



Olimpiada de Fizică - Etapa națională

1 – 6 aprilie 2012, Ilfov

PROBA TEORETICĂ

XI

Problema I (10 puncte)

A. Datele pentru calculator

Numerele se scriu pozițional, în baza zece, folosind cifrele de la 0 la 9. Astfel, „cuvântul” de patru cifre 4012 reprezintă numărul $4 \times 10^3 + 0 \times 10^2 + 1 \times 10^1 + 2 \times 10^0$.

Prelucrarea datelor în calculatoare se face utilizând scrierea pozițională în baza doi (sistem binar), în care se folosesc numai cifrele 0 și 1. De exemplu, în baza de numerație 2, „cuvântul” de două cifre 11 înseamnă $1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$, adică numărul 3 exprimat în baza 10.

Transmiterea și procesarea datelor într-un calculator se realizează în sistem binar, prin utilizarea unor pulsuri dreptunghiulare de tensiune, având fiecare aceeași durată τ . Astfel, pentru cifra 1 se utilizează un puls de tensiune cu valoarea $U_1 = 0,50V$, iar pentru cifra 0 se folosește $U_0 = 0,00V$.

Sarcina de lucru nr.1

Într-un calculator, este necesară transmiterea repetată (fără pauze) a numărului 217.

1.a. Reprezintă grafic dependența de timp a tensiunii utilizate în cursul transmiterii repetate a numărului 217, dacă se utilizează reprezentarea binară a acestui număr, folosindu-se „cuvinte” de 8 poziții (8 biți).

1.b. Determină valoarea efectivă a tensiunii utilizate pentru transmiterea repetată a numărului 217, în condițiile menționate în cadrul sarcinii de lucru 1.a.

Pentru o altă procesare de date în calculator, este necesară transmiterea repetată (fără pauze) a numărului 255.

1.c. Determină valoarea efectivă a tensiunii utilizate pentru transmiterea repetată a numărului 255, dacă se utilizează reprezentarea binară a acestui număr, folosindu-se „cuvinte” de 8 biți.

B. Simetrie

Pentru realizarea a două rețele electrice se utilizează două tipuri de rezistori, având rezistențele electrice R_1 , respectiv R_2 . Rezistorii sunt plasați pe fiecare dintre laturile cuburilor *POLIEDRU* și *SCHIMBAT* și sunt conectați prin fire metalice cu rezistența electrică neglijabilă (figura 1).

Sarcina de lucru nr.1

1.a. Determină expresia rezistenței electrice echivalente R_{P-R} dintre nodurile P și R ale rețelei electrice *POLIEDRU*.

1.b. Determină expresia rezistenței echivalente R_{S-C} dintre nodurile S și C ale rețelei electrice *SCHIMBAT*.

1.c. Calculează valoarea rezistenței electrice R_2 , dacă rezistențele electrice echivalente R_{P-R} și R_{S-C} sunt egale și dacă rezistența electrică R_1 are valoarea de $1,00\Omega$.

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 dintre cele trei subiecte se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

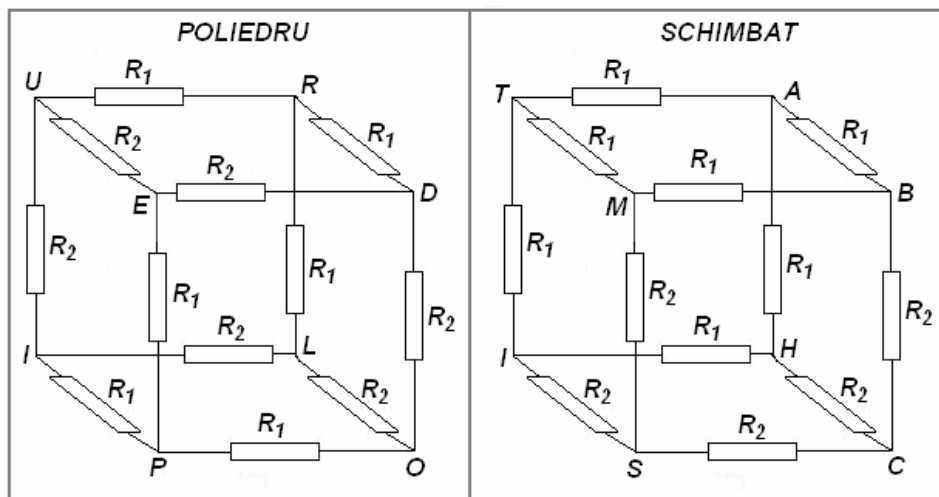


Figura 1

Rezistorii cu rezistență electrică R_1 de pe laturile cubului *POLIEDRU* se înlocuiesc cu bobine, iar rezistorii cu rezistență electrică R_2 se înlocuiesc cu condensatori (figura 2). Impedanța Z_1 a fiecărei bobine are componenta rezistivă $R_L = 3,00 \Omega$ și componenta reactivă $X_L = 1,00 \Omega$. Fiecare condensator este considerat ideal și are impedanța Z_2 . Bobinele și condensatorii sunt conectați prin fire metalice cu rezistență electrică neglijabilă.

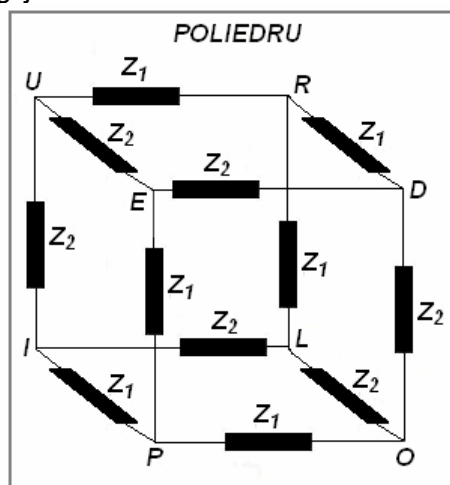


Figura 2

Între nodurile P și R ale rețelei *POLIEDRU* cu impedanțe, se aplică o tensiune alternativă sinusoidală, având valoarea efectivă $U_0 = 9,00 \text{ V}$ și frecvența $\nu_0 = 50,00 \text{ Hz}$. În aceste condiții se constată că tensiunea și curentul electric alternativ din rețeaua *POLIEDRU* sunt în fază.

Sarcina de lucru nr.2

2.a. Determină valoarea capacității electrice C a condensatorului.

2.b. Calculează valoarea rezistenței electrice echivalente nodurile P și R ale rețelei *POLIEDRU*, în condițiile menționate în cadrul acestei sarcini de lucru.

2.c. Determină valorile pentru puterea activă, reactivă și aparentă din circuitul electric *POLIEDRU* cu impedanțe.

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 dintre cele trei subiecte se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Problema a II- a (10 puncte)

A. Fluierul

Unele instrumente muzicale, ca de exemplu flautul sau fluierul pot fi modelate printr-un tub deschis la ambele capete. Cele două schițe din figura 3 ilustrează o secțiune longitudinală printr-un fluier și o vedere de deasupra a acestui instrument muzical.

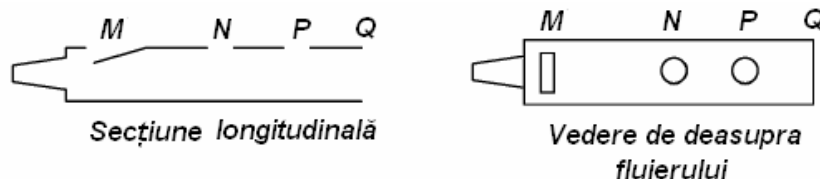


Figura 3

În imediata apropiere a zonei prin care se suflă aer prin fluier se află o deschizătură M . Fluierul are două găuri (deschizături) circulare N și P , situate astfel încât $MN = NQ$ și $NP = PQ$. Consideră că distanța MQ este de 38 cm și că viteza sunetului în aer are valoarea de $340\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Ai în vedere că în zona în care aerul din fluier este în contact cu aerul din exterior nu se poate realiza comprimarea acestuia și prin urmare nu poate apare un nod al undei sonore.

Sarcina de lucru nr.1

- 1.a. Determină valoarea frecvenței fundamentale, corespunzătoare sunetului emis în situația când se suflă aer în fluier, ținându-se astupate deschizăturile N și P .
- 1.b. Calculează valoarea maximă a lungimii de undă a sunetului emis, atunci se suflă aer în fluier, și nu se astupă nici deschizătura N , nici deschizătura P .
- 1.c. Dedu valoarea raportului dintre frecvențele sunetelor emise, atunci se suflă aer în fluier, și se ține astupată numai deschizătura P , respectiv numai deschizătura N .

B. Oscilațiile lustrei

Problema îți propune să analizezi modurile în care poate oscila o lustră cu patru lămpi.

Un cadru pătrat, rigid, este construit din bare cu lungimi egale $\ell\sqrt{2}$ și cu mase neglijabile. În vârfurile cadrului sunt fixate corpuri mici, grele, având fiecare masa m . Cadrul este suspendat și menținut în poziție orizontală prin fire care îl leagă de tavanul orizontal. Firele, de lungimi egale cu $\ell\sqrt{2}$ sunt perfect deformabile și au masa neglijabilă. În poziția inițială, de echilibru, firele sunt dispuse de-a lungul verticalelor vârfurilor cadrului, astfel încât vârfurile cadrului și punctele în care acesta este suspendat sunt vârfurile unui cub (figura 4).

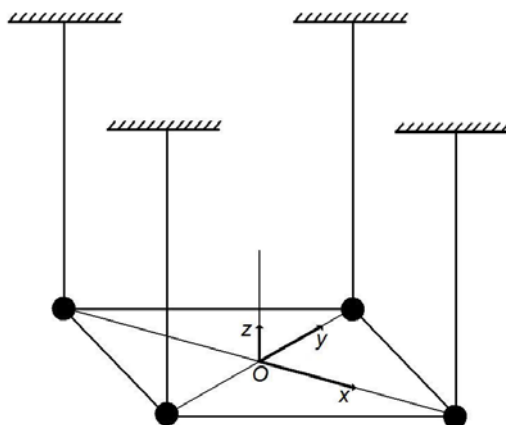


Figura 4

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 dintre cele trei subiecte se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Consideră un sistem de coordonate $Oxyz$. Atunci când cadrul pătrat se află în echilibru, centrul său se află în originea O a sistemului, iar diagonalele acestuia sunt dispuse de-a lungul axelor Ox, Oy ; verticala dusă în centrul cadrului pătrat se află pe axa Oz a sistemului de coordonate. Mărima accelerației gravitaționale este g .

Sarcina de lucru nr.1

Lustra oscilează după o direcție paralelă cu bara AB a cadrului. În cursul oscilației bara rămâne în planul $ABB'A'$, determinat de poziția sa inițială și de punctele $A'B'$ în care aceasta este suspendată (figura 5).

1.a. Determină expresia perioadei T_1 a micilor oscilații ale lustrei.

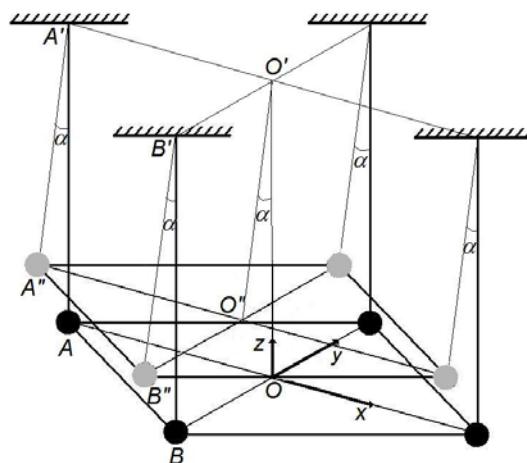


Figura 5

Sarcina de lucru nr.2

Se rotește lustra astfel încât centrul cadrului său rămâne pe axa Oz . În noua situație, direcția fiecărui fir formează unghiul α cu direcția inițială verticală (figura 6). În cursul rotirii, firele sunt tot timpul întinse, diagonalele cadrului se rotesc cu unghiul φ , iar centrul cadrului se înalță cu h .

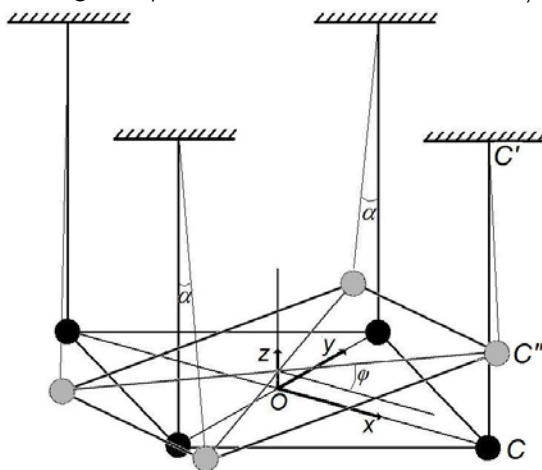


Figura 6

2.a. Scrie coordonatele vârfului C al cadrului pătrat aflat în poziția inițială (înaintea rotirii), în raport cu sistemul $Oxyz$.

2.b. Scrie coordonatele vârfului C'' al cadrului pătrat în situația în care cadrul este rotit. Exprimă rezultatul în funcție de ℓ , h și φ .

2.c. Determină expresia unghiului α în funcție de unghiul φ .

2.d. Dedu expresiile coordonatelor pentru vârfului C'' al cadrului pătrat, în situația în care firele de suspensie sunt rotite. Exprimă rezultatul în funcție de ℓ și α .

Sarcina de lucru nr.3

Se rotește cadrul, astfel încât fiecare fir se rotește cu un unghi α_0 și apoi se eliberează. Cadrul se mișcă astfel încât centrul său rămâne pe axa Oz . Consideră că în cursul rotirii libere a cadrului, unghiul α (exprimat în radiani) este suficient de mic pentru ca relațiile $\sin \alpha = \alpha$, $\cos \alpha = 1$ și $\alpha^2 = 0$ să fie adevărate pentru orice α ($0 < \alpha < \alpha_0$).

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 dintre cele trei subiecte se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

3.a. Determină expresia modului momentului forțelor care rotesc cadrul atunci când firele de suspensie sunt rotite cu unghiul α . Exprimă rezultatul în funcție de ℓ , m , g și φ .

3.b. Determină expresia modului accelerației de-a lungul traiectoriei (tangențiale) pentru fiecare dintre corpurile cu masa m , atunci când firele de suspensie sunt rotite cu unghiul α , ca funcție de ℓ și de variația unghiului α .

3.c. Scrie ecuația de mișcare care descrie rotirea cadrului.

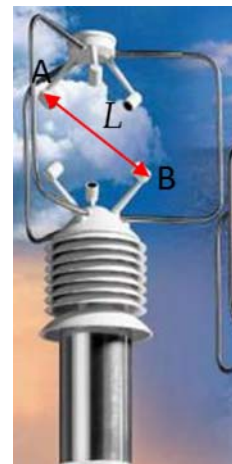
3.d. Determină expresia perioadei mișcării oscilatorii a cadrului.

Problema a III- a (10 puncte)

A. Anemometru Sonic

Anemometrele Sonic măsoară viteza vântului pe baza timpului de zbor a impulsurilor sonice între perechi de traductoare. Cu aceste aparate se pot face măsurări temporale foarte fine, ceea ce le face foarte potrivite pentru măsurarea turbulențelor. Având în vedere că viteza sunetului variază cu temperatura, anemometrele Sonic sunt folosite și ca termometre.

Fie un semnal sonor care se propagă dus-întors între două traductoare (punctiforme) A și B aflate la distanța L . Viteza semnalului sonor față de aer este c .



Sarcina de lucru nr.1

Consideră că vântul suflă cu viteza v_a pe direcția AB. În acest caz, timpii de propagare a sunetului sunt t_{01} respectiv t_{02} , astfel încât $t_{01} < t_{02}$.

1.a. Dedu expresiile care permit calcularea modulelor vitezelor c și v_a în funcție de t_{01} , t_{02} și L .

1.b. Dacă viteza de propagare a sunetului este $c = 344 \text{ m/s}$, iar viteza vântului este $v_a = 100,0 \text{ km/h}$, calculează timpii t_{01} și t_{02} considerând $L = 20,0 \text{ cm}$.

Sarcina de lucru nr.2

Consideră acum că vântul suflă sub un unghi față de direcția AB, astfel încât componentele vitezei sale sunt v_n și v_l .

2.a. Dedu expresia care permite calcularea componentei longitudinale a vitezei vântului, v_l , în funcție de t_1 , t_2 și L .

2.b. Dedu expresia care permite calcularea vitezei sunetului, c , în acest caz, în funcție de t_1 , t_2 și L .

2.c. Privește încă odată fotografia. Dă o explicație scurtă pentru necesitatea prezenței celor șase traductoare.

2.d. Dă o explicație scurtă a modului în care ploaia influențează determinarea vitezei aerului cu acest anemometru.

Sarcina de lucru nr.3

La propagarea unei sonore printr-un element de volum de aer, V , se manifestă o variație periodică a presiunii, Δp , care determină o modificare a volumului cu ΔV . Datorită conductivității termice mici a gazelor, precum și rapidității cu care se propagă variația presiunii Δp , transformarea gazului poate fi considerată adiabatică. Viteza sunetului în aer, c , depinde de densitatea aerului, ρ , și de modulul de compresibilitate B ($B = -V \frac{\Delta p}{\Delta V}$), conform relației: $c = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$.

3.a. Considerând că aerul (masă molară $\mu_a = 28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$, exponent adiabatic $\gamma = 1,40$) se comportă ca un gaz perfect, determină expresia vitezei sunetului în aer c , în funcție de temperatura aerului T .

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 dintre cele trei subiecte se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

3.b. Calculează temperatura la care viteza sunetului va avea valoarea care apare la punctul 1. b. ($R = 8,315 \text{ J/mol} \cdot K$).

B. Unda de șoc

Unda de șoc reprezintă o zonă de presiune ridicată care se propagă cu viteză mare în lungul axei Ox (vezi figura 7 a). Când unda ajunge într-un loc presiunea crește brusc, în acel loc, de la p_0 la $2p_0$.

Sarcina de lucru nr.1

În calea undei se află o pană de masă m ale cărei dimensiuni sunt indicate în figura 7 b).

1.a. Calculează viteza imprimată penei imediat după trecerea frontului undei de șoc peste ea. Consideră că pana se poate deplasa numai pe orizontală și că viteza imprimată penei este mult mai mică decât viteza de propagare a undei de șoc; neglijează frecările.

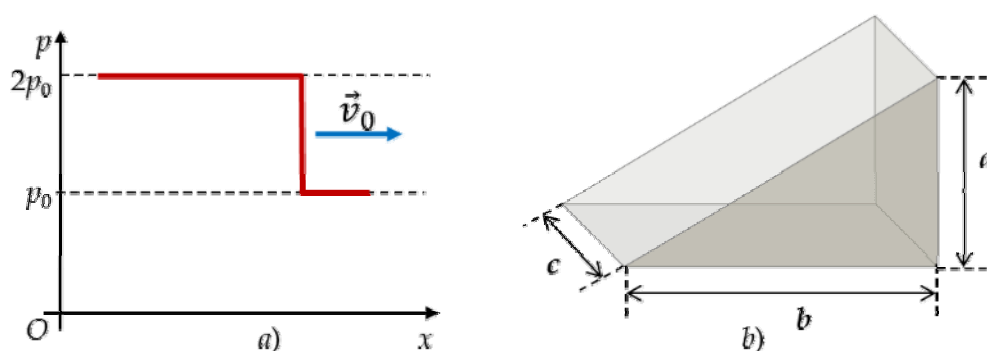


Figura 7

© Subiect propus de:

Dr. Delia DAVIDESCU – Centrul Național pentru Evaluare și Examinare – M E C T S

Dr. Constantin COREGA – Colegiul Național „Emil Racoviță”, Cluj – Napoca

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 dintre cele trei subiecte se punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



FOAIE DE RĂSPUNSURI

Problema I (10 puncte)

A. Datele pentru calculator

Sarcina de lucru nr.1

1.a. Reprezentarea grafică a dependenței de timp a tensiunii utilizate în cursul transmiterii repetate a numărului 217

0,60p

1.b. Valoarea efectivă a tensiunii utilizate pentru transmiterea repetată a numărului 217

1,20p

1.c. Valoarea efectivă a tensiunii utilizate pentru transmiterea repetată a numărului 255

0,40p

B. Simetrie

Sarcina de lucru nr.1

1.a. Expresia rezistenței electrice echivalente R_{P-R} dintre nodurile P și R ale rețelei electrice *POLIEDRU*

1,20p

1.b. Expresia rezistenței electrice rezistenței echivalente R_{S-C} dintre nodurile S și C ale rețelei electrice *SCHIMBAT*

1,40p

1.c. Valoarea rezistenței electrice R_2

0,40p

Sarcina de lucru nr.2

2.a. Valoarea capacității electrice C a condensatorului

2,60p

2.b. Valoarea rezistenței electrice echivalente nodurile P și R ale rețelei *POLIEDRU* cu impedanțe

0,40p

2.c. Valorile pentru puterea activă, reactivă și aparentă din circuitul electric *POLIEDRU* cu impedanțe

0,80p

Oficiu 1,00p



FOAIE DE RĂSPUNSURI

Problema a II- a (10 puncte)

A. Fluierul

Sarcina de lucru nr.1

1.a. Valoarea frecvenței fundamentale, corespunzătoare sunetului emis în situația când se suflă aer în fluier, ținându-se astupate deschizăturile N și P

1,60p

1.b. Valoarea maximă a lungimii de undă a sunetului emis, atunci se suflă aer în fluier, și nu se astupă nici deschizătura N , nici deschizătura P

0,60p

1.c. Valoarea raportului dintre frecvențele sunetelor emise, atunci se suflă aer în fluier, și se ține astupată numai deschizătura P , respectiv numai deschizătura N

0,80p

B. Oscilațiile lustrei

Sarcina de lucru nr.1

1.a. Expresia perioadei T_1 a micilor oscilații ale lustrei

1,00p

Sarcina de lucru nr.2

2.a. Coordonatele vârfului C al cadrului pătrat aflat în poziția inițială

0,40p

2.b. Coordonatele vârfului C'' al cadrului pătrat în situația în care cadrul este rotit

0,60p

2.c. Expresia unghiului α în funcție de unghiul φ

1,00p

2.d. Expresiile coordonatelor pentru vârfului C'' al cadrului pătrat, în situația în care firele de suspensie sunt rotite

0,60p

Sarcina de lucru nr.3

3.a. Expresia modulului momentului forțelor care rotesc cadrul atunci când firele de suspensie sunt rotite cu unghiul α .

1,20p

3.b. Expresia modulului accelerației *de-a lungul traiectoriei* (tangențiale) pentru fiecare dintre corpurile cu masa m atunci când firele de suspensie sunt rotite cu unghiul α

0,40p

3.c. Ecuația de mișcare care descrie rotirea cadrului

0,40p

3.d. Expresia perioadei mișcării oscilatorii a cadrului

0,40p

Oficiu 1,00p



FOAIE DE RĂSPUNSURI

Problema a III- a (10 puncte)

A. Anemometru Sonic

Sarcina de lucru nr.1

1.a. Expresiile care permit calcularea modulelor vitezelor c și v_a

1,00p

1.b. Valorile pentru timpii t_{01} și t_{02}

0,50p

Sarcina de lucru nr.2

2.a. Expresia care permite calcularea componentei longitudinale a vitezei vântului, v_l

2,00p

2.b. Expresia care permite calcularea vitezei sunetului, c

0,50p

2.c. O explicație scurtă privind necesitatea prezenței celor șase traductoare

0,50p

2.d. O explicație scurtă a modului în care ploaia influențează determinarea vitezei aerului cu acest anemometru.

0,50p

Sarcina de lucru nr.3

3.a. Expresia vitezei sunetului în aer c în funcție de temperatura aerului T

1,00p

3.b. Temperatura la care viteza sunetului va avea valoarea care apare la punctul 1. b

0,50p

B. Unda de șoc

Sarcina de lucru nr.1

1.a. Viteza imprimată penei, imediat după trecerea frontului undei de șoc

2,50p

Oficiu 1,00p