OSCILAŢIILE PENDULULUI GRAVITAŢIONAL. DETERMINAREA ACCELERAŢIEI GRAVITAŢIONALE

1.Scopul lucrării

În prima parte a lucrării se verifică legea de dependenţă a perioadei pendulului gravitaţional de lungimea lui, iar în partea a doua se determină acceleraţia gravitaţională *g* din locul experienţei.

2. Teoria lucrării

Pendulul gravitaţional este format dintr-un corp de masă *m* şi de dimensiuni mici (punct material) suspendat de un fir inextensibil, cu masă neglijabilă, de lungime *l*. Dacă pendulul este scos din poziţia sa de echilibru şi este lăsat liber, el oscilează într-un plan vertical, datorită forţei de greutate. In fig. 1 este reprezentat un astfel de pendul, care formează cu verticala un unghi θ numit *elongaţie unghiulară*. Componenta greutăţii în lungul firului (normală la traiectoria arc de cerc a pendulului), $G_n = mg\cos\theta$, este compensată de tensiunea din fir, T_f. Componenta tangenţială la traiectorie, $G_t = mg\sin\theta$, este *forţa de revenire* (*de rapel*) care acţionează asupra pendulului spre a-l readuce în poziţia de echilibru.

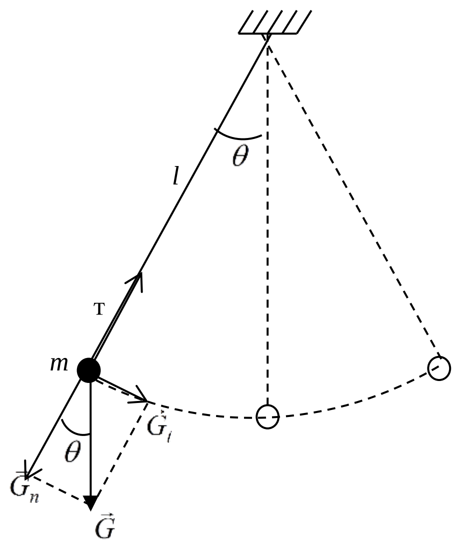

Fig. 1.Mișcarea descrisă de pendulul gravitațional.

Se observă că forţa de revenire nu este proporţională cu elongaţia unghiulară, deci oscilaţiile pendulului nu sunt armonice, în general. Insă pentru unghiuri θ suficient de mici, $\sin\theta \cong \theta$ exprimat în radiani(de exemplu, pentru $\theta = 5° = 0{,}0873\,\text{rad}$, $\sin\theta = 0{,}0872$), astfel că forţa de revenire devine proporţională cu elongaţia unghiulară, iar oscilaţiile pot fi considerate armonice.

Din fig.1 se vede că elongaţia unghiulară $\theta = x/l$, unde *x* este lungimea arcului de cerc corespunzător, astfel că forţa de revenire se poate scrie

$$F = G_t = mg\sin\theta \cong mg\theta = \frac{mg}{l}x = kx \quad , \tag{1}$$

în care mărimea

$$k = mg/l \tag{2}$$

reprezintă *constanta elastică* a sistemului. Din (1) se observă că forţa de revenire a sistemului este proporţională cu elongaţia x, iar din figură se vede că este mereu de sens opus elongaţiei (când elongaţia este spre dreapta, forţa de revenire este orientată spre stânga, şi invers). O asemenea forţă de revenire este denumită de tip *elastic*, iar sistemul fizic supus unei astfel de forţe efectuează oscilaţii armonice cu perioada dată de

$$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad . \tag{3}$$

Ținând seamă de (2) şi (3), rezultă că perioada de oscilaţie a pendulului gravitaţional este dată de

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \quad . \tag{4}$$

Din (4) rezultă că *perioada oscilaţiilor mici ale pendulului gravitaţional este independentă de masa pendulului şi de amplitudinea oscilaţiilor, ea depinde numai de lungimea pendulului* (g fiind constant pentru locul dat al experimentului).

3. Modul de lucru

a) Folosind materialele din laborator, se realizează un pendul gravitaţional cu lungimea l=0,2m;

b) Se scoate pendulul din poziţia de echilibru şi, după ce este lăsat liber, se măsoară timpul t în care se efectuează n=20 de oscilaţii de amplitudine mică;

c) Se calculează perioada oscilaţiilor $T=t/n$;

d) Se măreşte succesiv lungimea pendulului cu câte 0,1 m, măsurând perioada pendulelor astfel formate, ca la pct.2 şi 3;

e) Cu datele măsurate se completează tabelul 1.

Tabelul 1

Nr. crt.	l (m)	$\sqrt{l}$ ($m^{1/2}$)	n	t(s)	T (s)	g (m/s^2)	$\bar{g}$ (m/s^2)
1	0,2						
2	0,3						
3	0,4						
4	0,5						
5	0,6						
6	0,7						

5) Prelucrarea datelor experimentale

Folosind relaţia (4) pentru fiecare din pendulele formate, se calculează acceleraţia gravitaţională g, precum şi valoarea sa medie; datele se trec în tabelul1.

Se reprezintă grafic dependența $T = f(\sqrt{l})$.

Se interpretează rezultatul obţinut.

Se determină valoarea accelerației gravitaționale prin calcularea geometrică a pantei pentru dependența liniară obținută.

6. Întrebări

1. Ce este pendulul gravitaţional?
2. Care sunt cele două componente ale forţei de greutate? Comentarii.
3. Ce înseamnă *aproximaţia micilor oscilaţii*?
4. Ştiind că, perioada oscilaţiilor mici ale pendulului gravitaţional depinde numai de lungimea pendulului l şi de acceleraţia gravitaţională g: $T = f(l, g)$, să se deducă formula perioadei de oscilaţie a pendulului utilizând analiza dimensională.
5. Deduceţi expresia constantei elastice k.
6. Reprezentarea grafică $T = f(\sqrt{l})$ conduce la :

a) o curbă experimentală; b) o dreaptă cu panta proporţională cu $g^{-\frac{1}{2}}$; c) o parabolă;

d) o dreaptă cu panta proporţională cu g ; e) un cerc.

Bibliografie:

1.N. Pop, A. Pacurar, *Fizică generală în aplicații practice,* Editura Politehnica (**2016).**
I.Damian, D.Popov, *Teme experimentale,*Editura Politehnica (**2003).**
2.C. Marcu, I. Mhalca, D. Mihailovici, I. Damian, R. Baea, M. Cristea, *Lucrari de laborator Fizică,* **(1981).**