietico- romana. Prelucrarea minereului s-a facut in Estonia, uraniul rezultat fiind preluat exclusiv de catre Uniunea Sovietica.

In anul 1978 a fost deschisa prima unitate de procesare a minereului Feldioara din judetul Brasov.

Compania Nationala a Uraniului desfasoara activitati de cercetare geologica si exploatare a zacamintelor de uraniu, prepararea minereurilor si rafinarea concentratelor. Combustibilul nuclear este realizat in **Fabrica de Combustibil Nuclear** de la Pitesti

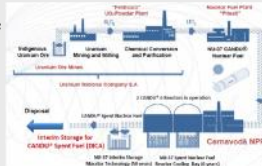
In prezent doua din unitatile centralei termonucleare de la Cernavoda (reactor de tip CANDU) sunt in stare de functionare. Acesti reactori sunt de tipul CANDU (Canadian/Deuterium/Uraniu), reactori ce folosesc ca combustibil uraniu natural iar ca moderator apa grea. Moderatorul (apa grea) este fabricat la Drobeta Turnu Severin.

In incinta fostei mine de la Baita-Bihor functioneaza un depozit de deseuri radioactive.

Aplicarea si respectarea cadrului legislativ este asigurata de Comisia Nationala pentru Controlul Activitatilor Nucleare (CNCAN)

Reactorul CANDU:

-funcționează cu oxid de uraniu neîmbogățit (0.7% U-235)
Nu are nevoie de un centru de îmbogățire.
Are nevoie de un moderator mai eficient pe bază de apă grea (puritate ridicată de 99,75%).
În circuitul primar de răcire apa grea circulă sub presiune la temperatura de 290°C.
Reactorul are 37 de canale orizontale în care se introduc 12 bare de combustibil de 0,5m în carcase rezistente la presiune din aliaj de zirconiu.



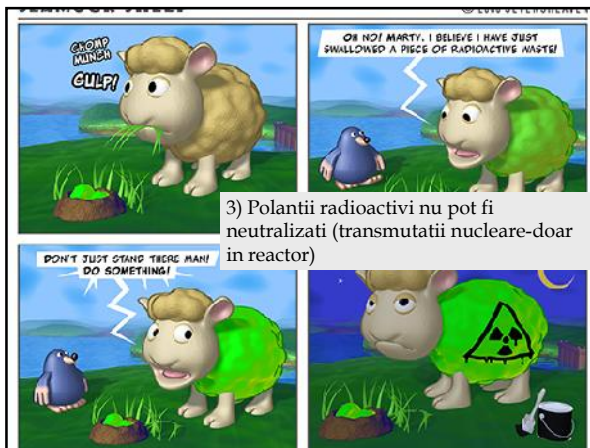
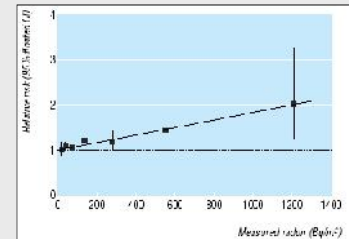
De ce ne temem când auzim radioactivitate?

1) Pericolul armelor nucleare



2) Risc – expunere
Crestere liniară
Fără prag

Paradoxul 1 mSv
Doza efectivă
Coefficient risc
 $5\%/Sv = 20 Sv$ un caz cancer
 $30 Bq/m^3 Rn = 1 mSv$ (ICRP-115/2010)



3) Polantii radioactivi nu pot fi neutralizati (transmutatii nucleare-doar in reactor)

Radioactivitatea mediului

Este un factor care trebuie monitorizat continuu

- Pentru detectarea surselor de radiații nucleare din mediu și pentru a cuantifica impactul acestora asupra mediului și sănătății umane
- Pentru a asigura că dozele de radiații din mediu monitorizat sunt în conformitate cu prevederile internaționale (ICRP, IAEA, EC) și naționale
- Pentru a evalua eficacitatea programelor de radioprotecție a mediului
- În cazul monitorizării unui mediu remediat se asigura că măsurile de remediere facute au fost eficiente.
- Pentru a asigura crearea de baze de date care pot fi folosite ulterior pentru a estima severitatea unei potențiale contaminări în viitor.

Reteaua nationala de supraveghere a radioactivitatii mediului – 2008.



Deteția radiațiilor nucleare

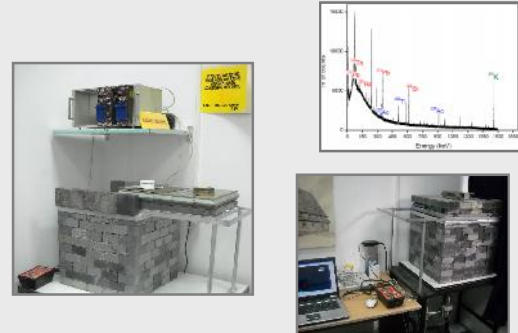
Tipuri de detectori

- Detectori cu gaz- un volum de gaz între doi electrozi
IONIZARE → curent electric
- Detectori cu scintilație – emisie fotonica (vizibil/UV) în urma interacțiunii radiațiilor nucleare cu materialul
→ lumina
- Detectori cu semiconductori – cristale ultra pure de germaniu sau siliciu sau dopate cu mici cantități de impurități
→ curent electric

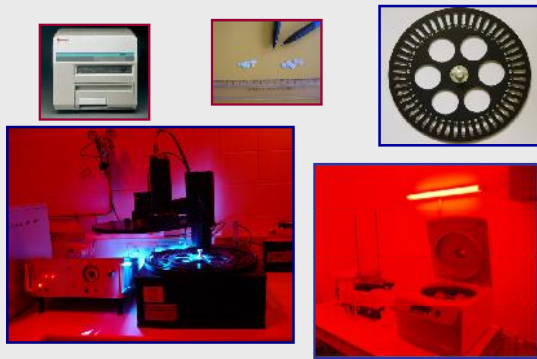
Laborator de radon



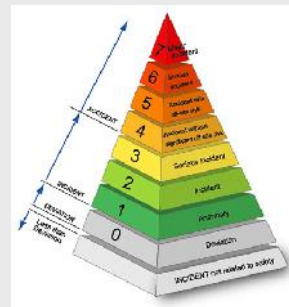
Laborator de spectrometrie alfa și gamma



Laborator de datare și dozimetrie prin termoluminescență



Accidente si hazarde nucleare



RADIOECOLOGIA

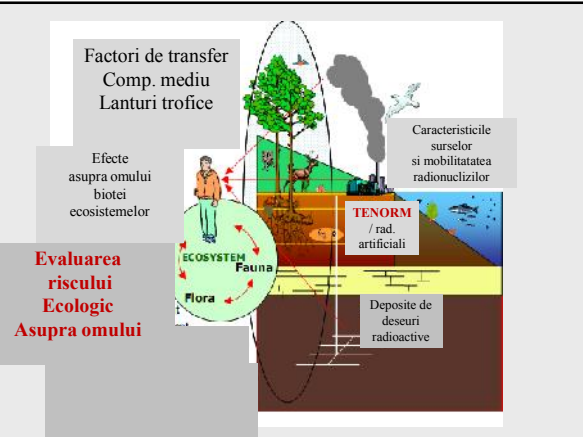
-Ca ramura științifică RADIOECOLOGIA s-a dezvoltat după primele teste nucleare, deoarece s-a dorit să se cunoască modul în care marea cantitate de radionuclizi eliberați în atmosferă vor afecta în principal sănătatea umană.

-Tradițional, obiectul central de studiu al radioecologiei reprezintă dispersia și migrarea radionuclizilor naturali și artificiali în mediu cu scopul de a evalua riscul expunerii populației la acești poluanți.

-Pentru populație se are în vedere ca efectele deterministice ale expunerii la radiații să fie nule iar efectele stocastice reduse cât mai mult posibil.

-Recomandarile ICRP din ultimii ani (2005-2010) condus la o nouă abordare a studiilor de radioecologie într-o perspectivă ecocentrică, holistică, a evaluării riscurilor ecologice aferente expunerii la radiații ionizante.

"Committee 5 is concerned with radiological protection of the environment. It will aim to ensure that the development and application of approaches to environmental protection are compatible with those for radiological protection of man, and with those for protection of the environment from other potential hazards." (ICRP 2007)



FENOMENUL OKLO

- 1972: In urma analizelor facute unui minereu de uraniu (provenit dintr-o exploatare din Gabon) in Franta s-a desoperit ca raportul abundentelor izotopice a U ($^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$) este anormal de joasa.

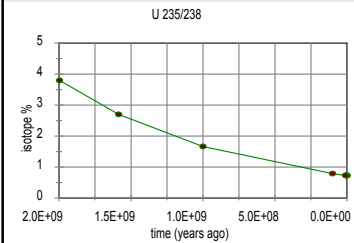
- In mod normal, $^{235}\text{U} = 0.7202\%$, $^{238}\text{U} = 99.2744\%$ iar $^{234}\text{U} = 0.0054\%$

- In acest zacament: $^{235}\text{U} = 0.7171\%$

- In anumite esantioane s-a gasit chiar $^{235}\text{U} = 0.44\%$



$T_{1/2}^{238}\text{U} = 4.51 \cdot 10^9$ ani
 $T_{1/2}^{235}\text{U} = 0.71 \cdot 10^9$ ani

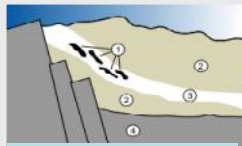


La formarea
sistemului solar
 $\text{Ab } ^{235}\text{U} = 17\%$
Acum $2 \cdot 10^9$ ani
 $\text{Ab } ^{235}\text{U} = 3.58\%$

$^{235}\text{U} \sim 3.5\%$
gradul de imbogatire a izotopului
 ^{235}U in U utilizat in reactoarele
care folosesc ca moderator
apa

Analizele ulterioare

- $\text{Ab } ^{235}\text{U} < 0.72\%$
- Nu a fost gasit ^{239}Pu , dar au fost gasite progenituri ale acestui nuclid.
- Nu au fost gasiti produsi de fisiune radioactivi dar au fost gasiti urmasii stabili ai unor produsi de fisiune.
- Reactorul functiona in pulsuri (pana la evaporarea apei)
- Pe baza cantitatii de urmasi ai produsilor de fisiune gasita s-a estimat ca reactorul a fost in stare de functiune circa 150 000 ani.
- S-a estimat o putere de aproximativ 100 KW
- Majoritatea produsilor de fisiune NU AU MIGRAT DIN ZONA ACTIVA in ciuda substratului poros, saturat cu apa!



- 1- zone active
- 2- gresie poroasa
- 3- zacament
- 4- granit

Studiile asupra fortelor nucleare-radioactivitatii- radiatiilor

- Experimentul lui Rutherford- deosebit de important pentru evolutia ulterioara a stiintei.
- Proiectul Manhattan – crearea mega-grupurilor de oameni de stiinta.
- Existenta armelor nucleare- Razboiul Rece- Intreaga configuratie geopolitica ulterioara.

Radiatiile si proprietatile lor

Radiația descoperită de Bequerel numită la început radiație uranică avea proprietăți asemănătoare radiației X:

- capacitate mare de penetrare a substanței
- impresionează placa fotografică
- ionizează aerul străbătut.

În 1898 Marie și Pierre Curie introduc termenul de radioactivitate. Ei pun în evidență proprietățile radioactive ale minereurilor care conțin thoriu. Tot ei arată că radioactivitatea nu este influențată de factori fizici: presiune, temperatură, umiditate, combinație chimică.

Tot în 1898 prelucrând mari cantități de pechblendă soții Curie reușesc să separe alte două elemente radioactive radiul și poloniul. Apoi într-un interval de timp relativ scurt au loc o succesiune de descoperiri importante: în 1899 se descoperă actiniul în 1903 se pun în evidență emanațiile radioactive de radon (^{222}Rn) thoron (^{220}Rn) și actinon (^{219}Rn). Dacă în 1904 se cunoșteau 20 de elemente radioactive naturale în 1912 numărul lor era de treizeci, iar în prezent se cunosc peste cinzeci de elemente radioactive naturale.

Inițial au fost găsite elemente radioactive numai printre cele cu $Z > 80$. Mai târziu au fost puse în evidență și elemente radioactive mai ușoare: K, Rb, Sm, Lu, Re și chiar printre cele foarte ușoare ^3T , ^{14}C .

În tabelul de mai jos sunt date câteva dintre elementele radioactive naturale precum și unele caracteristici ale lor (natura radiației emise, energia radiației si timpul de înjumătățire)

Elemente radioactive naturale

Elementul	Natura radiației	Energia (MeV)	Timpul de înjumătățire
^{238}U	α	4,27	$4,5 \cdot 10^9$ ani
^{232}Th	α	4,08	$1,4 \cdot 10^{10}$ ani
^{235}U	α	4,64	$7,1 \cdot 10^8$ ani
$^{226}_{88}\text{Ra}$	α	4,86	1622 ani

$^{210}_{84}\text{Po}$	α	5,4	138 zile
$^{40}_{19}\text{K}$	β -(CE)	1,32*	$1,3 \cdot 10^9$ ani
$^{87}_{37}\text{Rb}$	β -	0,273*	$5 \cdot 10^{10}$ ani
$^{147}_{62}\text{Sm}$	α	2,2	$1,3 \cdot 10^{11}$ ani
$^{187}_{75}\text{Re}$	β -	0,043*	$4 \cdot 10^{12}$ ani
$^{50}_{23}\text{V}$	β -(CE)	1,19; 2,39*	$5 \cdot 10^{15}$ ani
$^{14}_6\text{C}$	β -	0,42*	5650 ani
^3_1T	β -	0,018*	12,26 ani

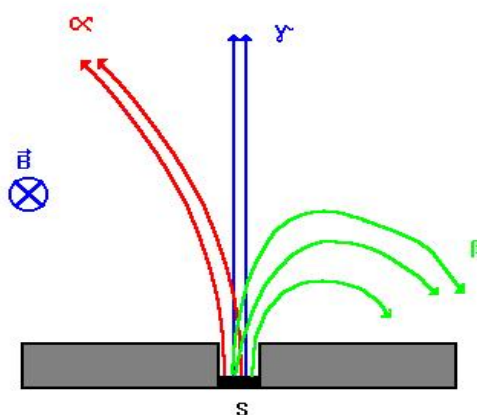
* energia maximă a spectrului β .

Proprietățile radiațiilor

Studiul asupra naturii acestor radiații inițiat de Rutherford în 1899 au pus în evidență trei categorii de radiații:

- **una încărcată pozitiv (nuclee de heliu);**
- **o radiație încărcată negativ cu proprietățile asemănătoare radiației catodice;**
- **o radiație fără sarcină și foarte penetrantă.**

Experiențe sistematice și îndelungate efectuate în perioada 1900 -1914 de echipa Rutherford (F. Soddy, H. Geiger, E. Madsen, J. Chadwick, O. Hahn) au stabilit natura și proprietățile celor trei feluri de radiații.. În figura de mai jos este reprezentată acțiunea unui câmp magnetic extern asupra celor trei tipuri de radiații. Sursa radioactivă (^{210}Po) plasata în interiorul unui cilindru de plumb, la baza acestuia, formeaza un fascicul paralel care poate fi vizualizat prin asezarea sursei în camera cu ceata. Campul magnetic perpendicular pe planul figurii va devia particulele din fascicul în functie de sarcina lor. Se observa ca fasciculul este împartit în trei componente dintre care una este nedeviată.



Deviererea radiatiilor in camp magnetic

Radiațiile alfa (α)

- Radiațiile α sunt slab deviate în câmp magnetic
- Fasciculul nefiind împrăștiat rezulta ca au un spectru discret de energie.
- Din măsurarea sarcinii specifice $\frac{q_{\alpha}}{m_{\alpha}}$ s-a găsit în 1914 că particulele α sunt nuclee de heliu (atomi de heliu dublu ionizați He^{++}).
- Au putere de ionizare mare, (de 10^5 ioni/cm) în aer în condiții normale de presiune și temperatură
- Se caracterizează prin capacitate mică de penetrare de ordinul centimetrilor în aer și de ordinul micronilor în solide și lichide.

Drumul pe care-l poate parcurge o particulă α depinde de viteza respectiv de energia pe care o are și care se pierde în urma proceselor de ionizare pe care le produce de-a lungul traiectoriei, pentru fiecare pereche de ioni, produsă în aer cheltuindu-se câte 32,5 eV.

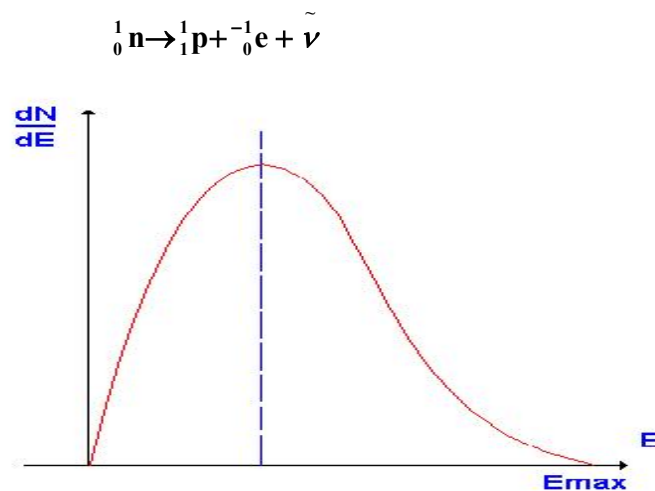
- Dependența parcursului de energie este dată de legea lui Geiger:

$$R = a E^{3/2}$$

unde $a = 0,318$ în cazul în care energia se exprimă în MeV și distanța parcursă în cm. Limitele de aplicabilitate ale relației de mai sus sunt pentru energii între $4 < E < 8$ MeV obținându-se parcursuri în intervalul $4 \text{ cm} < R < 8 \text{ cm}$.

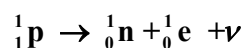
Radiațiile beta (β)

- Sunt puternic deviate în câmpuri magnetice sau electrice (invers decât radiațiile α).
- Din măsurarea sarcinii specifice $\frac{q_\beta}{m_\beta}$ s-a găsit că particulele β^- sunt electroni.
- Împrăștierea puternică în câmp magnetic arată că ele au un spectru continuu de viteze deci și de energii, radiatiile beta putând avea toate energiile cuprinse între valoarea zero și o energie maximă dată de diferența dintre energiile nucleului inițial și final ($0 - E_{\max}$). Spectrul energetic al particulelor β^- este reprezentat în figura de mai jos.
- Particulele β^- produc o ionizare specifică relativ mică, de aproximativ 100 ioni/cm în aer.
- Parcursul este de până la 1 metru în aer și câțiva milimetri în solide și lichide, energia maximă a spectrului β variind cel mai frecvent în intervalul [10 keV - 3 MeV].
- Dezintegrarea β^- apare la nucleele care au un exces de neutroni și se explică prin transformarea unui neutron din nucleu într-un proton și un electron conform următoarei scheme:



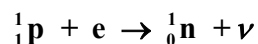
Spectrul radiatiilor beta

Dezintegrarea β^+ apare la nucleele cu surplus de protoni explicându-se prin transformarea unui proton într-un neutron și un pozitron:



unde ν și $\bar{\nu}$ reprezintă neutrinul, respectiv antineutrinul introduși la început din considerente de conservare a energiei și impulsului și apoi puși în evidență prin experimente.

Al treilea mod de dezintegrare β îl constituie captura electronică care se prezintă formal ca o dezintegrare β^+ și în care nucleul cu exces de protoni captează electroni de pe păturile interioare ale atomului respectiv, în special cei de pe pătura K, transformându-și excesul de protoni în neutroni:



Procesul este însoțit de emisie de radiație X caracteristică atomului respectiv.

Radiațiile gama (γ)

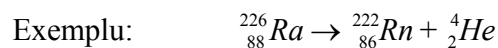
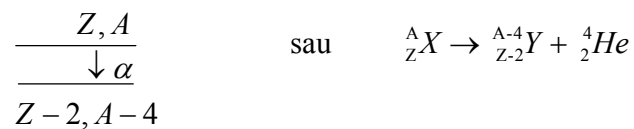
- Radiația γ nu este deflectedată în câmp magnetic sau electric.
- Este de natura electromagnetica având lungimi de unda foarte mici
- Este caracterizată prin mare putere de penetrație și ionizare specifică mică.
- Absorbția radiațiilor γ în substanță are un caracter net exponențial deci la aceste radiații parcursul este foarte lung și nu se poate determina.
- Radiațiile γ prezintă un spectru discret și însoțesc de obicei dezintegrările α și β . Observarea spectrului discret în cazul radiației γ implică existența în nucleu a unor nivele discrete de energie și la nivel nuclear.
- Energiile gama emise variaza în intervalul zecilor de keV și cativa MeV.

Nucleele rezultate în urma dezintegrărilor α și β în general se găsesc în stări excitate. Ele pot să revină în starea fundamentală după un timp foarte scurt, (aproape instantaneu) de la producerea dezintegrărilor α sau β , în acest caz dezintegrările sunt însoțite de radiații γ . Însă există cazuri când nucleele rămân mai mult timp în asemenea stări excitante, numite stări metastabile, ele vor reveni în starea fundamentală după un timp comparabil cu timpul de viață al stării metastabile, dând astfel naștere unei radioactivități γ pure numită și tranziție izomeră.

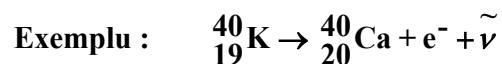
Legile deplasării (Soddy-Fajans-Russell)

Între anii 1906 - 1911 F. Soddy și Fajans au efectuat o serie de cercetări asupra schimbării proprietăților chimice a elementelor care suferă dezintegrări nucleare. După acumularea mai multor date experimentale în 1913, Soddy și Russell au formulat regulile:

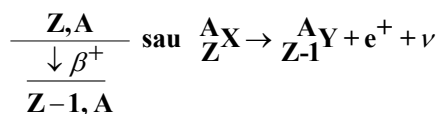
A). Prin emisia unei particule α se formează un nou element radioactiv care se deplasează cu două căsuțe la stânga în tabelul Mendeleev iar numărul de masă scade cu patru unități:



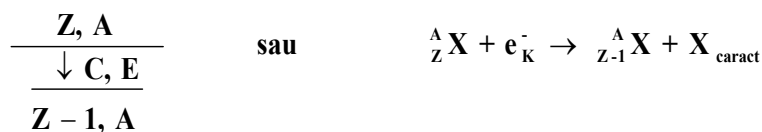
B). La emisia unei particule β^- avem o deplasare spre dreapta cu o căsuță în tabel iar numărul de masă rămâne neschimbat.



C). După descoperirea radioactivității artificiale și a pozitronului s-a pus în evidență și o radiație β^+ .



D) Tot la dezintegrarea β trebuie inclusă și captura de electroni care se prezintă formal ca o dezintegrare β^+ , și este întotdeauna însoțită de radiația X caracteristică:



LEGEA DEZINTEGRĂRII RADIOACTIVE

Constanta de dezintegrare λ

Pe baza a numeroase date experimentale se poate afirma că probabilitatea de dezintegrare λ a nucleului unui element radioactiv în unitatea de timp este aceeași pentru toate nucleele aceleiași specii și este independentă de influențele exterioare.

Dacă la un moment dat “ t ” avem N nuclee radioactive atunci în intervalul de timp dt imediat următor, probabilitatea de dezintegrare a fiecărui nucleu este λdt , iar numărul total de dezintegrări va fi $dN = N_f - N_i < 0$ este egal cu probabilitatea unuia înmulțită cu numărul de nuclee. Deci putem scrie:

$$dN = -N \cdot \lambda \cdot dt$$

semnul minus semnifică scăderea numărului de nuclee radioactive ($dN < 0$).

Integrând obținem, legea dezintegrării radioactive:

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = - \int_0^t \lambda dt \Rightarrow$$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Nucleele radioactive sunt sisteme în stare metasabila.

Legea dezintegrării nu ne spune ce timp de viață are fiecare nucleu în parte.

Legea este valabilă pentru un număr mare de nuclee.

Caracterul statistic al legii de dezintegrare radioactivă.

Probabilitatea q ca un atom să se dezintegreze, într-un interval scurt Δt este $q = \lambda \Delta t$, iar probabilitatea de a nu se dezintegra în acest interval, adică de a trăi timpul Δt este:

$$p = 1 - q = 1 - \lambda \Delta t.$$

Probabilitatea de a trăi timpul $t = k \Delta t$ este egală cu produsul probabilităților de a trăi în fiecare din intervalul de timp, adică:

$$p = (1 - \lambda \Delta t)^k = (1 - \lambda \Delta t)^{\frac{t}{\Delta t}} = \left[(1 - \lambda \Delta t)^{\frac{1}{\lambda \Delta t}} \right]^{-\lambda t}.$$

Dacă $\Delta t \rightarrow 0$ avem:

$$p = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[(1 - \lambda \Delta t)^{\frac{1}{\lambda \Delta t}} \right]^{-\lambda t} = e^{-\lambda t} \text{ și reprezintă probabilitatea de a trăi timpul } t.$$

În deducerea acestei relații am folosit relația matematică $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = e$.

Dacă avem inițial N_0 nuclee radioactive, atunci la momentul t au rămas nedezintegrate nucleele:

$$N_0 e^{-\lambda t} = N$$

obținându-se din nou legea dezintegrării radioactive.

Timpul de înjumătățire ($T_{1/2}$)

Timpul de înjumătățire este timpul după care numărul de nuclee radioactive se reduce la jumătate. În legea dezintegrării radioactive punând

$$N = \frac{N_0}{2} \text{ pentru } t = T_{1/2} \text{ obținem } \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda/T_{1/2}}$$

de unde rezultă că

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Timpul de înjumătățire este o caracteristică a oricărui element radioactiv și un criteriu de identificare a elementelor radioactive.

Activitatea

Este o mărime des folosită și caracterizează intensitatea unei surse radioactive, aceasta fiind egală cu numărul actelor de dezintegrare sau a particulelor emise în unitatea de timp.

$$\Lambda = \left| \frac{dN}{dt} \right|,$$

Rezultă că

$$\Lambda = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

Deci, pentru ca produsul λN_0 este activitatea initiala se poate scrie:

$$\Lambda = \Lambda_0 e^{-\lambda t}$$

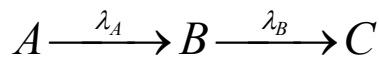
unde Λ_0 este aceasta activitate inițială a sursei.

Unitatea de măsură este bequerelul (Bq) $1\text{Bq} = 1 \text{ dez/s}$.

O altă unitate de măsură este Curiul și 1Ci reprezintă activitatea unui gram de radiu. ($1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ dez/s} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$).

Transmutații succesive - *Cazul a doi radionuclizi*

O transmutație nucleară succesivă se reprezintă printr-o schemă de forma:



în care:

A - este elementul generator; B - este elementul derivat; C - este elementul stabil.

Formula ce descrie dezintegrarea elementului generator A este dată de relația:

$$N_A = N_{0A} \cdot e^{-\lambda_A t}$$

Viteza de variație a elementului B se datorează compunerii dintre viteza de formare și cea de dezintegrare a elementului considerat deci variația numărului de nuclee B este:

$$\frac{dN_B}{dt} = \lambda_A N_A - \lambda_B N_B \text{ sau}$$

$$\frac{dN_B}{dt} + \lambda_B N_B = \lambda_A N_{0A} e^{-\lambda_A t}$$

unde $\lambda_A N_A$ reprezintă numărul de nuclee de tipul B ce se formează în unitatea de timp din cei de tipul A, iar $\lambda_B N_B$ numărul celor care dispar prin dezintegrare. Ecuația obținută este o ecuație diferențială neomogenă de gradul I cu coeficienți constanți care se poate rezolva prin metoda variației constantei. Soluția care ne da numărul de nuclee nedezintegrate de tipul B după timpul t va fi:

$$N_B(t) = \frac{\lambda_A N_{0A}}{\lambda_B - \lambda_A} \cdot (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t})$$

Activitatea elementului derivat va fi deci:

$$\Lambda_B = \lambda_B N_B(t) = \frac{\lambda_A \lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A} N_{0A} (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t})$$

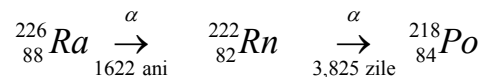
iar raportul activităților celor două elemente genetice legate este:

$$\frac{\Lambda_B}{\Lambda_A} = \frac{\lambda_B N_B}{\lambda_A N_A} = \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A} \left[1 - e^{-(\lambda_B - \lambda_A)t} \right]$$

Echilibrul secular

Este cazul în care $\lambda_A \ll \lambda_B$ deci $T_{1/2}(A) \gg T_{1/2}(B)$.

Ca și exemplu putem considera lanțul radioactiv:



Avem

$$N_A(t) = N_{0A} e^{-\lambda_A t} \cong N_{0A} = \text{constant}, \text{ pentru } t \ll T_{1/2}(A)$$

$$\Lambda_A = \lambda_A N_A \cong \lambda_A N_{0A} = \text{constantă}$$

Deoarece pentru un t mare ($t \gg T_{1/2}(B)$) avem $e^{-\lambda_B t} \rightarrow 0$ obținem:

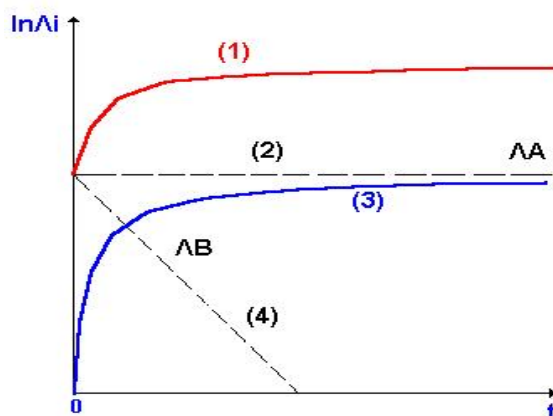
$$\Lambda_B = \frac{\lambda_A \lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A} \cdot N_{0A} e^{-\lambda_A t} = \frac{\lambda_A \lambda_B N_{0A}}{\lambda_B - \lambda_A}$$

deci:

$$\frac{\Lambda_B}{\Lambda_A} = \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A} \cong 1, \text{ deoarece } \lambda_A \ll \lambda_B$$

de unde obținem ecuația echilibrului secundar:

$$\Lambda_B = \Lambda_A \text{ sau } \lambda_B N_B = \lambda_A N_A$$



- 1) Activitatea totală a substanței A în amestec cu substanța B; 2) și 4) activitățile substanțelor A și B izolate; 3) activitatea substanței B în legătură cu substanța A

MODEL SUBIECT EXAMEN

NUME

SPECIALIZARE

GRUPA

1. (0.25p) Domeniul vizibil al spectrului electromagnetic are lungimea de undă cuprinsă între
 - a) 400nm și 760nm
 - b) $400 \cdot 10^{-9} \text{m}$ - $760 \cdot 10^{-9} \text{m}$
 - c) 0.76-0.4 μm
2. (0.25p) Temperatura de 20°C corespunde la.....K.
3. (0.25p) În transformarea izoterma:
 - a) Nu se efectuează lucru mecanic
 - b) Volumul este constant
 - c) Nu se face schimb de căldură cu mediul.
 - d) Temperatura rămâne constantă
4. (0.25p) Ce înțelegeți prin noțiunea de mol?
5. (0.25p) Un microscop optic poate fi realizat din :
 - a) Doua lentile convergente
 - b) O lentilă convergentă și o lentilă divergentă.
 - c) Doua lentile divergente
6. (0.25p) Ce înțelegeți prin noțiunea de viteză supersonică?
7. (0.25p) Radiațiile X se propagă:
 - a) Cu viteza sunetului
 - b) Din aproape în aproape
 - c) Cu viteza luminii

8. (0.25p) Definiți capacitatea calorică.
9. (0.5p) Descrieți pe scurt modurile prin care energia poate fi transferată sub formă de căldură de la un corp la altul.
10. (0.25p) O variație de temperatură de 45K exprimată în grade Celsius este de..... Explicitați.
11. (0.25p) O particulă β^+ este :
- a) Un pozitron
 - b) Un proton
 - c) Formată din doi protoni și doi neutroni
 - d) Un atom de heliu (He) dublu ionizat
 - e) Un electron
12. (0.25p) Sunetul se propagă cu o viteză mai mare în aer decât în oțel
- a) Adevărat
 - b) Fals

13. (0.5p) Ce înțelegeți prin fenomenul de refracție al luminii?

14. (0.50p) Explicitați simbolurile care apar în exprimarea matematică a legii dezintegrării radioactive $N=N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$N =$

$N_0 =$

$e =$

$\lambda =$

$t =$

Explicați în cuvinte semnificația acestei legi.

15. (0.50p) Enunțați și explicați cel puțin una din formulările Principiului II al termodinamicii.

16. (0.25p) Frecvența radiației din ultraviolet spectrului electromagnetic estedecât frecvența undelor radio.
17. (0.5p) ^{226}Ra are timpul de înjumătățire de 1600 ani. După cât timp numărul de nuclee din această specie se va reduce la 50% din valoarea inițială? Dar la 20% din valoarea inițială.
18. (0.5p) Absorbția luminii. Legea Beer-Lambert.

19. (0.25p) Lungimea de undă a unei radiații luminoase
- a) Se modifică la reflexia radiației
 - b) Rămâne neschimbată la trecerea dintr-un mediu în altul.
 - c) Se modifică la refracția luminii.
20. (0.25p) Care este distanța focală a unei lentile subțiri cu convergența de 20cm^{-1} ?
21. (0.25p) Randamentul unei mașini termice este
- a) $\eta = Q/L$
 - b) $\eta = 1 - L/Q$
 - d) $\eta = L/Q$
- unde L este lucru mecanic efectuat, iar Q este căldura primită.
22. (0.25p) Efectul fotoelectric extern constă în
- a) Emisia de electroni de către un filament parcurs de current electric
 - b) Bombardarea unei plăci metalice de către un flux de electroni.
 - c) Emisia de electroni de către o placă metalică sub acțiunea radiației electromagnetice
 - d) Bombardarea unei plăcuțe subțiri de aur cu particule alfa.
23. (0.25p) Un copil se apropie cu distanța de 0.25m de o oglindă plană verticală. Cu cât se micșorează distanța dintre copil și imaginea sa?
24. (0.5 p) Nivelul intensității (tăriei) acustice (în dB) este definit ca $N_s = 10 \cdot \log_{10}(I/I_0)$ unde I_0 este pragul audibilității având o intensitate acustică de 10^{-12} W/m^2 . Care este nivelul intensității acustice pentru sunetul generat de utilajele dintr-o fabrică, dacă intensitate acustică de 10^{-4} W/m^2 ?

25. (0.25) Modelul lui Bohr

- a) Explică emisiile spectrale ale atomului de hidrogen
- b) Se bazează pe postulate
- c) Nu poate explica emisiile spectrale ale atomilor cu mai mulți electroni
- d) Prezintă un model planetar pentru atomul de hidrogen
- e) Reprezintă un model nuclear

26. (0.75p) Ce sunt undele electromagnetice? Scurtă clasificare-spectrul electromagnetic.