



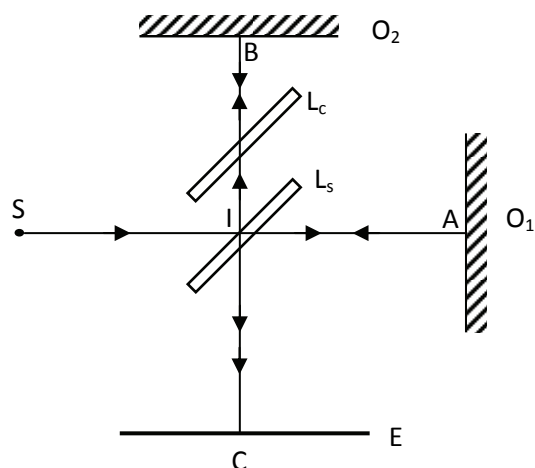
Olimpiada de Fizică - Etapa națională  
1 – 6 aprilie 2012  
ILFOV  
PROBA TEORETICĂ



**Problema I (10 puncte)**

**Interferometru de premiul Nobel**

Interferometrul Michelson arată ca în figura alăturată.  $S$  este sursa punctiformă de lumină,  $O_1$  și  $O_2$  sunt oglinzi plane,  $L_s$  este lama separatoare (semitransparentă, argintată pe fața dinspre  $S$ , ce divizează fasciculul incident într-unul reflectat spre  $O_2$  și unul transmis spre  $O_1$ , cu intensități egale),  $L_c$  este lama compensatoare (anulează diferența de drum optic între fasciculele separate de  $L_s$ ), iar  $E$  este un ecran opac. Cele două lame au grosimi egale, același indice de refracție și sunt înclinate la  $45^\circ$  față de orizontală.



- Distanțele  $IS = IC = IA = D$ , iar  $IB = D + d$ . Sursa fiind punctiformă, pe ecranul  $E$  se vor observa inele de interferență. Să se deducă expresia care dă raza inelelor luminoase. Dacă  $D = 1,00 \text{ m}$ ,  $d = 100 \mu\text{m}$  și  $\lambda = 500 \text{ nm}$ , să se calculeze valorile teoretice ale razelor celui mai mic și a celui mai mare inel luminos, denumite primul, respectiv ultimul inel luminos.
- Sursa  $S$  emite cu aceeași intensitate dubletul galben al sodiului ( $\lambda = 589,0 \text{ nm}$  și  $\lambda' = 589,6 \text{ nm}$ ), distanțele relevante fiind  $IS = IC = IA = D$ , iar  $IB = D + d$ , de această dată  $d$  fiind necunoscută. Ce valoare minimă trebuie să aibă  $d$  pentru ca în  $C$  starea de interferență să fie aceeași pentru cele două radiații monocromatice?
- În ecranul  $E$  se practică un orificiu circular cu centrul în punctul  $C$ . Distanțele relevante sunt acum  $IS = IC = IB = D$ , iar  $IA = D + x$ . Cât de mare trebuie să fie raza orificiului dacă între diferențele de drum pentru undele care interferă în centrul și pe periferia lui nu poate fi o variație mai mare decât  $\lambda/4$ ? Să se exprime rezultatul în funcție de  $x$ ,  $D$  și  $\lambda$  ( $\ll x$ ).
- În spatele ecranului, în dreptul orificiului se plasează o celulă fotoelectrică, iar  $IS = IC = IA = IB = D$ . Se imprimă oglinzii  $O_1$  o mișcare de translație orizontală, spre dreapta, cu viteza constantă  $v$ . Să se arate că fotocelula dă un curent fotoelectric ce prezintă o componentă armonică cu frecvența  $f$  și să se exprime  $f$  în funcție de  $v$ , viteza luminii  $c$  și de frecvența  $f_0$  a unei luminoase incidente, presupusă monocromatică.
- Viteza oglinzii  $O_1$  nu este riguros constantă, ci are ușoare variații periodice (dispozitivul de antrenare este afectat de erori periodice), astfel încât deplasarea sa se scrie  $x(t) = vt + b \cos 2\pi\beta t$ , unde  $\beta$  este o frecvență joasă, iar amplitudinea erorii satisface relația  $b \ll \lambda$ . Să se arate că, la analiza curentului fotoelectric, în afară de componenta alternativă cu frecvența  $f$  – determinată la punctul d) – mai există două componente alternative parazite, ale căror frecvențe trebuie determinate. Care trebuie să fie valoarea maximă a lui  $b$  astfel încât amplitudinea acestor semnale parazite să nu depășească 1% din amplitudinea semnalului principal? Lungimea de undă a radiației incidente este  $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$ .

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

## Problema a II-a (10 puncte)

### Torsiune în câmp electromagnetic

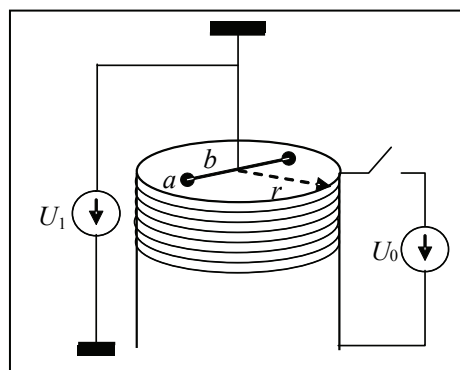
Un pendul de torsiune constă dintr-o tijă rigidă, conductoare, foarte subțire și ușoară, la capetele căreia sunt fixate două sfere metalice identice și goale în interior. Acest ansamblu este suspendat de un fir vertical lung, conductor, aflat pe axa de simetrie a solenoidului și fixat la partea superioară de un suport izolator (ca în figură). Firul de suspensie este legat de tijă la mijlocul ei. Pendulul se află deasupra capătului superior al unui solenoid cilindric drept, așezat vertical, cu un miez feromagnetic. Înfășurarea solenoidului este făcută dintr-un conductor de cupru, spiră lângă spiră, într-un singur strat. Pendulul este conectat la o sursă de înaltă tensiune  $U_1 = 15 \text{ kV}$ , iar înfășurarea solenoidului, printr-un întrerupător, este conectată la o sursă de tensiune constantă  $U_0 = 2,0 \text{ kV}$ . Să se evalueze cu ce unghi maxim se va roti tija pendulului, dacă se închide întrerupătorul.

Se va considera că:

- în planul în care se află tija pendulului, inducția câmpului magnetic nu variază pe direcție radială și este egală cu jumătate din valoarea inducției magnetice de pe axa solenoidului, dacă acesta ar avea înălțimea mult mai mare decât diametrul spirelor;
- firul pendulului începe să se torsiuneze imediat după ce valoarea curentului prin solenoid rămâne staționară;
- diametrul sferelor pendulului este mult mai mic decât lungimea tijei acestuia;

Se cunosc:

- rezistivitatea cuprului:  $\rho = 0,017 \mu\Omega \cdot \text{m}$ ;
- raza spirei solenoidului  $r = 15 \text{ cm}$ ;
- înălțimea solenoidului  $h = 40 \text{ cm}$ ;
- diametrul firului de cupru  $d = 5,0 \text{ mm}$ ;
- permeabilitatea magnetică relativă a miezului  $\mu_r = 1,8 \cdot 10^3$ ;
- diametrul sferelor pendulului  $a = 1,0 \text{ cm}$ ;
- masa unei sfere  $m = 1,4 \text{ g}$ ;
- perioada oscilațiilor libere ale pendulului de torsiune  $T = 14 \text{ s}$ ;
- viteza luminii în vid  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

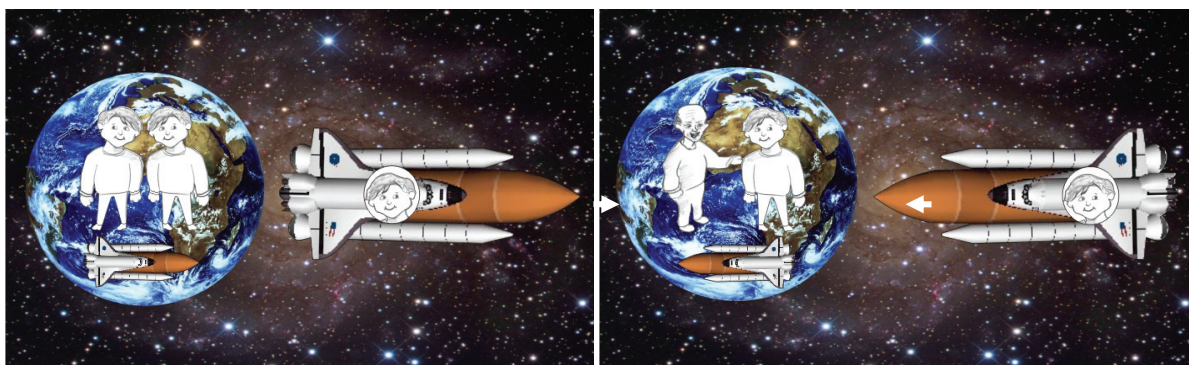


1. Fiecare dintre subiectele 1, 2 respectiv 3, se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul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

### Problema a III-a (10 puncte)

#### Paradoxul gemenilor

Doi frați gemeni, A și B, cu vârstele de 26 ani, se despart într-o zi, atunci când A pleacă într-un voiaj interplanetar cu o navă cosmică a cărei mișcare în raport cu Pământul este rectilinie și uniformă, având viteza  $v = 0,6 c$  în raport cu Pământul, iar B rămâne pe Pământ. Atunci când A revine pe Pământ, pe aceeași traiectorie rectilinie, fratele său B are vârsta de 36 ani. Se neglijează duratele fazelor de accelerare, de ocolire pentru întoarcere și de frânare ale navei cosmice.



- Să se determine* durata voiajului lui A, măsurată de fiecare dintre cei doi frați și vârsta lui A la revenirea sa pe Pământ. Concluzie. Este simetrică această problemă pentru frații A și B? Se cunoaște viteza luminii în vid,  $c$ .
- Un dispozitiv special transformă bătăile inimii lui A în semnale electromagnetice. *Să se afle* duratele recepțiilor, determinate de B, ale tuturor semnalelor bătăilor inimii lui A din faza depărtării și respectiv din faza apropierii acestuia. *Să se compare* numărul total al bătăilor inimii lui A, înregistrate de B, cu numărul total al bătăilor inimii lui B, înregistrate de B, de la despărțirea până la reîntâlnirea celor doi frați gemeni. Se știe că frecvențele bătăilor inimilor celor doi frați gemeni, în sistemele de referință proprii, sunt identice și egale cu  $\nu$ . Concluzie.
- După 2 ani de la revenirea lui A pe Pământ, pleacă B cu aceeași navă cosmică într-un voiaj interplanetar, iar A rămâne pe Pământ. Depărtarea lui B se face pe o traiectorie rectilinie în raport cu Pământul, cu viteza  $v$  față de Pământ, iar apropierea lui B se face pe aceeași traiectorie rectilinie cu viteza  $4v/3$ . *Să se determine* vârstele celor doi frați, la încheierea voiajului lui B, știind că acestea sunt din nou identice. Se știe că  $v = 0,6c$ . Se neglijează și acum duratele fazelor de accelerare și de încetinire ale navei cosmice.

*Subiect propus de:*

*Conf. univ. dr. Sebastian POPESCU - Facultatea de Fizică, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași*

*Prof. Liviu ARICI – C. N. „Nicolae Bălcescu” Brăila*

*Prof. dr. Mihail SANDU – G. Ș. E. A. S. Călimănești*

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