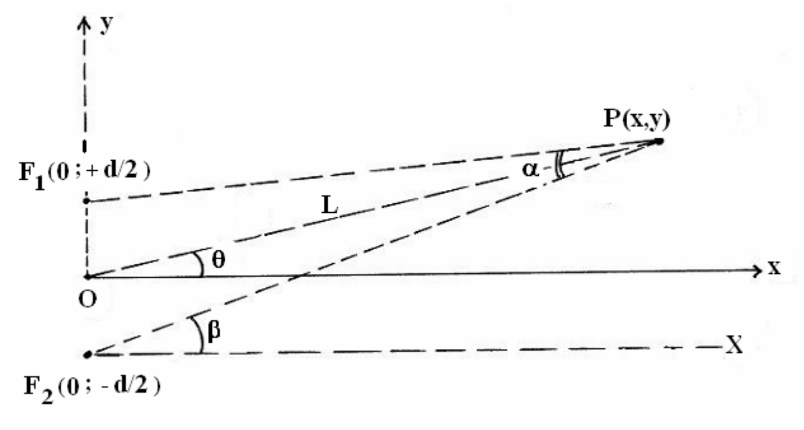
Olimpiada Națională de Fizică
31 martie - 5 aprilie 2013
Proba teoretică
Subiecte

XII

Problema I (10 puncte)

Interferență Young

Se consideră situația fizică din figură, în care F_1(0;+*d*/2) şi F_2 (0;-*d*/2) sunt două fante identice de tip Young, dintr-un paravan opac (nedesenat), iluminate din partea stângă, de la o sursă luminoasă punctiformă, monocromatică (se cunoaşte lungimea de undă λ), aşezată pe axa Ox (axă perpendiculară pe segmentul F_1F_2; punctul O se află la mijlocul acestui segment). Punctul $P(x;y)$, situat în planul xOy, este cel în care ne interesează rezultatul interferenței undelor ce sosesc de la cele două fante. Mediul în care se propagă undele este vidul.



a) *Să se găsească* ecuația locului geometric al punctelor $P(x;y)$ pentru care diferența de drum (optic) are o valoare bine determinată, egală cu Δ.

b) *Să se calculeze* valorile funcției adimensionale $y' = f(x')$ în intervalul $0 \le x' \le 1$, (cu un pas $\Delta x' = 0{,}2$), pentru $\Delta' = 0{,}1;\ 0{,}3;\ 0{,}5;\ 0{,}7;\ 0{,}9$ şi $0{,}98$, ştiind că $x' = x/d$, $y' = y/d$, $\Delta' = \Delta/d$ şi să se reprezinte grafic dependența $y' = f(x')$ folosind coala de hârtie milimetrică.

c) Se notează cu *L* distanța OP şi cu θ unghiul dintre direcția OP şi axa Ox. *Să se obțină* o relație exactă pentru cantitatea "$d\sin\theta$" în funcție de mărimile Δ, d şi *L*.

d) Utilizând o dezvoltare în serie de forma $\sqrt{1+a} = 1 + a/2 - a^2/8 + ...$ (valabilă pentru a <<<1), *să se obțină* o expresie aproximativă pentru cantitatea "$d\sin\theta$" şi *să se precizeze* pentru ce valori ale distanței *L* poate fi considerată corectă următoarea afirmație: "diferența de drum (optic) este egală cu $d\sin\theta$". Considerând valorile numerice Δ' de la punctul b), *să se discute* pentru ce valori ale distanței adimensionale $L' = L/d$ afirmația anterioară, conținută între ghilimele, poate fi considerată corectă.

e) Dacă notăm cu α unghiul F_1PF_2 şi cu β unghiul PF_2X, *să se exprime* diferența de drum Δ în funcție de mărimile α, β şi *d*.

Subiect propus de:
Prof. univ. dr. Florea Uliu - Departamentul de Fizică, Universitatea din Craiova

Problema a II-a (10 puncte)

Ascensorul spațial

Una dintre ideile de avangardă, aceea referitoare la construirea unui ascensor spațial, ar putea deveni realitate până la sfârşitul acestui secol. Comunitatea ştiințifică a elaborat proiecte şi a propus strategii pentru dezvoltarea tehnologiilor care să permită construirea ascensorului spațial. Cele mai multe proiecte propun deplasarea unor vehicule electromagnetice în lungul unui „cablu” ce s-ar întinde de la suprafața Pământului până în spațiul cosmic. La capătul „cablului” ar fi ataşată o contragreutate, poate chiar un asteroid adus din spațiul cosmic (figura 1) Conform acestor proiecte, ascensorul spațial ar trebui să aibă centrul de masă CM situat pe orbita geostaționară.

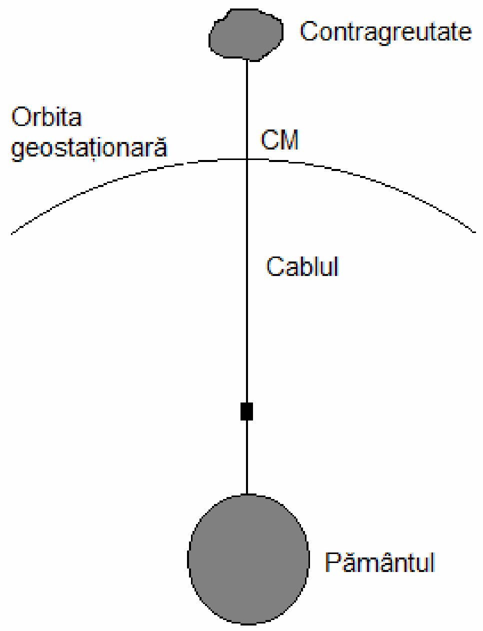


Figura 1

Problema de față îți propune o modelare simplă pentru o structură propusă în unul dintre proiectele referitoare la construirea unui ascensor spațial.

Consideră că ascensorul spațial este plasat la Ecuator şi că structura sa constă dintr-un turn cu aria secțiunii transversale A constantă. Presupune că turnul are densitatea de masă ρ constantă. De vârful turnului este fixată o contragreutate, astfel încât turnul nu exercită nici o forță de apăsare pe suprafața Pământului şi tensiunea la ambele capete ale turnului este nulă (figura 2). Consideră Pământul, ca un corp ceresc izolat şi neglijează efectele gravitaționale datorate altor corpuri cereşti, ca de exemplu Luna. De asemenea presupune că nu apare nici o deformare sau curbare a turnului. Schițele din figurile 1 şi 2 nu sunt realizate la scară.

a. Trasează diagrama forțelor care acționează asupra unui mic element din turn, element situat la distanța r de centrul Pământului.

b. Notează prin $\sigma(r)$ tensiunea exercitată pe unitatea de arie a turnului, într-o secțiune transversală a acestuia, situată la distanța r de centrul Pământului. Determină expresia pentru $\dfrac{d\sigma(r)}{dr}$. Exprimă rezultatul în funcție de constanta atracției universale G, de masa M a Pământului, de raza R_g a orbitei geostaționare, de raza R a Pământului, de densitatea ρ a turnului şi de distanța r.

c. Determină expresia distanței H de la centrul Pământului la vârful turnului, în funcție de raza R a Pământului şi de raza R_g a orbitei geostaționare.

d. Considerând $R = 6370\,km$ şi $R_g = 42300\,km$, calculează distanța H.

e. Schițează graficul dependenței $\sigma = \sigma(r)$.

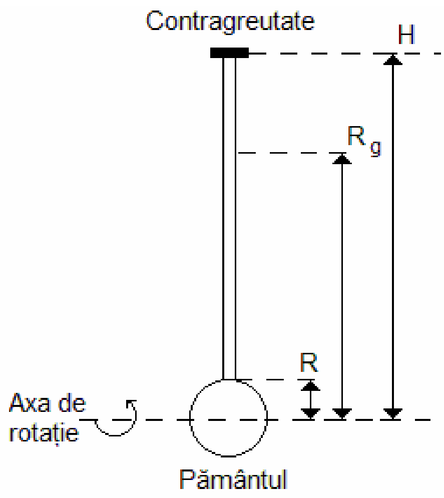


Figura 2

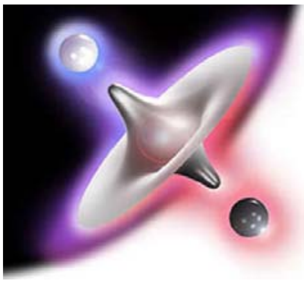
f. Precizează dacă pe planeta Pământ ($M = 5{,}98 \cdot 10^{24}\,kg$) se poate construi un astfel de turn pentru un ascensor spațial, folosind oțelul ($\rho_{otel} = 7{,}9 \cdot 10^{3}\,kg \cdot m^{-3}$, $\sigma_{otel,rupere} = 6{,}37\,GPa$). Justifică răspunsul. Constanta atracției universale este $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\,m^{3} \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}$.

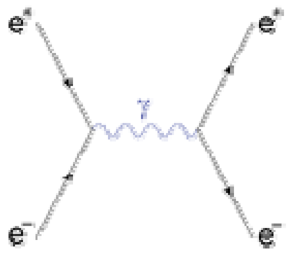
© Subiect propus de:

Dr. Delia DAVIDESCU – Facultatea de Fizică – Universitatea Bucureşti

Problema a III-a (10 puncte)

"Anihilări şi generări particulă – antiparticulă"





A. Un pozitron cu energia cinetică E_c întâlneşte în drumul său un electron aflat în repaus. Din procesul de anihilare a celor două particule, rezultă doi fotoni, ale căror direcții de deplasare formează cu direcția deplasării pozitronului unghiurile θ_1 şi respectiv θ_2.

a) 1) *Să se stabilească* relația dintre energiile celor doi fotoni, E_1 şi respectiv E_2 şi unghiul θ dintre direcțiile pe care se deplasează cei doi fotoni.

2) *Să se determine* energiile celor doi fotoni rezultați şi *să se evidențieze* că acestea se situează între valorile minimă şi maximă posibile. *Se cunosc*: m_0 - masa de repaus a electronului; c – viteza luminii în vid.

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 subiect se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

B. Prin studiile efectuate asupra radiațiilor cosmice a fost identificat mezonul π^0, particulă neutră instabilă, cu masa de repaus mult mai mare decât masa de repaus a electronului. Prin dezintegrarea mezonului π^0, produsă în timpul zborului acestuia, rezultă doi fotoni. Energia unuia dintre fotoni are valoarea maximă posibilă, E_{max}, iar energia celuilalt foton are valoarea minimă posibilă, E_{min}.

b) 1) *Să se justifice* posibilitatea producerii acestui proces.

2) *Să se determine* viteza v a mezonului π^0. Se cunoaște viteza luminii în vid, *c*.

C. Într-un LABORATOR DE ENERGII ÎNALTE, un fascicul de fotoni monoenergetici traversează un mediu bogat în electroni aflați în repaus. Raportată la SRL, energia fiecărui foton este E_1. Din interacțiunea foton – electron, poate rezulta o pereche "electron – pozitron", conform schemei de mai jos: $\gamma + e^- \rightarrow (e^+ + e^-) + e^-$, unde: $\gamma -$ foton; $e^- -$ electron; $e^+ -$ pozitron.

c) 1) *Să se demonstreze* că această reacție este posibilă, numai dacă energia fotonului îndeplinește condiția $E_1 \geq E_0$, unde valoarea E_0 trebuie determinată. *Se știe că* mărimea $\left(p^2 - \frac{E^2}{c^2}\right)$, unde $p -$ impulsul total al unui sistem de particule și $E -$ energia totală a sistemului de particule, este un invariant în raport cu orice sistem de referință inerțial. *Se cunosc*: masa de repaus a electronului, m_0; viteza luminii în vid, *c*.

2) *Să se demonstreze* că procesul de formare a unei perechi electron – pozitron, dintr-un foton, conform schemei: $\gamma \rightarrow e^- + e^+$, nu se poate produce în vid, ci numai în câmpul unui nucleu oarecare și numai dacă energia fotonului îndeplinește o anumită condiție.

3) Admițând că aceste condiții sunt îndeplinite, *să se argumenteze* că nu este posibilă determinarea valorilor vitezelor electronului și a pozitronului rezultați și nici a unghiurilor lor de emergență.

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 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 punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.