

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
9 martie 2025

Subiectul I - Levitație și oscilații în câmp magnetic

Deasupra unui solenoid vertical, foarte lung, în contact cu capătul acestuia, este așezată o placă orizontală subțire, nemagnetică. Pe placă este așezat un inel subțire dintr-un material supraconductor, poziționat coaxial cu solenoidul. Inițial, intensitatea I_s a curentului electric prin spirele solenoidului și intensitatea I a curentului electric prin inel sunt nule. Când un curent trece prin spirele solenoidului, un câmp magnetic neuniform este generat la capătul solenoidului. Componentele verticală B_z și radială B_r ale inducției magnetice la capătul solenoidului (FIGURA 1) sunt date de relațiile:

$$B_z = B_0(1 - \alpha z)$$

$$B_r = B_0\beta r$$

unde α și β sunt constante, B_0 depinde de valoarea curentului electric prin solenoid, z și r sunt coordonatele verticale și respectiv radiale, iar originea sistemului de axe se consideră la capătul solenoidului. La un moment dat, prin spirele solenoidului începe să circule un curent electric I_s , care crește treptat.

Precizare: Un material supraconductor este caracterizat de rezistivitate electrică nulă. Prin urmare, fluxul magnetic prin suprafața inelului supraconductor este constant. Inițial, fluxul magnetic prin inel este nul.

- Pentru un solenoid foarte lung având n spire pe unitatea de lungime și străbătut de un curent electric cu intensitatea I_s , scrieți expresia inducției magnetice în interiorul solenoidului, la mijlocul acestuia. Utilizați acest rezultat pentru a deduce expresia inducției magnetice produse de solenoid într-un punct aflat pe axa solenoidului, la capătul acestuia.
- Determinați valoarea critică I_c a intensității curentului electric prin solenoid, pentru care inelul supraconductor începe să leviteze deasupra plăcii.
- Determinați înălțimea la care se ridică inelul deasupra capătului solenoidului, când $I_s = 2I_c$.
- Determinați frecvența micilor oscilații ale inelului, când $I_s = 2I_c$ (se presupune că inelul este deplasat de la poziția de echilibru pe o distanță mică Δz , coaxial cu solenoidul).

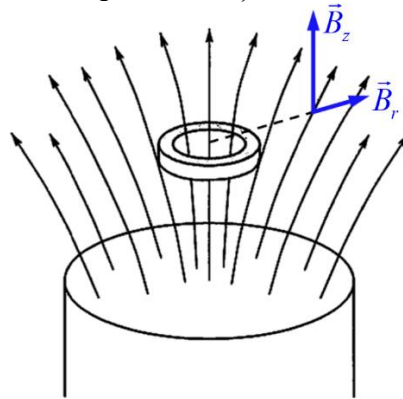


FIGURA 1

Se cunosc: $\alpha = 36 \text{ m}^{-1}$, $\beta = 18 \text{ m}^{-1}$, masa inelului $m = 100 \text{ mg}$, inductanța inelului $L = 1,8 \cdot 10^{-8} \text{ H}$, numărul de spire ale solenoidului pe unitatea de lungime $n = 10^3 \text{ m}^{-1}$, suprafața inelului $S = 1 \text{ cm}^2$, permeabilitatea magnetică a vidului $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$ și accelerația gravitațională $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

- Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
- 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.

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
9 martie 2025

Subiectul II – Sistem oscilant cu elemente elastice pneumatice

Sistemul oscilant din FIGURA 2 este compus din două pistoane de mase $m_1 = m$ și $m_2 = 2m$, legate între ele cu o tijă rigidă de lungime egală cu $2l$ și de masă neglijabilă. Cele două pistoane, care au ariile secțiunilor transversale egale cu $S_1 = S$ și $S_2 = 2S$, împreună cu tija rigidă, sunt montate în interiorul a doi cilindri coaxiali sudați unul de celălalt și închiși la capete, ca în figură, astfel încât se formează trei compartimente (C_1) , (C_2) și (C_3) ce conțin gaze *monoatomice* aflate în condiții fizice normale de presiune și temperatură (p_0, T_0) .

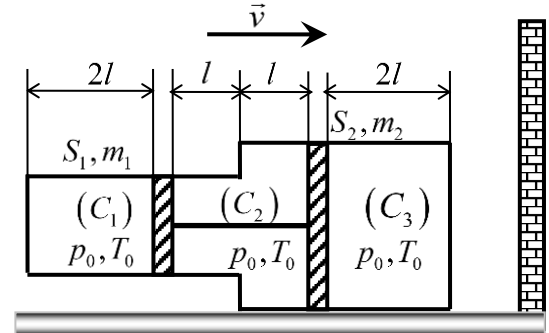


FIGURA 2

În starea inițială cei doi cilindri sunt așezați în poziție orizontală iar pistoanele, presupuse etanșe, mobile și fără frecare, sunt poziționate în interiorul acestora ca în figură.

Pentru inițierea oscilațiilor, sistemul format din cei doi cilindri împreună cu cele două pistoane, aflat în mișcare cu viteza \vec{v} , se ciocnește perfect plastic de un perete masiv după care rămâne fixat de acesta (sudat).

Se presupune că cilindrii și pistoanele sunt confecționate din materiale rigide și termoizolatoare.

- Considerând că viteza de ciocnire este mică, determinați perioada micilor oscilații, T_{osc} , ale sistemului format din cele două pistoane.
- Determinați viteza maximă v_{max} a sistemului format din cei doi cilindri împreună cu cele două pistoane, astfel încât după ciocnirea acestuia cu peretele masiv, pistonul cu secțiunea (mai mică) $S_1 = S$ să nu părăsească cilindrul în care este montat.
- Determinați presiunile p_1 , p_2 și p_3 ale gazelor închise în cele trei compartimente etanșe în momentul în care pistoanele ajung pentru prima dată în stare de repaus după ciocnirea cu viteza v_{max} dintre sistemul oscilant și peretele masiv.

Notă: Pentru valori mici ale cantității notate cu x este valabilă următoarea relație de aproximare: $(1+x)^\alpha \cong 1+\alpha x$, în care α este un număr real.

Subiectul III – Tubul lui Kundt

Tubul lui Kundt este un dispozitiv experimental inventat în 1866 de fizicianul german August Kundt pentru a măsura viteza sunetului în gaze și în solide. Dispozitivul constă dintr-un tub transparent în interiorul căruia se află o pudră din particule fine (praf de plută sau talc), inițial distribuită uniform.

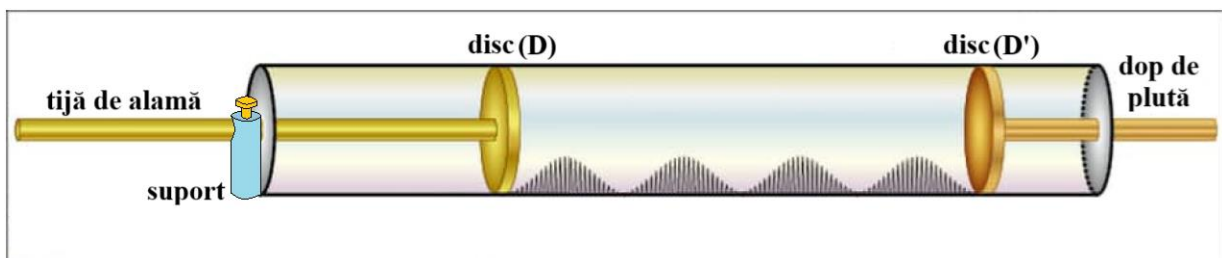


FIGURA 3

- Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
- 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.

Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

9 martie 2025

pagina 3 din 4

Tubul are la unul dintre capete un suport care fixează o tijă de alamă prevăzută cu un disc (D). Celălalt capăt al tubului este închis cu un dop și un disc metalic (D'), pentru a permite reglarea distanței dintre discuri. Schema dispozitivului experimental poate fi observată în FIGURA 3.

Etapa I

Într-o primă etapă a experimentului, tija și discul D sunt înlocuite de un difuzor plasat la capătul tubului și conectat la un generator de semnal (FIGURA 4).



FIGURA 4

Cu ajutorul difuzorului conectat la generatorul de semnal se produce, la capătul tubului, un sunet de frecvență ν . Se ajustează poziția discului D' până când sunetul din tub devine brusc mult mai puternic. Se constată că pulberea din tub se așază în mici grămăjoare, dispuse echidistant. Experimentul se repetă pentru diferite valori ale frecvenței, iar pentru fiecare caz se măsoară distanța d dintre centrele a două grămăjoare consecutive. Datele experimentale culese sunt prezentate în tabelul alăturat.

Nr. crt.	ν / Hz	d / cm
1	4000	4,0
2	3300	5,0
3	3000	5,5
4	2500	7,0
5	2000	8,0
6	1600	10,5
7	1100	15,0
8	1000	16,5

Sarcina de lucru nr. 1: Explicați de ce pulberea din tub se organizează în grămăjoare dispuse echidistant. Precizați rolul presiunii și vitezei particulelor de aer în formarea acestor acumulări de pulbere.

Sarcina de lucru nr. 2: Reprezentați grafic, pe hârtia milimetrică, dependența de perioadă a lungimii de undă a sunetului în aer. Folosiți graficul pentru a determina viteza sunetului în aer.

Etapa a II-a

Experimentul este reluat folosind dispozitivul experimental din FIGURA 3. Aerul din tub se găsește în aceleași condiții de la etapa precedentă. Tija de alamă are lungimea $\ell = 90$ cm și este fixată la mijlocul ei în suportul de la capătul tubului. Se freacă tija longitudinal cu o bucată de piele acoperită cu rășină. Ca urmare, tija vibrează emițând un sunet înalt. Oscilațiile sunt transmise discului și aerului din tub. Pulberea se așază în mici grămăjoare echidistante. Distanța dintre două grămăjoare consecutive este $d = 8,5$ cm.

Sarcina de lucru nr. 3: Calculați viteza de propagare a sunetului în alamă.

Sarcina de lucru nr. 4: Viteza sunetului în gaz depinde doar de densitatea gazului, de presiunea la care se găsește acesta și de constante adimensionale. Folosind această informație și utilizând analiza dimensională, găsiți relația de dependență a vitezei sunetului în gaz de densitatea și presiunea gazului, $v = v(p, \rho)$. **Notă:** Analiza dimensională este o metodă

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III 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.



Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București
9 martie 2025

pagina 4 din 4

folosită pentru a verifica și deduce relații între mărimi fizice, bazându-ne pe exprimarea unităților de măsură în funcție de unitățile fundamentale și pe compararea dimensiunilor fizice ale termenilor dintr-o relație.

Sarcina de lucru nr. 5: Folosind relația determinată anterior $v = v(p, \rho)$ și presupunând că aerul se comportă ca un gaz ideal, demonstrați că viteza sunetului în aer depinde de temperatură. Pentru temperaturi nu foarte depărtate de 0°C , exprimați această relație într-o formă liniară de tipul $v = v_0 + k \cdot t$. Cunoscând că viteza determinată la Sarcina de lucru nr.2 reprezintă viteza sunetului în aer la 0°C , determinați valorile numerice ale constantelor v_0 și k .

Subiectele au fost propuse de:

Prof. dr. Adrian BODNARESCU, Colegiul Național „Eudoxiu Hurmuzachi”, Rădăuți

Prof. dr. Leonaș DUMITRAȘCU, Liceul Teoretic “Mihail Kogălniceanu”, Vaslui

Prof. Aura VĂȘII, Colegiul Național Militar „Dimitrie Cantemir”, Breaza

Prof. Liviu BLANARIU, Centrul Național de Politici și Evaluare în Educație, București

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III 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.

VEI FOLOSI ACEASTĂ FOAIE PENTRU
TRASAREA GRAFICULUI DE LA SUBIECTUL III

NU SEMNA ACEASTĂ FOAIE!
FOAIA VA FI ATAȘATĂ LUCRĂRII TALE

