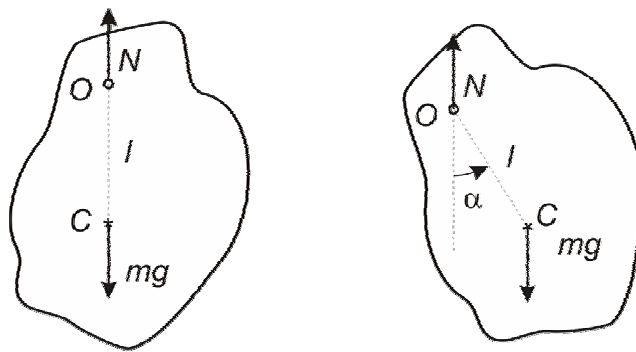


PENDULUL FIZIC

Introducere teoretică

Se înțelege prin pendul fizic un corp solid (rigid), care poate oscila liber sub acțiunea forței gravitaționale, în jurul unei axe orizontale care nu trece prin centrul său de masă. În poziție de echilibru, centrul de masă C se află pe verticala dusă prin centrul de suspensie O . În această poziție, asupra corpului acționează greutatea $\vec{G}$ (aplicată în punctul C) și reacțiunea $\vec{N}$ (aplicată în punctul O), cele două forțe fiind egale, pe aceeași direcție și în sens opus.



Dacă scoatem pendulul fizic din poziția de echilibru și îi dăm drumul, acesta va executa o mișcare oscilatorie.

Prin scoaterea pendulului din poziția de echilibru cu un unghi α , $\vec{G}$ și $\vec{N}$ formează un cuplu de forțe cu moment diferit de zero, ce tinde să readucă corpul în poziția de echilibru. **Mișcarea pendulului va fi o mișcare în jurul unei axe fixe.** În acest tip de mișcare viteza unghiulară $\vec{\omega}$ și accelerația unghiulară $\vec{\varepsilon}$ sunt paralele cu axa de rotație iar suma momentelor forțelor față de axa de rotație, $\vec{M}$, este egală cu produsul dintre momentul de inerție al corpului față de axa de rotație, I , și accelerația unghiulară $\vec{\varepsilon}$: $\vec{M} = I \cdot \vec{\varepsilon}$.

Sensul pozitiv de rotație fiind ales în sensul creșterii unghiului α , vom avea: $-mgl \sin \alpha = I\ddot{\alpha}$, adică $I\ddot{\alpha} + mgl \sin \alpha = 0$. Pentru unghiuri mici, $\sin \alpha \cong \alpha$ iar ecuația devine: $I\ddot{\alpha} + mgl\alpha = 0$. Aceasta este ecuația unui oscilator, cu $\omega^2 = \frac{mgl}{I}$ și perioada

$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}}$. Reamintim că perioada unui pendul matematic de lungime l și masă m

este $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. Termenul $\frac{I}{ml}$ din expresia perioadei pendulului fizic are deci o

dimensiune de lungime și este, de fapt, lungimea unui pendul gravitațional de masă egală cu cea a pendulului fizic, și care ar oscila cu aceeași perioadă. Această lungime

se numește lungime redusă: $l_r = \frac{I}{ml} = \frac{I_0 + ml^2}{ml} = l + \frac{I_0}{ml}$, unde I_0

este momentul de inerție față de centrul de masă, și am folosit teorema lui Steiner. Putem deci exprima perioada pendulului fizic

în funcție de lungimea redusă: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l_r}{g}}$, cu l_r definit mai sus.

Se observă că $l_r > l$, adică $l_r = l + l'$, unde $l' = \frac{I_0}{ml}$.

Dacă suspendăm corpul la distanța l_r de punctul O , adică în punctul O' și calculăm din nou perioada pendulului vom avea de

data aceasta: $T' = 2\pi\sqrt{\frac{I'}{mgl'}}$ unde I' este momentul de inerție față

de axa O' iar l' este distanța dintre noua axă de rotație și centrul de

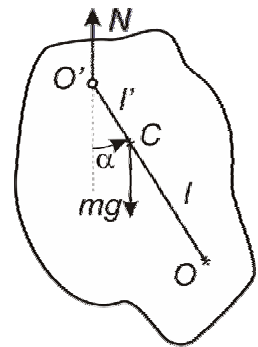
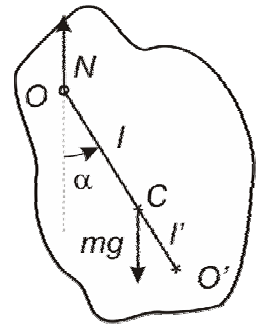
masă. Vom avea: $T' = 2\pi\sqrt{\frac{I_0 + ml'^2}{mgl'}}$, însă $l' = \frac{I_0}{ml}$ și deci $I_0 = mll'$, adică:

$$T' = 2\pi\sqrt{\frac{mll' + ml'^2}{mgl'}} = 2\pi\sqrt{\frac{l + l'}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{l_r}{g}} = T, \text{ adică perioada de oscilație a pendulului fizic}$$

suspendat în O' este aceeași cu perioada de oscilație a pendului fizic suspendat în O dacă distanța dintre O și O' este lungimea redusă a pendulului fizic.

Această informație ne oferă o posibilitate de a măsura accelerația gravitațională: găsim pe un pendul fizic, de-o parte și de alta a centrului de masă, două puncte care oscilează cu

aceeași perioadă T (pe care o măsurăm) iar $g = \frac{4\pi^2 l_r}{T^2}$, unde l_r este distanța (măsurabilă) dintre cele două puncte.



Aparatura și procedeul experimental

Această lucrare de laborator are ca scop determinarea lungimii reduse a unui pendul fizic, precum și determinarea accelerației gravitaționale în locul unde se efectuează experimentul.

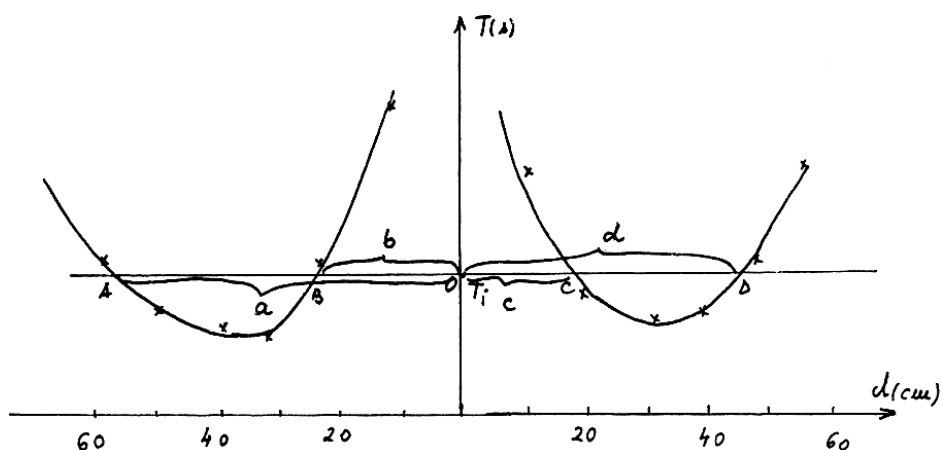
Pendulul fizic utilizat în această lucrare este o bară lungă de aproximativ 1 m având în lungul ei un număr de n orificii echidistante. Bara poate fi așezată, cu fiecare orificiu al ei, pe un suport fixat în perete, prevăzut cu un cuțit cu muchia în sus, muchie ce constituie axa de rotație.

- Se așează pendulul în primul orificiu, se pune în oscilație (cu amplitudinea maximă de 1-2 grade), se măsoară timpul t în care pendulul efectuează 30 de oscilații complete și apoi se calculează perioada de oscilație a pendulului $T = t / 30$.
- Operația se repetă pentru toate orificiile aflate deasupra centrului de masă, apoi se rotește pendulul cu 180° și se fac aceleași măsurători și pentru restul orificiilor.
- Valorile obținute, împreună cu distanțele l de la orificii (axele de oscilație) față de centrul de masă se trec într-un tabel de forma tabelului 1.

Tabelul 1: Perioada de oscilație a pendului fizic, funcție de poziția axei de rotație.

Nr. crt.	l (m)	t ($= 30T$) (s)	T (s)	ΔT (s)

- Folosind datele obținute, se trasează pe hârtie milimetrică graficul perioadei de oscilație în funcție de distanță, $T(l)$:



- Se observă că se obțin două curbe aproximativ simetrice. O paralelă la axa absciselor (o linie orizontală) în acest grafic, reprezintă puncte de egală perioadă. De exemplu, punctele A, B, C și D oscilează cu aceeași perioadă. Din simetria problemei, lungimea redusă a pendulului este fie distanța A-C, fie distanța B-D. Putem calcula o lungime redusă medie:

$$l_r = \frac{AC + BD}{2}.$$

- Se vor trasa minim trei drepte paralele la axa absciselor (corespunzător la trei valori ale perioadei, T), determinând lungimile reduse corespunzătoare l_r și se va calcula valoarea accelerației gravitaționale cu formula :

$$g = \frac{4\pi^2 l_r}{T^2}.$$

- Pentru fiecare g , calculați Δg cu o formulă pe care o deduceți singuri. Datele obținute se trec în tabelul 2.

Tabelul 2

Nr.crt	T (s)	ΔT (s)	AC (m)	BD (m)	l_r (m)	Δl_r (m)	g (m/s ²)	Δg (m/s ²)	$\Delta g/g$ (%)

- Reprezentați pe un grafic valorile măsurate pentru a putea vedea dacă măsurătorile sunt în concordanță sau discordanță cu rezultatul cunoscut: $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.
- Care din cele trei măsurători este mai precisă?