

# **EXAMEN LICENTA 2024**

**REZUMATELE SUBIECTELOR  
SI BIBLIOGRAFIA RECOMANDATA  
PENTRU PROBA 1 (EXAMEN ORAL)**

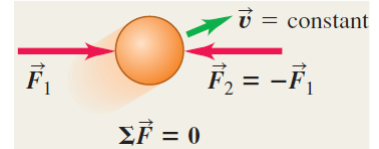
## **SPECIALIZAREA FIZICA MEDICALA**

**SUBIECTUL 1**

**Principiile mecanicii newtoniene**

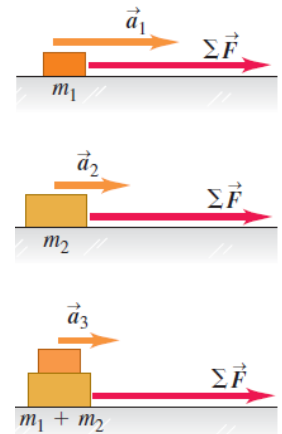
Mecanica clasică, elaborată în esență de Isaac Newton, se bazează pe trei legi foarte generale, numite *principii*. Separat de aceste principii Newton a formulat principiul independenței acțiunii forțelor. Toate celelalte legi ale mecanicii newtoniene se deduc din aceste principii, ca *teoreme*. Formularea principiilor mecanicii newtoniene ține cont de următoarele ipoteze: a) spațiul și timpul sunt absolute, b) masa este independentă de viteză, c) masa unui sistem de corpuri închis este independentă de procesele interne din acel sistem (masa nu se creează și nu dispare).

**Principiul inerției (principiul întâi).** A fost descoperit de Galilei (1632) și formulat de Newton (1686): *Un punct material își menține starea de repaus sau de mișcare rectilinie uniformă atât timp cât asupra sa nu acționează alte corpuri care să-i schimbe această stare de mișcare.* Proprietatea corpurilor de a-și menține starea de repaus sau de mișcare rectilinie uniformă, în absența



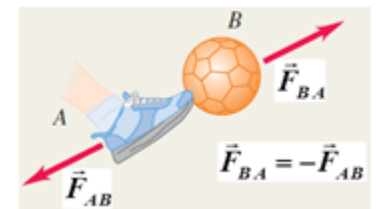
acțiunilor exterioare, respectiv de a se opune la orice acțiune exterioară care încearcă să le schimbe starea de repaus sau de mișcare rectilinie uniformă se numește *inerție*. O măsură a inerției este *masa*. Sistemele de referință în care este valabil principiul inerției se numesc *sisteme de referință inerțiale*. Principiile mecanicii newtoniene sunt valabile în sistemele de referință inerțiale.

**Principiul fundamental (principiul al doilea, al forței).** Corpurile care interacționează exercită unul asupra celuilalt câte o *forță*. O forță aplicată unui corp poate modifica mărimea și direcția vitezei corpului, adică îi imprimă o *acelerație*. *Principiul al doilea stabilește proporționalitatea directă între accelerație și forța care a produs-o, accelerația și forța fiind vectori care au aceeași direcție și același sens:*  $\vec{a} = \vec{F} / m$ ; în această ecuație a principiului al doilea  $m$  este masa corpului. Principiul al doilea, scris sub forma  $\vec{a} = \vec{F} / m$ , reprezintă o relație cauzală care arată cum efectul ( $\vec{a}$ ) depinde de cauză ( $\vec{F}$ ). Dacă se cunosc masa și accelerația se poate determina forța care a produs accelerația:  $\vec{F} = m\vec{a}$ . În ecuațiile de mai sus nu se spune nimic despre natura forței: ea poate fi de natură gravitațională, electrică, elastică, de frecare, etc. De aceea, pentru determinarea mișcării unui corp trebuie cunoscută și *legea forței* (de exemplu, legea atracției gravitaționale, legea interacțiunii electrice, legea lui Hooke, etc).



Definind impulsul punctului material ca  $\vec{p} = m\vec{v}$  rezultă că forța este egală cu viteza de variație a impulsului punctului material:  $\vec{F} = d\vec{p} / dt$ . În mecanica clasică, relațiile  $\vec{F} = m\vec{a}$  și  $\vec{F} = d\vec{p} / dt$  scrise pentru un punct material sunt echivalente.

**Principiul acțiunii și reacțiunii (principiul al treilea).** Enunțul principiului este următorul: *Dacă un corp acționează asupra altui corp cu o forță, numită acțiune, cel de-al doilea corp acționează asupra primului cu o forță egală în modul și de sens opus, numită reacțiune.* Cele două forțe, acțiunea și reacțiunea, sunt aplicate unor corpuri diferite și acționează *simultan*. Mai trebuie menționat faptul că acest principiu se aplică în mecanică atât în cazul contactului direct dintre corpuri, cât și în cazul acțiunilor ”la distanță” (de exemplu, în cazul atracției gravitaționale).



**Principiul independenței acțiunii forțelor.** Enunțul principiului este următorul: *Dacă asupra unui punct material acționează simultan mai multe forțe, accelerația imprimată punctului material este egală cu suma vectorială a accelerațiilor pe care le-ar avea punctul material sub acțiunea separată a fiecărei forțe:*

$$\vec{a} = \sum_i \vec{a}_i = \sum_i (\vec{F}_i / m) = \vec{F} / m, \text{ unde } \vec{F} = \sum_i \vec{F}_i .$$



**Bibliografie:** A. Hristev, *Mecanică și acustică*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1984

## SUBIECTUL 2

### Lucrul mecanic și energia mecanică în cazul punctului material

**Lucrul mecanic al unei forțe constante în mișcarea pe o dreaptă.** Forțele pot produce deplasări ale corpurilor pe o direcție oarecare. O măsură a efectului util al forței în acest proces este dată de lucrul mecanic, definit prin produsul dintre deplasare și componenta forței pe direcția deplasării; componenta normală a forței nu poate contribui la deplasarea dată, deci ea nu efectuează lucru mecanic. Astfel, lucrul mecanic efectuat de o forță constantă  $\vec{F}$  la deplasarea  $\vec{s}$  a unei particule de-a lungul unei drepte se definește ca fiind egal cu produsul scalar dintre forță și deplasare,  $L = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos \phi$ , unde  $\phi$  este unghiul dintre  $\vec{F}$  și  $\vec{s}$ .

**Lucrul mecanic al unei forțe variabile în mișcarea pe o dreaptă.** Dacă particula se deplasează de-a lungul axei  $x$  iar forța depinde de poziția particulei, adică  $F = F_x(x)$ , lucrul mecanic este  $L = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx$  și este numeric egal cu aria cuprinsă între graficul forței și axa  $x$  (între  $x_1$  și  $x_2$ ).

**Lucrul mecanic al unei forțe variabile în mișcarea pe o curbă.** Dacă particula se mișcă pe o curbă oarecare și poziția ei este specificată cu ajutorul vectorului de poziție  $\vec{r}$  lucrul mecanic este dat de integrala curbilinie  $L = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{r}$ . În general, rezultatul integrării depinde de curba pe care se deplasează particula între punctele  $\vec{r}_1$  și  $\vec{r}_2$ .

Dacă rezultatul integrării nu depinde de drum ci doar de poziția punctelor  $\vec{r}_1$  și  $\vec{r}_2$  se spune că forța  $\vec{F}(\vec{r})$  este *conservativă* (exemple: forța de atracție gravitațională, forța elastică). Lucrul mecanic al unei forțe conservative pe un drum închis este zero. O altă condiție prin care se poate verifica dacă o forță este conservativă este ca  $\nabla \times \vec{F} = 0$ .

**Teorema energiei cinetice.** Variația energiei cinetice a unei particule la deplasarea între două puncte din spațiu este egală cu lucrul mecanic efectuat de rezultanta forțelor (*conservative* și *neoconservative*) pentru deplasarea particulei între cele două puncte, pe un anumit drum:  $\Delta E_c = E_c(2) - E_c(1) = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{r} = L$ . În formă diferențială, teorema energiei cinetice se scrie  $dE_c = dL$ .

**Energia potențială.** În cazul forțelor *conservative* integrala  $\int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{r}$  depinde doar de poziția punctelor  $\vec{r}_1$  și  $\vec{r}_2$  și atunci se poate defini o funcție de poziție  $U(\vec{r})$  astfel încât să putem scrie  $\int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{r} = -U(\vec{r}_2) + U(\vec{r}_1)$ .  $U(\vec{r})$  se numește *energia potențială* a particulei. Folosind și teorema energiei cinetice, rezultă că în cazul forțelor conservative avem  $E_c(1) + U(1) = E_c(2) + U(2) = E$ .  $E$  se numește *energie mecanică totală* a particulei. Ultimul rezultat arată că atunci când asupra particulei acționează doar forțe conservative energia mecanică totală se conservă. Dacă se cunoaște energia potențială a particulei se poate afla forța care acționează asupra acesteia folosind operatorul gradient:  $\vec{F} = -\nabla U$ .

**Teorema energiei mecanice.** Variația energiei mecanice totale a unei particule la deplasarea între două puncte din spațiu este egală cu lucrul mecanic efectuat de rezultanta forțelor *neoconservative* pentru deplasarea particulei între cele două puncte, pe un anumit drum:  $\Delta E = E(2) - E(1) = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F}^{nc}(\vec{r}) \cdot d\vec{r} = L^{nc}$ . Dacă asupra particulei *nu* acționează forțe *neconservativă* atunci  $L^{nc} = 0$  și rezultă că energia mecanică a particulei *se conservă*.

**Bibliografie:** A. Hristev, *Mecanică și acustică*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1984

## ELECTRICITATE SI MAGNETISM

Prof.univ. Dr. Marin Catalin

### SUBIECTUL 3

#### Proprietatile conductoarelor in echilibru.

##### a ) Câmpul electric este zero în toate punctele

De fapt, dacă nu ar fi zero, sarcinile electrice libere în conductor ar fi supuse acțiunii câmpului, forțelor care dau naștere la mișcarea sarcinilor. De aici ar rezulta curenți în conductor, ceea ce ar fi în contradicție cu ipoteza de echilibru al conductorului.

Deci :

$$\begin{array}{c} \text{într-un conductor în echilibru} \\ \vec{E} = 0 \end{array}$$

##### b ) Potențialul este constant in interior

Această proprietate rezultă din cea precedentă, câmpul electric  $\vec{E}$  derivând dintr-un potențial :

$$\vec{E} = -\text{grad } V \quad \text{cu} \quad \vec{E} = 0$$

De unde :

$$\begin{array}{c} \text{într-un conductor în echilibru} \\ V = \text{CONSTANT} \end{array}$$

Suprafața conductorului este o suprafață echipotențială.

##### c ) Densitatea de sarcină în volum este nulă.

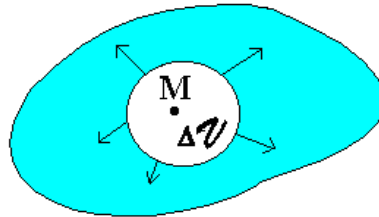


Figura 1

Fie un element de volum  $\Delta V$  în jurul punctului oarecare M dintr-un conductor în echilibru și  $(\Delta S)$  suprafața care limitează acest element de volum. Fie  $\rho$  densitatea de sarcină în M. Aplicarea teoremei Gauss la suprafața închisă  $(\Delta S)$  conduce la :

$$\oint_{(\Delta S)} \vec{E} \cdot \vec{n} \, dS = \frac{1}{\epsilon_0} \rho \Delta V$$

Câmpul  $\vec{E}$  fiind nul , rezultă același lucru pentru r.

$$\begin{array}{c} \text{într-un conductor în echilibru} \\ \rho = 0 \end{array}$$

#### OBSERVAȚII

a ) Condiția  $\rho = 0$  pare să fie în contradicție cu prezența sarcinilor libere într-un conductor. Dar,  $\rho$  este o mărime macroscopică și relația  $\rho = 0$  semnifică faptul , că orice element de volum , de dimensiuni mari pe scară atomică , este neutru din punct de vedere electric.

b ) Dacă un conductor este încărcat electric, sarcina se găsește pe suprafața conductorului.

## SUBIECTUL 4

### Forța Lorentz.

Fie o sarcină  $q$  care se mișcă cu viteza  $v$  într-o porțiune din spațiu în care există un câmp magnetic de inducție magnetică  $B$ . Asupra sarcinii se va exercita o forță magnetică  $F$ , numită forța Lorentz, dată de relația:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Forța Lorentz este perpendiculară pe planul determinat de vectorii  $qv$  și  $B$ , iar direcția se poate afla prin regula mâinii drepte, regula burghiului, sau matematic.

Modulul forței Lorentz este:  $F = qvB \sin \alpha$  unde  $\alpha$  este unghiul făcut între vectorii  $qv$  și  $B$ .

În Figura 2 sunt ilustrate forțele Lorentz pentru cazurile  $q > 0$  și

$q < 0$ . De observat, că vectorul  $qv$  nu are același sens cu vectorul  $v$  dacă sarcina este negativă!

**Regula mâinii drepte:** degetele de la mâna dreaptă sunt îndoite în direcția de rotire de la vectorul  $qv$  spre vectorul  $B$ , iar degetul mare indică sensul forței Lorentz (forței magnetice)  $F$ .

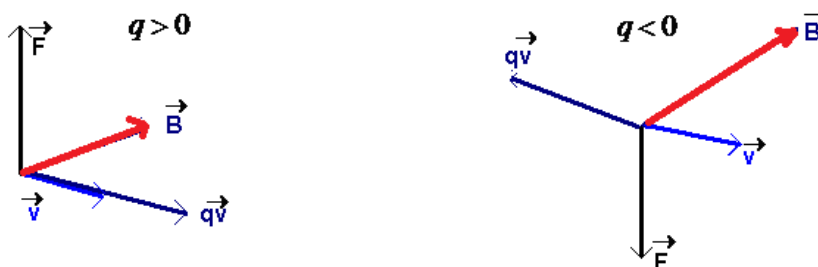


Figura 2.

În cazul aplicării concomitente a unui câmp electric  $E$  și a unui câmp magnetic de inducție  $B$ , forța  $F$  care va acționa asupra unei sarcini  $q$  aflată în mișcare cu viteza  $v$ , va fi:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

Câmpul magnetic are o acțiune asupra sarcinii  $q$  **doar dacă** aceasta se mișcă (dacă  $v = 0 \Rightarrow F = 0$ ).

Unitatea de măsură pentru inducția magnetică este Tesla, care se notează cu T.

### Bibliografie:

Notite de curs

**SUBIECTUL 5****Principiul I al termodinamicii**

Idei principale:

- menționarea experimentului lui Joule, care a stat la baza Principiului I al Termodinamicii (În 1842 Joule a demonstrat că lucrul mecanic se poate transforma în căldură și invers. Experiență sa demonstrează echivalența lucrului mecanic și a căldurii. Generalizarea acestui rezultat constituie prima variantă a principiului întâi al termodinamicii.)
- formularea lui Clausius a Principiului I („Variația energiei interne a unui sistem închis în cursul unei transformări este egală cu suma dintre lucrul mecanic și căldura primită în cursul acestei transformări).
- expresia matematică (cu variații finite):  $\Delta U = Q + L$
- expresia matematică pentru o transformare infinitezimală:  $dU = dQ + dL$
- Principiul I ca Lege de Conservare a Energiei (Primul principiu al termodinamicii nu este altceva decât enunțul unui postulat mai general și anume al conservării energiei: energia nu dispare și nu se produce în nici un fenomen din natură, ci doar se transformă dintr-o formă de energie în alta și poate fi transmisă de la un sistem la altul.)
- imposibilitatea realizării unui perpetuum mobile de speța I (“Nu se poate construi o mașină care să efectueze lucru mecanic fără consum de energie și fără a primi căldură din exterior.” sau “Este imposibil să se realizeze în natură un perpetuum mobile de speța I, adică un dispozitiv care să funcționeze periodic și să producă lucru mecanic mai mare decât energia primită din exterior.”)

**SUBIECTUL 6****Teoria cinetico-moleculară. Ecuația de stare a gazului ideal**

Idei principale:

- ce este un gaz perfect (ideal): toate moleculele care îl constituie sunt considerate punctuale, și nu interacționează la distanță. În general, orice gaz ideal poate fi considerat perfect dacă este suficient de diluat (adică dacă  $V$  este suficient de mare sau  $p$  este suficient de mică). Gazul ideal este un ansamblu de  $N$  atomi sau molecule identice, care nu interacționează între ele și sunt supuse la o agitație perpetuă și aleatorie.
- ipoteze ale Teoriei Cinetico-Moleculare: atomii sau moleculele gazului sunt assimilate unor particule punctuale caracterizate prin masa acestora; presiunea gazului este determinată de numeroasele ciocniri ale moleculelor cu pereții incintei; volumul ocupat de moleculele gazului este neglijabil în raport cu volumul ocupat de gaz; între moleculele care compun gazul nu acționează forțe intermoleculare; conform principiului inerției, neexistând forțele de interacțiune între particule, acestea se vor mișca rectiliniu și uniform; în procesele de ciocnire moleculele se consideră sfere perfect elastice; toate direcțiile de mișcare sunt la fel de probabile neexistând nici o relație între viteza și direcția de mișcare a moleculei (aceasta înseamnă că mișcarea moleculelor este total dezordonată, adică haotică).
- formula fundamentală a Teoriei Cinetico-Moleculare:  $p = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \langle c^2 \rangle}{2}$ , unde  $n = \frac{N}{V}$  este concentrația de molecule,  $m_0$  masa unei molecule,  $\langle c^2 \rangle$  viteza pătratică medie, iar  $\langle \varepsilon \rangle = \frac{m_0 \langle c^2 \rangle}{2}$  energia cinetică medie a unei molecule
- ecuația de stare a gazului ideal (cu explicarea mărimilor ce intervin):  $pV = \nu RT$
- legătura dintre formula fundamentală și ecuația de stare (în formula fundamentală ținem cont că  $\langle \varepsilon \rangle = \frac{3}{2} k_B T$ , unde  $k_B = \frac{R}{N_A}$  este constanta lui Boltzmann, rezultând ecuația de stare)

**Bibliografie:**

- [1] Dorina Andru Vangheli- Termodinamică și fizică statistică, Ed. Mirton Timișoara (1997).
- [2] Violeta Georgescu, Mardarie Sorohan- Fizică moleculară, Ed. Univ. Al. I. Cuza, Iași (1996).
- [3] Octavian Mădălin Bunoiu- Fizică Moleculară și Căldură, curs nepublicat.

**SUBIECTUL 7****Ecuatiile Maxwell**

Ecuatiile care guvernează fenomenele electromagnetice sunt ecuațiile Maxwell. Pentru surse plasate în vid, în sistemul de unități Heaviside-Lorentz, ecuațiile Maxwell sunt:

$$\begin{aligned}\nabla \vec{E} &= \rho, \\ \nabla \vec{B} &= 0, \\ \nabla \times \vec{B} &= \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \frac{1}{c} \vec{J}, \\ \nabla \times \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}.\end{aligned}$$

Am notat cu  $\mathbf{E}$  intensitatea câmpului electric și cu  $\mathbf{B}$  inducția magnetică, iar  $\rho$  reprezintă densitatea de sarcină electrică și  $\mathbf{J}$  densitatea de curent. În afara câmpurilor  $\mathbf{E}$ ,  $\mathbf{B}$  și a surselor  $\rho$ ,  $\mathbf{J}$ , ecuațiile Maxwell cuprind un parametru  $c$ , care are dimensiunile unei viteze și este viteza luminii în vid. Ea este fundamentală pentru toate fenomenele electromagnetice și relativiste.

Prima ecuație Maxwell arată că câmpul electric este produs de sarcinile electrice. Altfel spus pot exista sarcini electrice libere care să producă câmpuri electrice. A doua ecuație din contra arată că nu este posibil să avem sarcini magnetice libere.

Din a treia ecuație se observă că câmpurile magnetice sunt produse de câmpuri electrice variabile în timp sau de distribuții localizate de curent. Cea de-a patra ecuație arată că și câmpurile magnetice variabile în timp pot produce câmpuri electrice.

Este de asemenea important să precizăm că pot exista câmpuri electromagnetice în regiuni ale spațiului în care nu avem surse. Câmpurile pot purta energie, impuls și moment cinetic și pot avea o existență total independentă de sarcini și curenți.

## SUBIECTUL 8

### Transformarile Lorentz

Constanta vitezei luminii, independent de miscarea sursei sale, da nastere unor relatii intre spatiul si timpul din doua sisteme de referinta inertiiale, care sunt cunoscute sub numele de transformari Lorentz. Sa consideram o transformare Lorentz intre doua sisteme de referinta inertiiale S si S' avand viteza relativa  $v$ . Daca tinem seama de faptul ca spatiul si timpul sunt omogene si izotrope, legatura dintre cele doua sisteme de coordonate este liniara. Axele celor doua sisteme de referinta sunt paralele si sunt orientate astfel incat sistemul S' se misca in sensul pozitiv al axei  $x$  cu viteza  $v$ . Atunci legatura dintre coordonatele unui punct S' si coordonatele aceluiasi punct in S este data de transformarea Lorentz:

$$\begin{aligned}t' &= \gamma\left(t - \frac{v}{c^2}x\right), \\x' &= \gamma(x - vt), \\y' &= y, \quad z' = z.\end{aligned}\tag{1}$$

Transformarile Lorentz inverse sunt:

$$\begin{aligned}t &= \gamma\left(t' + \frac{v}{c^2}x'\right), \\x &= \gamma(x' + vt'), \\y &= y', \quad z = z'.\end{aligned}\tag{2}$$

Conform relatiilor (1), (2), coordonatele perpendiculare pe directia de miscare relativa raman neschimbate, iar coordonata paralela si timpul sunt modificate.

Ecuatiile Maxwell sunt invariante la transformari Lorentz. Adica forma acestor ecuatii nu se modifica atunci cand trecem de la un sistem de referinta inertial la alt sistem de referinta inertial folosind transformari Lorentz.

### Bibliografie

1. J. D. Jackson , Electrodinamica clasica, vol I+II (Editura tehnica. 1991).
2. W. Greiner, Classical Electrodynamics, (Springer 1998).
3. D. Vulcanov, Curs de electrodinamica si teoria relativitatii, (Editura Mirton, Timisoara, 1998).



**SUBIECTUL 9**

**Experimente care au dus la inițierea și dezvoltarea Mecanicii Cuantice.**

1. Efectul fotoelectric - energia electronilor emiși de suprafețe metalice radiate cu unde electromagnetice de înaltă frecvență (ultraviolete) depinde liniar de frecvența radiației incidente și nu cu intensitatea sa. Emisia are loc spontan. Există o frecvență de prag sub care nu mai are loc emisia de electroni indiferent de intensitatea radiației electromagnetice incidente.

Problema este rezolvată de Einstein în 1905 prin ipoteza că fotonii incidenti au caracter corpuscular, radiația fiind formată din cuante. Ipoteza caracterului dual, ondulatoriu și corpuscular, al radiației electromagnetice.

2. Spectrele atomice și modelul planetar Rutherford al atomului de Hidrogen - nu se poate explica stabilitatea atomilor.

Problema este rezolvată de Modelul Bohr pentru atomul de Hidrogen în 1913. Acest model arată că sunt acceptabile doar anumite stări staționare ale electronilor în atomul de Hidrogen. Emisia sau absorbția de fotoni are loc numai atunci când atomul suferă o tranziție între două niveluri permise de energie.

3. Experiențe de difracție și interferență cu electroni. Electronii se comportă în aceste experiențe ca unde.

Problema este rezolvată de Ipotezele de Broglie în 1923/1924. Se atașează particulelor materiale și proprietăți ondulatorii asemenea radiației.

# ELECTRONICA

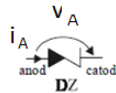
Prof.univ. Dr. Malaescu Iosif

## SUBIECTUL 10

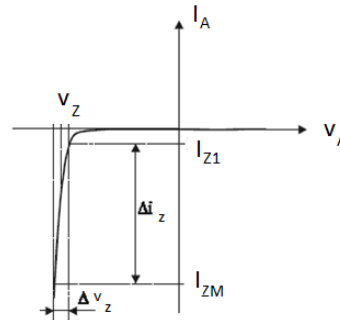
### Dioda Zener (stabilizatoare de tensiune)

Este formată dintr-o JPN puternic dopată cu impurități și care funcționează normal în regim de polarizare inversă. Scopul urmărit este ca la terminalele dispozitivului să se obțină o tensiune aproximativ constantă la variații mari ale curentului.

- simbol pentru DZ



- caracteristica statică a DZ



• mecanisme de creștere a curentului:

- *multiplicarea în avalanșă* a purtătorilor de sarcină
- *efectul Zener* în care purtătorii de sarcină sunt generați chiar de către câmpul electric care se creează în joncțiune.

• parametrii caracteristici: - tensiunea de stabilizare Zener  $V_Z$ ; - curentul invers maxim  $I_{ZM}$ ; rezistența internă  $r_z$ ,

$$r_z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta i_z}$$

## SUBIECTUL 11

### Amplificatorul operational. Derivare și integrare folosind AO

S-punct de sumare;

$v_o$  – tensiune de ieșire;

$v_e$  – tensiune de eroare

Condiții:

1) condiția de punct de sumare;

$$v_e \cong 0$$

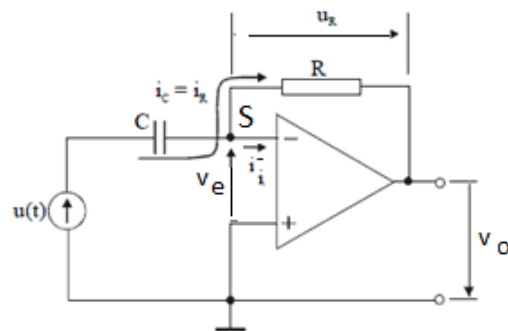
2) condiția de curent nul la intrare;

$$i_i^- \cong 0$$

*circuitul de derivare*

$$i_R(t) = i_C(t) = C \frac{du_c(t)}{dt}$$

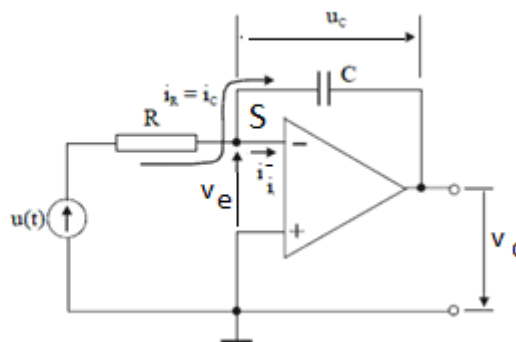
$$v = -RC \frac{du_c(t)}{dt}$$



*circuit de integrare*

$$i_C(t) = \frac{u(t)}{R}$$

$$v = -\frac{1}{RC} \int u(t) dt$$



**SUBIECTUL 12**

**Modelul Bohr**

- **Postulatele lui Bohr**

1. Atomii și sistemele atomice se pot găsi timp îndelungat numai în stări bine determinate, numite stări staționare, în care nu emit și nu absorb energie.

Energia sistemului atomic în aceste stări este cuantificată, adică ia valori ce alcătuiesc un șir discontinuu:  $W_1, W_2, \dots, W_n$

2. La trecerea dintr-o stare staționară în alta, atomii emit sau absorb numai radiații monocromatice de frecvență bine determinată, dată de relația:

$$h \nu_{n,k} = W_n - W_k$$

- **Cuantificarea orbitelor circulare**

Electronul se va roti în jurul nucleului pe o orbită circulară de rază  $r_n$ , dacă forța centrifugă, ce acționează asupra sa, devine egală cu forța coulombiană de atracție dintre electron și nucleu, astfel încât să se asigure stabilitatea dinamică a sistemului.

$$\frac{mv_n^2}{r_n} = \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r_n^2}$$

Pe baza primului postulat, mișcarea electronului se poate face numai pe orbitele pentru care:

$$mv_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$$

- **Expresiile energiei și razei orbitelor**

Energia totală a unui atom de hidrogen, aflat într-o anumită stare staționară, va fi egală cu suma dintre energia cinetică și cea potențială.

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

Raza orbitei:

$$r_n = n^2 \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m_0 Z e^2}$$

- **Explicarea datelor experimentale, găsirea formulei Balmer**

$$\tilde{\nu}_{n,m} = \frac{1}{\lambda_{n,m}} = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad n, m \in N^*; n < m$$

unde:  $\nu_{n,m}$  - număr de undă,  $\lambda$  - lungime de undă, R - constanta Rydberg, specifică tipului de atom.

- **Importanța modelului și insuficiențele acestuia**

(de argumentat)

**SUBIECTUL 13****Radioactivitatea. Legea dezintegrării radioactive**➤ **Definiția radioactivității**

Radioactivitatea este proprietatea unor specii nucleare naturale sau artificiale, numiți nuclizi radioactivi, de a emite în mod spontan diferite tipuri de particule (de exemplu: fotoni, electroni, neutrini, nuclee de heliu) reunite sub denumirea de radiații.

➤ **Tipuri de dezintegrare radioactivă**

- dezintegrarea  $\alpha$  (emisie de nuclee de heliu)
- dezintegrarea  $\beta$  și captura electronică
- emisia  $\gamma$  și conversia internă

➤ **Expresia legii dezintegrării radioactive**

Probabilitatea de dezintegrare a unui nucleu în unitatea de timp este  $\lambda$  și se numește constanta de dezintegrare. Unitatea de măsură în S.I este  $s^{-1}$ .

$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ , unde  $N_0$  reprezintă numărul de nuclizi radioactivi din eșantion la momentul  $t = 0$ ,  $N(t)$  este numărul de nuclizi radioactivi care au rămas nedezintegrați după timpul  $t$ .

➤ **Perioada de înjumătățire și timpul mediu de viață al nucleelor radioactive**

Perioada de înjumătățire  $T_{1/2}$  reprezintă intervalul de timp după care numărul de nuclee rămase nedezintegrate în sursă se reduce la jumătate.

$$N(T_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \Rightarrow \ln 2 = \lambda T_{1/2} \Rightarrow T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Gradul de instabilitate al unui nucleu într-o stare dată este exprimat prin „durata medie de viață  $\tau$ ” sau prin probabilitatea de dezintegrare în unitatea de timp care este o mărime constantă în timp (constanta de dezintegrare  $\lambda = 1/\tau$ ).

➤ **Activitatea surselor radioactive**

Activitatea  $\Lambda(t)$  a unei surse radioactive este definită ca numărul de nuclee ce se dezintegrează în unitatea de timp:

$$\Lambda(t) = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda \cdot N(t) = \Lambda_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

unde:

$$\Lambda_0 = \lambda \cdot N_0$$

Activitatea are ca unitate de măsură becquerel-ul. Un becquerel este egal cu o dezintegrare radioactivă pe secundă:  $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$ . Are ca unitate tolerată curie-ul (Ci) care corespunde la  $3,700 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$  ( $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ ).

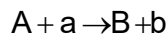
## SUBIECTUL 14

### Reacții nucleare

➤ *Definiție, caracteristici generale*

O reacție nucleară constă într-o ciocnire dintre un nucleu și o particulă (care poate fi și un alt nucleu) în urma căreia rezultă un nou nucleu și o altă particulă.

Reacția nucleară se poate scrie simbolic sub forma:



➤ *Bilanțul energetic*

O reacție nucleară este caracterizată de energia de reacție  $Q$  care se calculează cu formula:

$$Q = [(M_A + m_a) - (M_B + m_b)] \cdot c^2..$$

Reacția nucleară este exotermă dacă  $Q > 0$  și endotermă dacă  $Q < 0$ .

➤ *Energia de prag a reacțiilor nucleare*

$$E_{prag} = |Q| \frac{m + M}{M}$$

➤ *Tipuri de reacții nucleare*

(reacții  $(n, \gamma)$ ,  $(n, p)$ ,  $(n, \alpha)$ , reacții cu formare de mai mulți nucleoni.)

➤ *Mecanismul reacțiilor nucleare*

(formarea nucleului intermediar și dezexcitarea nucleului intermediar)

### Bibliografie

1. Note de curs
2. L. Volkman, „Fizică nucleară”, Tipografia Universității din Timișoara, 1994
3. G. Semenescu, S.Rapeanu, T.Magda "Fizica Atomica si Nucleara", Ed. Tehnica, București, 1976

**SUBIECTUL 15**

**Principiul lui Fermat**

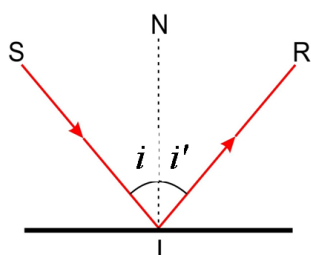
- Între două puncte, lumina se propagă întotdeauna pe acel drum pentru care timpul de propagare este extrem (minim, maxim sau staționar, în general fiind minim).

- Între două puncte, lumina se propagă întotdeauna pe acel drum pentru care drumul optic este extrem (minim, maxim sau staționar, în general fiind minim).

**Legile reflexiei și refracției**

Dacă lumina cade pe suprafața de separație dintre două medii, în cazul general, se produc două fenomene: reflexia și refracția. Reflexia este fenomenul prin care raza de lumină își schimbă direcția de propagare, întorcându-se în mediul din care a provenit, iar refracția este fenomenul prin care raza de lumină își schimbă direcția de propagare, trecând în cel de-al doilea mediu.

**a) Legile reflexiei**



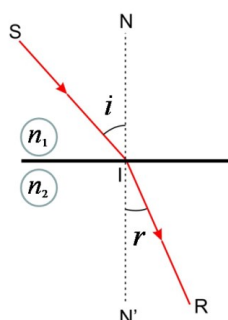
SI – raza incidentă  
 NI – normala la suprafața de separație dintre medii  
 IR – raza reflectată  
*i* – unghi de incidență  
*i'* – unghi de reflexie

1. Raza incidentă, raza reflectată și normala la suprafața de separație dintre medii în punctul de incidență sunt coplanare.

2. Unghiul de incidență este egal cu unghiul de reflexie.

$$i = i'$$

**b) Legile refracției**



SI – raza incidentă  
 NI – normala la suprafața de separație dintre medii  
 IR – raza refractată  
*i* – unghi de incidență  
*r* – unghi de refracție

1. Raza incidentă, raza refractată și normala la suprafața de separație dintre cele două medii în punctul de incidență sunt coplanare.

2. Între unghiul de incidență *i* și unghiul de refracție *r* există următoarea relație (legea Snellius - Descartes):

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

în care:  $n_1$  este indicele de refracție al mediului din care provine lumina,  $n_2$  este indicele de refracție al mediului în care trece lumina, iar  $n_{21}$  este indicele de refracție relativ al mediului în care trece lumina, față de mediul din care provine lumina.

## SUBIECTUL 16

### Construcții de imagini în sisteme optice centrate

Construcțiile de imagini în sisteme optice centrate se realizează ținând cont de următoarele reguli:

1. O rază de lumină paralelă cu axa optică a unui sistem optic centrat și incidentă pe suprafața acestuia, dincolo de sistem se va propaga pe direcția focarului imagine al sistemului.

2. O rază de lumină care se spropaga pe direcția focarului obiect al unui sistem optic centrat, fiind incidentă pe suprafața sistemului, dincolo de sistem se va propaga paralel cu axa optică a acestuia.

### Formula lentilelor subțiri

Pentru o lentilă subțire, cu fețele în același mediu, distanța focală  $f$  a lentilei este dată de relația:

$$\frac{1}{f} = (n_r - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

în care  $n_r$  este indicele de refracție relativ al lentilei față de mediul exterior ( $n_r = \frac{n}{n_0}$ ,  $n$  fiind indicele de refracție al lentilei, iar  $n_0$  cel al mediului exterior), iar  $R_1$  și  $R_2$  sunt razele de curbură ale suprafețelor lentilei.

Dacă un obiect se află în fața unei lentile subțiri, la distanța  $p$  față de lentilă, și dacă lentila are fețele în același mediu, atunci imaginea obiectului dată de lentilă se va forma la distanța  $p'$  față de lentilă, relația dintre  $p$  și  $p'$  fiind:

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

unde  $f$  este distanța focală a lentilei.

### Formula oglinzilor sferice

Dacă un obiect se află în fața unei oglinzi sferice, la distanța  $p$  față de oglindă, atunci imaginea obiectului dată de oglindă se va forma la distanța  $p'$  față de oglindă, relația dintre  $p$  și  $p'$  fiind:

$$\frac{1}{p'} + \frac{1}{p} = \frac{2}{R} = -\frac{1}{f}$$

unde  $R$  este raza de curbură a oglinzii, iar  $f$  este distanța focală a oglinzii.

**SUBIECTUL 17**

**Valoarea medie, Deviatia, Dispersia si Deviatia standard**

Daca o functie  $f(x)$  poate lua valorile  $f(x_i)$ ,  $i=1,N$  cu probabilitatile  $P(x_i)$ , atunci **valoarea medie** a functiei poate fi calculata:

$$\overline{f(x)} = \sum_{i=1}^N P(x_i)f(x_i)$$

In cazul unei distributii continue de probabilitate, valoarea medie a functiei  $f(x)$  intr-un interval  $(a,b)$  va fi

$$\overline{f(x)} = \int_a^b P(x)f(x)dx$$

In ambele cazuri fiind indeplinite conditiile de normalizare:  $\sum_{i=1}^N P(x_i) = 1$ , respectiv  $\int_a^b P(x)dx = 1$ .

Alte marimi relevante pentru calculele statistice sunt:

**Deviatia**  $\Delta f = f(x) - \overline{f(x)}$ ;

**Dispersia**  $\overline{\Delta f(x)^2} = \overline{(f(x) - \overline{f(x)})^2}$  si

**Deviatia standard**  $\sigma_f = \sqrt{\overline{\Delta f(x)^2}}$ .

Este de asteptat sa fie prezentate si proprietatile acestor marimi si exemple simple care sa arate utilitatea acestora.



# FIZICA SOLIDULUI SI A SEMICONDUCTOARELOR


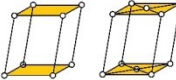
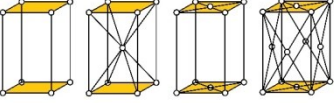
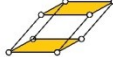
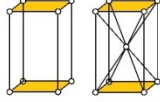

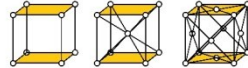
Conf.univ. Dr. Lungu Mihail

## SUBIECTUL 18

### Retele Bravais, retea reciproca

Baza rețelei directe  $\{\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \mathbf{a}_3\}$  ( $a_i$  – perioadele pe axe cristaline,  $\alpha_{ij}$  – unghiurile dintre acestea)

Singonii, rețelele Bravais

<i>triclinic</i>	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} \neq \alpha_{23} \neq \alpha_{31} \neq 90^\circ$	
<i>monoclinic</i>	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = 90^\circ; \alpha_{31} \neq 90^\circ$	
<i>ortorombic</i>	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$	
<i>trigonal</i>	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} \neq 90^\circ$	
<i>tetragonal</i>	$a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$	
<i>hexagonal</i>	$a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} = 120^\circ; \alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$	
<i>cubic</i>	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$	

baza rețelei reciproce:  $\mathbf{b}_i = 2\pi \frac{\mathbf{a}_j \times \mathbf{a}_k}{\mathbf{a}_i (\mathbf{a}_j \times \mathbf{a}_k)}$     unghiurile dintre axe:  $\beta_{ij} = \arccos \left( \frac{\cos \alpha_{jk} \cos \alpha_{ki} - \cos \alpha_{ij}}{\sin \alpha_{jk} \sin \alpha_{ki}} \right)$

## SUBIECTUL 19

### Efecte termoelectrice in solide

Fenomene de transport care apar în conductoarele strabatute de curent electric în prezenta unui gradient de temperatura, ca urmare a interdependentei dintre fenomenele termice si electrice într-un sistem de conductoare sau semiconductoare omogene. Există trei efecte termoelectrice importante: *Seebeck*, *Peltier* si *Thomson*.

#### *Efectul Seebeck*

Constă in aparitia unui curent electric într-un circuit format din două materiale diferite, ale căror contacte (jonctiuni, suduri) sunt mentinute la temperaturi diferite. Astfel, într-un circuit închis de formă circulară format din două materiale diferite  $A$  si  $B$  se constată că atât timp cât temperaturile de la cele două contacte diametral opuse sunt egale nici-un fel de curent electric nu va fi generat de-a lungul circuitului. Atunci însă când temperaturile  $T_1$  și  $T_2$  ale celor două contacte (jonctiuni) sunt diferite, o anumită tensiune electromotoare va apare în circuit, ce va genera un current electric si apariția unei tensiuni termoelectromotoare  $E$ .

$$E = \int_{T_1}^{T_2} (S_A - S_B) dT$$

unde  $S_A$  și  $S_B$  sunt coeficienții Seebeck ai celor două metale aflate în contact.

#### *Efectul Peltier*

Este inversul efectului Seebeck: aplicând o tensiune electromotoare unui ansamblu de conductori sau semiconductori, apare o absorție sau o degajare de căldură la contactele dintre aceștia, o jonctiune se răcește, iar alta se încălzește, degajarea sau absorbtia de căldură depinzand de sensul curentului electric. Dacă sensul curentului electric se schimbă atunci se schimbă si sensul efectului.

#### *Explicatia efectului Peltier:*

La contactul a două materiale se formează un camp intern de contact, datorită concentratiilor diferite ale purtătorilor de sarcină din acestea. Dacă curentul trece in sens invers campului de contact, atunci sursa exterioară trebuie să furnizeze o energie suplimentară care se va degaja in contact, ducand astfel la încălzirea acestuia. In caz contrar acest camp intern va efectua un lucru mecanic de deplasare a sarcinilor, energia necesară fiind absorbită de la rețeaua cristalină a materialelor in contact, ceea ce duce la răcirea acestuia.

Cantitatea de căldură degajată sau absorbită:  $Q = Pit$ ,  $P$  – coeficient Peltier. Cantitatea de căldură degajată depinde de natura materialelor in contact, de intensitatea curentului electric si de timpul cat trece curentul.

**Aplicatii:** Fenomenele termoelectrice sunt folosite pentru măsurarea diferențelor de temperatură (efectul Seebeck), sau pentru răcirea magnetică a unor jonctiuni între metale cu coeficienți Peltier sau Thomson diferiți.

#### **Bibliografie:**

Note de curs

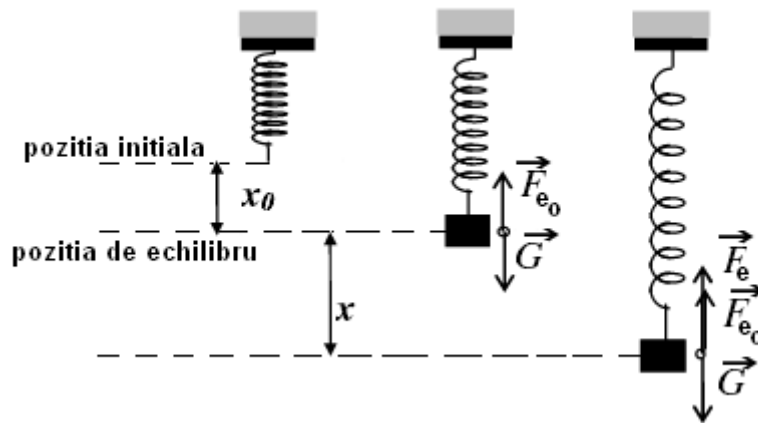
## OSCILATII SI UNDE ELASTICE

Conf. univ. Dr. Resiga Daniela

### SUBIECTUL 20

#### Pendulul elastic

- **Pendulul elastic** = un punct material de masa  $m$  suspendat de un resort elastic de constanta elastica  $k$ , care efectueaza oscilatii.



- **Pozitia de echilibru** corespunde lungimii initiale, "nedeformate", a resortului cu corpul suspendat. In aceasta pozitie:

$$\vec{G} + \vec{F}_{e_0} = 0 \Rightarrow m g = k x_0 \Rightarrow x_0 = \frac{m g}{k}$$

- **Principiul al II-lea al dinamicii:**

$$\begin{aligned} m \vec{a} &= \vec{F}_e \\ \Rightarrow m \ddot{x} &= -k x \quad / : m \neq 0 \\ \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m} x &= 0 \end{aligned}$$

Notam:  $\frac{k}{m} = \omega^2$ ,  $\omega =$  pulsatia,  $\Rightarrow \boxed{\ddot{x} + \omega^2 x = 0}$   $\rightarrow$  **ecuatia diferentiala a miscarii.**

- **Solutia (legea miscarii):**  $\boxed{x = A \cos(\omega t + \varphi)}$  (exprimat fata de pozitia de echilibru).

- **Observatie: oscilatii armonice**

- Utilizand notatia:  $\frac{k}{m} = \omega^2$  si  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  se obtine:

$$\boxed{T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}} \rightarrow \text{perioada oscilatiei.}$$

#### Bibliografie:

1. O. Aczel, *Mecanica fizica, oscilatii si unde*, Tipografia Universitatii din Timisoara, 1973.
2. A. Hristev, *Mecanica si acustica*, Editura Didactica si Pedagogica Bucuresti, 1984.

**SUBIECTUL 21**

**Metode de rezolvare a ecuațiilor neliniare**

Scopul găsirii rădăcinilor unei funcții neliniare  $f(x)$  este acela de a afla valoarea  $x=c$  astfel încât  $f(c)=0$ . În procesul de determinare a rădăcinilor unei ecuații neliniare există două faze:

- Găsirea unei valori apropiate (delimitarea soluției);
- Rafinarea acestei valori până la precizia dorită.

Delimitarea soluției implică estimarea unei valori care poate fi folosită ca aproximație inițială sau punct de pornire, într-o procedură sistematică care rafinează soluția într-o manieră eficientă până la o toleranță specificată. Dacă e posibil, rădăcina trebuie poziționată într-un interval, la capetele căruia funcția neliniară are semne contrare.

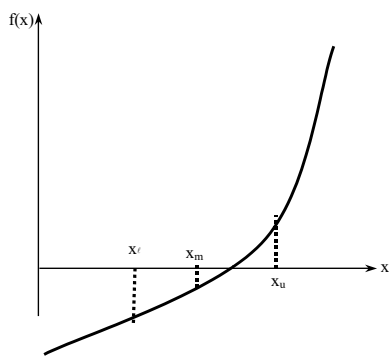
Rafinarea soluției implică determinarea soluției cu o anumită toleranță. Metode de rafinare a soluției sunt:

- Prin încercări și calculul erorilor (foarte ineficientă)
- Metode pe domeniu închis
- Metode pe domeniu deschis

Metodele pe domeniu închis încep prin gășirea a două valori pentru  $x$  astfel încât rădăcina  $x=c$  să se afle între ele și reducerea sistematică a intervalului astfel încât rădăcina să fie inclusă în el. Cea mai cunoscută metodă pe domeniu închis este: *metoda biseecției* (metoda înjumătățirii intervalului).

**Teoremă:** O ecuație  $f(x)=0$ , unde  $f(x)$  este o funcție continuă reală, are cel puțin o soluție între  $x_i$  și  $x_s$  dacă  $f(x_i) \cdot f(x_s) < 0$ .

**Metoda biseecției**



*Algoritmul metodei:*

• **Pasul 1:** Alegem  $x_i$  și  $x_s$ , ca valori inițiale, astfel încât  $f(x_i)f(x_s) < 0$ .

• **Pasul 2:** Calculăm mijlocul intervalului:  $x_m = \frac{x_i + x_s}{2}$

• **Pasul 3:** Verificăm valoarea de adevăr a următoarelor expresii:

- Dacă  $f(x_i)f(x_m) < 0$ , atunci există o rădăcină în intervalul  $[x_i, x_m]$  și  $x_i = x_i$ ;  $x_s = x_m$
- Dacă  $f(x_i)f(x_m) > 0$ , atunci există o rădăcină în intervalul  $[x_m, x_s]$  și  $x_i = x_m$ ;  $x_s = x_s$
- Dacă  $f(x_i)f(x_m) = 0$ , atunci  $x_m$  este rădăcină

• **Pasul 4:** Estimăm soluția ecuației:  $x_m = \frac{x_i + x_s}{2}$

și determinăm eroarea absolută:  $|x_s - x_i| \leq \epsilon$

• **Pasul 5:** Ne reîntoarcem la pasul 3.

*Dacă numărul de iterații efectuat este mai mare decât numărul maxim de iterații, atunci algoritmul se oprește.*

**Bibliografie:**

1. A. Klein, A. Godunov, Introductory computational physics, Cambridge Univ. Press, 2006.
2. T. A. Beu, Calcul numeric în C, Editura Microinformatica, Cluj, 1999.

### SUBIECTUL 22

#### Tipuri de radiatii.

- Definitia radiatiilor ca transport de energie prin intermediul undelor sau particulelor
- Spectrul Electromagnetic
  - Radiatii ionizante si neionizante (explicatie)
    - Neionizante – spectrul EM pana la Viz-UV
    - Ionizante –
      - Electromagnetice sau corpusculare
      - Ionizante direct sau indirect (explicatie, exemple)
  - radiatia X. Mod de producere, pozitia in spectrul EM.
  - radiatii nucleare ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , neutroni, p, ioni, fragmente de fisiune)
  - modul de producere al radiatiei gamma (dezexcitare EM consecutiva unei dezintegrari)

#### Bibliografie:

1. Cursul de Dozimetrie si Radioprotectie
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Radiation>

### SUBIECTUL 23

#### Efecte biologice ale radiatiilor ionizante.

- Asupra celulei: directe (asupra organelor celulei in special ADN) si indirecte (ionizarea apei, radicali liberi)
- Consecinte – cele 3 scenarii: reparatie reusita ADN, reparatie cu defect – mutatie, moartea celulei.
- Efecte somatice – deterministe si stohastice (explicatii)
  - efecte deterministe, asociate unor doze mari de radiatii. Boala acuta de radiatii.
  - efecte stohastice, asociate unor doze mai mici, fara simptome imediate
- Ce este doza letala ( $DL_{50\%-60}$ )
- Efectul radiatiilor asupra organismului este cumulativ si trebuie sa evitam expuneri.
- Principiul ALARA
- Efecte genetice

#### Bibliografie:

1. Cursul de Dozimetrie si Radioprotectie
2. Materialul auxiliar (prezentari) pe care l-am pus la dispozitia studentilor

**SUBIECTUL 24**

**Atenuarea radiațiilor X și importanța acesteia pentru imagistica medicală**

Legea atenuării exponențiale a fotonilor monoenergetici care străbat un strat *omogen* de materie se scrie  $I(x) = I_0 e^{-\mu_l x} = I_0 e^{-\mu_m \rho x}$ , unde  $\mu_l$  este coeficientul de atenuare liniar ( $\text{cm}^{-1}$ ) iar  $\mu_m$  este coeficientul de atenuare masic ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ). Această lege a atenuării exponențiale se mai numește *legea Lambert-Beer*. Dacă stratul de material este *neomogen* (așa cum se întâmplă în cazul imagisticii medicale, unde radiațiile X trebuie să traverseze corpul omenesc, ale cărui țesuturi au proprietăți fizico-chimice diferite), coeficientul de atenuare liniar depinde de proprietățile locale

ale materialului iradiat și legea atenuării se scrie  $I(s) = I_0 e^{-\int_0^s \mu_l(x) dx}$ . În cazul general, în care un fascicul de fotoni *policromatic* este trimis asupra unei ținte *neomogene*, intensitatea fasciculului emergent va putea fi scrisă

$I(s) = \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} I_0(E) e^{-\int_0^s \mu_l(x,E) dx} dE$ , unde a fost pusă în evidență și dependența coeficientului de atenuare de energia fotonilor incidenti.

Fotonii incidenti pot interacționa cu atomii unei ținte în diverse moduri (= *procese primare*). Dacă se consideră că aceste procese primare sunt independente, coeficientul de atenuare masic total la interacțiunea fotonilor cu substanța se poate scrie ca suma coeficienților de atenuare corespunzători fiecărui tip de interacțiune primară (Compton, Rayleigh, efect fotoelectric, generare de perechi):  $\mu_m = \mu_{m,c} + \mu_{m,r} + \mu_{m,ef} + \mu_{m,per}$ . Coeficienții de atenuare parțiali sunt diferiți pentru țesuturi diferite din corpul omenesc și această observație constituie baza fizică a imagisticii cu radiații X (radiografia convențională, tomografia computerizată).

În imagistica medicală, valorile coeficientului de atenuare  $\mu$  pentru diferite țesuturi sunt reprezentate prin nuanțe de gri. Din nefericire, valorile lui  $\mu$  pentru țesuturi diferite sunt foarte apropiate între ele și reprezentarea lor directă este dificilă. De exemplu, un tub de raze X folosit în imagistica medicală care funcționează la 120 kV produce fotoni având o energie medie de  $\approx 70 \text{ keV}$ . La această energie coeficientul de atenuare liniar pentru apă este  $0.1928 \text{ cm}^{-1}$  iar pentru mușchi este de  $0.1916 \text{ cm}^{-1}$ , deci diferența este foarte mică. Pentru a sesiza mai ușor această diferență a coeficientului de atenuare între țesuturi Hounsfield a introdus o scară relativă în care indicația referitoare la coeficientul de atenuare este dată printr-un număr numit coeficient (unitate) Hounsfield, definit ca

$$HU = \frac{\mu - \mu_{apa}}{\mu_{apa}} \times 1000, \text{ unde } \mu_{apa} \text{ este coeficientul de atenuare al apei. Prin definiție, apa are } HU = 0; \text{ deoarece } \mu_{aer} = 0,$$

aerul are  $HU = -1000$ . Țesuturile moi (grăsime, mușchi, ficat, rinichi, gonade, plămâni, creier, sânge, țesuturi canceroase, etc) au  $HU$  cuprins între -100 și 60. Oasele atenuază mai puternic radiațiile X și au  $HU$  cuprins între 250 și peste 1000.

**Bibliografie:** P.Suetens: *Fundamentals of Medical Imaging*, 2<sup>nd</sup> Edition (Cambridge University Press, Cambridge, 2009)

**SUBIECTUL 25****Transportul de substanță prin difuzie**

*Difuzia* este unul dintre fenomenele de transport existente în natură, care explică fluxul net al moleculelor dintr-o regiune de concentrație mai mare spre una cu concentrație mai mică.

Baza procesului de difuzie o constituie mișcarea browniană.

Difuzia poate fi descrisă pornind de la două tipuri de ipoteze:

1. ipoteza continuumului, care descrie procesul pe baza conceptului de concentrație;
2. abordarea discretă, constând în urmărirea individuală a fiecărei particule.

**1. Aproximativitatea continuumului (macroscopică)**

Concentrația unei specii biologice conținute într-un volum  $dV$  la momentul de timp  $t$  este  $c(x, y, z, t) = \frac{dm}{dV}$ , unde  $dm$  este masa substanței de interes conținută în  $dV$ .

Legătura fundamentală dintre fluxul de masă și gradientul de concentrație este dată de legea lui Fick:  $\vec{j} = -D\nabla c$ ,

unde  $D$  este constanta sau coeficientul de difuzie ( $\langle D \rangle_{SI} = \frac{m^2}{s}$ ).

Ecuatia concentrației:  $\frac{\partial c}{\partial t} = \nabla \cdot (D\nabla c) + S$ , unde  $S$  este termenul sursă de substanță.

**Discuți ecuația concentrației în cazurile:** staționar,  $D$  independent de coordonatele spațiale, difuzie unidimensională, difuzie în medii anizotrope, etc..

**2. Aproximativitatea microscopică (discretă)**

În cazul acestei abordări se urmărește parcursul aleator al fiecărei particule în parte.

Pentru cazul 2D se consideră că o particulă se deplasează din poziția  $(x, y)$  în poziția  $((x + \Delta x, y + \Delta y))$  într-un pas de timp  $\Delta t$ . Deplasările sunt definite prin relațiile:

$$\Delta x = \sqrt{4D\Delta t} \cos \alpha, \quad \Delta y = \sqrt{4D\Delta t} \sin \alpha, \quad \alpha = \text{random}(0, 2\pi)$$

Funcția "random" realizează o alegere aleatoare uniform distribuită în intervalul  $[0, 2\pi]$ .

Distanța medie pătratică parcursă într-un timp  $t$  este  $\langle d^2 \rangle = 4Dt$ .

Același tip de raționament se poate generaliza pentru cazul 3D.

**Bibliografie:**

1. Neculae A. Curs - Modelarea proceselor biologice;
2. Berthier J., Silberzan P. 2005 Microfluidics for Biotechnology, Artech House, Boston/London.
3. Friedman M.H. 2008 Principles and models of biological transport: Springer.

**SUBIECTUL 26**

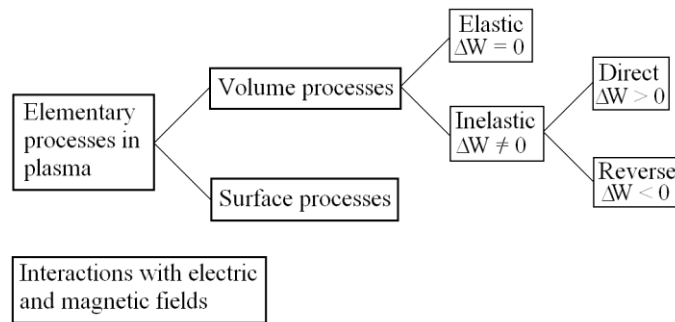
**Clasificarea proceselor elementare din plasma**

Plasma – sistem dinamic, ca urmare a numeroaselor interacții ce au loc între constituenții și cu câmpuri electrice și magnetice externe, precum și cu pereții incintei în care se află și electrozi.

Procesele de pierdere a particulelor încărcate (difuzie ambipolară, procese de recombinare) sunt compensate de procesele de formare a particulelor încărcate prin ionizare. Pierderile de fotoni prin radiație electromagnetică sunt deasemenea compensate de apariția altora prin dezexcitări radiative.

Stare staționară în care se află plasma la un moment dat – stare de echilibru dinamic – determinată de procesele concurente ce se manifestă în cadrul sistemului.

Principalele procese ce guvernează dinamica plasmei în sensul interacțiunii dintre particule:



**I. Procese elementare de volum**

- interacții între particulele constituente ale plasmei

1) Procesele elastice

- energia totală a partenerilor de reacție se conservă

$$\Delta W = W_i - W_f = 0$$

Starea cuantică a fiecărei particule ce participă la proces nu se modifică.

2) Procese inelastice

- energia internă a cel puțin unuia dintre parteneri se modifică  $\Delta W = W_i - W_f \neq 0$

a)  $\Delta W > 0$  ciocnire inelastică directă (speța I) energia internă a cel puțin unuia din parteneri crește

b)  $\Delta W < 0$  ciocnire inelastică indirectă (speța a II) cel puțin una din particule care se ciocnesc cedează energie

**Exemplu:** dezexcitări neradiative ale uneia dintre particule ce duc la creșterea energiei cinetice a partenerului de reacție (ciocniri supraelastice).

**II. Procese elementare superficiale**

Au loc la interfața solid plasmă: emisia electronică secundară din catod, ionizarea superficială, emisia termoelectronică, autoelectronică.

**III. Interacțiuni ale particulelor încărcate din plasmă cu câmpuri electrice și magnetice externe**

**Bibliografie:**

1. M.Lungu, Plasma Physics and Applications, Editura Universității de Vest Timișoara (2006)
2. Notite de curs
3. <http://pop.aip.org/>



**SUBIECTUL 27**

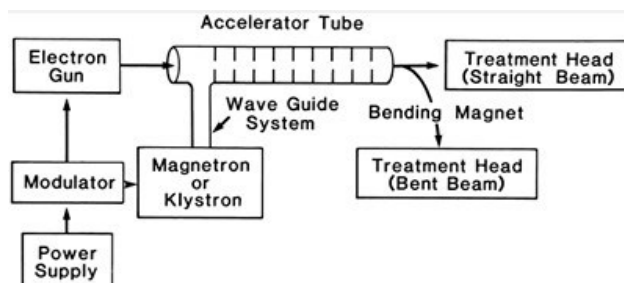
**Acceleratori liniari utilizați în aplicații medicale**

Idei principale:

- **ce este acceleratorul liniar (LINAC-ul):** dispozitiv care folosește unde electromagnetice de înaltă frecvență pentru a accelera particule cum ar fi electronii la energii înalte prin intermediul unui tub liniar. Fasciculul de electroni de înaltă energie poate fi utilizat el însuși pentru tratamentul tumorilor superficiale sau poate fi făcut să lovească o țintă pentru a produce raze X prin transmisie pentru tratamentul tumorilor situate în adâncime.

- **structura și principiul de funcționare al unui LINAC:** Structura acceleratorului (sau sistemul lui de ghid de undă) constă dintr-un tub de cupru al cărui interior este partiționat de către mai multe discuri de cupru, ce au rolul unor diafragme de diferite aperturi (deschideri) la diferite spațieri. În aceasă secțiune este realizat un vid înalt. Pe măsură ce electronii sunt injectați în structura acceleratorului (având o energie inițială de aproximativ 50 keV), aceștia interacționează cu câmpul electromagnetic al microundelor. Electronii câștigă energie de la câmpul electric sinusoidal fiind accelerați treptat la energii mult mai mari decât în cazul în care sunt accelerați între anodul și catodul unui tub Coolidge (unde la diferențe de potențial pe peste 1MeV pot avea loc descărcări de plasmă). Electronii de energie înaltă ce emerg din fereastra de ieșire a structurii acceleratorului, sunt conținuți în interiorul unui fascicul îngust de formă conico-cilindrică (pencil beam) de aproximativ 3 mm în diametru. Acest fascicul de electroni este fie utilizat direct pentru tratament fie ii se permite să se propage drept înainte și să lovească o țintă pentru a produce radiație X de frânare, prin transmisie.

- **schema, identificarea și precizarea rolului părților componente ale unui LINAC tipic folosit în aplicații medicale:** sursă, modulator, tun electronic, tub accelerator, magnetron sau klystron, cap de tratament, collimator, brat articulat



**Bibliografie:**

[1] Ervin B. Podgorsak, Radiation oncology physics. A handbook for teachers and students, International Atomic Energy Agency, 657 (2005).  
[2] Faiz M. Khan, John P. Gibbons- Khan's the physics of radiation therapy, Lippincott Williams & Wilkins (2014).