MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ȘI SPORTULUI

OLIMPIADA DE FIZICĂ
ETAPA NAȚIONALĂ
30 IANUARIE- 4 FEBRUARIE 2011
ARAD

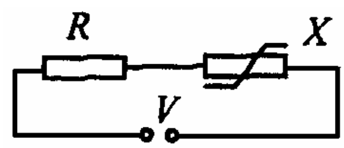
XII

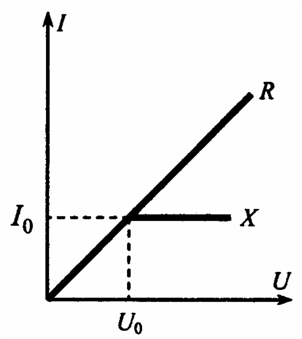
PROBA TEORETICĂ

Subiectul 1

A. Circuit cu element neliniar

Circuitul electric din figura alăturată, la bornele căruia tensiunea electrică este V, conține un rezistor R și, în serie cu el, un element neliniar pasiv, notat cu X. Caracteristicile volt-amperice ale celor două elemente de circuit sunt prezentate în cel de-al doilea desen, în care valorile lui U_0 și I_0 se presupun cunoscute. Pe porțiunea $0 \le U \le U_0$ caracteristicile volt-amperice ale celor două elemente coincid. Diferența dintre ele apare numai pentru $U > U_0$.





1) Determinați fracțiunea (η_1) de putere ce se degajă prin efect electro-caloric pe elementul neliniar X în cazurile distincte:
a) $V \le 2U_0$ și b) $V = 4U_0$.

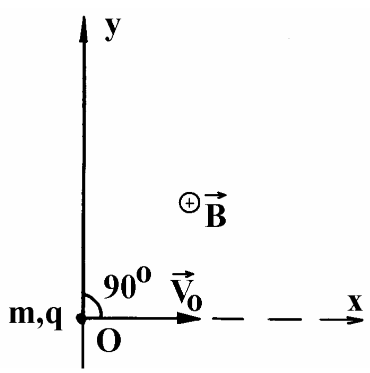
2) Introducem în circuit, în continuare (în serie) încă un element neliniar X. Desenați diagrama volt-amperică a celor două elemente neliniare X înseriate. Cât este fracțiunea (η_2) de putere ce se degajă prin efect electro-caloric prin cele două elemente neliniare X înseriate, considerând că $V = 4U_0$? Răspundeți la aceeași întrebare ($\eta_3 = ?$) când $V = 2{,}5U_0$. Ce puteți spune despre fracțiunile η în cazurile $V > (n+1)U_0$, respectiv $V < (n+1)U_0$, unde n este numărul elementelor neliniare (X) înseriate ?

3) Un al doilea element neliniar X este montat în paralel față de cel existent deja (situația inițială) în circuit. Desenați diagrama volt-amperică a celor două elemente neliniare X legate în paralel. Cât este fracțiunea (η_4) de putere ce se degajă prin efect electro-caloric prin ele, când $V = 4U_0$. Răspundeți la aceeași întrebare ($\eta_5 = ?$) când $V = 2{,}5U_0$.

B. Particulă electrizată, în mediu vâscos și în câmp magnetic omogen

O particulă cu masa m și sarcina electrică $q > 0$, venind din semispațiul vidat $x < 0$, pătrunde cu viteza inițială $\vec{V}_0(V_0,0,0)$ în semispațiul $x > 0$, în care există, peste tot, un mediu gazos, neutru din punct de vedere electric. În acest semispațiu, asupra particulei acționează un câmp magnetic omogen, caracterizat de inducția magnetică $\vec{B}(0,0,-B)$, cu $B(>0)$ constant, și o forță de frecare, datorată vâscozității gazului, direct proporțională cu viteza, de forma $\vec{F}_{fr} = -\alpha\vec{v}$. Pentru ce valoare a coeficientului de proporționalitate α particula nu mai poate părăsi mediul vâscos, delimitat ***strict*** de spațiul vidat prin planul $x = 0$?

Precizare: Ecuația exponențială $e^{-1{,}5\pi\phi} = \phi$ are soluția aproximativă $\phi \approx 0{,}274$.



PROBA TEORETICĂ

Subiectul 2

A. Traiect luminos într-un mediu neomogen

Problema propagării unei raze de lumină într-un mediu neomogen, cu indicele de refracție neconstant (variabil), poate fi rezolvată, uneori, utilizând „metoda analogiei mecano-optice”.

Să considerăm un punct material P, cu masa m, care se deplasează în planul *(xOy)* sub acțiunea unei forțe conservative căreia îi corespunde energia potențială $V(P)=(m/2)\omega_0^2x^2$.

1) Scrieți ecuațiile de evoluție în timp a componentelor $x(t)$ şi $y(t)$ ale vectorului de poziție $\vec{r}(t)=\overrightarrow{OP}$, ştiind că, la momentul inițial $t=0$, punctul material P se afla în originea O a reperului cartezian şi că unghiul față de axa Ox al vitezei inițiale $\vec{v}_0$ era θ_0. Determinați apoi ecuația $x=x(y)$ a traiectoriei punctului material . Schițați graficul său şi precizați principalele caracteristici geometrice ale traiectoriei.

2) Dacă unghiul format de viteza instantanee $\vec{v}$, a punctului material P, cu axa Ox este θ, stabiliți relația de legătură dintre modulul $v=|\vec{v}|$ şi abscisa x la respectivul moment de timp precum şi expresia raportului $\sin\theta_0/\sin\theta$, la acel moment de timp, în funcție de x.

3) Se consideră un mediu optic neomogen, cu indicele de refracție variind doar în lungul axei Ox, după legea $n(x)=n_0\sqrt{1-(x/\ell)^2}$, în care n_0 şi ℓ sunt constante pozitive. În acest mediu, adică într-un plan ce trece prin originea O şi este perpendicular pe axa Oz, se propagă o rază de lumină. Fie $\theta(x)$ unghiul dintre tangenta locală la traiectul razei de lumină şi axa Ox. Folosind legea Snell-Descartes, stabiliți relația locală de legătură dintre $n(x)$ şi $\sin\theta(x)$. Veți admite că traiectul razei de lumină trece prin originea O a planului *(xOy)* şi că unghiul tangentei din origine la raza de lumină față de axa Ox este θ_0.

4) Folosind analogia sugerată de cele două situații fizice distincte, stabiliți ecuația $x=x(y)$ a traiectului razei de lumină în funcție de ℓ şi de θ_0. Discuție.

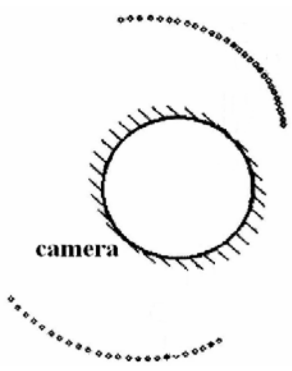
5) Schițați forma traiectului razei de lumină şi localizați toate punctele în care $x=0$. Care sunt valorile unghiului θ în respectivele puncte ?

B. O prismă optică specială

Unghiul refringent al unei prisme cu secțiune principală triunghiulară, confecționată din cuarț cu indicele de refracție $n=1{,}50$, are valoarea $\alpha=15^0$. Prisma se află în aer ($n_{\text{aer}}=1$). O rază de lumină cade pe fața de intrare a prismei sub unghiul $\beta=30^0$, măsurat față de normala din respectivul punct de incidență. Cât este unghiul de emergență ($\gamma=?$) măsurat față de normala locală de pe cealaltă față a prismei, pentru raza de lumină ce iese din prismă?

C. Localizarea unei surse de lumină

În interiorul unei camere cilindrice, cu baza circulară, având peretele reflectător, se află o sursă luminoasă punctiformă. Peretele (“circumferința”) camerei formează o serie de imagini virtuale ale sursei; câteva dintre aceste imagini sunt arătate în figură (vedere de sus). Poziția centrului camerei (centrul cercului din desen) se presupune cunoscută. Folosind doar o riglă gradată stabiliți poziția sursei luminoase în interiorul camerei. Argumentați fizic metoda utilizată.



Precizare: Imaginile din figura alăturată se află în acelaşi plan cu sursa (plan perpendicular pe axul camerei cilindrice).

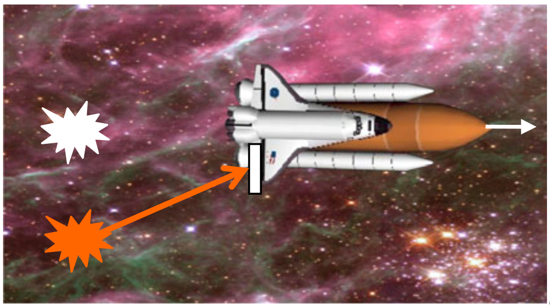
MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII, TINERETULUI ȘI SPORTULUI

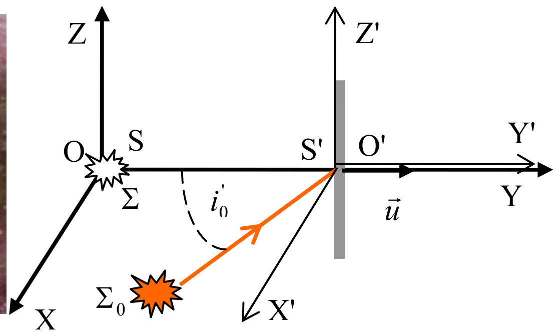
OLIMPIADA DE FIZICĂ
ETAPA NAȚIONALĂ
30 IANUARIE- 4 FEBRUARIE 2011
ARAD

XII

Subiectul 3 **PROBA TEORETICĂ**

A. Reflexia luminii de la o stea, pe o oglindă plană mobilă. Plecată de la o stea, Σ_0, o rază de lumină, conținută în planul YOZ al unui sistem de referință fix S(OXYZ), atașat unei stele Σ, așa acum indică figura alăturată, se reflectă pe suprafața unei oglinzi plane, așezată în planul X'O'Z' al unui sistem de referință mobil $S'(O'X'Y'Z')$, atașat unei nave cosmice. Nava cosmică se deplasează de-a lungul axei OY, astfel încât, în raport cu steaua Σ, viteza navei este $u = \beta c$, unde c este viteza luminii în vid și $\beta < 1$, iar O'Y'//OY. Unghiul de incidență al razei de lumină, măsurat de observatorul aflat în sistemul de referință $S'(O'X'Y'Z')$, al navei cosmice, este $i_0^{'}$.





a) *Să se precizeze*, în raport cu sistemul mobil S', unghiul de reflexie $r_0^{'}$. *Să se determine*, în raport cu sistemul fix S, unghiul de incidență i_0 și unghiul de reflexie r_0, în funcție de $i_0^{'}$ și β. *Să se compare* unghiurile din interiorul următoarelor paranteze: $(i_0; i_0^{'})$; $(r_0; i_0^{'})$; $(r_0; i_0)$ și *să se reprezinte* într-un același desen direcțiile razelor incidentă și respectiv reflectată, raportate la ambele sisteme de referință. *Să se stabilească* relația dintre unghiul de incidență i_0 și unghiul de reflexie r_0, în sistemul S; *concluzie*. *Să se exprime* viteza navei cosmice, u, în funcție de i_0, r_0 și c.

b) Oglinda de pe nava cosmică se rotește în jurul axei $O'X'$, în sensul rotației acelor unui ceasornic, astfel încât unghiul dintre planul său și axa $O'Y'$ este θ_0, măsurat în sistemul S'(X'Y'Z'), iar raza incidentă își menține direcția. *Să se determine* unghiul cu care s-a rotit planul oglinzii, măsurat din sistemul S(OXYZ), precum și noile valori ale unghiurilor de incidență $(i'; i)$ și respectiv de reflexie $(r'; r)$, în raport cu sistemul $S'(O'X'Y'Z')$ și respectiv în raport cu sistemul S(OXYZ).

B. Oscilațiile Sistemului Solar în Galaxie. "Sistemul Solar efectuează o mișcare de oscilație de o parte și de alta a planului Galaxiei Noastre. Când Sistemul Solar parcurge regiunea mai densă a Galaxiei, cometele sunt perturbate și unele dintre ele pot lovi Pământul. Traversarea acestei zone se realizează odată la 35 - 40 milioane de ani. Craterele de pe Pământ arată creșterea numărului de coliziuni odată la 36 milioane de ani, perioada acestora coincizând cu dispariția în masă a unor viețuitoare de pe Pământ. În acest mod poate fi explicată, de exemplu, dispariția dinozaurilor acum 65 milioane de ani." (Science Daily, 2 mai, 2008)

c) Presupunând că Sistemul Solar se mișcă de o parte și de alta a planului de simetrie al unei pături gravitaționale cu extindere infinită, dar cu grosime finită și cu densitatea materiei interstelare $\rho = \text{constant}$, *să se demonstreze* că mișcarea Sistemului Solar în interiorul Galaxiei Noastre este o mișcare oscilatorie armonică și *să se determine* perioada oscilațiilor sale. Se dau: $\rho = 10^{-20}\,\text{kg/m}^3$; $K = 6,67 \cdot 10^{-11}\,\text{Nm}^2/\text{kg}^2$.

Prof. univ. dr. Florea Uliu
Facultatea de Fizică, Universitatea din Craiova

Prof. Viorel Solschi
Colegiul Național „Mihai Eminescu", Satu Mare

Prof. dr. Mihail Sandu – Călimănești