



Problema I (10 puncte)

Unde transversale

Fie o coardă elastică orizontală, întinsă, la capătul căreia se produce o mică perturbație bruscă pe direcția transversală pe coardă.

Sarcina de lucru nr. 1

1.a. Să se demonstreze că viteza de propagare a acestei perturbații prin coardă este $c = \eta \sqrt{\frac{F}{\mu}}$, unde F este tensiunea mecanică din coardă, iar μ – densitatea liniară de masă.

1.b. Ce expresie are constanta η din formula de mai sus?

Sarcina de lucru nr. 2

2.a. Dacă ambele capete ale coardei orizontale se pot mișca liber pe direcție verticală, arătați că ecuația unei unde staționare care se poate stabili pe coardă este $y = A \cos kx \cos \omega t$, unde k este numărul de undă, A – amplitudinea unei staționare și ω – pulsația undei.

2.b. Reprezentați grafic forma coardei la momentele $t = nT$, unde n este număr natural și T – perioada oscilațiilor.

2.c. Precizați caracteristicile celor două unde care, în urma interferenței, produc unda staționară de mai sus.

2.d. Determinați distribuția densităților liniare ale energiilor cinetică și potențială de-a lungul coardei.

2.e. Reprezentați grafic distribuțiile calculate la cerința anterioară la momentele $t = \frac{T}{4}$ și $t = \frac{T}{2}$.

Sarcina de lucru nr. 3

3.a. Se fixează coarda orizontală la ambele capete. Cunoscând densitatea liniară de masă, distanța L dintre punctele de fixare și distanța d la care se află mijlocul coardei față de linia orizontală care unește punctele de suspensie (săgeata coardei), să se determine tensiunea mecanică din coardă datorată propriei sale greutate. Se va considera $d \ll L$.

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.

3.b. Să se determine raportul dintre frecvențele fundamentale ale sunetelor emise de această coardă, în cazul în care coarda a fost alungită cu $p_1 = 2\%$ și în cazul în care $p_2 = 4,1\%$.

3.c Știind că frecvența din primul caz corespunde notei La din octava C4 ($\nu_1 = 440$ Hz), ce notă muzicală va emite coarda în cazul al doilea (în scara uniform temperată a lui Bach raportul frecvențelor care mărginesc un interval muzical numit semiton este dat de relația $\frac{\nu_2}{\nu_1} = 2^{\frac{1}{12}}$)?

Subiect propus de:

Prof. Arici Liviu – Colegiul Național „N. Bălcescu” – Brăila

Problema a II-a (10 puncte)

Cordon elastic

Un cordon cilindric omogen din cauciuc, cu masa neglijabilă, aria secțiunii transversale S_0 , lungimea l_0 și modulul de elasticitate E , este suspendat vertical.

Sarcina de lucru nr. 1

La alungiri **foarte mici** ale cordonului (când alungirea sa relativă ε este sub 1%), este valabilă legea lui Hooke.

1.a. Să se determine variația relativă a volumului cordonului, dacă se cunoaște coeficientul μ al lui Poisson (raportul dintre contracția relativă a razei cordonului și alungirea relativă a acestuia). Pentru cauciuc $\mu < 0,5$.

1.b. La capătul liber al cordonului se leagă un corp cu masa m ($m < \frac{ES_0}{4\mu g}$). Dacă se eliberează corpul din repaus, cordonul nefiind deformat, să se afle:

i. Perioada micilor oscilații ale acestui pendul elastic;

ii. Volumul maxim al cordonului în timpul oscilațiilor.

1.c. Se rotește cordonul în plan vertical (împreună cu corpul legat de el) cu 90° , în jurul punctului de suspensie. Se eliberează sistemul din repaus, cordonul fiind nedeformat, și se constată că, la trecerea cordonului prin poziția verticală, alungirea acestuia este maximă. Să se determine de câte ori este mare această alungire maximă decât alungirea măsurată în condiții statice.

Sarcina de lucru nr. 2

La alungiri **mici** ale cordonului, pentru care alungirea relativă a sa depășește însă 1%, legea lui Hooke nu mai este valabilă, dar se constată că alungirea y a cordonului este direct proporțională cu forța deformatoare și cu lungimea cordonului alungit.

2.a. Să se deducă expresia forței elastice în funcție de E , S_0 , l_0 și y .
Se cunoaște accelerația gravitațională g .

Indicație: Se poate utiliza aproximația lui Bernoulli: $(1 \pm s)^q \approx 1 \pm sq$, dacă $s \ll 1$.

Subiect propus de:

Conf. univ. dr. Sebastian POPESCU – Facultatea de Fizică, Universitatea „Al. I. Cuza” - 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 punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Problema a III-a (10 puncte)

Pompa de bicicletă

Andrei umflă camera unei roți de bicicletă cu o pompă cu piston. Inițial, în camera roții de bicicletă se află aer la presiunea atmosferică p_0 și la temperatura T_0 . Camera roții de bicicletă are un ventil (o supapă), care se deschide atunci când presiunea exterioară devine egală cu presiunea aerului din cameră. Consideră că volumul V_r al camerei de bicicletă nu variază.

La începutul fiecărei curse a pistonului, atunci când acesta se află în poziția cea mai de sus, cilindrul vertical al pompei de bicicletă este plin cu aer, la presiunea atmosferică p_0 și la temperatura T_0 . Volumul pe care îl are la dispoziție aerul din cilindru, la începutul fiecărei curse, este $V_p = V_r/N$, unde N este un număr dat. Când pistonul ajunge în poziția cea mai de jos, toată cantitatea de aer aflată inițial sub pistonul din cilindrul pompei se regăsește în camera roții de bicicletă, pistonul aflându-se la capătul inferior al cursei sale. Lungimea cursei pistonului pompei de bicicletă este ℓ .

Presupune că pereții pompei și cei ai camerei roții de bicicletă sunt perfect conductori din punct de vedere termic, astfel încât temperatura lor, precum și cea a aerului din cilindrul pompei și din camera de bicicletă rămâne întotdeauna egală cu temperatura atmosferei T_0 . Constanta universală a gazelor ideale este R , iar exponentul adiabatic al aerului este γ .

Sarcina de lucru nr.1

Sarcina de lucru 1 îți propune să studiezi câțiva dintre parametrii de stare ai sistemului pompă – cameră de bicicletă și să exprimi, după caz, rezultatele pe care le obții în funcție de p_0 , V_r , T_0 , R , de numerele N și k și de distanțele ℓ și χ .

1.a. Determină expresia numărului ν_k de moli de aer din camera roții de bicicletă, după ce Andrei a pompat de k ori aer în camera de bicicletă.

1.b. Dedu expresia presiunii p_k a aerului din camera de bicicletă, după ce Andrei a efectuat k pompări.

1.c. În cursul celei de-a $(k+1)$ pompări a aerului în camera de bicicletă, supapa se deschide când pistonul se află la o anumită distanță x_{k+1} față de poziția sa cea mai de sus. Determină expresia distanței x_{k+1} .

1.d. Dedu expresia $p = p(x)$ a legii de variație a presiunii aerului din cilindrul pompei de bicicletă, în cursul celei de-a $(k+1)$ pompări, în funcție de distanța x a pistonului, față de poziția sa cea mai de sus.

Sarcina de lucru nr.2

Sarcina de lucru 2 îți propune să studiezi modul în care variază energia internă a aerului din cilindrul pompei, la o cursă a pistonului, atunci când acesta se deplasează între poziția cea mai de sus și cea mai de jos și să exprimi rezultatele în funcție de presiunea p_0 și de volumul V_r , de numerele N și k , de distanțele ℓ și χ , precum și de exponentul adiabatic γ .

2.a. Determină expresia dependenței $U = U(x)$ a energiei interne a aerului din cilindru în cursul celei de-a $(k+1)$ pompări, de distanța x a pistonului, față de poziția sa cea mai de sus.

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.

Sarcina de lucru nr.3

În cadrul sarcinii de lucru 3 ți se cere să deduci expresia lucrului mecanic efectuat de Andrei pentru a umfla camera roții de bicicletă până la o anumită presiune și expresia cantității de căldură preluată de atmosferă de la sistemul pompă – cameră de bicicletă. Exprimă, după caz, rezultatele obținute în funcție de numerele N , k și n , de presiunea p_0 , de volumul V_r și de exponentul adiabatic γ .

3.a. Pe parcursul umflării camerei roții de bicicletă, în cursa pistonului notată cu numărul k_0 , presiunea aerului din camera de bicicletă atinge valoarea $n \cdot p_0$, unde n este un număr supraunitar. Determină expresia numărului k_0 .

3.b. Determină expresia lucrului mecanic efectuat de Andrei, din momentul începerii pomparei, până în când presiunea aerului din camera roții de bicicletă atinge valoarea $n \cdot p_0$. Consideră că $N \cdot (n - 1)$ este un număr natural și că frecările dintre piston și cilindru sunt neglijabile.

3.c. Determină, în condițiile specificate în cadrul sarcinii de lucru 3.b., expresia cantității de căldură Q schimbate de aerul din sistemul pompă – cameră de bicicletă, cu mediul exterior, din momentul începerii pomparei până când presiunea aerului din camera roții de bicicletă atinge valoarea $n \cdot p_0$.

Sarcina de lucru nr.4

Sarcina de lucru 4 îți propune să calculezi valorile numerice ale unora dintre mărimile fizice, ale căror expresii le-ai dedus în cadrul sarcinilor de lucru 1, 2 sau 3.

Pentru rezolvarea acestor cerințe utilizează, după caz, următoarele valori numerice pentru mărimile fizice și pentru constantele menționate în enunț: $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $T_0 = 300 \text{ K}$, $V_r = 7,00 \text{ dm}^3$, $N = 20$, $p_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$, $\gamma = 1,40$ și $n = 2,51$.

4.a. Calculează numărul de moli de gaz din camera roții după zece pompări.

4.b. Calculează valoarea presiunii din camera roții după zece pompări.

4.c. Determină valoarea pentru numărul de pompări pentru care presiunea din camera roții atinge valoarea $n \cdot p_0$.

4.d. Calculează valoarea lucrului mecanic efectuat de Andrei în cursul celei de a zecea pompări.

4.e. Determină valoarea cantității de căldură Q_{10} schimbată de aerul din sistemul pompă – cameră de bicicletă, cu mediul exterior, în cursul celei de a zecea pompări.

© Subiect propus de:

Conf. univ. dr. Adrian DAFINEI – Facultatea de Fizică – Universitatea București

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.