

Temă la lecția introductivă din 4 martie 2021

Pendulul gravitațional de amplitudine unghiulară mică.

Măsurarea experimentală a perioadei oscilațiilor izocrone.

Determinarea accelerației gravitaționale

Descrierea sistemului fizic

Se consideră un corp legat de un suport prin intermediul unui fir inextensibil (care nu poate fi întins), ca în figură:

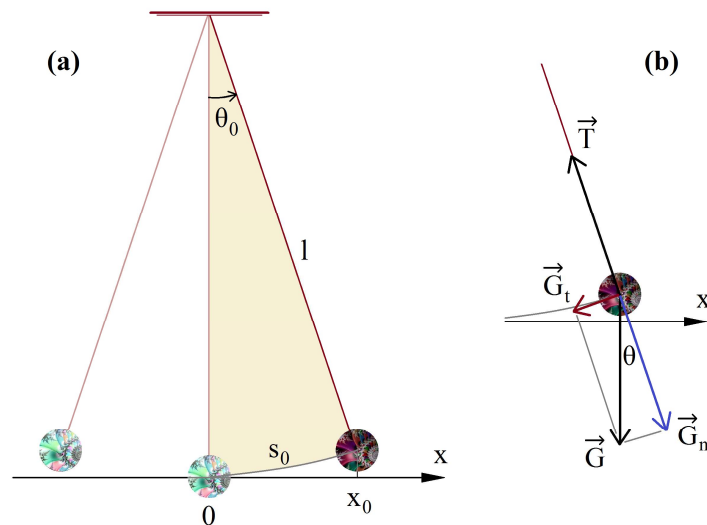


Fig. (a) Pendul gravitațional; (b) Forțele care acționează asupra corpului.

Un astfel de sistem mecanic oscilant se numește "pendul gravitațional" și este unul dintre cele mai simple exemple tratate în cărțile de mecanică. În problema de față, corpul se presupune a fi de dimensiuni mici relativ la lungimea firului. Pendulul se mai numește în această situație și *pendul matematic*. Dacă această aproximație nu se poate face, sistemul este denumit de obicei *pendul fizic*. De exemplu, un copil care "se dă în leagăn" este un pendul fizic, întrucât dimensiunile sale sunt comparabile cu cele ale leagănului. Studiul pendulului fizic trebuie să țină cont de distribuția masei corpului în raport cu punctul de suspensie al pendulului (cu ajutorul unei mărimi mecanice numită "moment de inerție"). Acest lucru nu este însă necesar în problema corpului "mic" legat de un fir "ușor", adică de masă neglijabilă.

Obs. Uneori, unui pendul de tipul celui din figură i se mai spune și *pendul plan*, deoarece oscilația are loc într-un plan vertical. Există și alte tipuri particulare de mișcări posibile ale pendulului gravitațional, cum ar fi cea realizată într-un plan orizontal, după o traiectorie circulară. În acest ultim caz, firul descrie în timp o suprafață conică iar sistemul mecanic se numește *pendul conic*.

De asemenea, s-a făcut ipoteza firului *inextensibil*, o idealizare echivalentă cu o constantă elastică infinită a firului (alungirea este nulă, indiferent de forță). Această ipoteză este necesară pentru a neglija energia elastică acumulată prin întinderea și contracția periodică a firului în timpul oscilației. În realitate, firul se întinde foarte puțin chiar dacă este confecționat din oțel!

Un aspect foarte important pentru *rezolvarea analitică* a problemei (se va vedea la curs) este faptul că pendulul este deviat cu un unghi "mic" față de verticală (poziția de echilibru a firului). Această situație se cunoaște sub numele de "oscilații mici" sau izocrone. Dar de unde știm ce înseamnă în acest context "mic" sau "mare"? Evident, răspunsul va depinde și de precizia cu care ne așteptăm să descriem fenomenul real. Tabelul de mai jos dă câteva valori ale perioadei proprii reale (măsurate) pentru diferite amplitudini unghiulare, relativ la perioada proprie în aproximarea oscilațiilor izocrone. Se observă că amplitudinea poate depăși 20°, înainte ca valoarea reală a amplitudinii să difere printr-un singur procent de rezultatul obținut în aproximația oscilațiilor mici! Se mai vede că perioada reală de oscilație este puțin mai mare decât cea calculată cu formula micilor oscilații, adică $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

Amplitudinea, în grade	Perioada $\div 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
0	1,0000
5	1,0005
10	1,0019
15	1,0043
20	1,0077

30	1,0174
45	1,0396
60	1,0719

Tab. Abaterea relativă a perioadei proprii măsurate a pendulului gravitațional de la formula aproximativă obținută în ipoteza oscilațiilor mici, ca funcție de amplitudinea unghiulară de oscilație.

Efectuați propriul experiment!

Pentru aceasta, legați un corp mic și dens (de exemplu o piuliță metalică) de un fir de lungime cunoscută (fiecare student va lucra cu o anumită lungime a firului, vezi finalul acestui material). Atârnați firul de un suport sau susțineți firul între degete. Deviați ușor firul la un unghi mic cu verticala, de la care lăsați pendulul să oscileze fără viteză inițială. Măsurați cu un cronometru electronic (cel de pe telefonul mobil este foarte bun) durata a cel puțin 10 oscilații (pentru o precizie mai mare) și împărțiți rezultatul măsurătorii la numărul de oscilații, pentru a determina perioada unei singure oscilații (conform discuției din meeting). Repetați procedura de cel puțin 10 ori, apoi calculați perioada medie și deviația (eroarea) standard a mediei. Exprimați rezultatul folosind criteriul sigma și, dacă doriți, 2 sigma și 3 sigma. Pe baza perioadei medii și lungimii firului, determinați accelerația gravitațională!

Facultativ: documentați-vă și propuneți o metodă pentru a evalua eroarea făcută în determinarea accelerației gravitaționale pe baza erorilor perioadei și lungimii firului.

Obs. La latitudinea României, accelerația gravitațională este 9.806 m/s^2 . Comparați rezultatul vostru cu această valoare, dar nu rectificați nimic în măsurători sau calcule. Vrem să vedem rezultate autentice, reale. NU vom nota tema în funcție de realizarea unei concordanțe cu valoarea indicată!

Notă: Lungimea firului cu care lucrați va fi aleasă astfel: numărați literele propriului nume, înmulțiți cu 10 și adunați 25, interpretând rezultatul în cm. De exemplu: studentul Popescu va folosi un fir cu lungimea de 95 cm.

Succes!