



Olimpiada Națională de Fizică

Timișoara 2016

Proba teoretică

XI

SUBIECTUL I Oscilații mecanice nu tocmai obișnuite

1. O particulă de masă m , care se poate mișca numai pe direcția Ox , se află într-un câmp unidimensional al cărui potențial este descris de dependența:

$$U(x) = \frac{a}{x^2} - \frac{b}{x}$$

unde a și b sunt constante pozitive. Arată că perioada micilor oscilații ale particulei, atunci când aceasta este scoasă din poziția de echilibru, poate fi scrisă sub forma:

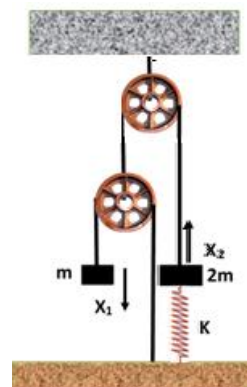
$$T = 4\pi \sqrt{\frac{2a^3}{b^4} m}.$$

În rezolvarea problemei vei ține seama că forța care acționează asupra particulei este $-dU/dx$; dacă îți este necesar ai în vedere că pentru valori mici ale lui x este validă relația $(1+x)^n \approx 1+nx$.

(4,5 puncte)

2. Consideră sistemul din figura alăturată. Scripetii sunt ideali, resortul nu are masă iar corpurile cu masele m_1 și m_2 au dimensiuni geometrice neglijabile. Sistemul se află la momentul inițial în echilibru. În starea de echilibru, centrele corpurilor m_1 și m_2 se află la același nivel față de suprafața pământului. Sistemul fiind blocat, pe corpul din stânga se lipește un alt corp având masa $m' \ll m$ după care sistemul este lăsat liber și începe să efectueze mici oscilații. Notează coordonatele corpurilor la un moment dat față de poziția de echilibru cu x_1 și x_2 . Se cunosc m' , k , l_0 și $m_2 = 2m_1 = 2m$.

- Scris expresia energiei totale a sistemului față de poziția de echilibru, la un moment dat.
- Determină perioada micilor oscilații ale sistemului.



(4,5puncte)

- 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.
- 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.



SUBIECTUL II Rățușcă cu bile

1. Bile

În rezolvarea acestui subiect neglijează dimensiunile bilelor și timpii de ciocnire. Ciocnirile sunt perfect elastice.

a) Modelarea propagării unei unde mecanice longitudinale într-un mediu omogen

Se consideră un șir rectiliniu alcătuit din n bile de masă m fiecare, așezate echidistant, la distanța d una de alta. Primei bile din șir i se imprimă o viteză \vec{v}_0 orientată în lungul șirului. Calculează intervalul de timp, Δt_0 , în care perturbația atinge ultima bilă din șir.

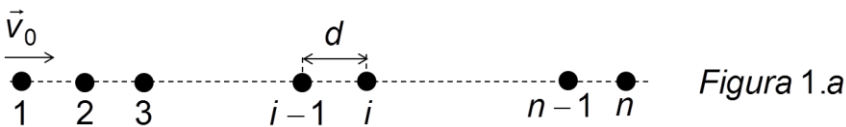


Figura 1.a

(0,5puncte)

b) Modelarea fenomenelor de reflexie și refracție

Un al doilea șir este alcătuit din i bile de masă m (modelând un prim mediu) și $n-i$ bile de masă M (modelând mediul al doilea). Bilele sunt așezate echidistant, la distanța d una de alta. Prima bilă (cu masa m) este lansată cu viteza \vec{v}_0 în lungul șirului.

- Calculează intervalul de timp, Δt , în care perturbația parcurge șirul de bile.
- Calculează coeficientul de transmisie $T = \frac{\text{Energia transmisă în mediul al doilea}}{\text{Energia perturbației incidente}}$ și coeficientul

de reflexie $R = \frac{\text{Energia perturbației reflectate}}{\text{Energia perturbației incidente}}$.

(1,5puncte)

c) Modelarea fenomenelor de reflexie și de refracție în cazul prezenței unui mediu intermediar

Un al treilea șir este alcătuit din i bile de masă m (primul mediu), o bilă cu masa intermediară M' (mediul intermediar) și $n-i$ bile cu masa M (mediul al doilea).

- Calculează masa bilei intermediare pentru care energia transmisă în mediul al doilea este maximă. Ia în calcul numai perturbațiile principale datorate ciocnirii ultimei bile cu masa m cu bila cu masa M' și ciocnirea acesteia cu prima bilă cu masa M . Energia rămasă bilei intermediare o considerăm energie absorbită de mediul intermediar.
- Calculează, pentru acest caz, coeficientul de transmisie maxim T_{\max} , coeficientul de absorbție $A = \frac{\text{Energia absorbită de mediul intermediar}}{\text{Energia pulsului incident}}$ și coeficientul de reflexie R .
- Calculează suma $A + R + T$. Ce semnificație are acest rezultat?
- Pentru cazul $M = 9m$ calculează câștigul în transferul de energie între bilele de masă m și bilele de masă M , în cazul utilizării unui mediu intermediar adecvat (T_{\max}), față de cazul în care acest mediu lipsește (T calculat la subpunctul b)

(3 puncte)

- 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.
- 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.



2. Rățușca

O rățușcă se deplasează rectiliniu și uniform într-un bazin cu apă cu adâncime mica (lungimea de undă a unei generate de rățușcă este mult mai mare decât adâncimea bazinului).

a) Viteza de propagare a undelor gravitaționale generate în acest caz este funcție de accelerația gravitațională, g , și de adâncimea apei, h . Determină expresia vitezei de propagare a acestora unde utilizând analiza dimensională. Coeficientul numeric în dependența determinată este egal cu unitatea.

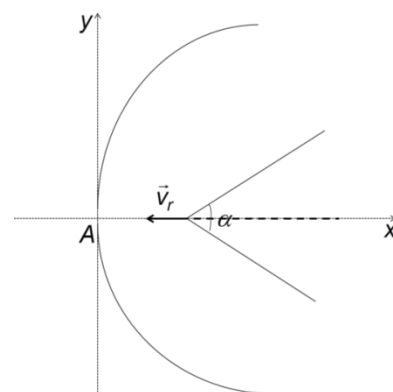
(1 punct)

b) În timpul deplasării cu viteza \vec{v}_r , în urma rățuștei rămâne un siaj cu deschiderea la vârf α ca în figură. Calculează adâncimea bazinului.

(1 punct)

c) Suprafața bazinului este circulară, cu raza R . Rățușca se îndreaptă spre o deschidere, A , din peretele bazinului, în lungul diametrului care trece prin deschidere. Considerând R suficient de mare, pentru a admite că este valabilă aproximația paraxială, determină, în sistemul Axy , coordonatele punctelor în care perturbația produsă de undele reflectate este maximă.

(2 puncte)



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.
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.



SUBIECTUL III Pendule conice electrice

1. Un corp mic de masă m și sarcină q este legat la un capăt al unui fir de lungime ℓ și masă neglijabilă; celălalt capăt al firului este fixat. Ansamblul este situat într-un câmp electric uniform de intensitate E având direcție verticală. Corpul mic este pus în mișcare astfel încât descrie un cerc în plan orizontal – în timp ce firul întins mătură o pânză de con.

Să se determine perioada τ a pendulului conic astfel construit în funcție de: distanța x dintre planul de rotație al corpului și punctul de fixare, mărimile m, q, E și accelerația gravitațională g .

(3 puncte)

2. Proprietățile dielectrice ale substanței sunt legate de prezența dipolilor electrici permanenți sau induși - aceștia fiind perechi de sarcini $+q$, $-q$ separate printr-o distanță x . Pentru fiecare dipol se definește momentul dipolar ca fiind un vector orientat de la sarcina $-q$ la sarcina $+q$ și având modul $p = q \cdot x$. Momentul dipolar al unității de volum se numește polarizare \vec{P} . La aplicarea unui câmp electric de intensitate E asupra unui material în care apare polarizarea P , între mărimile care îl caracterizează se stabilește relația: $\epsilon E = \epsilon_0 E + P$, ϵ și ϵ_0 fiind respectiv constantele dielectrice ale materialului și vidului. Viteza luminii depinde de caracteristicile mediului transparent (permeabilitatea sa magnetică μ și permitivitatea sa dielectrică ϵ) conform relației $c = 1/\sqrt{\epsilon \cdot \mu}$.

Vei considera că în atomul de hidrogen electronul descrie o traiectorie circulară de rază a_B în jurul nucleului și că raza acestei traiectorii nu se modifică la aplicarea câmpului electric E . Vei considera de asemenea că, sub acțiunea câmpului electric separarea x a centrelor sarcinilor pozitive și negative este foarte mică, astfel încât $(x/a_B)^2 \cong 0$. Vei considera sarcina negativă ca fiind uniform distribuită de-a lungul traiectoriei circulare descrise de electron; centrul sarcinii negative fiind centrul traiectoriei circulare a electronului.

2.1. Determină expresia mărimii c_H - viteza luminii în hidrogenul atomic aflat în condiții normale de presiune (p_0) și temperatură (T_0).

(5,5 puncte)

2.2. Determină valoarea numerică a vitezei luminii în hidrogenul atomic aflat în condiții normale de presiune și temperatură.

(0,5 puncte)

Pentru hidrogenul atomic, permeabilitatea magnetică relativă este $\mu_r = 1$. Consideră cunoscute: $T_0 = 273K$, $p_0 = 10^5 N \cdot m^{-2}$, $k_B = 1,38062 \times 10^{-23} J \cdot K^{-1}$, $a_B = 0,52917 \times 10^{-10} m$, viteza luminii în vid $c_0 = 2,99792 \times 10^8 m \cdot s^{-1}$

© Subiecte propuse de:

Profesor Ion TOMA - Colegiul Național „Mihai Viteazul”, București
Profesor Viorel SOLSCHI- Colegiul Național „Mihai Eminescu”, Satu Mare
Conf. 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 în orice ordine cerințele.
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.