

Problema 1

a) În 1870, William Thomson (viitorul Lord Kelvin), studiind fenomenele capilare într-un tub cu secțiunea circulară, a arătat că, în condiții de echilibru termodinamic între lichidul din capilar și vaporii acestuia, presiunea de vaporii depinde de curbura suprafeței lichidului. Pentru cazul unui lichid care udă perfect pereții capilarului și formează un menisc concav, el a dedus formula:

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

unde p_r este presiunea vaporilor deasupra meniscului format în capilarul cu raza r , p_∞ presiunea vaporilor deasupra suprafeței plane, σ tensiunea superficială a lichidului, ρ_v și ρ_l densitățile vaporilor, respectiv fazei lichide.

Această formulă este una aproximativă, deoarece în ciuda faptului că se presupune că vaporii au un comportament similar cu al unui gaz ideal, dependența densității lor de presiune a fost neglijată. Pornind de la formula lui Kelvin, deduce o formulă care să ia în considerare și această dependență. Mai exact, demonstrează că $p_r = \alpha e^{\beta/r}$ și deduce expresiile matematice pentru α și β .

b) Diferența presiunii de vaporii în cele două situații (p_r , respectiv p_∞) este foarte mică. Primul experiment modern de măsurare a acestei diferențe, cu ajutorul unui manometru foarte precis, bazat pe interferometrie optică, a fost realizat în 1930 de către M. Thomă. El a măsurat diferența de presiune a vaporilor din două recipiente în care suprafețele lichidului aveau o formă plană, respectiv curbată. Același tip de variație a presiunii de vaporii cu raza de curbura a interfeței s-a observat și în cazul studiului picăturilor lichide aflate în echilibru termodinamic cu vaporii saturanți ai aceluiași lichid.

Se imaginează următorul experiment: în două recipiente închise, aflate la aceeași temperatură, conectate printr-un manometru foarte precis se află un lichid, respectiv o ceață formată din picături foarte fine ale aceluiași lichid, ambele în echilibru termodinamic cu vaporii lor. Se consideră că ceața, obținută cu ajutorul unui pulverizator, conține picături având pe toată durata măsurărilor aproximativ aceeași rază. Mărimea acesteia se poate determina printr-un experiment de tip Millikan (fără ca sarcina electrică pe care o dobândesc picăturile să aibă vreo influență asupra mărimilor măsurate). Diferența de presiune Δp a vaporilor din cele două recipiente se determină cu ajutorul unui manometru cu interferometrie optică. Rezultatele experimentale obținute pentru mai multe seturi de măsurători, realizate pentru picături de diferite dimensiuni, sunt trecute în tabelul alăturat. Estimează pe baza acestor rezultate tensiunea superficială a lichidului.

$r(\mu\text{m})$	$\Delta p(\text{Pa})$
1,0	6,30
1,2	5,25
1,4	4,50
1,6	3,94
1,8	3,50
2,0	3,18

c) Determină lucrul mecanic necesar obținerii unei ceți alcătuită din picături de rază $r = 1,2 \mu\text{m}$ dintr-o picătură de lichid având masa de 1 g.

Se cunosc:

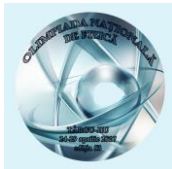
- temperatura sistemului: $T = 293\text{K}$
- densitatea substanței în faza lichidă: $\rho_l = 789 \text{ kg/m}^3$
- masa molară a substanței: $\mu = 46 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$
- presiunea de vaporii a substanței (pentru suprafață plană): $p_\infty = 5950 \text{ Pa}$
- constanta universală a gazelor: $R = 8,314 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$

Obs: Dacă este nevoie, poți folosi aproximațiile $e^{\pm x} \approx 1 \pm x$ sau $\ln(1 \pm x) \approx \pm x$, pentru $x \ll 1$.

Problemă propusă de:

Lector. Univ. Dr. Adrian NECULAE și Asist. Univ. Dr. Gabriel PASCU,
Facultatea de Fizică, Universitatea de Vest din Timișoara

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



Problema 2: Descărcări în arc electric

Descărcările electrice au uimit omenirea încă din cele mai vechi timpuri, exemplul cel mai evident fiind spectacolul fulgerelor pe timp de furtună. În epoca modernă au fost studiate multe cazuri de descărcări electrice, la nivel micro sau macro. Un astfel de caz este cel al descărcării în arc electric. Arcul electric reprezintă o descărcare electrică în gaze sau vapori, autonomă (cu tendințe de automenținere), fiind caracterizată de:

- Densitate de curent foarte mare;
- Cădere de tensiune mică pe coloană;
- Coloana de arc se comportă ca un conductor mobil, cu secțiune dependentă de intensitatea curentului;
- Arcul electric se comportă ca o rezistență ohmică neliniară.

La apropierea contactelor spațiul dintre electrozi se ionizează. Pentru o anumită distanță apare arc electric, iar atunci când electrozii ajung în contact acesta se stinge. Dacă începem să îndepărtăm electrozii, atunci arc electric reapare, pentru a se stinge atunci când distanța dintre contacte depășește lungimea critică. Totuși, se constată că simpla aplicare a unei tensiuni continue, pentru cazul în care distanța dintre contacte este constantă și nenulă, dar inferioară lungimii critice, deși duce la apariția descărcării în arc electric, nu asigură și stabilitatea în timp a acesteia.

O descriere simplificată a fenomenului ne este oferită de ecuația propusă de Hertha Ayrton în 1902: $U = a + b/I$, unde U este diferența de potențial dintre electrozi, I este intensitatea curentului, iar a și b sunt mărimi pozitive ce depind de lungimea arcului ca funcții de gradul întâi.

- 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;

Stabilizarea regimului de descărcare se poate face cu ajutorul unui rezistor de rezistență R .

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

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

- 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 .

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

- 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.

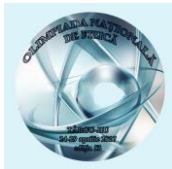
Notă: Se neglijează variațiile rezistențelor produse de eventualele încălziri ale elementelor din circuit.

- c) Ajutați-l pe maestrul Brâncuși să afle rezistența electrică a operei sale, Coloana Infinitului, între cele două extremități, inferioară și superioară, considerând că este realizată dintr-un strat de tablă de fontă de grosime d , având rezistivitatea ρ . Din această tablă s-au construit cele 32 trunchiuri de piramidă așezate succesiv, de jos în sus, astfel: primul cu baza mică în sus, al doilea cu baza mare în sus, al treilea cu baza mică în sus, ..., al 32-lea cu baza mare în sus. Se dau dimensiunile trunchiului de piramidă: a = latura bazei mici, b = latura bazei mari și h = înălțimea trunchiului de piramidă. Neglijați structura de rezistență mecanică, realizată de maestru în interiorul învelișului exterior din tablă.

Problemă propusă de:

lect.univ. dr. Mihai VASILESCU, Facultatea de Fizică, Universitatea Babeș – Bolyai, Cluj - Napoca

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 a, b, c etc.
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 (fără punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



Problema 3: Lampa fluorescentă

Orice lampă fluorescentă poate funcționa atât în curent continuu, cât și în curent alternativ. În cazul funcționării lămpii în curent alternativ, pentru a stabili curentul prin circuitul de alimentare la o valoare predeterminată, evident, după aprinderea descărcării, în serie cu lampa se conectează o bobină cu miez de fier (numită și *balast*). Un alt element important este *starterul* (v. Fig. 1), un dispozitiv special care are rolul de a iniția descărcarea luminescentă în tub. Acesta este un mic tub de descărcare umplut cu neon sau argon la presiune scăzută și care are drept unul dintre electrozi o lamelă bimetalică. La conectare, între electrozii starterului se produce un arc electric. Aceasta face ca bimetalul să se încălzească, să se curbeze și să atingă celălalt electrod, închizând astfel circuitul și permițând electrozilor lămpii să se încălzească și să emită electroni. După ce se răcește, bimetalul se desprinde de celălalt electrod, întrerupând circuitul prin starter. Tensiunea autoindusă în bobină face însă ca tensiunea prin circuitul de alimentare să crească până la o valoare suficientă pentru declanșarea descărcării în tubul fluorescent. Pentru simplitate, în cele ce urmează, lampa fluorescentă se va considera un rezistor ohmic.

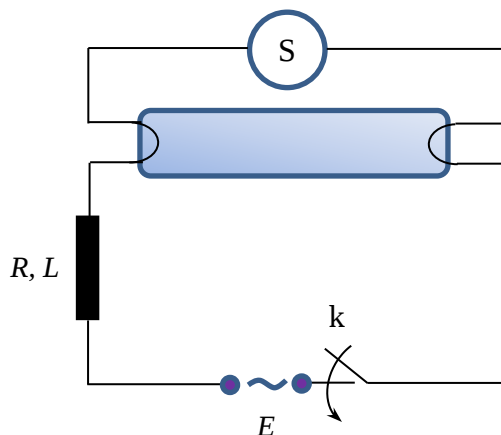


Fig. 1

- a) Determină inductanța bobinei de balast, factorul de putere al montajului și puterea disipată în circuit, dacă rezistența balastului este $R = 25 \Omega$. În plus, se cunosc: tensiunea de funcționare a lămpii $U_l = 110 \text{ V}$, precum și curentul prin lampă, $I = 0,50 \text{ A}$.
- b) Montajul schițat în Fig. 1 poartă numele de montaj cu balast inductiv. Există și un montaj cu balast capacitiv și acesta se obține prin înserierea cu bobina a unui condensator. Rolul acestuia este de a compensa reactanța inductivă, de a crește factorul de putere și de a micșora curentul efectiv prin circuit. Dacă capacitatea condensatorului este $C = 5,0 \mu\text{F}$, iar bobina rămâne cea de mai sus, determină noul factor de putere și intensitatea curentului, dacă puterea activă solicitată de montaj de la sursa de alimentare rămâne aceeași ca cea calculată la a).
- c) Valoarea scăzută a factorului de putere a condus în timp la luarea de măsuri tehnice pentru reducerea puterii reactive. În cazul montajelor cu balast inductiv, se conectează un condensator ca în Fig. 2. Presupunând că acesta este ideal și că rezistența electrică a lămpii rămâne aceeași, determină expresia matematică care dă valoarea capacității condensatorului pentru ca factorul de putere să fie maxim posibil și calculează valoarea ei numerică. Cât va fi curentul total care este furnizat de sursă în acest caz? Puterea activă solicitată de montaj de la sursa de alimentare rămâne aceeași ca cea calculată la a).

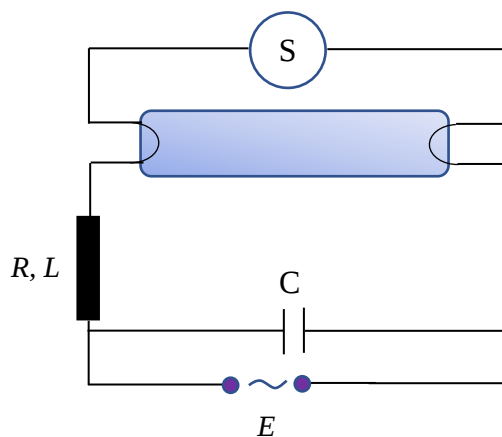


Fig. 2

problemă propusă de

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

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 a, b, c etc.
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 (fără punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



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. Mărima accelerației gravitaționale este g .

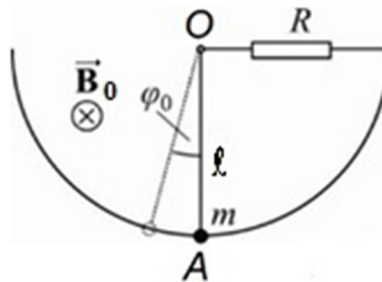


Figura 1

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 arcul 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:

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

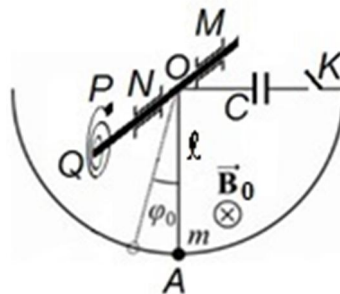


Figura 2

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

1,50p

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

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

2,00p

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

0,50p

Sarcina de lucru nr. 2

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

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

0,50p

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

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

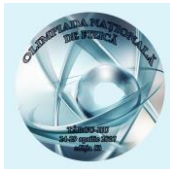
0,50p

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

1,00p

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

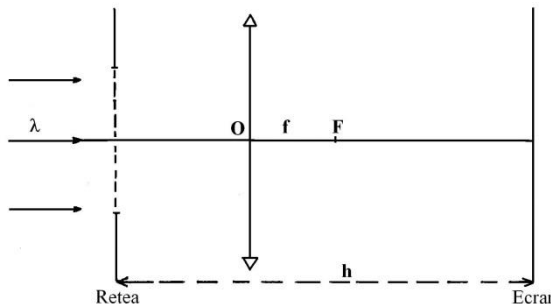
1,00p



Problema 5: Rețele de difracție

A) Fundamentele teoriei lui Abbe

O rețea de difracție funcționând prin transmisie, cu $N = 1000$ trăsături (zgârieturi de diamant pe un suport subțire de sticlă), are perioada $d = 12 \cdot 10^{-6}$ m. La distanța $h = 135$ cm de planul rețelei, paralel cu acesta, se află un ecran plan. Între rețea și ecran se află o lentilă convergentă, subțire, cu distanța focală $f = 30$ cm având, în plan transversal, diametrul $D = 10$ cm. Planul lentilei este paralel cu planul rețelei de difracție și cu ecranul, astfel că axul optic principal al lentilei este perpendicular pe rețea (vezi figura!). Venind din partea stângă, un fascicul paralel, monocromatic ($\lambda = 630$ nm), emis de un laser, cade normal pe rețeaua de difracție. Translatând lentila în lungul axului optic principal, un experimentator a constatat că, pentru două distanțe diferite între ecran și lentilă, pe ecran se observă imagini bune ale rețelei precum și figuri de difracție distincte, cu contrast diferit în cele două situații.

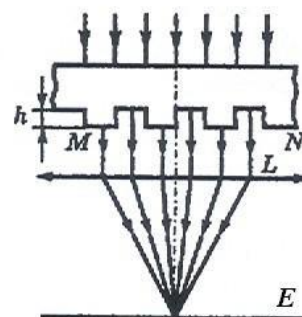


a). Care sunt aceste distanțe?

b). Folosind toate datele numerice furnizate în acest enunț, explicați calitatea diferită a imaginilor și comparați contrastul lor.

B) Rețeaua pieptene

O lamă transparentă, cu fețe plan-paralele, având indicele de refracție $n > 1$, s-a prelucrat până când a căpătat forma arătată în figură. Atât dinții dreptunghiulari cât și adânciturile au aceeași lățime a iar distanța de la fundul adânciturilor până la „tăișul” dinților este h . Un fascicul luminos paralel, monocromatic, cu lungimea de undă λ , cade normal pe fața plană a lamei. Lentila convergentă L, așezată în vecinătatea imediată a dinților lamei, proiectează pe ecranul E, așezat în planul focal, o figură de difracție.



a) Considerând că fenomenul de difracție care se produce este de tip Fraunhofer (difracție în lumină paralelă), să se determine cea mai mică valoare posibilă a adâncimii h , pentru care în centrul figurii de difracție de pe ecran există un minim de intensitate luminoasă.

b) Când adâncimea h are valoarea minimă determinată la punctul a), aflați sub ce unghiuri φ (măsurate față de axul optic principal al lentilei) se formează maximele principale?

c) Care este direcția φ_1 a maximului principal de ordinul întâi?

Problemă propusă de:

prof. univ. dr. Florea ULIU, Departamentul de Fizică al Universității din Craiova

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 a, b, c etc.
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 (fără punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.