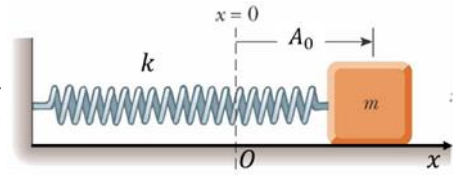


**Subiectul 1.** Amortizare cu frecare la alunecare

Un resort ideal, cu constanta elastică  $k$ , are un capăt fixat de un perete vertical, iar la celălalt capăt este prins un corp, cu masa  $m$ , care se deplasează pe o suprafață orizontală, în lungul axei  $Ox$ , ca în figură.

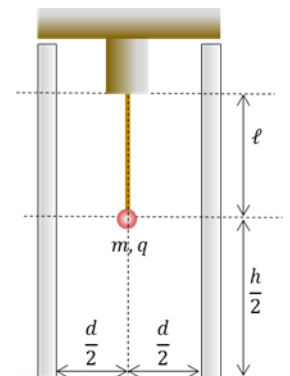


- a) **Neglijăm frecările.** Corpul este deplasat pe o distanță  $A_0$  față de poziția de echilibru și apoi este eliberat. Acesta va efectua oscilații armonice de-a lungul axei  $Ox$ .
- Scrie ecuația mișcării (principiul fundamental al dinamicii), legea de mișcare, legea vitezei și expresia perioadei de oscilație pentru corpul de masă  $m$ .
  - Reprezintă, pe același grafic, în funcție de elongația  $x$ , energia potențială  $E_p(x)$ , energia cinetică  $E_c(x)$  și energia totală  $E(x)$ .
  - Reprezintă grafic viteza mobilului,  $v$ , în funcție de elongația  $x$ . Consideră  $v$  în unități  $\omega A_0$ , iar  $x$  în unități  $A_0$ .
- b) **Ia acum în considerare și frecarea la alunecare.** Coeficientul de frecare la alunecare este egal cu coeficientul de frecare statică și are valoarea  $\mu$ .
- Care este alungirea maximă,  $A_s$ , a resortului pentru care corpul rămâne în repaus?
  - Corpul este deplasat în sensul pozitiv al axei  $Ox$  pe o distanță  $A_0$ , suficient de mare pentru a efectua mai multe treceri prin originea sistemului de axe, și apoi este eliberat. Scrie ecuația de mișcare, legea de mișcare și legea vitezei până la prima oprire a acestuia.
  - Determină coordonata,  $A_1$ , la care corpul se va opri prima dată (primul punct de întoarcere).
  - Care este durata mișcării de la  $A_0$  la  $A_1$ ?
  - Determină coordonata,  $A_2$ , la care corpul se va opri a doua oară (al doilea punct de întoarcere).
  - Scrie legea de mișcare pentru deplasarea corpului de la  $A_1$  până la  $A_2$  și expresia duratei acesteia.
  - Dacă  $A_0 = nA_s$ , prin câte puncte de întoarcere va trece corpul până la oprirea sa definitivă?
- c) În condițiile de la punctul **b)** (cazul mișcării cu frecare) consideră acum că  $A_0 = 10A_s$ . Pentru mișcarea de la  $A_0$  până la ultimul punct de întoarcere:
- reprezintă grafic elongația în funcție de timp,  $x(t)$ ;
  - reprezintă, pe același grafic, energia potențială  $E_p(x)$ , energia cinetică  $E_c(x)$  și energia totală  $E(x)$ ;
  - reprezintă grafic  $v(x)$ .

**Subiectul 2.** Bila jucăușă!

Considerăm două plăci plan paralele, verticale, așezate la distanța  $d$  una de alta (un condensator plan). Plăcile sunt fixate rigid. Fiecare placă are înălțimea  $h$  și aria  $A \gg d^2$ . Se neglijează forțele de rezistență, forțele magnetice precum și efectele de margini.

- a) O mică bilă metalică, cu masa  $m$  și sarcina electrică  $q$  este suspendată printr-un fir de lungime  $\ell$  care este legat de un suport rigid. Când condensatorul nu este încărcat, bila metalică se află în centrul acestuia (vezi desenul). Dacă se aplică între plăci o tensiune constantă  $U_0$ , firul face un unghi  $\theta_0$  cu verticala atunci când bila se află în echilibru. Se consideră cunoscute  $h, d, \ell, m, q$ .
- Determină  $\theta_0$  în funcție de mărimile considerate cunoscute și  $g$ .
- b) Bila este apoi ridicată până când firul întins formează cu verticala unghiul  $\theta$  un pic mai mare decât  $\theta_0$ . Bila metalică este eliberată din repaus.
- Arată că mișcarea rezultantă este oscilatorie armonică și exprimă perioada  $T$  de oscilație în funcție de mărimile date în problemă și constante fundamentale.



- 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 în orice ordine cerințele a, b, respectiv c.
- 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.

- iii) Exprimă perioada  $T$  în funcție de perioada de oscilație  $T_0$  în absența câmpului electric și unghiul  $\theta_0$ .
- c) Când bila se află în repaus în poziția de echilibru firul este tăiat.
- iv) Care este valoarea maximă a tensiunii  $U_0$  pentru care bila nu atinge plăcile înainte de ieșirea din condensator? Exprimă rezultatul numai în funcție de mărimile date și constante universale
- d) Presupune acum că bila este lăsată liber, din repaus, dintr-un punct situat în centrul condensatorului, la momentul  $t = 0$ . Se aplică, între plăci, o tensiune alternativă  $u(t) = U_0 \sin \omega t$ .
- v) Determină legea vitezei și legea de mișcare a bilei pe axa  $Ox$  perpendiculară pe plăcile condensatorului.
- vi) Pentru ce valori ale pulsației  $\omega$  bila nu va atinge niciuna dintre plăci înainte de a ieși (sub influența greutateii) afară din regiunea dintre plăci? Consideră doar două scenarii:  $g \gg h\omega^2$  sau  $g \ll h\omega^2$ . Exprimă rezultatul în funcție de mărimile considerate cunoscute și constante universale.
- vii) Stabilește relația dintre cele două pulsații aflate la punctul anterior.

Dacă este necesar poți folosi  $\sin x \approx x - \frac{1}{6}x^3$ , pentru  $x \ll 1$ . Ecuația diferențială  $\frac{dx}{dt} = a_m \sin \omega t$  admite o soluție de forma  $x(t) = x_0 - \frac{a_m}{\omega} \cos \omega t$ . Forța care acționează asupra unei sarcini electrice  $q$ , aflată în câmpul electrostatic cu intensitatea  $E$ , este data de  $F = q \cdot E$ . Intensitatea câmpului electric dintre armăturile unui condensator plan, aflate la distanța  $d$  una de alta și între care diferența de potențial este  $U$ , este  $E = U/d$ .

### Subiectul 3.

O metodă de determinare a exponentului adiabatic,  $\gamma = C_p/C_V$  a fost propusă de fizicianul german Eduard Rüchhardt. Dispozitivul experimental constă dintr-un vas de sticlă închis cu un dop din cauciuc prin care trece un tub vertical subțire. În tubul vertical se introduce o bilă din oțel cu diametrul egal cu diametrul interior al tubului, care se poate mișca foarte ușor. În poziția de echilibru bila închide un volum de gaz  $V$  la presiunea  $p$ . Bila se apasă puțin și apoi se eliberează. Se neglijează frecările.

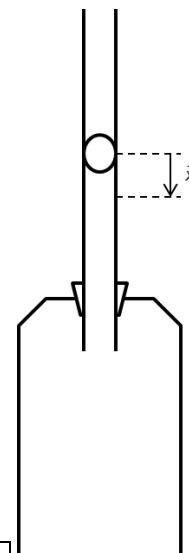
- a) Demonstrează că, pentru deplasări foarte mici, bila va efectua o mișcare oscilatorie armonică. Se cunosc  $V$ ,  $p$ , masa bilei  $m$  și aria secțiunii transversale măsurate în interiorul tubului vertical  $S$ . Dacă este necesar poți folosi aproximația  $(1+x)^n \approx 1+nx$ , dacă  $x \ll 1$ .
- b) Exprimă perioada de oscilație în funcție de mărimile cunoscute și exponentul adiabatic al gazului din interior.

Într-un experiment s-a utilizat o bilă cu masa  $m = 16,5$  g, un tub cu diametrul  $d = 16$  mm, un vas care la echilibru închide un volum  $V = 11,5$  L de gaz la presiunea  $p = 102$  kPa. S-au obținut următoarele valori pentru intervalul de timp în care bila efectuează 10 oscilații:

Nr. det.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta t(s)$	11,5	11,7	11,7	11,1	12,0	11,9	11,6	11,0	11,5	11,2

Nr. det.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\Delta t(s)$	11,5	11,8	11,4	11,5	11,5	11,5	11,6	11,7	11,3	11,5

- c) Calculează perioada medie de oscilație a bilei.
- d) Utilizând valorile cunoscute determină exponentul adiabatic al gazului din vas.
- e) Enumeră principalele surse de erori.



Subiect propus de:

Prof. Viorel Solschi, CN „Mihai Eminescu”, Satu-Mare  
Prof. dr. Constantin Corega, CN „Emil Racoviță”, Cluj-Napoca,  
Prof. Ion Toma, CN „Mihai Viteazu”, 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 în orice ordine cerințele a, b, respectiv c.
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.