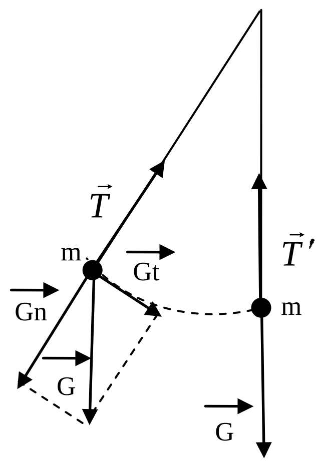
PENDULUL GRAVITAȚIONAL

1.Teoria lucrării. Un pendul gravitațional este un corp idealizat, redus la un punct material, de masă *m*, suspendat de un fir inextensibil şi de masă neglijabilă.

Scos din poziția sa de echilibru şi lăsat liber el oscilează într-un plan vertical datorită forței de greutate.

În figura de mai jos este reprezentat un pendul de lungime *l*, masă *m*, care formează cu verticala unghiul α numit *elongație unghiulară.*



Modulul forțelor care acționează asupra lui sunt: G = mg (forță de greutate) şi T (tensiunea în fir). Componenta lui G pe direcția razei este $G_n = mg\cos\alpha$ iar componenta tangențială este $G_t = mg\sin\alpha$.

Componenta tangențială este forța de de revenire care actioneaza asupra pendulului şi îl readuce în poziția de echilibru :

Această forță $F = G_t = mg\sin\alpha$ nu este proporțională cu elongația unghiulară α ci cu $\sin\alpha$. Prin urmare mişcarea pendulului nu este o mişcare oscilatorie armonică. În acest caz nu se poate vorbi de o perioadă proprie de oscilație a pendulului deoarece două oscilații cu amplitudine diferită au perioade diferite. Cu alte cuvinte oscilațiile nu sunt izocrone.

Pentru unghiuri de deviație α foarte mici putem aproxima $\sin\alpha$ cu unghiul α dacă acesta este exprimat în radiani. Din analiza tabelului următor se observă că pentru unghiuri foarte mici, sub 5^o, putem scrie: $\sin\alpha \approx \alpha$ (în radiani).

Unghiul α		$\sin\alpha$
grade	radiani	
0^o	0,0000	0,0000
2^o	0,0349	0,0349
5^0	0,0873	0,0872

Dacă exprimăm unghiul α în radiani atunci putem scrie relația: $\alpha = \dfrac{x}{l}$

Înlocuind sin α cu α vom obține: $F = - mg\,\alpha = - mg\,\frac{x}{l} = - \frac{mg}{l}\,x = - kx$

unde, semnul minus indică faptul că această forță este întotdeauna de sens opus elongației. S-a notat cu x distanța de la poziția de echilibru, măsurată pe cerc astfel: $x > 0$ în dreapta poziției de echilibru şi $x < 0$ în stânga poziției de echilibru. Astfel pentru unghiuri mici forța de revenire F spre poziția de echilibru este aproximativ de tip elastic (forta cvasielastică) şi mişcarea pendulului gravitational poate fi considerată în acest caz o mişcare oscilatorie armonică. Cum $\frac{mg}{l} = k$, atunci perioada proprie de oscilatie a pendulului devine:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad (1)$$

Din această relație se observă că perioada de oscilație a pendulului gravitațional este independentă de masa pendulului.

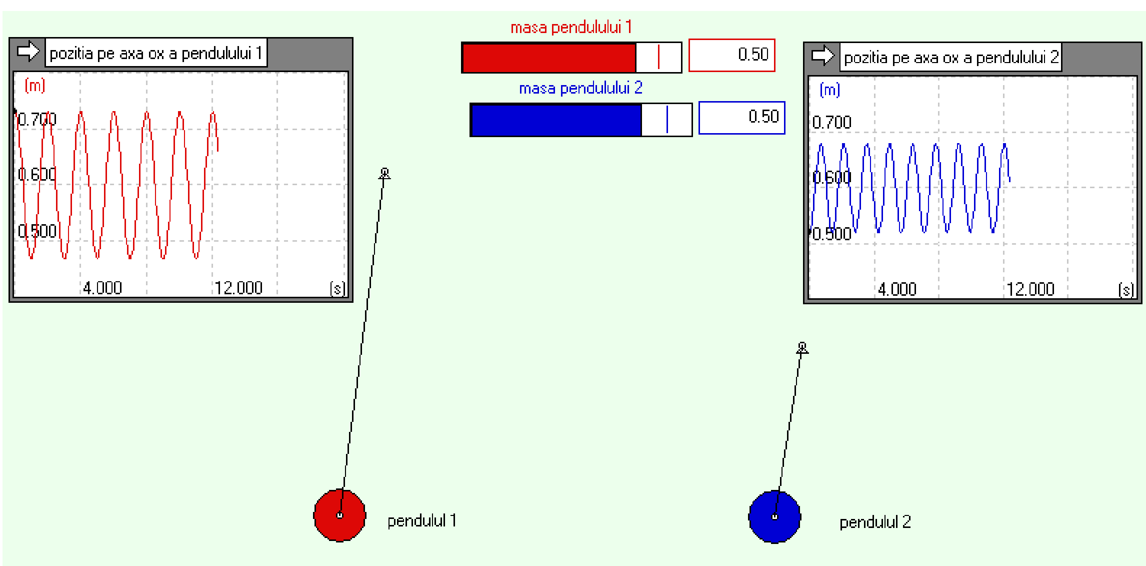
Deoarece pentru unghiuri mici, perioada pendulului gravitational este independentă de amplitudine, pendulul este folosit ca indicator de timp.

Pendulul gravitațional oferă o metodă simplă pentru determinarea valorii accelerației gravitaționale g, dacă se măsoară cu o eroare cât mai mică lungimea l şi perioada proprie de oscilație T a pendulului.

2. Tema lucrării. Verificarea relației (1) pentru pendule de lungimi diferite, pentru mase diferite şi pentru unghiuri de oscilație diferite.

3. Aparate şi materiale necesare: corpuri de mase $m \leq 0.5$ kg, două fire inextensibile cu lungimile de 1m şi 0.5m, aparate de măsură pentru măsurarea variației în timp a coordonatei pe axa ox a pendulelor. Se crează butoane de control pentru masele m ale celor două pendule. Astfel masa poate fi variată de la 0 până la 0.5 kg.

4. Dispozitiv experimental:



5. Procedeu experimental.

a). În condiții ideale, fără frecare cu aerul şi cu fire perfect inextensibile, se construiesc cu ajutorul programului Interactive Physics, două pendule cu lungimi diferite dar cu aceeaşi masă (0,5kg). Se lucrează în condiții de izocronism (unghiuri foarte mici de deviație).

Se determină pentru fiecare pendul valoarea perioadei din graficul variației în timp a coordonatelor x. Se compară valorile obținute cu valorile calculate cu ajutorul relației (1).

Concluzia? *Se obțin valori identice sau nu?*

b). Pentru unul dintre pendule, cu lungimea "l" cunoscută, se modifică masa "m"cu ajutorul butonului de control. Se păstrează condițiile de izocronism.

Se determină periada experimental şi teoretic. Ce constatăm? *Perioada depinde sau nu de " m" ?*

c). Unul dintre pendule este inclint la un unghi foarte mare (30^0).

Relația (1) se mai aplică sau nu în această situație?

Temă suplimentară. Propuneți o metodă de determinare a accelerației gravitaționale având la dispoziție un pendul gravitațional.

Test.

1. Doi copii de înălțimi diferite se balansează ținându-se agățați cu mâinile de aceeaşi bară. Vor reuşi să se legene cu aceeaşi frecvență sau nu ?
2. Perioada de oscilație a unui pendul gravitațional se modifică dacă pendulul este dus de pe Pământ pe Lună ?
3. Un pendul gravitațional cu lungimea de 0,4m este aşezat într-un ascensor. Plecând din repaus ascensorul urcă cu accelerația a_1 = 0,2 m/s^2 pe distanța de 10m, apoi frânează cu a_2= - 0,4 m/s^2 până se opreşte. Să se determine perioadele de oscilație ale pendulului pentru cele două porțiuni de drum.