



Olimpiada Națională de Fizică, Craiova 06-10 aprilie 2026
Proba teoretică
Clasa a XI-a

SUBIECTUL I: Oscilații în câmp magnetic (30p)

A. O chitară electrică transformă vibrațiile corzilor în semnal electric prin intermediul unor doze/pickup-uri. O doză (vezi figura alăturată) este o mică bobină al cărui miez cilindric este un magnet permanent care are rolul de a magnetiza o mică zonă din coarda feromagnetică din vecinătatea sa. Mișcarea acestei zone induce o tensiune electromotoare în bobină.

O coardă de chitară electrică cu lungimea $L = 64\text{cm}$ are densitatea liniară de masă $\mu = 0,5\text{g/m}$ și este acordată astfel încât frecvența modului fundamental să fie $\nu_0 = 220\text{Hz}$. Sub coardă se află o doză cu $N = 5000$

spire cu suprafața efectivă $S = 2\text{mm}^2$, montată la distanța $x_0 = L/4$ față de un capăt al corzii. În vecinătatea poziției de echilibru a corzii, inducția câmpului magnetic prin bobina dozei depinde liniar de deplasarea transversală, y , a corzii, conform relației $B(y) = B_0 - \Lambda \cdot y$, în care B_0 și Λ sunt constante, iar $\Lambda = 5\text{T/m}$.

Consideră că după ciupire, coarda vibrează numai pe modul fundamental conform ecuației:

$$y(x,t) = A \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \cos(\omega_0 t), \text{ unde } A \text{ este amplitudinea vibrației corzii în ventru.}$$

Se măsoară la bornele bobinei o tensiune electromotoare sinusoidală cu valoarea maximă $E_{\max} = 40\text{mV}$. Se neglijează rezistența electrică a bobinei și amortizarea oscilațiilor.

a. Calculează tensiunea mecanică din coardă.

b. Calculează amplitudinea vibrației corzii în ventru.

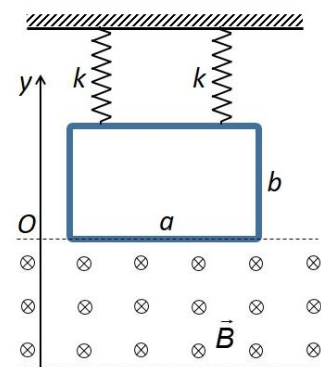
c. Consideră că după ciupirea corzii aceasta vibrează nu numai pe modul fundamental, ci pe o superpoziție de patru armonici: $y(x,t) = \sum_{n=1}^4 \left[\frac{A}{n} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \cos(n\omega_0 t) \right]$. **Calculează** distanțele, x ($0 < x \leq L/2$), la care trebuie

montată doza, pentru ca semnalul electric furnizat de doză să conțină trei armonici. **Calculează**, în fiecare caz, frecvențele acestor armonici.

B. O spiră dreptunghiulară conductoare, cu laturile a și b , este suspendată în plan vertical prin intermediul a două resorturi elastice de masă neglijabilă, confecționate dintr-un material izolator electric, având fiecare constanta elastică k , ca în figura din imaginea alăturată. Spira dreptunghiulară are masa m și rezistența electrică R , iar inductanța acesteia și forțele de frecare cu aerul se neglijează. La echilibru, latura inferioară a spirei se află la marginea de sus a unei regiuni în care există un câmp magnetic uniform cu inducția magnetică \vec{B} orientată perpendicular pe planul spirei. Spira este deplasată în sensul negativ al axei Oy pe o distanță A_0 ($A_0 < b$) și după ce este eliberată se constată că oscilează în plan vertical.

a. Scrie ecuația diferențială a mișcării spirei în câmp magnetic.

b. Determină expresia matematică a perioadei de oscilație a spirei.



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 notează de la 0 la 30 puncte. Punctajul final este suma acestora, la care se adaugă 10 puncte din oficiu.



Olimpiada Națională de Fizică, Craiova 06-10 aprilie 2026
Proba teoretică
Clasa a XI-a

SUBIECTUL II: Ecografia Doppler (30p)

Ecografia Doppler este o metodă neinvazivă utilizată pentru depistarea îngustărilor arteriale (stenoze), combinând ecografia clasică, care evidențiază structura vaselor, cu analiza fluxului sanguin bazată pe efectul Doppler.

O stenoză arterială produce modificări caracteristice ale curgerii: viteza sângelui crește în zona îngustată, iar după aceasta pot apărea turbulențe sau o reducere a fluxului. Aceste modificări sunt evidențiate prin măsurarea variației de frecvență a undelor ultrasonice reflectate de celulele din sânge, din care se poate determina viteza de curgere.

În cele ce urmează, vom considera un model simplificat al acestei situații.

Considerăm un fluid aflat în mișcare uniformă cu viteza u în sensul axei Ox . O sondă ultrasonică fixă emite unde plane de frecvență f_0 , care se propagă pe direcția și în sensul de mișcare a fluidului. Viteza de propagare a sunetului față de fluid este c . În acest mediu se consideră o particulă reflectantă de mici dimensiuni. Particula se îndepărtează de sondă cu viteza constantă v , care face un unghi θ cu direcția Ox . La momentul t_e sonda emite un semnal, care este reflectat de particulă și recepționat înapoi la momentul t_r . Se notează cu τ intervalul de timp dintre emisie și recepție, $\tau = t_r - t_e$. **Sonda măsoară frecvența semnalului recepționat f_r și întârzierea τ .** Se neglijează orice atenuare.

a. Determină frecvența f_r a semnalului recepționat de sondă după reflexie ținând cont de mișcarea fluidului (mediul de propagare) în raport cu laboratorul.

Pentru cerințele următoare consideră $u, v \ll c$. În calcule poți utiliza aproximația binomială de ordinul întâi: pentru $x \ll 1$, $(1 + x)^n \cong 1 + nx$.

b. Determină expresia deplasării Doppler ($\Delta f = f_r - f_0$) în aproximația de ordinul întâi.

c. Sonda emite impulsuri (pachete de unde ultrasonice) de durată Δt . **Determină** distanța minimă ΔD dintre două regiuni reflectante situate pe aceeași direcție, astfel încât ecourile lor să poată fi distinse în timp.

d. În apropierea direcției perpendiculare pe fluxul de fluid, semnalul Doppler este slab și sensibil la variații mici ale orientării sondei. Pentru o anumită orientare a sondei se găsește că $\Delta f = 0$. Se rotește sonda în jurul acestei direcții cu un unghi mic $\delta\theta$ și se observă că deplasarea Doppler δf are o variație liniară cu $\delta\theta$. **Determină** expresia vitezei particulei, v .

e. Într-un ciclu cardiac, valorile maxime și minime ale deplasării Doppler corespund, în mod direct, vitezelor maxime (sistolice) și minime (diastolice) ale fluxului sanguin.

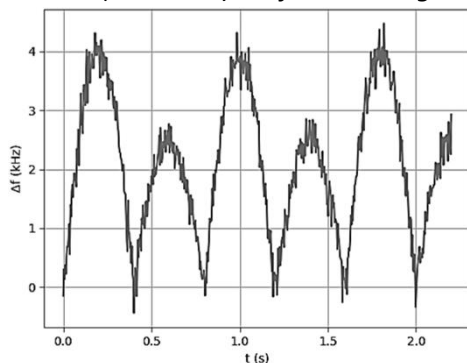


Fig.1 Variația Doppler în funcție de timp

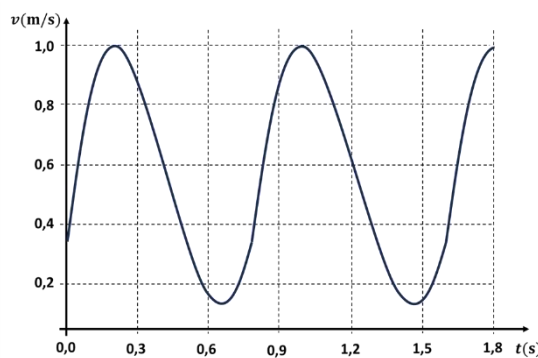


Fig. 2 Variația vitezei în funcție de timp

Graficul din fig. 1 reprezintă variația în timp a deplasării Doppler $\Delta f(t)$, iar cel din fig. 2 variația în timp a vitezei sângelui prin artera carotidă externă. **Estimează**, pe baza datelor din grafic, frecvența cardiacă și frecvența ultrasunetelor emise de sondă. Se cunoaște viteza ultrasunetelor în țesuturi $c \cong 1540$ m/s.

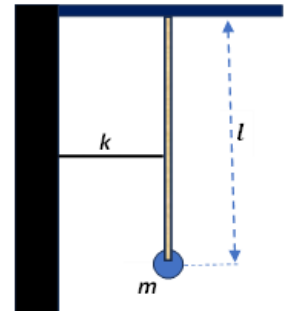
1. Fiecare dintre subiectele **1**, **2**, respectiv **3** se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 0 la 30 puncte. Punctajul final este suma acestora, la care se adaugă 10 puncte din oficiu.

Olimpiada Națională de Fizică, Craiova 06-10 aprilie 2026
Proba teoretică
Clasa a XI-a

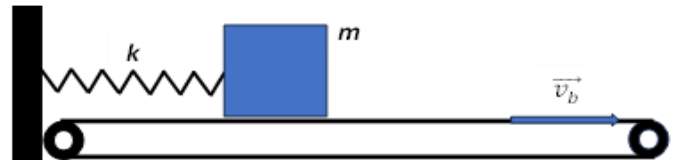
pagina 3 din 3

SUBIECTUL III: Oscilații (30p)

A. Un pendul gravitațional este format dintr-un corp punctiform cu masa m și o tijă verticală, rigidă, cu masa neglijabilă și lungimea l , articulată la capătul superior. La mijlocul barei este prins un fir elastic orizontal cu constanta elastică k . Firul elastic este nedeformat când tija este în poziție verticală, ca în figura alăturată. **Determină** expresia matematică a perioadei mișcării pentru oscilații mici efectuate în planul vertical determinat de fir și tijă. Se consideră cunoscută accelerația gravitațională, g , iar forțele de frecare sunt neglijabile.



B. O valiză cade liber de la o înălțime foarte mică pe o bandă transportoare orizontală, suficient de lungă, care se deplasează permanent cu viteza constantă \vec{v}_b . Un resort elastic cu masa neglijabilă este prins la un capăt de valiză, iar la celălalt capăt de un perete fix aflat lângă bandă, fiind în momentul inițial nedeformat, ca în figura alăturată. Coeficientul de frecare dintre valiză și banda transportoare este μ , constanta elastică a resortului este k , masa valizei este m , iar accelerația gravitațională g . **Determină** expresia matematică a vitezei valizei în funcție de timp pentru un interval de timp suficient de lung și **reprezintă-o grafic**.



Subiecte propuse de:

Prof. dr. Costin-Ionuț DOBROTĂ, Colegiul Național „Dimitrie Cantemir” Onești

Prof. Constantin GAVRILĂ, Colegiul Național „Sfântul Sava” București

Prof. Jean-Marius ROTARU, Colegiul Național Iași

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 notează de la 0 la 30 puncte. Punctajul final este suma acestora, la care se adaugă 10 puncte din oficiu.