

**Subiectul I: Resort elicoidal**

**(10 puncte)**

Dintr-un fir metalic cu secțiunea transversală circulară, cu diametrul  $d$ , se confecționează un resort elicoidal cu lungimea  $L$ , care să preia eforturi mecanice de alungire. Acest proces presupune deformarea permanentă a firului prin înfășurarea sa strânsă, spiră lângă spiră, pe un suport cilindric, rezultând un resort cu diametrul  $D$  (v. Fig. 1). Caracteristicile resortului evidențiate în Fig. 1 se consideră cunoscute dacă nu se specifică altfel. Lungimea capetelor firului, orientate de-a lungul axei de simetrie a resortului, este neglijabilă, ca și unghiul de înclinare a spirelor față de planul perpendicular pe axa resortului. Resortul astfel obținut poate lucra în două moduri: *alungire*, respectiv *torsiune*.

**A. Modul de alungire axială**

Resortul funcționează în modul de alungire axială atunci când asupra lui acționează o forță axială, efectul fiind alungirea resortului.

În cazul deformării elastice a corpurilor uzuale (metalice sau ceramice, de exemplu), deformația specifică, notată cu  $\epsilon$ , nu depășește 1 %. Deformația specifică este variația relativă a dimensiunii caracteristice a corpului deformat. La alungire, unde dimensiunea caracteristică este lungimea corpului, deformația specifică se numește alungire relativă. Există însă și materiale superelastice (elastomeri, aliaje metalice cu memoria formei, de ex.) pentru care, în limita de elasticitate, deformația specifică poate depăși cu mult 1 %.

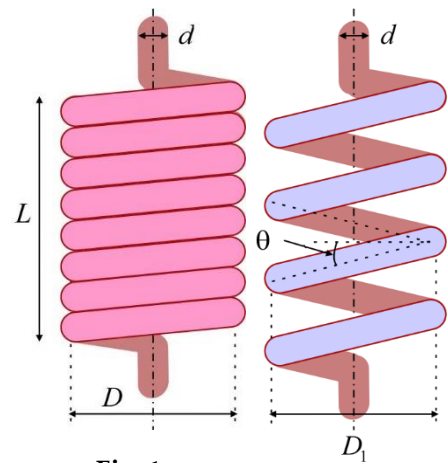


Fig. 1

Fig. 2

<b>A1</b>	Dedu expresia generală pentru alungirea relativă a unui fir/tijă (valabilă atât în cazul materialelor elastice, cât și a celor superelastice) și particularizează rezultatul pentru cazul unui fir cu proprietăți elastice uzuale. Înainte de acțiunea forței deformatoare, lungimea firului este $L_0$ , iar când forța acționează axial asupra firului, alungirea sa este $\Delta L$ .	<b>0,75 p</b>
-----------	--	---------------

Atunci când resortul nu este deformat, spirele sunt în contact una cu alta. Sub acțiunea unei forțe deformatoare axiale date, care nu scoate resortul din limita de elasticitate, imaginea bidimensională a resortului arată că orice jumătate de spiră face un unghi  $\theta$  cu planul perpendicular pe axa resortului (Fig. 2).

<b>A2</b>	Determină expresia matematică pentru diametrul $D_1$ al resortului alungit. Se neglijează masa resortului și alungirea firului din care este confecționat acesta.	<b>0,75 p</b>
-----------	---	---------------

În modul de alungire axială, se știe că, în limita de elasticitate, alungirea oricărui corp elastic este direct proporțională cu forța deformatoare. Cu toate acestea, la alungire, resortul nu are un comportament identic cu al firului din care este confecționat. Deosebirea esențială între ele este următoarea: în cazul firului, constanta elastică echivalentă a sa depinde de proprietățile geometrice ale firului și de modulul lui Young,  $E$ , în acord cu legea lui Hooke. În cazul resortului elicoidal cu spirele una lângă alta (bobinat strâns), constanta sa elastică  $k$  nu depinde de modulul lui Young, ci de o altă constantă de material numită *modul de forfecare* (alunecare),  $G$ , ce are aceeași unitate de măsură în SI ca și modulul lui Young. Unghiul  $\theta$  făcut de orice jumătate de spirală cu planul perpendicular pe axa de simetrie a resortului arată că resortul este deformat ca urmare a torsiunii (răsucirii) firului în jurul axei sale elicoidale.

În limita de elasticitate, dacă asupra unui fir cilindric (cu lungimea  $l$  și raza secțiunii sale transversale  $r$ ), acționează o forță tangențială, perpendiculară pe axa firului, efectul este torsiunea firului cu un unghi  $\alpha$ , proporțional cu momentul axial produs de forță:  $M = C\alpha$ , unde  $C = \frac{JG}{l}$  este constanta de torsiune a firului, iar constanta geometrică  $J$  are expresia  $J = \frac{\pi r^4}{2}$ .

<b>A3</b>	Dedu expresia matematică a constantei elastice a resortului bobinat strâns în funcție de $G$ , de caracteristicile geometrice ale sale ( $d$ , $D$ și $L$ ) și de unghiul $\theta$ . Particularizează rezultatul găsit pentru un resort confecționat dintr-un material elastic uzual.	<b>2,5 p</b>
-----------	---	--------------

<b>A4</b>	Un resort bobinat strâns este confecționat dintr-un fir cilindric din oțel ( $G = 7,92 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ ), cu diametrul $d = 1,0 \text{ mm}$ . Dacă diametrul resortului este $D = 1,0 \text{ cm}$ , determină expresia matematică și valoarea numerică a lungimii necesare $L_0$ a firului pentru a obține un resort cu constanta elastică $k = 330 \text{ N/m}$ , precum și a numărului $N$ de spire ale resortului obținut.	<b>1 p</b>
-----------	--	------------

## B. Modul de torsiune

Resortul funcționează în modul de torsiune atunci când asupra lui acționează un moment sau un cuplu axial, efectul fiind torsiunea resortului (rotația unui capăt al resortului față de celălalt, în jurul axei de simetrie a resortului) cu un unghi  $\varphi$ , direct proporțional cu mărimea momentului.

<b>B1</b>	Dedu noua valoare $D'$ a diametrului spirelor și alungirea $\Delta L$ a resortului bobinat strâns dacă unghiul de rotație a capătului inferior al resortului, sub acțiunea momentului axial de torsiune este $\varphi$ . Se neglijează alungirea firului din care este confecționat resortul.	<b>1,25 p</b>
-----------	---	---------------

În modul de torsiune, deformarea resortului este, de fapt, rezultatul încovoierii firului elicoidal. Atunci când o tijă cilindrică, cu raza  $r$  și modulul lui Young  $E$  suferă o deformare de încovoiere (flexiune), momentul încovoietor într-un punct al tijei este dat de relația  $M = \frac{IE}{R}$ , unde  $R$  este raza de curbură a tijei în punctul considerat, iar constanta geometrică  $I$  are expresia  $I = \frac{\pi r^4}{4}$ .

<b>B2</b>	Determină expresia matematică a constantei de torsiune $C$ a resortului în funcție de $E$ și de caracteristicile geometrice ale sale ( $d$ , $D$ și $L$ ). Resortul este confecționat dintr-un material elastic uzual, iar frecările dintre spire în timpul torsiunii se neglijează.	<b>1,25 p</b>
-----------	--	---------------

### C. Modul mixt

Atunci când se dorește utilizarea unor resorturi pentru preluarea eforturilor de comprimare, spirele lor nu sunt bobinate una lângă alta. Acest lucru face ca unghiul  $\alpha$  de înclinare a jumătăților de spiră față de planul perpendicular pe axa resortului să nu mai poată fi neglijat, ca în cazul resorturilor de alungire (cele bobinate strâns). În acest caz, constanta elastică a resortului depinde atât de modulul lui Young  $E$ , cât și de modulul de forfecare  $G$ .

<b>C1</b>	Dedu expresia matematică a constantei elastice $k$ a unui resort de comprimare cu $N$ spire, în funcție de $E$ și $G$ , de diametrul $D$ al resortului, de diametrul $d$ al firului, precum și de unghiul elicoidei, $\alpha$ . Resortul este confecționat dintr-un material elastic uzual.	<b>2, 5 p</b>
-----------	---	---------------

*Observație: Dacă îți este utilă, poți folosi aproximarea*

$$\ln(1 + x) \cong x, \text{ dacă } 0 < x \ll 1.$$

*Subiect propus de:*

**Conf. Univ. Dr. Sebastian POPESCU**

Facultatea de Fizică, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași

**Subiectul II: Motorul endoreversibil**

**(10 puncte)**

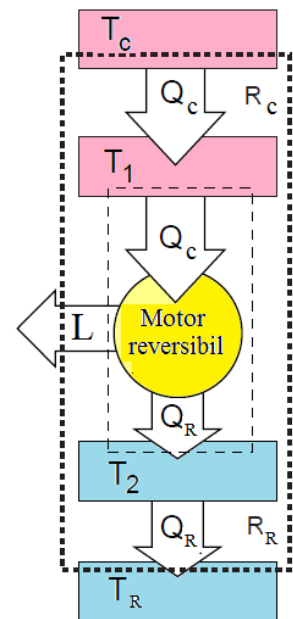
Problema maximizării puterii dezvoltate și a creșterii eficienței motoarelor termice a fost și rămâne una dintre preocupările științifice de interes fundamental. Rezultatele obținute din studiul unui motor reversibil ideal, care funcționează după un ciclu Carnot, nu oferă decât o limită maximă a randamentului unei astfel de mașini termice care funcționează utilizând două rezervoare infinite de căldură, unul rece, având temperatura  $T_R$  și unul cald, având temperatura  $T_C$ . Abordarea realistă a acestei probleme presupune și considerarea unor procese ireversibile care apar pe parcursul funcționării motorului. Un model termodinamic simplu, dar care oferă rezultate foarte apropiate de valorile determinate experimental în ceea ce privește parametrii de funcționare optimă pentru un motor termic este prezentat schematic în figura alăturată.

Căldura este preluată de la un rezervor presupus infinit, având temperatura  $T_C$ , de către un fluid de lucru care circulă printr-un sistem de tuburi scufundate în acest rezervor. Căldura transferată de la rezervor către fluid în unitatea de timp este proporțională cu diferența dintre temperatura rezervorului și temperatura fluidului,  $T_1$ ,  $\dot{Q}_C = \frac{Q_C}{\Delta t} = \frac{T_C - T_1}{R_C}$ , unde  $T_C > T_1$  și  $R_C$  este rezistența termică globală a

circuitului cald, care depinde de factori cum ar fi suprafața totală a tuburilor, viteza de curgere a fluidului, conductivitatea termică a materialelor implicate în procesul de transfer termic, etc. Într-o primă aproximație, acest parametru poate fi considerat constant. Căldura preluată de fluid este transferată unui motor ideal, care cedează o parte din această căldură prin intermediul unui fluid de temperatură  $T_2 < T_1$ , circulat printr-un sistem de tuburi scufundat într-un alt rezervor infinit, având temperatura  $T_R$ . Și în acest caz, căldura transferată de la fluid către rezervorul rece în unitatea de timp este proporțională cu diferența dintre temperatura fluidului și temperatura rezervorului rece,

$\dot{Q}_R = \frac{Q_R}{\Delta t} = \frac{T_2 - T_R}{R_R}$ , unde  $T_2 > T_R$  și  $R_R$  este rezistența termică globală a circuitului rece. Un astfel

de motor ipotetic poartă numele de *motor endoreversibil*, deoarece este format dintr-un motor interior reversibil, dar către care și de la care transferul de căldură se realizează ireversibil, prin intermediul rezistențelor termice.



1	Calculează randamentul termodinamic al motorului endoreversibil în funcție de temperaturile $T_C$ și $T_R$ , rezistențele termice ale celor două circuite, $R_C$ și $R_R$ , și rata de extracție a căldurii din circuitul cald, $\dot{Q}_C$ .	1 p
---	---	-----

2	Arată în ce condiții randamentul unui astfel de motor este egal cu cel al unui ciclu Carnot care operează între aceleași temperaturi, $T_C$ și $T_R$ .	0,5 p
---	--	-------

3	Calculează valoarea maximă a ratei de extracție a căldurii din circuitul cald, $\dot{Q}_C^{\max}$ , la care motorul mai poate funcționa.	0,5 p
---	--	-------

Din punct de vedere practic, este importantă găsirea unui regim optim de funcționare pentru motor.

4	Arată că există o valoare a ratei de extracție a căldurii din circuitul cald, $\dot{Q}_C^{\text{opt}}$ , pentru care puterea furnizată de motor este maximă și determină raportul dintre această valoare și $\dot{Q}_C^{\max}$ .	2 p
---	--	-----

5	Calculează randamentul motorului în condițiile specificate la sarcina de lucru 4, $\eta^{\text{opt}}$ , și raportul dintre acest randament și randamentul unui ciclu Carnot care funcționează între aceleași temperaturi limită, $T_C$ și $T_R$ .	1 p
---	---	-----

6	Calculează puterea motorului, $P^{\max}$ , în acest regim optim de funcționare.	1 p
---	---	-----

În motorul reversibil, o cantitate  $m$  de gaz ideal, având masa molară  $\mu$  și coeficientul adiabatic  $\gamma$ , parcurge un ciclu Carnot, iar restricțiile constructive ale acestuia presupun faptul că raportul de compresie are o valoare fixă, cunoscută,  $r = \frac{V_{\max}}{V_{\min}}$ .

7	Calculează lucrul mecanic pe care îl dezvoltă motorul reversibil la fiecare ciclu, în funcție de $m$ , $r$ , $\mu$ , $\gamma$ , temperaturile $T_C$ și $T_R$ , rezistențele termice ale celor două circuite, $R_C$ și $R_R$ , și ratele de schimb de căldură, $\dot{Q}_C$ și $\dot{Q}_R$ .	2 p
---	--	-----

8	Calculează durata unui ciclu, dacă se presupune că motorul funcționează în regimul optim și rezistențele termice ale celor două circuite sunt egale.	2 p
---	--	-----

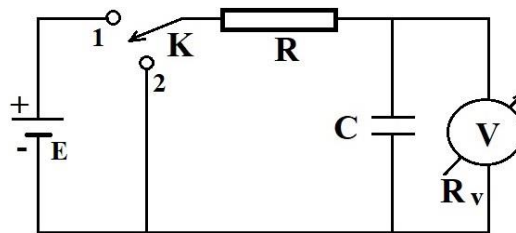
*Subiect propus de:*

**Lect. Univ. Dr. Adrian NECULAE**

Facultatea de Fizică, Universitatea de Vest din Timișoara

**Subiectul III: Fenomene tranzitorii în circuitul RC (10 puncte)**

Regimul tranzitoriu caracterizează trecerea unui sistem de la o stare de regim permanent la alta. În general ne dorim ca aparatele electronice să reacționeze rapid, să ajungă într-un timp cât mai scurt la un regim staționar de funcționare atunci când le comandăm trecerea dintr-un regim într-altul. Pentru studiul fenomenelor tranzitorii, pentru a înțelege de cine depinde durata lor și cum putem construi instrumente mai performante, studiem un circuit simplu, format dintr-un rezistor și un condensator, conform schemei din figură. Alimentăm circuitul de la o sursă de tensiune continuă, chiar dacă studiul este cu bătaie mai lungă și aplicarea cunoștințelor astfel dobândite se răsfrânge mai mult asupra circuitelor de curent alternativ.



În laboratorul de Fizică, folosind un circuit electric realizat conform schemei din figură cu o sursă de tensiune electromotoare  $E = 9V$ , un rezistor de rezistență  $R = 2,5M\Omega$ , un condensator de capacitate  $C = 19\mu F$  și un voltmetru de rezistență internă necunoscută  $R_v > R$ , a fost măsurată tensiunea la bornele voltmetrului, din 10 în 10 secunde, experimentul având două părți: în prima parte s-au făcut măsurători (notate cu  $U_1$ ) imediat după închiderea comutatorului K în poziția 1 timp de 3 minute; în partea a doua, la finalul celor 3 minute, comutatorul a fost trecut brusc în poziția 2, simultan cu resetarea cronometrului și s-au făcut în continuare măsurători timp de 3 minute (notate cu  $U_2$ ). Rezultatele măsurătorilor sunt prezentate în tabel.

t (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
$U_1(V)$	0	1,7	3,1	4,1	4,8	5,4	5,8	6,2	6,5	6,7	6,8	7,0	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2
$U_2(V)$	7,2	5,3	4	3,1	2,4	1,8	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0

a) Reprezintă grafic curbele de variație a tensiunii în funcție de timp. **2,0 p**

b) Explică de ce, în acest studiu, putem neglija rezistența internă a sursei de tensiune. **0,5 p**

c)	Demonstrează că pentru prima parte a experimentului, cu comutatorul în poziția 1, dar în absența voltmetrului, tensiunea la bornele condensatorului variază în timp conform expresiei: $U_C(t) = E \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right).$	2,5 p
----	---	-------

d)	Pentru situația de la punctul c) deduce expresia variației intensității curentului din circuit în funcție de timp.	0,5 p
----	--	-------

Parametrul  $\tau = RC$  poartă numele de constantă de timp a circuitului și se exprimă în secunde. Pentru situația de la punctul c) constanta de timp teoretică este  $\tau_t = 47,5\text{s}$ .

e)	Pentru situația descrisă la punctul c) calculează tensiunea care ar trebui să fie la bornele condensatorului la momentul $t = \tau_t$ și compar-o cu valoarea experimentală. Explică fenomenologic diferența dintre cele două.	1,5 p
----	--	-------

f)	Deduce expresia variației tensiunii la bornele condensatorului în funcție de timp pentru a doua parte a experimentului, cu comutatorul în poziția 2 și în prezența voltmetrului.	1,5 p
----	--	-------

g)	Pentru situația de la punctul f) calculează valoarea teoretică $U_2(\tau_2)$ (folosind expresia pe care ai dedus-o), iar apoi află rezistența internă a voltmetrului bazându-te pe graficul $U_2(t)$ . Constanta $\tau_2$ este constanta de timp ce caracterizează fenomenul tranzitoriu de la punctul f).	1,5 p
----	--	-------

**Notă:** Dacă îți este util, poți folosi pentru numărul lui Euler valoarea  $e = 2,718$  și formula de integrare:

$$\int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{x} = \ln(x_2) - \ln(x_1).$$

*Subiect propus de:*

**Lect. Univ. Dr. Mihai VASILESCU**

Facultatea de Fizică, Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca

**Subiectul IV: Experimentul lui Fizeau**

**(10 puncte)**

Dispozitivul interferențial reprezentat în desenul din figura IV.1, așezat în plan vertical, este iluminat de sursa S care emite lumină monocromatică, cu lungimea de undă  $\lambda = 0,589 \cdot 10^{-6}$  m, fiind plasată în focarul lentilei convergente  $L_1$ . Tubul de sticlă, în formă de U, ale cărui ramuri paralele au aceeași lungime,  $l = 2$  m, este plin cu un lichid (sulfură de carbon), al cărui indice de refracție este  $n = 1,629$ . Dacă lichidul din sistem este în repaus, atunci, privind prin ocularul din O, plasat în focarul lentilei convergente  $L_2$ , observatorul vede un sistem de franje de interferență, a cărui franjă centrală este o franjă luminoasă. Cu ajutorul unei pompe atașată dispozitivului, lichidul este obligat apoi să circule prin tub cu viteza constantă  $u = 10$  m/s.

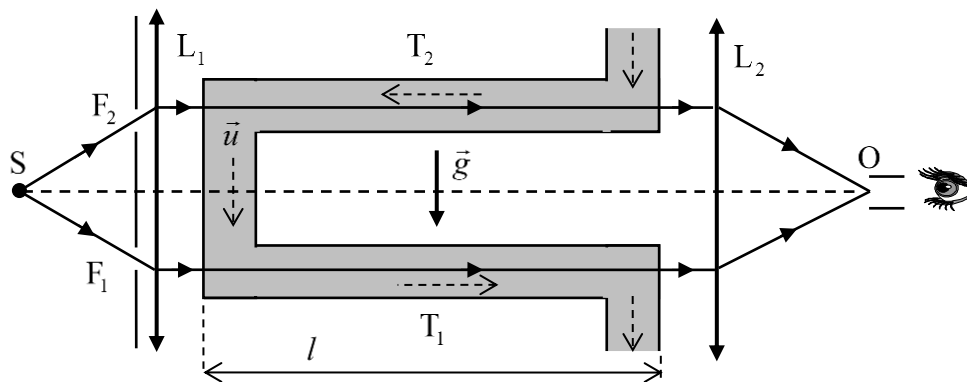


Fig. IV.1

a)	Să se determine viteza luminii prin cele două tuburi paralele lungi, $v_1$ și respectiv $v_2$ , în raport cu observatorul din O, atunci când lichidul din tub este în mișcare cu viteza $u$ , știind că $u \ll c$ , unde $c = 3 \cdot 10^8$ m/s este viteza luminii în vid.	3 p
b)	Să se determine ordinul deplasării sistemului de franje (deplasarea franjei centrale luminoase), determinată de circulația lichidului prin tub, $\Delta p = \frac{\Delta t}{T}$ , unde: $\Delta t$ – diferența de timp acumulată de razele care interferă în punctul O; $T$ – perioada radiației luminoase. Să se compare rezultatul găsit, cu cel corespunzător cinematicii clasice.	2 p
c)	Să se determine viteza minimă a lichidului prin tub, pentru care franja centrală din câmpul obiectivului este întunecată.	1 p



Lichidul din tub este un mediu dispersiv, ceea ce înseamnă dependența indicelui de refracție al lichidului de lungimea de undă a luminii care îl străbate,  $n = f(\lambda)$ . În acord cu această proprietate (dispersia luminii),  $n'$  este indicele de refracție al lichidului din tub, în raport cu sistemul de referință  $R'$ , atașat lichidului în mișcare, iar  $n$  este indicele de refracție al lichidului din tub, în raport cu sistemul de referință  $R$ , atașat observatorului.

Trecerea luminii prin lichidul în mișcare determină schimbarea lungimii de undă a acesteia, în acord cu efectul Doppler. Dacă lungimea de undă a luminii, care trece prin lichidul în repaus din tub, este  $\lambda$ , corespunzătoare unui indice de refracție  $n$ , atunci, lungimea de undă a luminii, care trece prin lichidul în mișcare din tub, este  $\lambda' = \lambda + \Delta\lambda$ , corespunzătoare unui indice de refracție  $n'$ .

Deoarece mărimile  $\lambda$  și respectiv  $\lambda'$  sunt foarte apropiate, relația dintre indicii de refracție ai lichidului în cele două situații,  $n$  și respectiv  $n'$ , rezultată dintr-o dezvoltare în serie, se poate considera, într-o aproximație de ordinul întâi, că este:

$$n' = n + \frac{dn}{d\lambda} \cdot \Delta\lambda.$$

<b>d)</b>	<p>Ținând cont de variația lungimii de undă a luminii care străbate lichidul în mișcare din cele două ramuri ale tubului, datorată efectului Doppler provocat de lichidul în mișcare, să se demonstreze că indicele de refracție aparent al lichidului (indicele de refracție Fizeau), <math>n_F</math>, în raport cu sistemul de referință <math>R</math>, al observatorului, este dat de expresia:</p> $\frac{1}{n_F} = \frac{1}{n} + \frac{u}{c} \left( \pm 1 \mp \frac{1}{n^2} - \frac{\lambda}{n^2} \cdot \frac{dn}{d\lambda} \right),$ <p>în care, cele două variante, corespund sectoarelor <math>T_1</math> și respectiv <math>T_2</math>, ale tubului cu lichid.</p>	<b>4 p</b>
-----------	---	------------

*Experimentul propus de Fizeau a fost esențial în impunerea Teoriei Relativității asupra câmpului electromagnetic.*

*Subiect propus de:*

**Prof. Univ. Dr. Florea ULIU,**

Departamentul de Fizică, Facultatea de Științe, Universitatea din Craiova

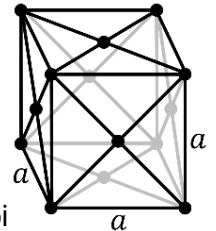
**Prof. Dr. Mihail SANDU,**

LTT, Călimănești

**Subiectul V: Plumb**

Plumbul  ${}_{82}\text{Pb}$  este un metal care cristalizează în structura cub cu față centrată CFC, structură prezentată în imaginea alăturată.

Izotopii stabili ai plumbului sunt  ${}^{204}\text{Pb}$ (1,4%),  ${}^{206}\text{Pb}$ (24,1%),  ${}^{207}\text{Pb}$ (22,1%) și  ${}^{208}\text{Pb}$ (52,4%). Procentele din paranteze indică raportul dintre numărul de atomi dintr-un tip de izotop și numărul total de atomi de  $\text{Pb}$ . Presupune că atomii de plumb sunt sfere având razele  $r_{\text{atomic}} = 175 \text{ pm}$ , tangente pe direcțiile pe care distanța dintre doi atomi este minimă. Consideră cunoscută unitatea atomică de masă  $u = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ .



<b>A.1.</b>	Determină masa atomică medie a plumbului.	(0,5 p)
<b>A.2.</b>	Estimează valoarea $\rho_{\text{Pb}}$ a densității plumbului.	(1,5 p)

În timp ce izotopul  ${}^{204}\text{Pb}$  există ca atare „de la facerea lumii”, ceilalți trei izotopi stabili  ${}^{206}\text{Pb}$ ,  ${}^{207}\text{Pb}$  și  ${}^{208}\text{Pb}$  sunt produșii finali unor reacții de dezintegrare în lanț.

Astfel, nucleele de  ${}^{206}\text{Pb}$  reprezintă ultima etapă în dezintegrarea în lanț a nucleelor de  ${}^{238}\text{U}$ . Timpul de înjumătățire a nucleelor de  ${}^{238}\text{U}$  este  $T_{238} = 4,50 \times 10^9 \text{ ani}$ . În timp, într-un sistem închis, o masă dată de  ${}^{238}\text{U}$  se dezintegrează până la produsul final  ${}^{206}\text{Pb}$ . Dezintegrarea  ${}^{238}\text{U}$  se face printr-o serie de produși radioactivi, având timpii de înjumătățire mici în comparație cu timpul de înjumătățire al  ${}^{238}\text{U}$ , astfel încât, într-o primă aproximație, existența produșilor intermediari se poate neglija.

Timpul de înjumătățire al nucleelor de  ${}^{235}\text{U}$  este  $T_{235} = 0,71 \times 10^9 \text{ ani}$ . Similar, nucleele de  ${}^{235}\text{U}$  se dezintegrează-o serie de produși de reacție radioactivi, având timpii de înjumătățire mai mici în comparație cu timpul de înjumătățire al  ${}^{235}\text{U}$ . Această serie radioactivă se oprește la izotopul stabil  ${}^{207}\text{Pb}$ .

<b>B.1.</b>	Determină expresia ${}^{206}n = {}^{206}n(t)$ a numărului de atomi de ${}^{206}\text{Pb}$ , produși din dezintegrările radioactive în timpul $t$ . Exprimă rezultatul în funcție de numărul actual de atomi de ${}^{238}\text{U}$ , notat cu ${}^{238}N$ și de timpul de înjumătățire al ${}^{238}\text{U}$ . Este indicat să folosești o unitate de timp $\theta = 10^9 \text{ ani}$ .	(2,5 p)
<b>B.2.</b>	Scie expresia ${}^{207}n = {}^{207}n(t)$ a numărului de atomi de ${}^{207}\text{Pb}$ , produși din dezintegrările radioactive în timpul $t$ . Exprimă rezultatul în funcție de numărul actual de atomi de ${}^{235}\text{U}$ notat cu ${}^{235}N$ și de timpul de înjumătățire al ${}^{235}\text{U}$ .	(1,0 p)

Un minereu de uraniu și plumb este analizat cu spectrometrul de masă. Din măsurarea concentrațiilor relative ale izotopilor de plumb  ${}^{204}\text{Pb}$ ,  ${}^{206}\text{Pb}$  și  ${}^{207}\text{Pb}$  s-a determinat că numerele de atomi corespunzătoare acestor trei izotopi se află, respectiv, în rapoartele 1,00:29,6:22,6. Raportul numerelor de atomi pentru izotopii de uraniu  ${}^{238}N : {}^{235}N$  este 137:1.

La analiza unei probe de minereu care conține numai  $\text{Pb}$ , numerele de atomi ale celor trei izotopi  ${}^{204}\text{Pb}$ ,  ${}^{206}\text{Pb}$  și  ${}^{207}\text{Pb}$  se află, respectiv, în rapoartele 1,00:17,9:15,5.

C.1.	Dedu o expresie pentru vârsta $T$ a Pământului.	(3,0 p)
C.2.	Presupunând că $T$ este mult mai mare decât fiecare dintre timpii de viață ai celor doi izotopi ai uraniului, determină o valoare aproximativă $T_{aprox}$ pentru vârsta Pământului.	(1,5 p)

**Subiect propus de:**  
**Conf. Univ. Dr. Adrian Dafinei, Universitatea din București**