



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba teoretică
Clasa a XII-a



pagina 1 din 3

Subiectul I: „Interferența luminii”

(10 puncte)

A. (7,0p) Două surse luminoase punctiforme S_1 și S_2 , coerente între ele, sunt situate în aer la distanța $a = 1,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ una față de cealaltă și emit lumină monocromatică cu aceeași lungime de undă $\lambda = 550 \text{ nm}$. Undele electromagnetice care provin de la aceste surse sunt polarizate liniar după o aceeași direcție și sunt descrise de ecuațiile $E_1 = \frac{E_0}{r_1} \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} r_1\right)$ și $E_2 = \frac{E_0}{r_2} \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} r_2\right)$, respectiv amplitudinea fiecărei unde scade odată cu creșterea distanței r_1 , respectiv r_2 , față de fiecare sursă. Rezultatul interferenței radiațiilor luminoase ce provin de la aceste surse este analizat pe semiaxa Ox , perpendiculară pe dreapta S_1S_2 care unește sursele și are originea în sursa S_1 .

- a) (2,0p)** Determinați expresia matematică $x = f(a, \lambda)$ a coordonatei maximelor luminoase de pe semiaxa Ox și explicați, pe baza relației obținute, dacă aceste maxime luminoase sunt sau nu sunt echidistante.
- b) (1,0p)** Determinați numărul de maxime luminoase care se formează pe semiaxa Ox .
- c) (1,0p)** Calculați coordonata celui mai apropiat maxim luminos față de origine și coordonata celui mai îndepărtat maxim luminos față de origine.
- d) (3,0p)** Calculați raportul dintre intensitatea luminoasă a celui mai apropiat maxim de pe semiaxa Ox față de originea O și intensitatea luminoasă a maximumului imediat următor.

B. (3,0p) Un dispozitiv interferențial Young are distanța dintre fante $a = 1,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}$, iar sursa de lumină are forma unui segment liniar, cu lungimea $b = 2,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, așezat paralel cu planul fantelor și perpendicular pe fante. Mijlocul segmentului luminos se află pe axa de simetrie a dispozitivului. Această sursă emite lumină monocromatică cu lungimea de undă $\lambda = 550 \text{ nm}$. Rezultatul interferenței este analizat pe un ecran așezat paralel cu planul fantelor și la distanța D față de acesta. Dacă sursa de lumină este situată prea aproape de planul fantelor atunci figura de interferență de pe ecran devine neclară. Determinați distanța limită d dintre planul fantelor și sursa de lumină, pentru care figura de interferență devine neclară pe ecran.

Subiectul II: „Ciocniri interatomice”

(10 puncte)

Un fascicul unidirecțional de ioni monoenergetici de He^+ ciocnește atomii de H situați într-o incintă în echilibru termodinamic la temperatura $T = 1000 \text{ K}$. Se cunosc valorile pentru energia de ionizare a atomului de H ($E_{\text{ion}} = 13,6 \text{ eV}$), masa ionului de He^+ ($m_1 = 4 \text{ u}$), masa atomului de H ($m_2 = 1 \text{ u}$), viteza luminii în vid $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $1 \text{ u} \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$, constanta lui Boltzmann $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$, constanta lui Rydberg $R = 1,0973 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$.

- a) (3,0p)** Determinați valoarea energiei cinetice minime E_0 (în eV) a ionilor de He^+ , capabili să producă ionizarea atomilor de H (considerați în repaus) pe care îi ciocnesc, precum și vitezele particulelor înainte și după ciocnire, argumentând aproximația clasică nerelativistă utilizată în rezolvare;

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III 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 subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

- b) (2,0p)** Calculați viteza minimă de deplasare a ionilor de He^+ orientată pe direcția incintei cu atomi de H , astfel încât radiația emisă de ionul de He^+ prin tranziția între nivelurile cu numerele cuantice $n_1 = 4$ și $n_2 = 3$ să poată excita atomul de H (considerat în repaus);
- c) (3,0p)** Estimați ordinul de mărime al lărgimii liniei spectrale emise de atomii de H , corespunzătoare lungimii de undă maxime din seria Lyman produsă prin efect Doppler termic. Comparați cu lărgimea naturală a liniei spectrale respective, al cărei timp mediu de viață al stării excitate este $\tau = 10^{-8}$ s;
- d) (2,0p)** Se analizează linia spectrală emisă de fasciculul monoenergetic de ioni He^+ pe direcția mișcării, rezultat al tranziției dintr-o stare excitată în starea fundamentală. Dacă intensitatea liniei spectrale se micșorează de $n = 25$ de ori după parcurgerea unei distanțe $d = 4$ mm cu viteza $v = 720$ m/s, calculați timpul mediu de viață al stării excitate.

Subiectul III: „Dezintegrarea Pionului”

(10 puncte)

Correspondent momentului când prin originea O a unui sistem inerțial fix, R , în care se află observatorul O , trece originea O' a unui sistem inerțial mobil, R' , aflat în mișcare rectilinie și uniformă, cu viteza $\vec{u}$, față de sistemul R , în care se află observatorul O' , așa cum indică desenul din figura 1, cei doi observatori, O și O' , și-au sincronizat ceasornicele proprii, astfel încât indicațiile acestora să fie $t = t' = 0$.

Să considerăm acum că, la momentul $t > 0$, indicat de ceasornicul observatorului O , din sistemul R , în punctul $A(0; -a; 0)$, aparținând sistemului inerțial fix, R , s-a produs un eveniment, E , constând în dezintegrarea unei particule PION, din care a rezultat un MIUNON și un NEUTRIN, acesta din urmă, NEUTRINUL, fiind emis de-a lungul axei OY , în sensul pozitiv al acesteia, cu viteza $\vec{v}_y = \vec{v}$, pentru care $v_y = v = c$, raportată la sistemul inerțial fix, R , așa cum indică desenul din figura 1.

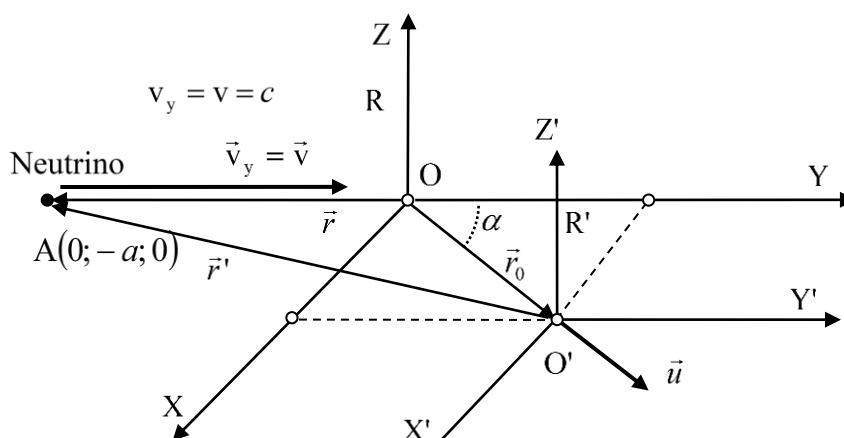


Fig. 1

Fiecare dintre cei doi observatori, O și respectiv O' , raportează același eveniment, E , la sistemul său de referință, R și respectiv R' , ca producându-se la momente diferite, t și respectiv t' , și pe care ei îl localizează, fiecare în sistemul său de referință, cu vectorii de poziție diferiți, $\vec{r}$ și respectiv $\vec{r}'$.

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III 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 subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024
Proba teoretică
Clasa a XII-a



pagina 3 din 3

a) (4,0p) Să se determine coordonatele $(x'; y'; z'; t')$ ale producerii evenimentului E, reprezentat de dezintegrarea PIONULUI, raportate la sistemul inerțial R' , știind că planul axelor $(O'X'; O'Y')$ este același cu planul axelor $(OX; OY)$ și că $O'X' // OX$, $O'Y' // OY$, $O'Z' // OZ$.

Se cunosc elementele constante ale vectorului $\vec{u}$, (modul, u , și orientare, α), aflat în planul XOY, reprezentând viteza sistemului inerțial mobil, R' , în raport cu sistemul inerțial fix, R .

Se cunoaște forma vectorială a transformărilor Lorentz, exprimate prin relațiile:

$$\vec{r}' = \vec{r} + \vec{u} \cdot \left[(\Gamma - 1) \cdot \frac{\vec{u} \cdot \vec{r}}{u^2} - \Gamma \cdot t \right]; \Gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}; \beta = \frac{u}{c};$$
$$t' = \Gamma \cdot \left(t - \frac{\vec{u} \cdot \vec{r}}{c^2} \right),$$

unde $\vec{r}$ și respectiv $\vec{r}'$ sunt vectorii de poziție ai punctului unde s-a produs un eveniment, E, în raport cu observatorul O din sistemul R și respectiv în raport cu observatorul O' din sistemul inerțial R' .

b) (3,0p) Să se determine componentele $(v'_x; v'_y; v'_z)$ ale vitezei NEUTRINULUI, $\vec{v}'$, în raport cu observatorul O' din sistemul inerțial R' .

c) (3,0p) Să se determine elementele vectorului $\vec{v}'$, modulul (v'), și orientarea (θ'), și să se interpreteze rezultatul referitor la modulul acestuia, v' , încadrându-l în principiile Teoriei Relativității Restrânse.

Subiecte propuse de:

prof. **Florin Butușină** – Colegiul Național „Simion Bărnuțiu”, Șimleu Silvaniei
prof. **Cristian Miu** – Inspectoratul Școlar Județean Olt, Slatina
prof. **Mihail Sandu** – Liceul Tehnologic de Turism, Călimănești
coordonator: prof. **Liviu Blanariu** – CNPEE, București

-
1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III 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 subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.