



Proba Teoretică Subiect

1. Abateri de la legile opticii geometrice

Un fascicul paralel de radiații optice armonice plane, cu lungimea de undă $\lambda = 500 \text{ nm}$, este incident normal pe un paravan plan și vertical. Paravanul are două fante dreptunghiulare orizontale identice, cu lărgimea $a = 0,1 \text{ mm}$, una sub alta, lățimea spațiului opac dintre ele fiind $b = 1,5 \text{ mm}$. Aceste fante pot fi obturate după dorință. În spatele paravanului se așază o lentilă convergentă cu axa optică principală perpendiculară pe acesta. Prin deschiderea a cel puțin uneia dintre fante, pe un ecran vertical situat în planul focal imagine al lentilei se va forma o distribuție de benzi luminoase și întunecate, paralele cu fanta/fantele.

Sarcina de lucru 1

Se deschide doar una dintre fante, a cărei lungime este $l \gg a$. În aceste condiții, să se determine:

- distribuția unghiulară a intensității luminoase de pe ecran și să se precizeze pozițiile unghiulare pentru care se observă minime ale intensității;
- intensitățile maximelor de ordinele 1, 2 și 3 în raport cu intensitatea maximului central și să se evalueze ce procent din intensitatea totală a radiației care pătrunde în spatele paravanului revine maximului central. Se va presupune că maximele secundare sunt simetrice, adică se obțin la mijlocul distanței dintre două minime succesive;
- dimensiunile imaginii fantei de pe ecran, dacă $l = 1 \text{ cm}$, iar ecranul este la distanța $L = 1 \text{ m}$ de paravan.

Sarcina de lucru 2

Se deschid ambele fante, astfel încât paravanul devine un ecran Young.

- Să se determine distribuția unghiulară a intensității luminoase de pe ecran și să se deducă expresia matematică care dă poziția unghiulară a maximelor de interferență.
- Să se determine numărul maximelor de interferență cuprinse în maximul principal de difracție, precum și în maximele secundare, presupuse simetrice.
- Care este numărul de maxime de interferență care s-ar putea forma, din punct de vedere teoretic? Care este numărul de maxime secundare de difracție care s-ar putea forma, din punct de vedere teoretic? Câte maxime de interferență se vor observa în realitate, dacă sunt vizibile doar acelea situate în interiorul maximului principal de difracție și în interiorul maximelor secundare de ordinul 1 și 2?
- Ce distanță focală minimă ar trebui să aibă lentila pentru ca un observator, în condiții de observare optime (distanța optimă de citire este $\delta = 25 \text{ cm}$) să poată vedea franjele de interferență în planul focal al lentilei ca fiind distincte. Rezoluția unghiulară fiziologică a ochiului este $\beta_{\min} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$.

Observație: Se poate folosi, dacă este utilă, suma
$$\sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{(2m+1)^2} = \frac{\pi^2}{8}$$

subiect propus de

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

-
- 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 în orice ordine cerințele a, b, respectiv c.
 - 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 subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Proba Teoretică Subiect

2. Fotoni... „ciudați”

- a) Fasciculul de lumină al unui laser care se rotește cu viteza unghiulară ω în jurul unei axe verticale, cade pe un perete vertical aflat la distanța D față de axul de rotație al laserului. Spotul luminos se deplasează pe perete de-a lungul unei drepte orizontale. Să se afle viteza cu care se mișcă

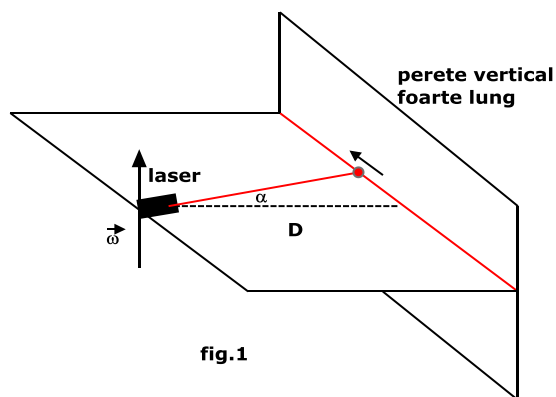


fig.1

spotul pe perete, în funcție de unghiul $\alpha \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$ pe care-l face la un moment dat fasciculul laser cu normala dusă la perete (Fig.1). Reprezentați grafic $v(\alpha)$ și discutați rezultatul. Descrieți amănunțit mișcarea spotului luminos pe perete în diferite situații posibile. Nu contrazice acest rezultat principiile teoriei relativității restrânse? Argumentați răspunsurile.

- b) Folosind modelul fonic al luminii și fără a face apel la teoria relativității, deduceți legea a II-a reflexiei luminii pe o oglindă plană care:

- se mișcă cu viteza nerelativistă v constantă și orientată perpendicular pe planul oglinzii.
- se mișcă cu viteza nerelativistă v constantă și orientată sub un unghi φ , ascuțit, cu normala la planul oglinzii.

Este posibil fenomenul de „reflexie înainte” (adică unghiul de reflexie mai mare ca 90°)? Demonstrați pentru cazul i) și calculați pentru ce valori ale unghiului de incidență se poate produce acest fenomen.

Calculați lungimea de undă a fotonului reflectat în cele două cazuri, i) și ii).

Este binecunoscută dilema lui Einstein: și-ar vedea el chipul într-o oglindă plană dacă oglinda s-ar îndepărta de el cu viteza c – viteza luminii în spațiu liber? În ipoteza în care Einstein ar sta pe loc și oglinda s-ar îndepărta față de el cu viteza $v = c/2$, orientată de-a lungul direcției de observație, folosind rezultatele anterioare, ce răspuns dați dilemei lui Einstein? Einstein nu are dificultăți de vedere.

- c) Bazându-vă doar pe analiză dimensională, estimați până la o constantă adimensională de ordinul unității, mărimea unghiului de deviație a traiectoriei unui foton care trece prin apropierea Soarelui.

Considerând că fotonul trece acum foarte aproape pe lângă Pământ, evaluați ce ordin de mărime ar trebui să aibă raza Pământului pentru ca Pământul să devină o gaură neagră?

Se cunosc următoarele constante: $k = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $M_s \sim 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, $R_s \sim 7 \cdot 10^5 \text{ km}$, și $M_p \sim 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

subiect propus de
prof. Liviu ARICI, CN „Nicolae Bălcescu” Brăila

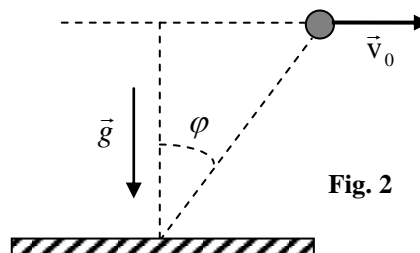
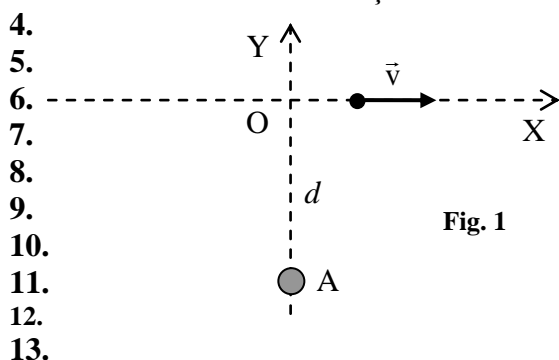
- Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, respectiv c.
- Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.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

Proba Teoretică Subiect

3. Teoria Relativității

A. OZN – 1. De-a lungul axei OX , așa cum indică figura 1, se deplasează uniform, cu viteza v , un obiect zburător neidentificat. La distanța d față de axa OX , în punctul A de pe axa OY , se află un observator în repaus. Întârzierea sosirii luminii la observator, îl conduce pe acesta la aprecierea că mișcarea aparentă a sursei de lumină nu este uniformă.

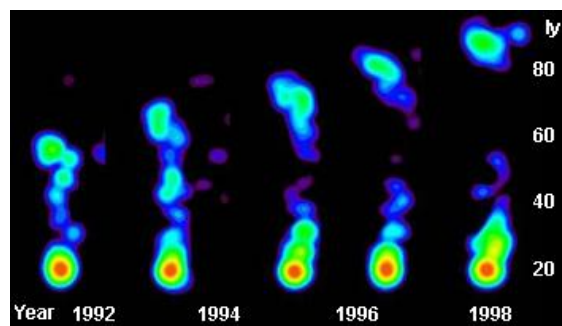
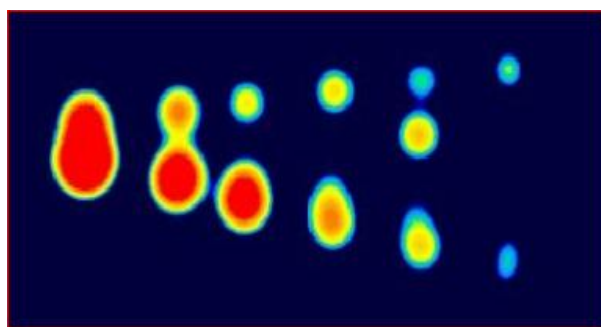
a) Să se determine accelerația sursei, corespunzătoare momentului când aceasta este apreciată ca fiind maximă. Se cunoaște viteza luminii în aer, c .



B. OZN – 2. Un obiect cosmic luminos neidentificat, zboară deasupra Pământului cu viteza constantă foarte mare, \vec{v}_0 , valoarea sa fiind comparabilă cu viteza luminii în vid, c .

b) Să se determine viteza acestui obiect, înregistrată de radarul unei stații terestre, corespunzătoare momentului în care direcția spre obiect formează cu verticala locului de observare un unghi φ , așa cum indică desenul din figura 2.

C. Jet superluminic. În Astrofizică, mișcarea superluminică este o mișcare aparentă mai rapidă decât lumina, constatată la unele radiogalaxii, la quasari și recent la câteva surse galactice denumite microquasari, așa cum indică imaginile alăturate, având viteze foarte mari, comparabile cu viteza luminii. Vitezele superluminice sunt iluzii optice și nu trebuie luate ca incompatibilități cu teoria relativității speciale.



În fiecare punct, pe drumul său, jetul cu viteză foarte mare, emite lumină, care se apropie de observator nu cu mult mai repede decât se apropie însuși jetul luminos.

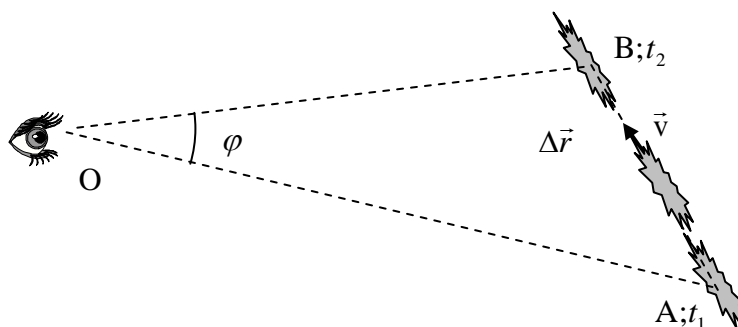
1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, respectiv c.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
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.

Proba Teoretică
Subiect

Mișcarea superluminică este un fenomen determinat de faptul că, în raport cu observatorul, jetul expulzat călătorește cu o viteză foarte apropiată de viteza luminii în vid, iar unghiul sub care observatorul apreciază deplasarea $\Delta \vec{r}$ a jetului este foarte mic.

Viteza aparentă maximă a jetului expulzat din centrul unui AGN (Activ Galactic Nucleus), este $v_{\text{ap,max}} = 3,6 \cdot c$.

- c) Știind că unghiul sub care observatorul de pe Pământ vede deplasarea jetului, așa cum indică desenul din figura alăturată, în intervalul de timp analizat, este foarte mic, $\varphi = 1,5^\circ$, să se determine viteza reală, v , a jetului în raport cu observatorul.



Subiect propus de
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 a, b, respectiv c.
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.