

Subiectul 1. Physics – Lyceum ...

Faci parte din cercul *Physics – Lyceum* care își desfășoară activitatea în liceul în care înveți. În cadrul cercului se efectuează diferite experimente cu unde electromagnetice.

A. Radioclubul, parte componentă a cercului *Physics – Lyceum*, este dotat cu un receptor de reactanță inductivă $X_L = 10 \text{ k}\Omega$ ce se acordează pe lungimea de undă $\lambda = 1978,2 \text{ m}$. Se consideră viteza

luminii în aer $c = 300000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

- Determină capacitatea electrică a circuitului oscilant de recepție.
- Între unda electromagnetică recepționată direct de la o sursă (antena) și o altă undă electromagnetică ce vine prin reflexie în același loc există o diferență totală de drum $\delta = 40553,1 \text{ m}$. Precizează, în acest caz, dacă vom avea un maxim sau un minim de interferență. Justifică răspunsul. Calculează și diferența de fază ce corespunde acestei diferențe de drum.

B. O undă electromagnetică plană întâlnește, sub un unghi de incidență i , o lamă cu fețe plan paralele de grosime $L = 1 \mu\text{m}$. Lama este realizată dintr-o substanță cu permeabilitatea magnetică relativă

$\mu_r = 1$ și permitivitatea electrică ε . Permeabilitatea absolută a vidului este $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}$.

a. La traversarea lamei, direcția de propagare a undei electromagnetice emergente este deplasată față de direcția de propagare a undei electromagnetice incidente. Calculează această deplasare pentru un unghi de incidență $i = 45^\circ$ și o permitivitate electrică relativă $\varepsilon_r = 2$.

b. Considerăm că permitivitatea electrică a lamei cu fețe plan paralele variază conform legii $\varepsilon(\ell) = k_1 \cdot e^{-k_2 \cdot \ell}$, unde ℓ reprezintă adâncimea măsurată de la fața superioară a lamei. În acest caz, permitivitatea electrică a substanței din care este realizată lama este $\varepsilon \in [\varepsilon_2; \varepsilon_1]$, unde

$\varepsilon_1 = \frac{10}{\pi}$, respectiv $\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot e^{-1}$ ($e \cong 2,72$ este baza logaritmului natural) sunt permitivitățile

electrice la nivelul fețelor superioară, respectiv inferioară ale lamei. Determină intervalul de timp necesar undei electromagnetice să străbată lama în cazul incidenței normale pe fața superioară a lamei.

Subiectul 2. Căderea relativistă a tijei

În raport cu un sistem de referință inerțial, R, solidar cu solul orizontal terestru, o tijă liniară AB, cu lungimea proprie L , cade uniform pe direcție verticală, așa cum indică desenul din **Figura 1**, având viteza constantă, v . În timpul căderii sale, rigla este privită de un observator, aflat pe un cărucior (sistem inerțial mobil, R'), care se deplasează rectiliniu și uniform față de R cu viteza u . La momentul inițial, $t = t' = 0$, originile celor două sisteme de referință coincid.

- 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.
- 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.

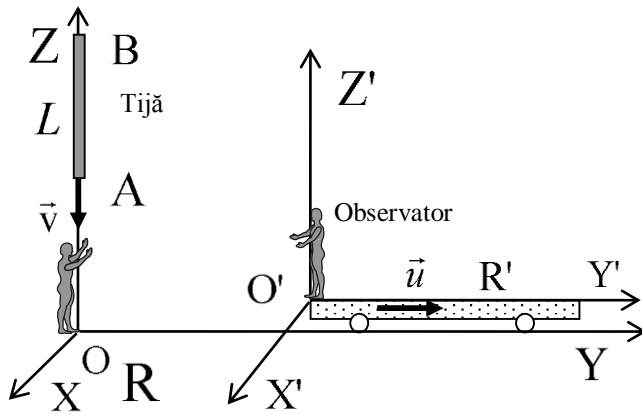


Figura 1

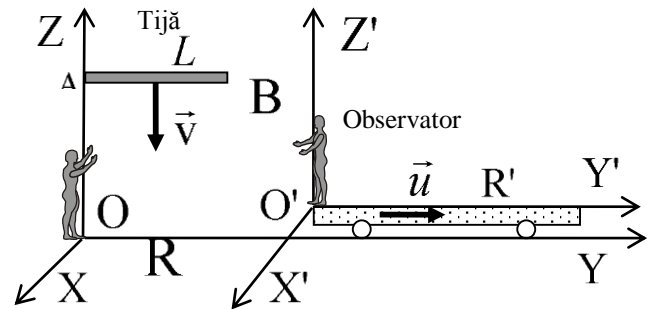


Figura 2

- a. Să se determine viteza tijei în raport cu observatorul O' de pe cărucior, precum și direcția căderii acesteia față de verticală, apreciată de același observator. Se cunoaște c – viteza luminii în vid. Caz particular: $v \ll c$; $u \ll c$.

Tija AB, în poziție orizontală, paralelă cu solul terestru, cade uniform pe verticală, cu aceeași viteză v , astfel încât capătul A rămâne permanent pe axa OZ, așa cum indică desenul din **Figura 2**. Știind că observatorul din sistemul R' înregistrează un interval de timp τ' între momentele când capetele A și B ale tijei ating solul orizontal, să se determine:

- b. viteza u a sistemului mobil în raport cu sistemul fix;
 c. distanța dintre punctele de pe sol, unde capetele A și B ale tijei ating solul orizontal, în raport cu observatorul din sistemul mobil.

Aplicație numerică: $L = 1,50 \text{ m}$; $\tau' = 10^{-9} \text{ s}$.

Subiectul 3. Interacțiuni ...Turnul lui Einstein

A. În urma interacțiunii unui foton cu un câmp gravitațional energia (deci și frecvența) acestuia se modifică (deplasarea gravitațională spre roșu). Vom considera că interacțiunea este descrisă de Legea atracției universale a lui Newton.

- a. Calculează variația relativă a frecvenței fotonilor emiși la suprafața Pământului și detectați la o distanță foarte mare de acesta, $\left(\frac{\Delta\nu}{\nu_0}\right)$.

- b. Considerând modelul valabil și pentru câmpuri gravitaționale intense, estimează raza pe care ar trebui să o aibă Pământul pentru ca fotonii emiși la suprafața sa să nu poată fi detectați la distanță mare de acesta.

- c. Pound și Rebka au realizat un experiment în care au verificat acest efect (vezi **Figura 3**). Experimentul s-a desfășurat în turnul Universității Harvard. Au instalat o sursă de radiații γ la

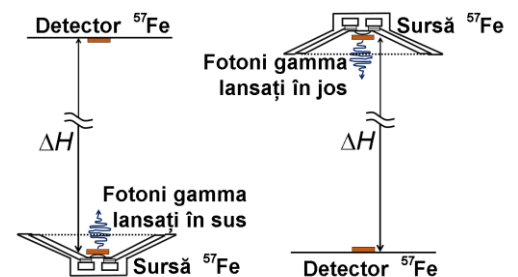


Figura 3

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.

baza turnului și un detector în vârful acestuia. Diferența de înălțime dintre emițător și detector fiind $\Delta H = 22,6$ m. Au repetat experimentul inversând pozițiile sursei și a detectorului. În acest

mod au dublat efectul. Au găsit experimental că $\left(\frac{\Delta\nu}{\nu_0}\right)_{\text{la coborâre}} - \left(\frac{\Delta\nu}{\nu_0}\right)_{\text{la urcare}} = 5,1 \cdot 10^{-15}$.

Calculează abaterea acestei valori față de valoarea teoretică.

- B.** Pound și Rebka au utilizat fotonii γ cu energia $E = 14,4$ keV, emiși de nucleul de ${}_{26}^{57}\text{Fe}$ la trecerea dintr-o stare excitată în starea fundamentală. Timpul de viață în starea excitată este $\tau = 1,4 \cdot 10^{-7}$ s. Pentru ${}_{26}^{57}\text{Fe}$ se cunoaște că $m_{{}_{26}^{57}\text{Fe}} \cdot c^2 \cong 53,022$ GeV.

- a.** Calculează lărgimea naturală a nivelului excitat, ΔE , și compar-o cu energia fotonilor emiși în urma tranziției.

- b.** În cazul emisiei de fotoni γ , datorită impulsului mare al acestora, nucleul suferă un recul, pierzându-se o parte din energie (vezi **Figura 4**). Același lucru se întâmplă și în cazul absorbției. Calculează energia totală de recul în acest caz. Compară energia pierdută cu lărgimea naturală a nivelului excitat.

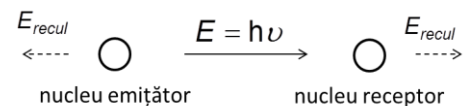


Figura 4

- c.** Cu ce viteză trebuie să se deplaseze nucleul emițător spre nucleul receptor pentru ca tranziția să aibă totuși loc? (Energia emisă de nucleul sursă la trecerea de pe nivelul excitat pe nivelul fundamental este egală cu energia necesară nucleului receptor pentru a realiza tranziția inversă – fluorescența nucleară la rezonanță.)
- d.** Mössbauer a demonstrat că dacă atomii emițători și atomii receptori sunt încorporați într-o rețea cristalină, la temperatură mică, energia de recul este preluată de întreaga rețea. Masa rețelei este foarte mare și energia de recul devine neglijabilă. În acest mod, întreaga energie emisă de nucleul emițător este preluată de nucleul receptor și tranziția poate avea loc dacă emițătorul și receptorul sunt în repaus. Calculează, în acest caz, viteza maximă cu care se poate deplasa emițătorul față de receptor pentru ca efectul să mai aibă loc (viteza Doppler).

(Se cunosc: accelerația gravitațională la nivelul mării $g_0 = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, raza Pământului

$R_p = 6400$ km, constanta lui Planck $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s., viteza luminii în vid $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)

Subiect propus de:

Prof. Gabriel FLORIAN, Colegiul Național „Carol I”, Craiova

Prof. Mihail SANDU, Liceul Tehnologic de Turism, Călimănești

Prof. Viorel SOLSCHI, Colegiul Național „Mihai Eminescu”, Satu-Mare

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.