

Problema 1

a)

Densitatea vaporilor considerați gaz ideal este

$$\rho_v = \frac{p\mu}{RT}$$

și este mult mai mică decât densitatea lichidului ($\rho_v \approx 0,11 \text{ kg/m}^3$ pentru $p = p_\infty$). Aproximând $\rho_l - \rho_v \approx \rho_l$. În aceste condiții formula lui Kelvin devine

$$p_r = p_\infty - \frac{2\rho_v\sigma}{\rho_l r}$$

pentru menisc concav sau

$$p_r = p_\infty + \frac{2\rho_v\sigma}{\rho_l r}$$

pentru menisc convex.

1.5 puncte

Înlocuind în formulă densitatea vaporilor obținem pentru cazul meniscului convex

$$p_r = p_\infty + \frac{2\sigma\mu p}{\rho_l RTr}$$

Deoarece $p \approx p_r$ rezultă

$$p_\infty = p_r \left(1 - \frac{2\sigma\mu}{\rho_l RTr} \right)$$

1 punct

Deoarece $\frac{2\sigma\mu}{\rho_l RTr}$ este o cantitate foarte mică, folosind aproximația $e^{-x} \approx 1 - x$ pentru x mic, putem scrie

$$p_\infty \approx p_r e^{-\frac{2\sigma\mu}{\rho_l RTr}}$$

sau

$$p_r \approx p_\infty e^{\frac{2\sigma\mu}{\rho_l RTr}}$$

Pentru cazul meniscului convex și în mod analog se poate deduce pentru cazul meniscului concav

$$p_r \approx p_\infty e^{-\frac{2\sigma\mu}{\rho_l RTr}}$$

Prin identificare termen cu termen se obține

$$\alpha = p_\infty \text{ și } \beta = \frac{2\sigma\mu}{\rho_l RT} \text{ pentru menisc convex și respectiv } \alpha = p_\infty \text{ și } \beta = -\frac{2\sigma\mu}{\rho_l RT} \text{ pentru menisc concav.}$$

1 punct

b)

În cazul picăturilor se folosește formula pentru menisc convex.

Diferența de presiune Δp se poate scrie:

$$\Delta p = p_r - p_\infty = p_\infty (e^{\frac{2\sigma\mu}{\rho_l RTr}} - 1) \approx \frac{2\sigma\mu p_\infty}{\rho_l RTr}$$

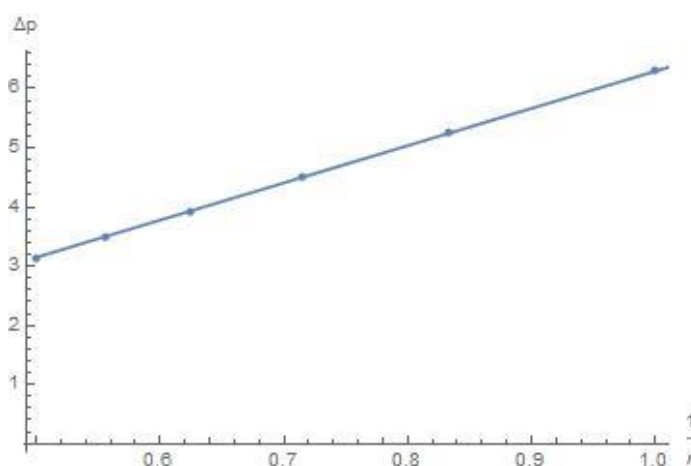
de unde rezultă:

$$\sigma \approx \frac{\rho_l RTr\Delta p}{2\mu p_\infty}$$

1.5 puncte

Tabel, valori numerice sau grafic

$\Delta p(\text{Pa})$	$r(\mu\text{m})$	$\Delta p \cdot r(\text{Pa} \cdot \text{m})$
6,30	1,0	$6,298 \cdot 10^{-6}$
5,25	1,2	$6,298 \cdot 10^{-6}$
4,50	1,4	$6,297 \cdot 10^{-6}$
3,94	1,6	$6,296 \cdot 10^{-6}$
3,50	1,8	$6,296 \cdot 10^{-6}$
3,18	2,0	$6,296 \cdot 10^{-6}$



Din prelucrarea datelor se obține

$$\Delta p \cdot r \approx 6,3 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}$$

$$\sigma \approx 22,1 \cdot 10^{-3} \text{ N / m}$$

2 puncte

Aceeași valoare pentru sigma se obține și dacă se prelucrează datele din tabel cu ajutorul formulei lui Kelvin.

c)

Volumul unei picături, respectiv al lichidului:

$$V_0 = \frac{4\pi r^3}{3}$$

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

0.5 puncte

Numărul de picături:

$$N_{pic} = \frac{V}{V_0} = \frac{3m}{4\pi\rho r^3}$$

0.5 puncte

Aria suprafeței unei picături, respectiv a tuturor picăturilor și modificarea de arie (aria suprafeței picăturii inițiale de lichid este mult mai mică decât aria picăturilor mici):

$$A_0 = 4\pi r^2$$

$$A = N_{pic} A_0 = \frac{3m}{\rho r}$$

$$\Delta A = A - A_i \approx A$$

0.5 puncte

Lucrul mecanic necesar:

$$L = \sigma\Delta A = \frac{3\sigma m}{\rho r}$$

1 punct

Valoarea numerică a lucrului mecanic necesar:

$$L \approx 0,07 \text{ J}$$

0.5 puncte

TOTAL: 10 puncte

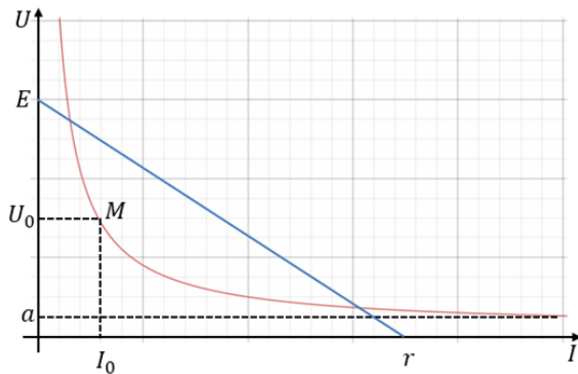
© *Barem de evaluare propus de:*

Lector. Dr. A. NECULAE și Asistent Dr. G. PASCU

Facultatea de Fizică, Universitatea de Vest din Timișoara

Problema 2 – baraj ONF 2017 - barem

(1p) a) Reprezentați grafic alura pe care o are caracteristica voltamperică a unui arc electric pe baza formulei Ayrton și explicați modul în care se ajunge la întreruperea descărcării;



Fie $M(U_0, I_0)$ un punct al curbei (un „punct de funcționare” al arcului). În timpul funcționării arcului crește temperatura aerului și, prin aceasta, crește numărul de ioni din unitatea de volum. Ca urmare, crește intensitatea curentului electric fapt ce determină scăderea tensiunii U , scădere care antrenează o nouă creștere a intensității curentului electric.

Prin aceasta, punctul M se deplasează pe curbă (adică starea M este instabilă).

Presupunem că „arcul electric” (elementul neliniar) este alimentat de un generator de tensiune electromotoare E și rezistență internă r . În acest caz $I \in (0, I_{sc})$.

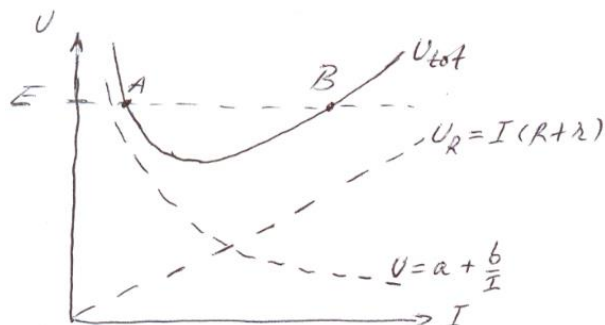
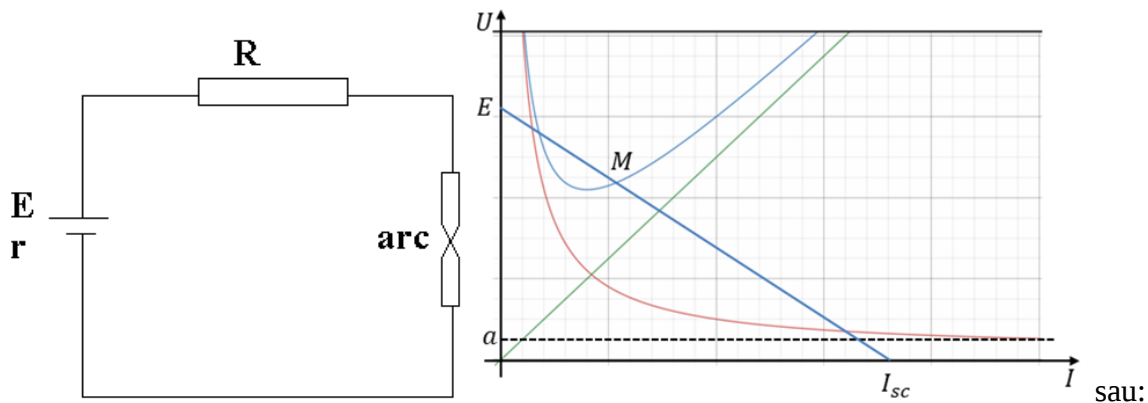
În acest caz pot exista două puncte de funcționare, amândouă fiind instabile (intersecțiile curbelor).

Condiție: $U < E$.

Concluzie: Un astfel de element neliniar este instabil.

(1.5p) b1) Desenați schema electrică a circuitului și reprezentați pe același grafic caracteristicile voltamperice pentru fiecare element de circuit, precum și pentru întregul circuit.

Conectarea în paralel nu este utilă, nu duce la stabilitate. Conectăm rezistorul în serie:



Fie $U_R = I(R+r)$ căderea de tensiune pe elementele liniare.

Fie $U_{tot} = I(R+r) + a + b/I = U_R + U$ căderea de tensiune pe toate elementele circuitului.

(1.5p) b2) Găsiți poziția exactă a punctului de funcționare în funcție de tensiunea electromotoare E a sursei și de rezistența ei internă r .

În punctul A descărcarea este instabilă. Punctul B (sau idem în M) corespunde regimului stabil de descărcare: $E = I(R+r) + a + b/I$. Avem soluțiile:

$$\text{Pentru punctul A: } I_A = \frac{E - a - \sqrt{(E - a)^2 - 4b(R + r)}}{2(R + r)} \quad (\text{instabil})$$

$$\text{Pentru punctul B: } I_B = \frac{E - a + \sqrt{(E - a)^2 - 4b(R + r)}}{2(R + r)} \quad (\text{stabil})$$

(1.5p) b3) Găsiți condiția de stabilitate pentru intensitatea curentului în funcție de R și b . Explicați de ce rezistența internă a unei surse de curent continuu reale nu este suficientă pentru a asigura stabilitatea descărcării, în absența rezistorului R .

Condiția de stabilitate: panta caracteristicii este pozitivă: $\frac{d}{dI} \left[I(R + r) + a + \frac{b}{I} \right] > 0 \Rightarrow I > \sqrt{\frac{b}{R + r}}$

Pentru $R=0$ se obține curent f mare, iar sursele de tensiune au putere maximă, deci și curent maxim.

(1p) b4) Aflați valoarea maximă a rezistenței R pentru care se poate obține descărcare staționară la o tensiune electromotoare E dată.

$$I^2(R + r) + (a - E)I + b = 0 \Rightarrow \Delta = (E - a)^2 - 4(R + r)b > 0$$

$$\text{Deci: } R_{\max} = \frac{(E - a)^2}{4b} - r$$

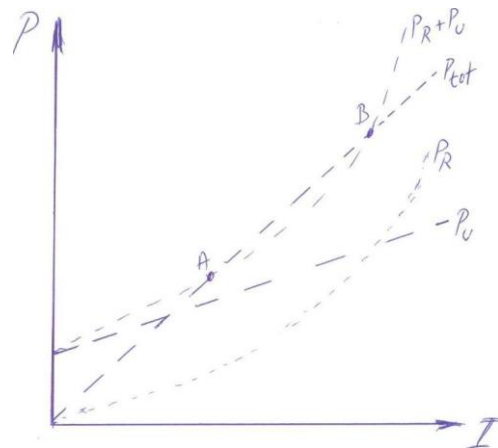
(1.5p) b5) Trasați pe un grafic $P = f(I)$ alura modului de variație a tuturor puterilor din acest circuit și explicați pe baza acestui grafic determinarea punctului de stabilitate a descărcării.

$$P_U = a \cdot U + b$$

$$P_R = (R + r)I^2$$

$$P_{\text{tot}} = EI$$

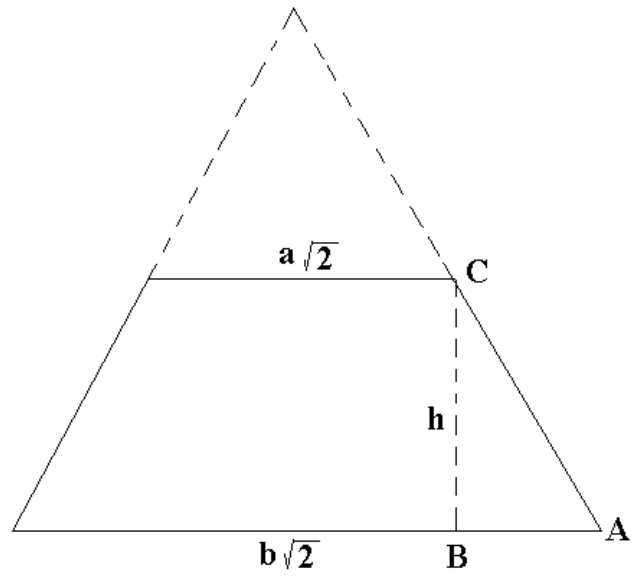
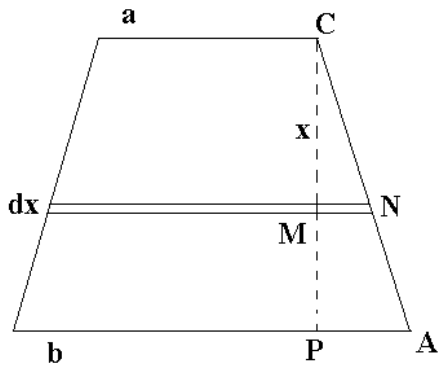
$$P_R + P_U = aI + b + (R + r)I^2$$



$P_R + P_U$ nu poate crește peste P_{tot} ! A = punct de funcționare instabil. B = punct de funcționare stabil.

(2p) c) Coloana Infinitului

32 piramide în serie; fiecare cu 4 laturi de rezistență R în paralel: $R_{\text{tot}} = 8R$



$$AB = \frac{(b-a)\sqrt{2}}{2}; BC = h \Rightarrow AC = \sqrt{h^2 + \frac{(b-a)^2}{2}}$$

$$\Rightarrow CP = \sqrt{h^2 + \frac{(b-a)^2}{4}}$$

$$dR = \rho \cdot \frac{dx}{d \cdot (a + 2 \cdot MN)}$$

$$\Rightarrow R = \frac{\rho}{2d} \sqrt{\frac{4h^2}{(b-a)^2} + 1} \cdot \ln \frac{b}{a}$$

$$\Rightarrow R_{\text{tot}} = \frac{4\rho}{d} \sqrt{\frac{4h^2}{(b-a)^2} + 1} \cdot \ln \frac{b}{a}$$

Problema a III-a: Lampa fluorescentă

Soluție:

a) 3,25 puncte

$$L = \frac{\sqrt{E^2 - (U_1 + IR)^2}}{2\pi f I} = 1,16 \text{ H}.$$

1,25 p.

Factorul de putere este

$$\cos \varphi = \frac{U_1 + IR}{E} = 0,557,$$

1 p.

iar puterea disipată

$$P = EI \cos \varphi = 61,3 \text{ W}.$$

1 p.

b) 3 puncte

Balastul este, într-adevăr, capacitiv, deoarece $\omega L = 364 \Omega$, iar $\frac{1}{\omega C} = 637 \Omega$.

Curentul prin circuit este

$$I_1 = \frac{E}{\sqrt{\left(\frac{P}{I_1^2}\right)^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}},$$

0,75 p.

de unde

$$\frac{E^2}{I_1^2} = \left(\frac{P}{I_1^2}\right)^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2.$$

Rezolvând această ecuație și considerând soluția cea mai mică, rezultă

semnul (-) 0,25 p.

$$I_1 = \frac{E}{\left|\omega L - \frac{1}{\omega C}\right| \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{1 - \left[\frac{2P}{E^2} \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)\right]^2}}} = 0,300 \text{ A}.$$

1 p.

Dacă s-ar fi considerat soluția mai mare, curentul ar fi fost mai mare decât înainte de a monta condensatorul (0,748 A)! Rezistența ohmică a circuitului este 681Ω pentru curentul mic, respectiv 110Ω , pentru curentul mai mare.

În fine,

$$\cos \varphi = \frac{\frac{P}{I_1^2}}{\sqrt{\left(\frac{P}{I_1^2}\right)^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = 0,928$$

1 p.

c) 3,75 puncte

Factorul de putere este

$$\cos \varphi = \frac{R_{tot}}{\sqrt{R_{tot}^2 + \omega^2 \left[L - C(\omega^2 L^2 + R_{tot}^2)\right]^2}},$$

1 p.

iar acesta ia valoarea maximă ($\cos \varphi = 1$) 0,5 p. dacă se alege condensatorul cu capacitatea

$$C = \frac{L}{\omega^2 L^2 + R_{tot}^2}.$$

0,25 p.

Curentul care trece prin lampă este

$$I_2 = E \frac{\sqrt{R_{tot}^2 + \omega^2 [L - C(\omega^2 L^2 + R_{tot}^2)]^2}}{R_{tot}^2 + \omega^2 L^2}.$$

și are valoarea minimă

$$I_{2\min} = E \frac{R_{tot}}{R_{tot}^2 + \omega^2 L^2}.$$

0,5 p.

Pentru a afla valoarea lui R_{tot} se pornește de la expresia puterii disipate:

$$P = I_{lampă}^2 R_{tot} = \frac{E^2}{R_{tot}^2 + \omega^2 L^2} R_{tot},$$

0,25 p.

de unde

$$I_{2\min} = \frac{P}{E} = 0,279 \text{ A}.$$

0,5 p.

În acest caz,

$$C = \frac{L}{\omega^2 L^2 + R_{tot}^2} = \frac{L I_{2\min}}{E R_{tot}} = \frac{L P}{E^2 R_{tot}}.$$

Din ecuația puterii, de mai sus, rezultă

$$R_{tot} = \frac{E^2}{2P} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{4P^2 \omega^2 L^2}{E^4}} \right),$$

0,5 p.

cu valorile 548 Ω , respectiv 243 Ω ,

așa încât

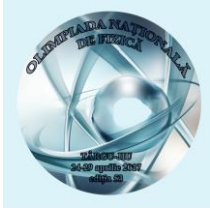
$$C = \frac{L P}{E^2 R_{tot}} = \frac{1}{2\omega^2 L} \left(1 \mp \sqrt{1 - \frac{4P^2 \omega^2 L^2}{E^4}} \right),$$

0,25 p.

cu valorile numerice 2,69 μF și 6,06 μF .

soluție propusă de

Conf. univ. dr. Sebastian POPESCU – Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași



Problema nr. 4 (10 puncte)

Oscilații induse electric în sisteme macroscopice și microscopice

Dintre cele patru interacțiuni fundamentale, interacțiunea electrică și cea gravitațională sunt singurele întâlnite în lumea observabilă. Interacțiunea electrică este responsabilă și de un număr de fenomene oscilatorii apărute la diverse scale.

A. Pendul magnetic cu rezistență

Pendulul din figura 1 este construit dintr-o tijă conductoare rigidă de lungime ℓ , cu masa neglijabilă și dintr-un corp conductor de dimensiuni mici, cu masa m . Tija se poate roti în jurul punctului O , iar corpul conductor este în permanență în contact cu un conductor de forma unui semicerc, fixat în planul vertical care trece prin punctul O . Semicercul conductor, tija pendulului și corpul conductor împreună cu rezistorul R formează un circuit electric închis în care singura rezistență neneglijabilă este rezistența R a rezistorului. Circuitul se află într-un câmp magnetic omogen cu inducția $\vec{B}_0$, având liniile de câmp orizontale, perpendiculare pe planul circuitului. Mărimea accelerației gravitaționale este g .

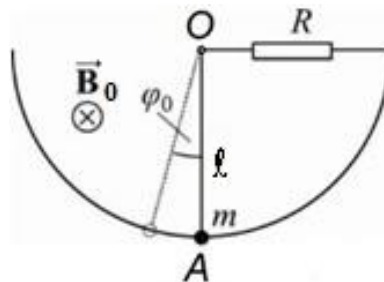


Figura 1

Pendulul este deviat cu un unghi φ_0 mic, față de poziția inițială de echilibru - marcată în figură cu A - și apoi este lăsat liber. În rezolvare, neglijează autoinducția și forțele de frecare și folosește următoarele notații: $\Omega = \sqrt{g/\ell}$ și $2\gamma = B_0^2 \cdot \ell^2 / (4R \cdot m)$.

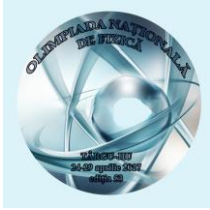
Sarcina de lucru nr. 1

1.a. Dedu ecuația de mișcare, ce descrie dependența de timp a unghiului $\varphi(t)$ de deviație tijeii pendulului.

1.b. Determină expresia dependenței de timp $\varphi(t)$ a unghiului de deviație a pendului, pentru situația în care $B_0 < 4 \sqrt{\frac{64R^2 \cdot m^2 \cdot g}{\ell^5}}$.

1.c. Dacă numărul trecerilor pendulului prin poziția de echilibru este foarte mare, dedu expresia pentru intervalul de timp în care amplitudinea oscilației scade la jumătate din valoarea inițială.

1. Fiecare dintre subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0 (nu se acordă punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestor puncte.



B. Pendul magnetic cu condensator si arc spiralat

Consideră din nou tija conductoare rigidă cu masa neglijabilă, de lungime ℓ și corpul conductor de dimensiuni mici, având masa m . Corpul conductor este în permanență în contact cu un conductor de forma unui semicerc, fixat în planul vertical care trece prin punctul O .

Tija conductoare este fixată în punctul O de un ax orizontal, perpendicular pe planul semicercului. Axul se poate roti fără frecare în lagărele marcate în figură cu M și N . La capătul Q al axului este prins un arc spiral care are celălalt capăt fixat în punctul P . Arcul spiral este netensionat atunci când corpul cu masa m se află în poziția A . La rotirea axului arcul se tensionează; M_r - modulul momentului determinat de arc spiral este proporțional cu unghiul de rotire al axului. Constanta de proporționalitate dintre moment și unghiul de rotire este β , iar energia potențială W_a acumulată în resortul spiral rotit cu unghiul φ are expresia:

$$W_a = \beta \cdot \varphi^2 / 2 \quad (1)$$

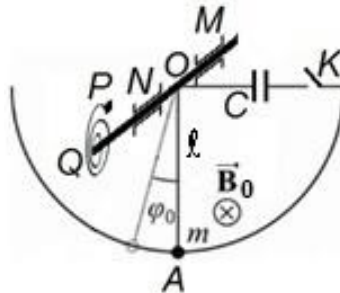


Figura 2

În circuitul electric al tijei, corpului și semicercului este plasat un condensator de capacitate C . Întreg dispozitivul se află într-un câmp magnetic omogen cu inducția $\vec{B}_0$, având liniile de câmp orizontale, paralele cu axul MN și perpendiculare pe planul semicercului conductor. Inițial condensatorul este descărcat, iar comutatorul K este deschis. Mărimea accelerației gravitaționale este g . Presupune că între armăturile condensatorului, liniile de câmp electric sunt perpendiculare pe plăci și câmpul electric este uniform.

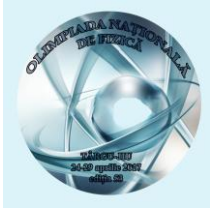
Sarcina de lucru nr. 2

2.a. Dedu expresia dependenței de timp $\varphi(t)$ a unghiului de rotație, față de poziția inițială, în situația în care comutatorul K se închide și apoi, printr-o lovitură scurtă, se imprimă barei o viteză unghiulară inițială ω_0 ; ca urmare bara execută mici oscilații. Neglijază rezistența electrică a elementelor circuitului.

2.b. Determină condiția pe care trebuie să o îndeplinească mărimile caracteristice ale sistemului analizat, astfel încât pendulul format din tijă și corpul conductor să descrie o mică oscilație armonică.

2.c. Dedu expresia dependenței de timp a mărimii sarcinii electrice de pe o armătură a condensatorului C , în situația specificată în cadrul sarcinii de lucru 2.a.

1. Fiecare dintre subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0 (nu se acordă punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestor puncte.



C. Molecula oscilantă de argon

Structura geometrică și proprietățile fizice ale moleculelor și solidelor sunt determinate de interacțiunile electrice dintre atomii care le constituie.

În cazul în care centrul sarcinii negative a unui atom se deplasează temporar față de centrul sarcinii sale pozitive, atomul devine un ansamblu legat de două sarcini electrice de mărime egală și de semne diferite (un dipol). Dacă doi astfel de atomi identici – dipoli temporari – se apropie unul de celălalt, atunci între ei apare o interacțiune inițial atractivă numită interacțiune Van der Waals. Molecula biatomică apărută prin interacțiunea Van der Waals are o energie potențială U , a cărei dependență de distanța r dintre atomi este dată de relația

$$U = U_0 \cdot \left[\left(\frac{R_0}{r} \right)^{12} - 2 \cdot \left(\frac{R_0}{r} \right)^6 \right] \quad (2)$$

În expresie, R_0 reprezintă distanța „de echilibru” dintre atomi, iar U_0 este o constantă.

Doi atomi de argon, având fiecare masa $m_{Ar} = 6,63 \times 10^{-26} \text{ kg}$, pot forma o moleculă printr-o legătură slabă de tip Van der Waals. Pentru molecula de argon cunoști $R_0 = 3,82 \times 10^{-10} \text{ m}$ și $U_0 = 1,68 \times 10^{-21} \text{ J}$.

Sarcina de lucru nr. 3

3.a. Calculează valoarea energiei potențiale pentru sistemul celor doi atomi de argon, aflați la distanța de echilibru unul față de altul.

3.b. Dedu expresia forței care acționează asupra fiecăruia dintre cei doi atomi, atunci când distanța dintre aceștia este r .

3.c. Determină valoarea pulsației micilor oscilații ale fiecărui atom față de poziția de echilibru.

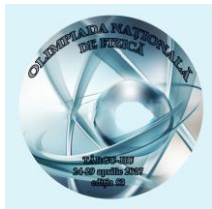
Ai în vedere că în cursul oscilațiilor mici fiecare dintre cei doi atomi se află la distanța $r/2 = R_0 \cdot (1 + x/R_0)/2$ față de centrul de masă al moleculei, că $|x/R_0| \ll 1$ și că $(x/R_0)^2 \cong 0$.

Dacă este cazul, ține seama că $(1 + a)^n \cong 1 + n \cdot a$, pentru $|a| \ll 1$.

© Subiect propus de:

Prof. dr. Delia DAVIDESCU
Conf. univ. dr. Adrian DAFINEI

1. Fiecare dintre subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 10 la 0 (nu se acordă punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestor puncte.



FOAIE DE RĂSPUNSURI

Foaia de Răspunsuri se atașează la lucrare și nu se semnează

Evaluarea problemei se face pe baza soluției redactate pe Foaia de concurs

Problema nr. 4 (10 puncte)

Oscilații induse electric în sisteme macroscopice și microscopice

A. Pendul magnetic cu rezistență

Sarcina de lucru nr. 1

1.a. Ecuația de mișcare, ce descrie dependența de timp a unghiului $\varphi(t)$ de deviație tijei pendulului

$$\ddot{\varphi} + 2\gamma \cdot \dot{\varphi} + \Omega^2 \cdot \varphi = 0$$

1,50p

1.b. Expresia dependenței de timp ale unghiului $\varphi(t)$ de deviație a pendulului, pentru situația în

$$\text{care } B_0 < \sqrt[4]{\frac{64R^2 \cdot m^2 \cdot g}{\ell^5}}$$

$$\varphi(t) = \frac{\varphi_0 \cdot \Omega \cdot e^{-\gamma \cdot t}}{\sqrt{\Omega^2 - \gamma^2}} \cdot \left[\sin\left(\sqrt{\Omega^2 - \gamma^2} \cdot t + \Phi\right) \right]$$

$$\tan \Phi = \frac{\gamma}{\sqrt{\Omega^2 - \gamma^2}}$$

2,00p

1.c. Expresia pentru intervalul de timp în care amplitudinea oscilației scade la jumătate din valoarea inițială

$$T_{1/2} = \frac{8 \cdot R \cdot m \cdot \ln 2}{B_0^2 \cdot \ell^2}$$

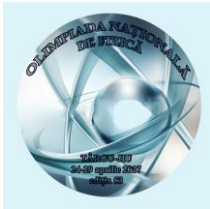
0,50p

Sarcina de lucru nr. 2

2.a. Expresia dependenței de timp $\varphi(t)$ a unghiului de rotație față de poziția inițială

$$\varphi(t) = \frac{\omega_0 \cdot \sqrt{m \cdot \ell^2 + \frac{C \cdot B_0^2 \cdot \ell^4}{4}}}{\sqrt{\beta + m \cdot g \cdot \ell}} \cdot \sin \sqrt{\frac{\beta + m \cdot g \cdot \ell}{m \cdot \ell^2 + \frac{C \cdot B_0^2 \cdot \ell^4}{4}}} \cdot t$$

2,50p



*Olimpiada Națională de Fizică
Târgu Jiu, 24 – 29 aprilie 2017*

Baraj

2.b. Condiția pe care trebuie să o îndeplinească mărimile caracteristice ale sistemului analizat, astfel încât acest sistem să descrie o mică oscilație armonică

$$\frac{\omega_0 \cdot \sqrt{m \cdot \ell^2 + \frac{C \cdot B_0^2 \cdot \ell^4}{4}}}{\sqrt{\beta + m \cdot g \cdot \ell}} \leq 0,1 \text{ rad}$$

0,50p

2.c. Expresia dependenței de timp a mărimii sarcinii electrice de pe o armătură a condensatorului C

$$Q(t) = \frac{C \cdot \ell^2 \cdot B_0}{2} \cdot \omega_0 \cdot \cos \sqrt{\frac{\beta + m \cdot g \cdot \ell}{m \cdot \ell^2 + \frac{C \cdot B_0^2 \cdot \ell^4}{4}}} \cdot t$$

0,50p

Sarcina de lucru nr. 3

3.a. Valoarea energiei potențiale pentru sistemul celor doi atomi de argon, aflați la distanța de echilibru unul față de altul

$$U(R_0) = -U_0$$

0,50p

3.b. Expresia forței care acționează asupra fiecăruia dintre cei doi atomi, atunci când distanța dintre aceștia este r

$$F(r) = \frac{12U_0}{R_0} \left[\left(\frac{R_0}{r} \right)^{13} - \left(\frac{R_0}{r} \right)^7 \right]$$

1,00p

3.c. Valoarea pulsației micilor oscilații ale fiecărui atom față de poziția de echilibru

$$\omega = \frac{12}{R_0} \cdot \sqrt{\frac{U_0}{m_{Ar}}} \quad \omega \cong 5,00 \times 10^{12} \text{ rad/s}$$

1,00p