Subiectul I (electricitate și magnetism): (10 puncte)

Un electron care se deplasează prin vid cu viteza $\vec{v_0} = (4\vec{i} + 2\vec{j} - 1\vec{k}) \times 10^6 \mathrm{m/s}$, unde $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ sunt versorii unui sistem de axe ortogonale Oxyz, intră într-o regiune a spațiului unde sunt prezente, simultan, un câmp electric uniform $\vec{E}$ și un câmp magnetic uniform $\vec{B}$. Știind că expresia câmpului magnetic este $\vec{B} = (2\vec{i} - 3\vec{j} + 2\vec{k}) \times 10^{-2}\mathrm{T}$, să se afle:

a) unghiul dintre vectorii $\vec{v}_0$ și $\vec{B}$ în momentul în care electronul pătrunde în spațiul câmpurilor. Care este orientarea relativă a celor doi vectori;

b) forța cu care câmpul magnetic acționează asupra electronului și modulul vitezei electronului imediat după intrarea în regiunea câmpurilor;

c) expresia și valoarea câmpului electric pentru care electronul se deplasează pe o dreaptă prin spațiul celor două câmpuri.

În absența câmpului electric, stabilește:

d) raza traiectoriei electronului imediat după intrarea în câmpul magnetic;

e) expresia și valoarea accelerației electronului imediat după intrarea în câmpul magnetic;

f) la cât timp de la intrarea în câmpul magnetic direcția vitezei se modifică cu 90 grade;

g) unde ar trebui să așezăm o sarcină electrică punctiformă Q și ce valoare ar trebui să aibă aceasta pentru ca electronul, în absența câmpului magnetic, să aibă aceeași traiectorie ca la punctul d).

Notă: Se cunosc: sarcina electronului $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$C, masa electronului $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$kg, permitivitatea electrică a vidului $\varepsilon_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12}$ F/m.

Subiectul II (oscilații mecanice): (10 puncte)

A. Într-o serie de experimente se construiesc pendule gravitaționale formate din fire subțiri, având un capăt legat de tavanul unei săli de sport și la celălalt capăt o mică bilă metalică. Bila este deplasată de fiecare dată, astfel încât firul să rămână întins, la o distanță de 2 m față de verticala poziției de echilibru, după care i se dă drumul să oscileze. Raza bilei este mult mai mică decât lungimea firului. În tabelul următor sunt prezentate rezultatele măsurării perioadei de oscilație în funcție de lungimea firului.

L(m)	12,00	10,00	8,00	6,00	5,00	4,00	3,00	2,50	2,30
T(s)	6,96	6,36	5,70	4,95	4,54	4,08	3,60	3,35	3,27

Utilizează pentru cerințele de mai jos un liniar cu diviziuni milimetrice.

a) Reprezintă graficul $T^2(L)$, pentru cele mai mari cinci valori ale lungimii firului și calculează, cu ajutorul acestui grafic, eroarea relativă în determinarea accelerației gravitaționale față de valoarea de referință, 9,81 m/s^2; Include și tabelul de valori utilizat la reprezentarea grafică.

b) Reprezintă grafic T/T_0 în funcție de L, pentru toate datele din tabel și formulează observații fizice pornind de la forma graficului construit; Include și tabelul de valori utilizat la reprezentarea grafică. T_0 reprezintă perioada oscilațiilor armonice ale pendulului, determinată cu accelerația gravitațională 9,81 m/s^2;

c) Calculează amplitudinea unghiulară a oscilațiilor pendulului în cazul unei variații relative de 5% a perioadei oscilațiilor față de T_0, cu ajutorul graficului de la punctul b. Formulează o concluzie.

B. O muscă prinsă în plasa unui păianjen, oscilează liniar, amortizat, sub acțiunea unei forțe de rezistență, direct proporțională cu viteza. Musca are masa de 10 g. Oscilația amortizată are amplitudinea maximă de 7 cm și faza inițială egală cu zero. Coeficientul de amortizare este $1{,}05\pi$ s^{-1}. De la un moment dat, musca este acționată de către păianjen printr-o forță periodică, sinusoidală, pe direcția oscilației, astfel că musca va avea o mișcare oscilatorie de ecuație $x_f=5\sin(10\pi t-0{,}75\pi)$ cm. Indicele ”f” sugerează faptul că se produc oscilații forțate. Determină:

a) Ecuația mișcării oscilatorii amortizate din etapa inițială a mișcării muștei;

b) Funcția care exprimă dependența de timp a forței ce întreține oscilațiile muștei.

Suport teoretic

În prezența unei forțe de rezistență, direct proporțională cu viteza corpului, mișcarea oscilatorie devine amortizată. Mișcarea oscilatorie amortizată are amplitudinea dependentă de timp, conform funcției $A(t) = A_0 e^{-\frac{b}{2m}t}$ *și pulsația* $\omega = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{b^2}{4m^2}}$, *unde A_0, b sunt constante. Modulul coeficientului lui t din funcția exponențială se numește coeficient de amortizare. Mișcarea oscilatorie forțată are frecvența forței care impune mișcarea. Amplitudinea oscilațiilor forțate are expresia* $A_f = \frac{F_{max}}{\sqrt{\left(k-m\omega_f^2\right)^2+b^2\omega_f^2}}$, *unde ω_f este pulsația oscilațiilor forțate. Defazajul dintre oscilația amortizată și cea forțată este* $arctg\,\frac{\frac{b}{m}\omega_f}{\left(\frac{k}{m}\right)^2-\omega_f^2}$.

Subiectul III (unde mecanice): **(10 puncte)**

Două surse de unde sferice, S_1 și S_2, având distanța dintre centre egală cu d și razele egale cu $R_1 = R$ și $R_2 = 1{,}5 \cdot R$, încep să emită simultan, în interiorul unui mediu fluid tridimensional, unde longitudinale cu aceeași frecvență ν, cu aceleași faze inițiale, egale cu φ_0, și cu amplitudinile $A_1 = 2A$ și, respectiv, $A_2 = A$, prezentate în **Figura III.1.**

Undele emise de cele două surse sferice în mediul fluid, presupus omogen și izotrop, se propagă cu viteza c și se suprapun în punctul P care, în starea de repaus, coincide cu poziția originii O a sistemului de coordonate Oxy, aflată la distanțele r_1 și r_2 față de cele două surse, așa cum se prezintă în figura alăturată, figură în care sunt introduse, ca notații, și unghiurile α și β, cu scopul de a simplifica descrierea direcțiilor de propagare ale undelor emise de cele două surse.

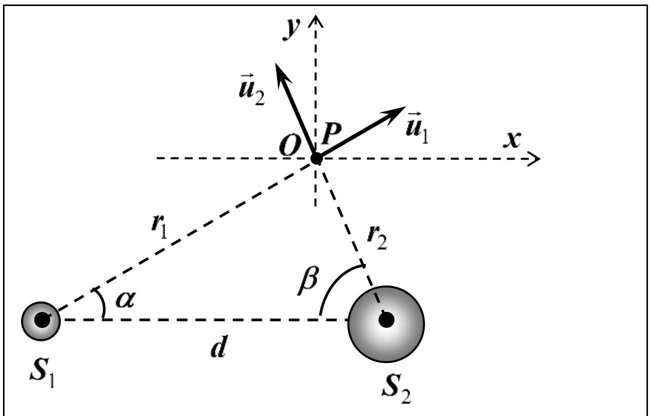

Figura III.1. Surse de unde sferice longitudinale

Considerăm că cele trei dimensiuni ale mediului de propagare sunt suficient de mari (astfel încât problema să aibă soluție) și că undele sunt complet absorbite la interacțiunea cu lor suprafețele ce limitează mediul de propagare fluid.

a) Să se determine distanțele r_1 și r_2 care descriu pozițiile de repaus ale punctului P pentru care vectorii de vibrație $\vec{u}_1$ și $\vec{u}_2$ ai celor două unde longitudinale au direcții reciproc perpendiculare și amplitudinile egale cu A_P, iar apoi să se determine această amplitudine ca funcție de datele furnizate în problemă.

b) Să se scrie ecuațiile elongațiilor celor două unde sferice în punctul P ca funcție de datele furnizate în problemă.

c) Să se determine ecuația implicită a traiectoriei unui punct P al mediului de propagare și apoi să se reprezinte grafic în raport cu sistemul de coordonate Oxy, știind că, în acest caz, punctul P se găsește la distanțe egale de centrele surselor celor două unde sferice și că vectorii de vibrație $\vec{u}_1$ și $\vec{u}_2$ ai celor două unde sunt reciproc perpendiculari.

Notă: *Se știe că ecuația elongației (a vectorului de vibrație $\vec{u}$ al) unei unde sferice, de amplitudine A și fază inițială φ_0, emisă de o sursă cu raza R ca funcție de timpul t și de distanța de propagare r se exprimă prin relația:*

$$u = A\left(\frac{R}{r}\right) sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{r}{\lambda}\right) + \varphi_0\right],$$

în care T și λ reprezintă perioada și, respectiv, lungimea de undă.

Subiecte propuse de:

lect. dr. Mihai VASILESCU, Facultatea de Fizică. UBB, Cluj-Napoca,
prof. Liviu ROTARU, Colegiul Național „Mihai Eminescu”, Satu Mare,
prof. Leonaș DUMITRAȘCU, L. „Șt. Procopiu”, Vaslui,
prof. dr. Constantin COREGA, CNER, Cluj-Napoca.