Subiectul 1 **(10 puncte)**

A. Doi cântăreți își acordează chitarele identice, unul în sala de concert, unde temperatura este $t_1 = 25°\text{C}$, iar al doilea, într-o cameră învecinată, unde temperatura este $t_2 = 15°\text{C}$. Acordarea se realizează prin tensionarea corespunzătoare a corzii, prin înfășurare pe cheița de acordaj. După acordare, prin ciupirea corzii *La*, fiecare dintre cei doi produce un sunet cu frecvența $\nu_1 = 440\ \text{Hz}$. Porțiunea de fir care vibrează este cuprinsă între doi suporți denumiți *înălțător* și *prăguș*. După ce al doilea chitarist intră și el în sala de concert și chitara lui ajunge la echilibru termic, cei doi ciupesc simultan corzile corespunzătoare notei *La* și constată că apare fenomenul de bătăi. Frecvența bătăilor este $\nu_b = 3\ \text{Hz}$. Neglijând dilatarea corpului chitarei și dilatarea în grosime, calculează coeficientul de dilatare termică a oțelului din care este confecționată coarda corespunzătoare notei *La*.
Se cunosc: densitatea oțelului $\rho = 8,0 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3$, distanța constantă dintre înălțător și prăguș $\ell = 63\ \text{cm}$, modul lui Young pentru oțel $E = 2,0 \cdot 10^{11}\ \text{N/m}^2$ și produsul $\alpha \cdot t \ll 1$.

B. Două fire foarte lungi sunt confecționate din materiale diferite, având densitățile ρ_1 și ρ_2. Firele au aceeași secțiune transversală S și sunt atașate unul de altul, ca în *figura 1*. O undă transversală se propagă în lungul firului 1, către punctul de contact, conform ecuației:

$$y_i(t,x) = A_i \sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda_1}\right)\right].$$

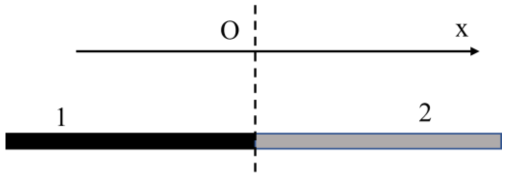

Figura 1

În punctul de contact au loc fenomenele de reflexie și de refracție. Firele sunt nedisipative și nedispersive.

a) Deduceți și scrieți expresia amplitudinii undei reflectate, respectiv amplitudinii undei transmise, în funcție de amplitudinea undei incidente și de densitățile materialelor celor două fire.

b) Calculați valoarea raportului $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ pentru care amplitudinea undei reflectate este egală cu amplitudinea undei transmise, respectiv valoarea raportului $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ pentru care energia transferată undei reflectate, în unitatea de timp, este egală cu energia transferată undei transmise, în unitatea de timp.

c) Pe firul 1 se propagă un puls transversal care ajunge în punctul de contact. În figura 2 se observă aspectul firului după ce a avut loc reflexia și refracția pulsului în punctul de contact. Se consideră cunoscute l și h. Calculați lungimea l_t a pulsului transmis, precum și lungimea și înălțimea pulsului incident.

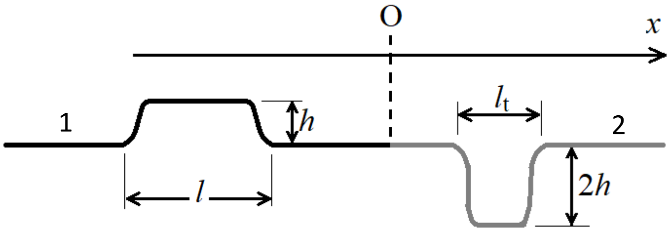

Figura 2

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 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

Subiectul 2 **(10 puncte)**

În *figura 3* este reprezentat un corp cu masa M care se poate deplasa fără frecare pe o suprafață orizontală și este legat la un perete cu un resort cu constanta elastică k și cu un amortizor liniar având constanta de amortizare b ($\vec{F}_r = -b \cdot \vec{v}$, unde $\vec{v}$ este viteza corpului). Corpul cu masa M este antrenat în mișcare, după o direcție perpendiculară pe perete (după axa Ox), de o forță $F = F_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$. Vom studia mișcarea sistemului după atingerea regimului staționar în care viteza depinde de timp conform relației $v = V_0 \sin(\omega t)$.

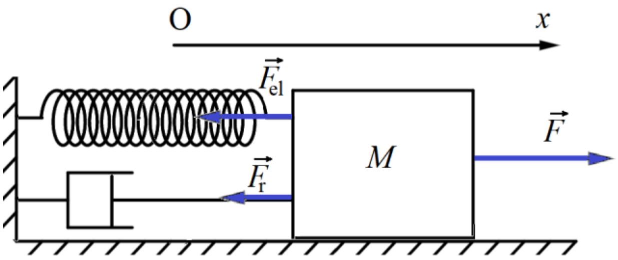

Figura 3

a) Scrie expresiile dependențelor de timp ale coordonatei x, respectiv accelerației a, scrie ecuația de mișcare a corpului și, utilizând ca axă de referință viteza $v = V_0 \sin(\omega t)$, folosește reprezentarea fazorială pentru efectuarea sumei din ecuația de mișcare a corpului.

Se consideră că mărimile caracteristicile sistemului (M, k, b) precum și amplitudinea forței F_0 sunt cunoscute și au valori bine determinate. Pulsația ω este considerată cunoscută, dar poate fi modificată.

b) Impedanța mecanică este definită prin relația $Z_m = \frac{F_0}{V_0}$. Scrie expresia amplitudinii vitezei în funcție de impedanța mecanică. Stabilește condiția în care amplitudinea vitezei este maximă (în funcție de ω) și scrie relația pentru $V_{0\,\max}$ (rezonanța vitezei).

c) Scrie relația amplitudinii mișcării în funcție de impedanța mecanică, stabilește condiția (în funcție de ω) pentru ca amplitudinea mișcării să fie maximă și scrie expresia amplitudinii maxime.

d) Scrie expresia puterii disipate momentane $p_{disipat}$, a puterii disipate medii pe timp de o perioadă $\overline{p}_{disipat}$, găsește valoarea ω_m a pulsației pentru care puterea disipată medie este maximă și scrie expresia puterii disipate maxime.

e) Calculează cantitatea $Q = \frac{\omega_0}{|\omega_2 - \omega_1|}$, unde Q este factorul de calitate al sistemului, ω_0 este pulsația pentru care puterea absorbită medie este maximă, iar ω_1 și ω_2 sunt valorile pulsației pentru care puterea absorbită medie este jumătate din puterea absorbită medie maximă. Calculează tangentele unghiului de defazaj dintre forța F și viteza v corespunzătoare pulsațiilor ω_1, respectiv ω_2.

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 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

Subiectul 3 **(10 puncte)**

A. Două bile mici, cu masele m_1 și m_2, sunt fixate la capetele unei tije rigide, subțiri, de masă neglijabilă, cu lungimea L. Această tijă se află în repaus, în poziție orizontală, pe un butuc cilindric orizontal, masiv, aspru, raza cilindrului fiind R (*figura 4*). În poziția inițială de echilibru, tija este orizontală, iar direcția sa este perpendiculară pe axa cilindrului pe care se sprijină. Înclinată puțin față de orizontală, tija începe să oscileze, rămânând în contact cu suprafața cilindrului. Determină perioada micilor oscilații ale tijei, considerând că bilele rămân mereu în planul desenului.

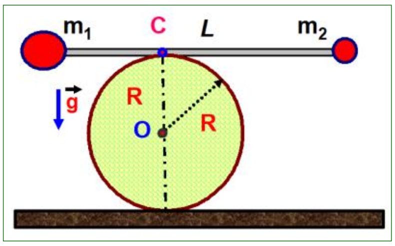

Figura 4

B. Un corp cu masa m_1 lovește frontal, cu viteza v_0, capătul unui resort cu constanta elastică k prins de un alt corp cu masa m_2 aflat inițial în repaus. (*Figura 5*). Corpurile se deplasează fără frecare iar masa resortului se neglijează.

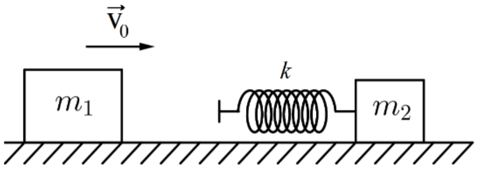

Figura 5

a) Determină comprimarea maximă a resortului.

b) Calculează intervalul de timp în care corpul cu masa m_1 este în contact cu resortul.

c) De capătul liber al resortului este legat un al doilea corp cu masa m_2, așa cum se observă în *Figura 6*. Corpul cu masa m_1 se ciocnește perfect elastic de corpul cu masa m_2. Ciocnirea este unidirecțională. Corpurile suferă o a doua ciocnire după $\Delta t = 3,5\ \text{s}$. Cunoscând $\dfrac{k}{m_2} = \dfrac{\pi^2}{18}\ \text{s}^{-2}$, determină valoarea raportului $n = \dfrac{m_1}{m_2}$.

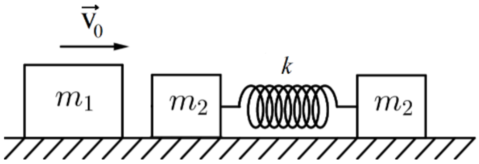

Figura 6

Subiectele au fost propuse de:
***Prof. Dumitru ANTONIE**, Colegiul Tehnic nr.2 – Târgu Jiu*
***Prof. Liviu BLANARIU**, Centrul Național de Politici și Evaluare în Educație – București*
***Prof. Viorel SOLSCHI**, Colegiul Național „Mihai Eminescu“ – Satu Mare*

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 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.