



Olimpiada Națională de Fizică

Timișoara 2016

Proba teoretică

XII

Problema 1- Optică ondulatorie

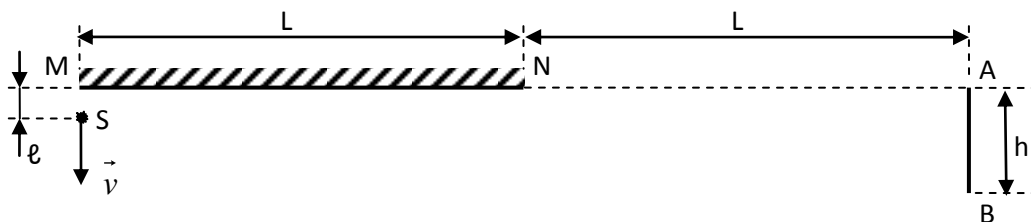
A. Interferență și lentile

Lentilele de bună calitate ale unor instrumente optice (luneta astronomică, binoclu, aparat fotografic) sunt acoperite cu un strat optic subțire, respectiv o peliculă transparentă care face ca aceste lentile să aibă pe fața de intrare o nuanță de albastru-violet. Grosimea și indicele de refracție ale stratului depus se aleg astfel încât să se micșoreze cât mai mult intensitatea radiației reflectate de suprafața lentilei, iar coeficientul de transmisie să fie cât mai mare, mărindu-se luminozitatea imaginii care se formează în aparat. Pe fața de intrare a unei lentile din sticlă cu indicele de refracție $n_s = 1,5$ este depus un strat optic, asimilat unei lame subțiri cu fețe plan paralele, cu indicele de refracție $n = 1,35$. Determinați grosimea minimă h_{\min} , a acestui strat optic pentru a obține o valoare cât mai mică a intensității radiației reflectate, simultan pentru radiațiile cu lungimile de undă $\lambda_1 = 700 \text{ nm}$ și $\lambda_2 = 420 \text{ nm}$ din domeniul vizibil.

B. Interferență și oglinzi

Sursa punctiformă de lumină monocromatică S (vezi figura) se află inițial la distanța $\ell = 1 \text{ mm}$ față de capătul M al oglinzii plane. Ecranul de observare AB are lungimea $h = 1 \text{ cm}$ iar distanța NA este egală cu lungimea MN a oglinzii. Planul oglinzii este perpendicular pe planul ecranului. La momentul $t = 0$, sursa S începe să fie deplasată cu viteza constantă $v = 0,1 \text{ mm/s}$, îndepărtându-se de oglindă, pe o direcție perpendiculară pe planul oglinzii.

Precizează și argumentează în ce sens se deplasează maximele de interferență de pe ecranul AB . Determină momentele de timp la care numărul maximelor luminoase de pe ecranul AB este dublu față de numărul inițial de maxime.



C. ... și difracție

O radiație luminoasă cu lungimea de undă $\lambda = 535 \text{ nm}$ este incidentă normal pe o rețea de difracție funcționând prin transmisie. Determinați constanta d a rețelei știind că unul dintre maximele de difracție se formează în direcția $\theta = 35^\circ$ și că cel mai depărtat maxim de difracție este cel de ordin $k_{\max} = 5$.

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 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 3 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 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



Problema 2 – Experimentul lui Davisson și Germer

În fig. 1 [preluată din C.J.Davisson and L.H.Germer, *Reflection and Refraction of Electrons by a Crystal of Nickel*, Proc. Nat. Acad. Science, **14**, 619 (1928)] este dată curba obținută din datele experimentale ale experimentului lui Davisson și Germer, în care s-a studiat împrăștierea electronilor sub un unghi de incidență de 10° , pe un monocristal de nichel. Pe axa absciselor sunt trecute valorile lui \sqrt{U} , unde U este tensiunea de accelerare a electronilor exprimată în volți, iar pe axa ordonatelor, intensitatea relativă a fascicului de electroni împrăștiat. Pentru ordine de difracție mari, maximele sunt echidistante (intervalul dintre ele este $3,06 \text{ V}^{\frac{1}{2}}$), dar pentru ordine de difracție mici, această regularitate (indicată pe grafic prin săgeți) este încălcată.

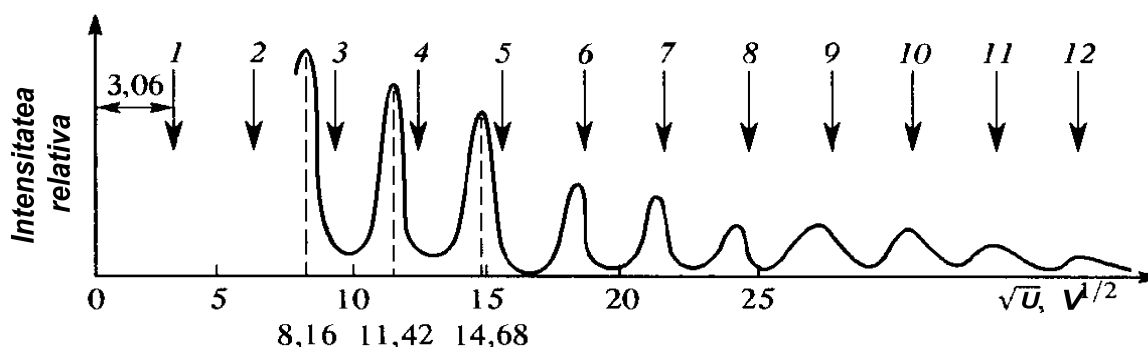


fig.1

a) Determinați distanța dintre planele reticulare ale cristalului de nichel, pe care are loc difracția.

b) Pentru a explica neconcordanțele constatate s-a ținut cont de refracția undelor asociate în cristalul de nichel. Deduceți expresia acestui indice de refracție și calculați indicii de refracție al nichelului pentru undele asociate electronilor, corepunzătoare maximelor de ordinul 3, 4 și 5, care se observă pentru valorile corespunzătoare ale lui $\sqrt{U} = 8,16 \text{ V}^{\frac{1}{2}}$, $11,42 \text{ V}^{\frac{1}{2}}$ și $14,68 \text{ V}^{\frac{1}{2}}$.

c) Considerăm acum că pe suprafața unui metal cade sub incidență normală un fascicul de electroni cu energia 1 eV, astfel încât o pătrime din numărul de electroni incidenți se reflectă. Determinați energia medie a electronilor reflectați de suprafața aceluiași metal, dacă pe metal este incident normal un fascicul format din electroni cu energiile 1 eV și $\frac{1}{3}$ eV, având, respectiv, raportul dintre numărul de electroni incidenți în unitatea de timp egal cu $\frac{4}{9}$.

Obs. Se cunoaște formula lui Fresnel a factorului de reflexie (energetic), la incidență normală, $R = \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2$, n fiind indicii de refracție relativ al metalului față de aer.

Se cunosc: constanta lui Planck $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, masa electronului $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, sarcina electrică elementară $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ și $n_{\text{aer}} = 1$.

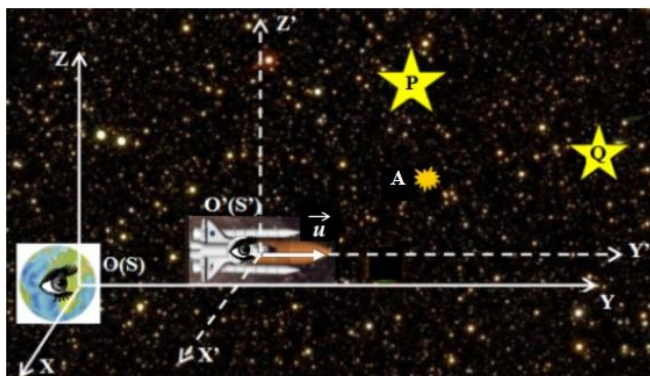
1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul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



Problema 3 – Teoria Relativității Restrânse

A. Explozii stelare

Un observator, O, aflat în originea unui sistem de referință inerțial fix, SXYZ, atașat Pământului (așa cum indică desenul din figura 1), înregistrează exploziile stelelor P și Q, utilizând ceasornicul din sistemul său de referință, la momentele t_P și respectiv $t_Q > t_P$. Aceleași două evenimente sunt înregistrate și de un observator O', aflat în



originea sistemului inerțial mobil S'X'Y'Z', atașat unei nave spațiale, care se deplasează rectiliniu și uniform față de Pământ, cu viteza \vec{u} .

a) Să se determine condițiile pentru care, în raport cu observatorul O' din sistemul S', cele două explozii: 1) se succed în aceeași ordine; 2) sunt simultane; 3) se succed în ordine inversă.

Coordonatele de poziție ale celor două stele fixe, P și Q, în raport cu sistemul SXYZ sunt: $P(x_P, y_P, z_P)$ și $Q(x_Q, y_Q, z_Q)$. Se cunoaște viteza luminii în vid, c .

b) Un asteroid, A, se deplasează astfel încât în raport cu sistemul de referință S ecuațiile parametrice ale traiectoriei sale sunt:

$$x = v_0 t; \quad y = \frac{at^2}{2}; \quad z = 0.$$

Să se stabilească: 1) ecuația traiectoriei asteroidului A în raport cu sistemul SXYZ; 2) ecuațiile parametrice ale mișcării asteroidului A în raport cu sistemul S'; 3) ecuația traiectoriei asteroidului A în raport cu sistemul S'.

B. Accelerația relativistă

Asupra unui punct material cu masa de repaus m_0 , aflat în repaus în sistemul de referință al laboratorului, acționează o forță constantă \vec{F} .

c) Să se demonstreze că accelerația punctului material, în raport cu SRL, corespunzător momentului când viteza punctului material în raport cu SRL este \vec{v} , este dată de expresia:

$$\vec{a} = \frac{1}{m} \vec{F} - \frac{\vec{F} \cdot \vec{v}}{mc^2} \vec{v}; \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

unde c este viteza luminii în vid. Cazuri particulare: 1) $\vec{F} \perp \vec{v}$; 2) $\vec{F} \parallel \vec{v}$.

Subiecte propuse de:

Prof. Liviu ARICI – Colegiul Național „Nicolae Bălcescu”, Brăila

Prof. Florin BUTUȘINĂ – Colegiul Național „Simion Bărnuțiu”, Șimleu Silvaniei

Prof. Petrică PLITAN – Colegiul Național „Gheorghe Șincai”, Baia Mare

Prof. dr. Mihail SANDU – Liceul Tehnologic de Turism, Călimănești

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 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 3 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 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.