

Subiectul 1: Oscilații mecanice în câmp electric

Un condensator plan, cu plăci paralele așezate vertical și imobile, are distanța dintre plăci d (FIGURA 1.1). Plăcile au înălțimea h și aria secțiunii transversale A . Distanța dintre plăcile condensatorului este mult mai mică decât dimensiunile liniare ale plăcilor. Se neglijează interacțiunea cu aerul, efectele magnetice și efectele de margine ale condensatorului. Accelerația gravitațională este g .

- a) O bilă de dimensiuni neglijabile, cu masa m și sarcina q , este suspendată de un fir inextensibil și fără masă, de lungime L , prins de un suport imobil, și este așezată între plăcile condensatorului. Când condensatorul este descărcat, bila este localizată la distanța $d/2$ de cele două plăci și la înălțimea $h/2$ de partea de jos a plăcilor. Când între plăcile condensatorului se aplică tensiunea electrică constantă U_0 , firul va fi deviat cu unghiul θ_0 față de axa verticală, bila rămânând în echilibru fără a atinge plăcile condensatorului. Se neglijează electrizarea prin influență a plăcilor condensatorului.

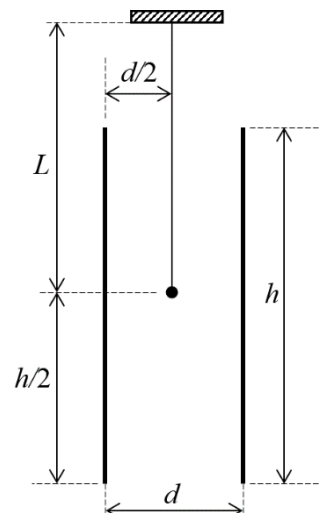


FIGURA 1.1

- a1) Firul este deviat cu unghiul θ față de verticală, unde θ este puțin mai mare decât θ_0 și bila este eliberată din repaus. Arătați că mișcarea pendulului este oscilatorie armonică și determinați perioada micilor oscilațiilor, în funcție de mărimile fizice date.

- a2) Când bila este în repaus, în poziția de echilibru θ_0 , firul se rupe. Determinați valoarea maximă a tensiunii electrice U_0 , astfel încât bila să nu se ciocnească de plăcile condensatorului, înainte să iasă din interiorul acestuia.

- b) Condensatorul este alimentat la o sursă de tensiune alternativă $u(t) = U_0 \sin(\omega t)$. Bila, fără fir, este eliberată la momentul $t_0 = 0$ din punctul aflat la distanța $d/2$ de cele două plăci și la înălțimea $h/2$ de partea de jos a plăcilor. Acest punct reprezintă originea unui sistem de referință cu axa Ox perpendiculară pe plăci și axa Oy orientată vertical în jos. Scrieți legea accelerației, legea vitezei și legea de mișcare a bilei, în funcție de mărimile fizice date. Se neglijează electrizarea prin influență a plăcilor condensatorului.
- c) În condițiile de la punctul b), determinați pulsația minimă ω_{min} și pulsația maximă ω_{max} ale curentului alternativ, în funcție de mărimile fizice date, astfel încât bila să se ciocnească în cădere de plăcile condensatorului. Se consideră valoarea lui U_0 suficient de mare pentru ca $\omega_{min} \ll \sqrt{g/h}$ și $\omega_{max} \gg \sqrt{g/h}$.

- d) Condensatorul este conectat la o baterie cu tensiunea U_0 , apoi este deconectat. Partea inferioară a condensatorului, cu plăcile așezate vertical, este pusă în contact cu un lichid dielectric. Se neglijează efectele de capilaritate. Se cunosc densitatea lichidului ρ și permitivitatea electrică relativă a lichidului ϵ_r . Determinați înălțimea maximă h_0 , la care urcă lichidul între plăcile condensatorului, în funcție de mărimile fizice date. Analizați cazul limită în care $h \gg h_0$.

Notă: Dacă veți considera necesar, puteți folosi faptul că, atunci când x este foarte apropiat de x_0 , valoarea în punctul x a unei funcții derivabile poate fi aproximată pe baza valorii funcției în punctul x_0 conform formulei:

$$f(x) = f(x_0) + \frac{1}{1!}(x - x_0)f'(x_0) + \frac{1}{2!}(x - x_0)^2 f''(x_0) + \frac{1}{3!}(x - x_0)^3 f^{(3)}(x_0) + \dots$$

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: Circuite de curent alternativ

Un elev studiază diferite circuite de curent electric alternativ pe care le alimentează de la o sursă de tensiune electrică alternativă sinusoidală, a cărei valoare efectivă este constantă, $U = 10 \text{ V}$ și a cărei frecvență poate fi modificată într-un domeniu foarte larg.

El utilizează două rezistoare identice, fiecare având rezistența electrică $R = 40\Omega$, o bobină ideală cu inductanța $L = \frac{2}{\pi} \text{ H} \cong 636,6 \text{ mH}$ și un condensator cu capacitatea electrică $C = \frac{5}{\pi} 10^{-5} \text{ F} \cong 15,92 \mu\text{F}$. Aceste elemente de circuit au comportament ideal, iar conductoarele de legătură au rezistență electrică neglijabilă.

Elevul realizează circuitul electric prezentat în figura 2.1, modifică în mod continuu, în limite foarte largi, frecvența tensiunii electrice de la bornele A și B ale circuitului și studiază dependența intensității efective a curentului furnizat de generator de frecvența tensiunii de alimentare.

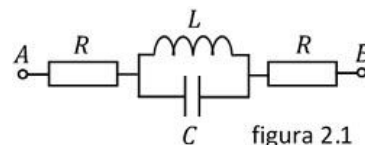


figura 2.1

- a) Calculați valorile extreme ale **intensității efective** I , a curentului electric furnizat de sursă circuitului electric;
- b) Determinați relația de dependență a **intensității efective** I , a curentului electric furnizat de sursă circuitului electric, de frecvența tensiunii de alimentare și reprezentați grafic, calitativ, $I = f(\nu)$;

Elevul realizează circuitul electric prezentat în figura 2.2, folosind bobina L , condensatorul C , rezistoarele R și două diode semiconductoare D_1 și D_2 , apoi reglează frecvența tensiunii de alimentare de la bornele A și B ale circuitului la valoarea constantă $\nu = 50 \text{ Hz}$.

Dioda semiconductoare este un element de circuit care conduce curentul electric doar într-un singur sens, de la borna “+” spre borna “-” (+ → -) (sensul indicat de săgeată). În timpul conducției curentului electric rezistența electrică a diodei este neglijabilă.

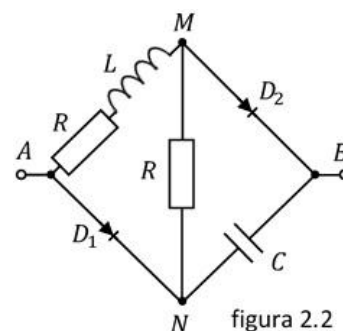


figura 2.2

- c) Determinați dependența de timp $i = f(t)$, a **intensității instantanee** a curentului electric care parcurge rezistorul R conectat între punctele M și N ale circuitului;
- d) Reprezentați grafic dependența de timp $i = f(t)$ a **intensității instantanee** a curentului electric care parcurge rezistorul conectat între punctele M și N ale circuitului și calculați valoarea **intensității efective** I a acestui curent electric.

Elevul realizează circuitul electric prezentat în figura 2.3, folosind bobina L , condensatorul C și două noi rezistoare R , apoi modifică frecvența tensiunii electrice de la bornele A și B ale circuitului în mod continuu, în limite foarte largi.

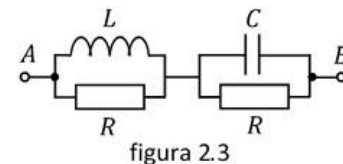


figura 2.3

- e) Determinați noua valoare a rezistenței electrice pe care trebuie să o aibă fiecare dintre cei doi rezistori, astfel încât intensitatea curentului electric furnizat circuitului de sursa de alimentare să nu depindă de valoarea frecvenței tensiunii electrice dintre bornele A și B ale circuitului și calculați valoarea intensității efective a acestui curent.

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: Unde mecanice

A. Unde progresive

Printr-un mediu material se propagă două unde elastice, o undă longitudinală și o undă transversală, în sensul pozitiv al axei O_1X , ca în FIGURA 3.1; undele au aceeași frecvență ν și vitezele de propagare v_l și, respectiv, v_t .

Sursele celor două unde se găsesc în planul O_1YZ și au elongațiile, amplitudinile și fazele inițiale notate cu x, A_l, φ_{0l} pentru unda longitudinală și, respectiv, cu y, A_t, φ_{0t} pentru unda transversală.

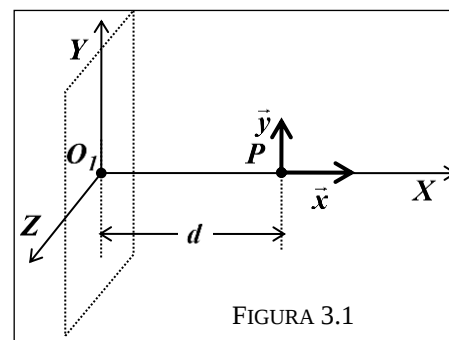


FIGURA 3.1

- Determinați ecuația implicită a traiectoriei punctului P , situat pe axa O_1X la distanța d față de originea O_1 , în raport cu un sistem de coordonate Oxy care are originea în poziția de echilibru a punctului P și axele Ox și Oy paralele cu axele O_1X și O_1Y și să se explice forma curbei geometrice ce corespunde acestei ecuații;
- Determinați valorile distanțelor de propagare $d = O_1O$ pentru care punctul P se îndepărtează la distanță maximă $r_{\max}$ față de poziția sa de echilibru. Reprezentați printr-un desen aceste poziții ale punctului P și calculați valorile lui $r_{\max}$.

Se cunosc vitezele de propagare ale celor două unde $v_l = 50 \text{ m/s}$ și $v_t = 30 \text{ m/s}$, frecvența $\nu = 50 \text{ Hz}$, amplitudinile $A_l = 4 \text{ mm}$ și $A_t = 3 \text{ mm}$ și fazele inițiale $\varphi_{0l} = \pi/6$ și $\varphi_{0t} = \pi/3$.

B. Unde staționare

Mediul material prin care se propagă cele două unde elastice este limitat de un plan rigid, care imobilizează punctele mediului elastic lipite de el, orientat perpendicular pe axa O_1X , situat la distanța D față de planul celor două surse, ca în FIGURA 3.2.

- Determinați distanțele D pentru care cele două unde emise de sursele aflate în planul O_1YZ devin, simultan, unde staționare și precizați condiția pe care trebuie să o îndeplinească aceste distanțe.
- Determinați ecuația implicită a traiectoriei punctului P aflat la mijlocul distanței D pentru valoarea minimă a acestei distanțe determinată la punctul c).

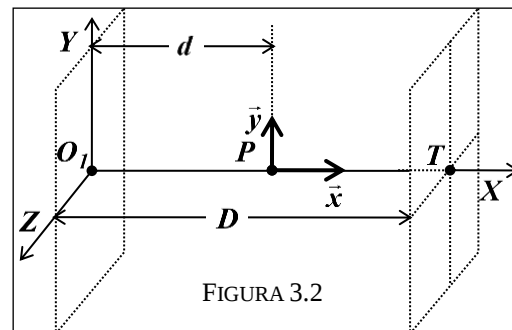


FIGURA 3.2

Se cunosc vitezele de propagare ale celor două unde $v_l = 50 \text{ m/s}$ și $v_t = 30 \text{ m/s}$, frecvența $\nu = 50 \text{ Hz}$, amplitudinile $A_l = 4 \text{ mm}$ și $A_t = 3 \text{ mm}$ și fazele inițiale $\varphi_{0l} = \pi/6$ și $\varphi_{0t} = \pi/3$.

Subiecte propuse de:

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

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

Prof. Florin BUTUȘINĂ, Colegiul Național “Simion Bărnuțiu”, Șimleu Silvaniei

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

- Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 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 notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.