Studiul experimental al pendulului gravitational

Tema lucrarii

1. Determinarea perioadei pendulului gravitational.
2. Determinarea accelerajiei gravitajionale a locului in care se desfasoara experienta folosind expresia perioadei pendulului gravitational.

Teoria lucrarii

Mişcarea oscilatorie.

1. Oscilații libere.

Oscilație sau *mişcare oscilatorie* se numeşte orice mişcare sau schimbare de stare, în care valorile mărimilor fizice ce le caracterizează se repetă în timp. În dependență de natura mărimilor fizice ce se repetă deosebim oscilații mecanice, electromagnetice, electromecanice, etc.

În cazul oscilațiilor mecanice se repetă, coordonata, viteza, accelerația şi alte mărimi fizice ce determină starea mecanică a corpului. Oscilații mecanice pot efectua atât corpuri macroscopice: (clădiri, turnuri, poduri, membranele telefoanelor), cât şi sisteme microscopice (moleculele substanței, atomii).

În cazul oscilațiilor electromagnetice se repetă valorile mărimilor fizice ce caracterizează circuitele electrice de curent alternativ: intensitatea, tensiunea, sarcina electrică acumulată pe plăcile unui condensator.

Important este faptul că legile ce descriu oscilațiile mecanice sânt analoge legilor ce descriu oscilațiile electromagnetice. Adică aparatul matematic aplicat este unic pentru toate oscilațiile, independent de natura lor.

Definim oscilator un sistem fizic care efectuează o mişcare oscilatorie. Oscilatorul scos din starea de echilibru şi lăsat liber se numeşte oscilator liber. Oscilațiile efectuate de un oscilator liber se numesc oscilații libere sau proprii.

2. Oscilatorul mecanic. Mărimi caracteristice.

În fig. 11.1, este arătat un resort şi un corp (punct material) fixat de el.

În starea inițială (Fig.11.1a) sistemul corp - resort se află în poziția de echilibru (resortul este nedeformat, forța de frecare se neglijează, iar forța de greutate este echilibrată de forța de reacțiune a reazemului).

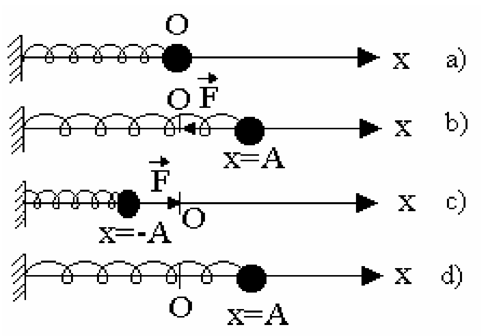


Fig.11.1

Deplasăm corpul din poziția inițială (pentru poziția de echilibru x=0) la careva distanță, x=A. În acest caz are loc un proces de transfer de energie din exterior către oscilator. Procesul de transfer de energie către oscilator, pentru al depune în stare de oscilație se numeşte proces de excitare. Eliberăm sistemul şi observăm că corpul efectuează o mişcare periodică, trecând consecutiv prin pozițiile x=0, x=-A, x=0, x=A, etc., (vezi fig. 11.1,b,c,d). Mişcarea oscilatorie se menține în sistem sub acțiunea forței de elasticitate, care în orice punct al traiectoriei (cu excepția x=0) este orientată spre poziția de echilibru, în sens opus deplasării. Deviația corpului de la poziția de echilibru se numeşte elongație. Valoarea maximală a modulului elongației se numeşte amplitudinea oscilației *A*. Intervalul de timp în care corpul efectuează o oscilație completă se numeşte perioada oscilației. Perioada se notează prin T şi se măsoară în secunde (SI). Mărimea inversă perioadei este egală cu numărul de oscilații efectuate într-o secundă şi se numeşte frecvența oscilațiilor. Frecvența oscilațiilor se notează cu litera greacă ν. Ca unitate de frecvență în SI se ia 1 Hertz (1Hz): $1Hz=1s^{-1}$

Conform definiției între T şi ν avem relația:

$$\nu = \frac{1}{T} \text{ şi } T = \frac{1}{\nu}. \qquad (11.1)$$

Definim pulsația oscilațiilor

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T} \qquad (11.2)$$

– numărul de oscilații efectuate în 2π secunde.

3. Legea de variație în timp a coordonatei şi vitezei pendulului cu resort. Perioada oscilațiilor.

Vom considera mişcarea de rotație a unui punct material M pe o circumferință de rază A, punctul având o viteză liniară constantă ca modul V. . Vom examina mişcarea proiecției punctului M pe OX –

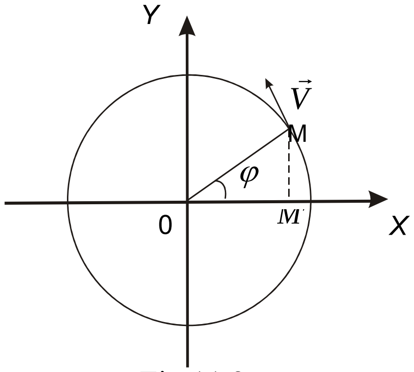


Fig.11.2

mişcarea punctului M' (fig.11.2.)

Din desen observăm că $x = A \cdot \cos\varphi$ Din definiția vitezei unghiulare $\omega = \frac{\varphi}{t}$ avem $\varphi = \omega t$ şi $x = OM^1 = A\cos\omega t$ Considerând relația $\omega = \frac{2\pi}{T}$ sau $\omega = 2\pi\nu$, obținem legea de variație în timp a coordonatei punctului M

$$x = A\cos\frac{2\pi}{T}t = A\cos 2\pi\nu t\,. \qquad (11.3)$$

Mişcările unui pendulul elastic care efectuează oscilații sunt analogice mişcării punctului M´. Oscilațiile care se descriu prin formula (11.3) se numesc oscilații armonice. Legea de variație în timp a vitezei pendulului elastic o determinăm din definiția vitezei: $V = \frac{dx}{dt}$, de unde urmează

$$V = (A\cos\frac{2\pi}{T}\cdot t)' = -\frac{2\pi A}{T}\sin\frac{2\pi}{T}\cdot t\,. \qquad (11.4)$$

şi $$V_{\max} = \frac{2\pi A}{T}\,. \qquad (11.5)$$

Perioada oscilațiilor pendulului elastic.

În sistemul oscilatoriu analizat în lipsa forței de frecare, energia mecanică a sistemului trebuie să fie o mărime constantă, sau energia potențială maximă (în $x = |A|$) trebuie să fie egală cu energia cinetică maximă (în $x = 0$):

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{kA^2}{2}\text{, adică } \frac{V^2}{A^2} = \frac{k}{m}\,. \qquad (11.6)$$

Considerând relația pentru V_{max} (11.5) şi relația (11.6) avem

$$\frac{4\pi^2 A^2}{T^2 A^2} = \frac{k}{m}, \quad \text{sau} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}\,. \qquad (11.7)$$

Perioada pendulului cu resort depinde de masa corpului şi de coeficientul de elasticitate al resortului k.

4. Pendulul gravitațional. Perioada oscilațiilor proprii pentru pendulul gravitațional.

Pendulul gravitațional reprezintă un sistem idealizat care constă dintr-un fir subțire, practic inextensibil, de care este suspendat un punct material de masă m (fig. 11.3).

Fiind deplasat lateral şi lăsat apoi liber, pendulul efectuează oscilații sub acțiunea forței $\vec{F}$ (componentă a forței de greutate). Din desen vedem:

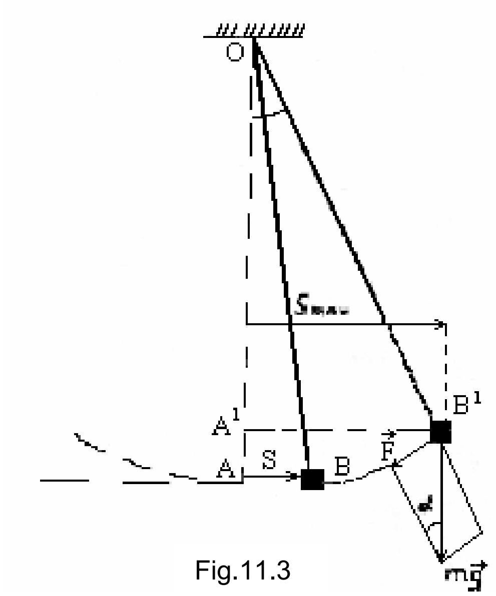


Fig.11.3

$F = mg\sin\alpha$. (11.8)

Pentru unghiuri mici ($\alpha < 5^0$) $AB \approx S$, $\sin\alpha \approx \alpha$ şi din ΔOBA, obținem $\alpha = \frac{S}{l}$. Înlocuind în (11.8), obținem

$$F = mg\alpha = \frac{mg}{l}S . \quad (11.9)$$

Din (11.9) vedem că pentru unghiuri de abatere mici forța *F* depinde liniar de abaterea de la poziția de echilibru, adică are un caracter cvasielastic. Comparând (11.9) cu expresia $\vec{F} = -k\vec{S}$, putem scrie $k = \frac{mg}{l}$ sau $\frac{k}{m} = \frac{g}{l}$.

Din (11.6) şi (11.5) avem

$\frac{k}{m} = \frac{{V_{max}}^2}{A^2} = \frac{4\pi^2 A^2}{T^2 A^2} = \frac{g}{l}$, de unde urmează expresia pentru perioada pendulului gravitațional:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} . \quad (11.10)$$

Se determină perioada de oscilație a pendulului gravitațional după formula $T = t/n$ (n – numărul de oscilații; t – timpul înregistrat de blocul electronic).

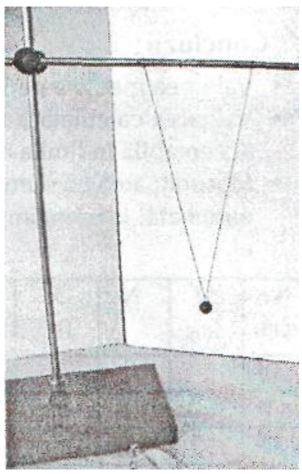
Se determină accelerația căderii libere după formula:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} . \quad (11.11)$$

Pendulul gravitational ofera una dintre cele mai precise sj mai usor de utilizat metode de determinare a acceleratiei gravitajionale.

Materiale necesare

- pendul bifilar;
- stativ cu suport;
- cronometru.



Modul de lucru

Deviati pendulul din pozitia verticala de echilibru astfel incat sa nu aiba amplitudine unghiulara mai mare de 10-15°.

Din punct de vedere strict matematic ar trebui sa ne limitam la 5° pentru a fi valabila aproximajia unghiurilor mici, dar extinderea propusa pana la 15° nu afecteaza considerabil rezultatul obtinut si usureaza numararea oscilatiilor complete ale pendulului.

Cronometrati de fiecare data un numar de 10-20 oscilatii complete. Introduceti datele intr-un tabel de forma indicata in continuare, calculati valoarea medie a perioadei pendulului, eroarea absoluta si eroarea relativa inregistrata.

Calculati apoi valoarea acceleratiei gravitationale a locului unde a oscilat pendulul. Efectuati calculul erorilor.

Nr. **crt.**	Δt (s)	N	T (s)	T_{med} (s)	ΔT (s)	ε_T	g (m/s^2)	g_{med} (m/s^2)	Δg	ε_g
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

Concluzii

- Valoarea medie a perioadei pendulului gravitational este de ………………...
- Valoarea calculata a accelerajiei gravitationale este ……… m/s^2. Se incadreaza aceasta valoare in limita acceptabila a erorilor experimentale ?

In calculul unor valori medii se pot elimina valorile extreme, daca acestea sunt exagerate in comparatie cu celelalte.

Nota:

Aceasta lucrare de laborator este tratata in auxiliarul scolar „Lectii experimentale in laboratorul de fizica”, Autori: Mihaela Garabet, Ion Neacsu, Editura Niculescu, Bucuresti 2004.