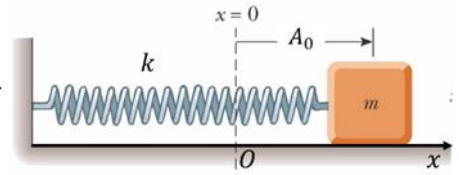


Subiectul 1. Amortizare cu frecare la alunecare

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.

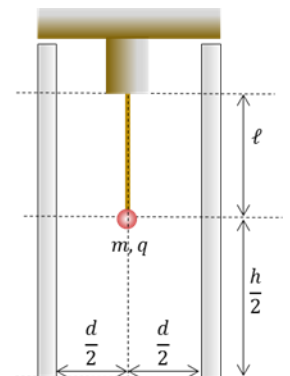


- a) **Neglijăm frecările.** Corpul este deplasat pe o distanță A_0 față de poziția de echilibru și apoi este eliberat. Acesta va efectua oscilații armonice de-a lungul axei Ox .
- Scrie ecuația mișcării (principiul fundamental al dinamicii), legea de mișcare, legea vitezei și expresia perioadei de oscilație 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 ωA_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 μ .
- 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 ℓ 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 θ_0 cu verticala atunci când bila se află în echilibru. Se consideră cunoscute h, d, ℓ, m, q .
- Determină θ_0 în funcție de mărimile considerate cunoscute și g .
- b) Bila este apoi ridicată până când firul întins formează cu verticala unghiul θ un pic mai mare decât θ_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 θ_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 ω bila nu va atinge niciuna dintre plăci înainte de a ieși (sub influența gravitației) 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.

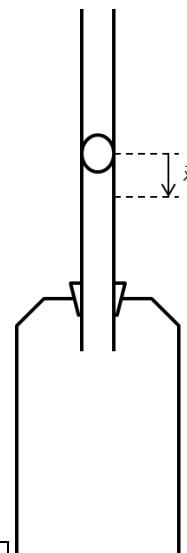
- a) Demonstrează că, pentru deplasări foarte mici, bila va efectua o mișcare oscilatorie armonică. Se cunosc V , p , masa bilei m și aria secțiunii transversale măsurate în interiorul tubului vertical S . Dacă este necesar poți folosi aproximația $(1+x)^n \approx 1+nx$, dacă $x \ll 1$.
- b) Exprimă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