Pâmela Ramires - Nº USP: 11371047

• Experimento 2

→ Introdução

O pendulo simples é um sistema que executa oscilações harmônicas se afastado por pequenos deslocamentos de sua posição de equilíbrio. Aqui a força restauradora é devida a gravidade que força a massa a retornar para o ponto mais baixo.

Já o pêndulo físico é qualquer sistema suspenso por um ponto que pode girar em torno de um eixo horizontal que passa por este ponto, ele não se sujeita as condições quase ideais definidas para o pendulo simples. De modo geral, o pêndulo físico é qualquer corpo rígido capaz de oscilar em torno de um eixo fixo.

→ Materiais

- haste de suspensão;
- barra de metal com furos; (pêndulo físico)
- paquímetro;
- cronometro; (± 0,001 s)
- régua; (± 0,5 cm)
- balança.

→ métodos experimentais

• Determinamos a massa da barra com a balança; • Medimos com uma régua as dimensões (altura, largura e espessura) da barra utilizada; • Para a montagem do pêndulo, enumeramos a barra de 1 a 20 (n), e colocamos na haste de suspensão em ordem crescente; • Fizemos um pequeno deslocamento

tilibra

na barra (menor que 10°) e medimos o tempo (t) necessário p/ ele realizar 10 oscilações; • Repetimos mais outras 3 vezes (4 tempos para cada furo); • Fizemos o mesmo processo p/ todos os outros furos; • Medimos a distância do furo de referência até a extremidade (d); • A distância do centro de massa até o furo (r) e calculamos o tempo médio (tm) e o período (T) e preenchemos a tabela 1.

• Resultados.

| (n) | d(cm) | r(cm) | $t_1$(s) | $t_2$(s) | $t_3$(s) | $t_4$(s) | $t_m$(s) | T(s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,4 | 47,6 | 16,10 | 16,27 | 16,13 | 16,64 | 16,29 | 1,629 |
| 2 | 4,9 | 45,1 | 15,78 | 15,64 | 15,86 | 15,88 | 15,79 | 1,579 |
| 3 | 7,4 | 42,6 | 15,73 | 15,75 | 15,63 | 15,64 | 15,69 | 1,569 |
| 4 | 9,9 | 40,1 | 15,24 | 15,25 | 15,33 | 15,65 | 15,37 | 1,537 |
| 5 | 12,4 | 37,6 | 15,34 | 15,39 | 15,40 | 15,29 | 15,36 | 1,536 |
| 6 | 14,9 | 35,1 | 15,33 | 15,26 | 15,38 | 15,36 | 15,33 | 1,533 |
| 7 | 17,4 | 32,6 | 15,28 | 15,26 | 15,43 | 15,26 | 15,31 | 1,531 |
| 8 | 19,9 | 30,1 | 15,25 | 15,21 | 15,38 | 15,15 | 15,25 | 1,525 |
| 9 | 22,4 | 27,6 | 15,13 | 15,14 | 15,13 | 15,27 | 15,17 | 1,517 |
| 10 | 24,9 | 25,1 | 15,15 | 15,95 | 15,30 | 15,30 | 15,43 | 1,543 |
| 11 | 27,4 | 22,6 | 15,60 | 15,50 | 15,38 | 15,47 | 15,49 | 1,549 |
| 12 | 29,9 | 20,1 | 15,61 | 15,83 | 15,67 | 15,88 | 15,75 | 1,575 |
| 13 | 32,4 | 17,6 | 16,98 | 16,98 | 16,98 | 16,99 | 16,98 | 1,698 |
| 14 | 34,9 | 15,1 | 16,53 | 16,74 | 16,67 | 16,78 | 16,68 | 1,668 |
| 15 | 37,4 | 12,6 | 17,78 | 17,53 | 17,67 | 16,85 | 17,46 | 1,746 |
| 16 | 39,9 | 10,1 | 19,24 | 19,57 | 19,24 | 19,27 | 19,33 | 1,933 |
| 17 | 42,4 | 7,6 | 21,43 | 21,70 | 21,27 | 21,57 | 21,49 | 2,149 |
| 18 | 44,9 | 5,1 | 26,94 | 25,70 | 26,94 | 25,55 | 26,28 | 2,628 |
| 19 | 47,4 | 2,6 | 33,17 | 35,21 | 32,86 | 34,86 | 34,03 | 3,403 |
| 20 | 49,9 | 0,1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

• equações utilizadas

(5) $I_C = mR^2$

(6) $T = 2\pi\sqrt{\frac{R^2+r^2}{gr}}$

(7) $T_{mín} = 2\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$

(8) $r_1 + r_2 = T^2 g / 4\pi^2$

(9) $r_1 . r_2 = R^2$

1 - Encontrou-se o valor do raio do giro R utilizando a eq. 6, substituindo nela os 20 valores de período T em (s) e de r (em m) obtidos experimentalmente e obteve-se a média dos valores. O resultado foi $R = 0{,}2854\,m$.

Ex: furo 2.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{R^2+r^2}{gr}} \Rightarrow (1{,}579)^2 = 4\pi^2\left(\frac{R^2+(0.451)}{9{,}8.(0{,}451)}\right) \Rightarrow R = 0{,}276\,m$$

2 - (6) $T = 2\pi\sqrt{\frac{R^2+r^2}{gr}} \Rightarrow T = 2\pi\left(\frac{R^2+r^2}{gr}\right)^{1/2} \Rightarrow \frac{d}{dr}\left(2\pi\left(\frac{R^2+r^2}{gr}\right)^{1/2}\right)$

$$T = 2\pi\,\frac{1}{2}\left(\frac{R^2+r^2}{gr}\right)^{-1/2}\cdot\left(\frac{2r}{gr} - \frac{R^2+r^2}{g^2r^2}\cdot g\right)$$

$$= \pi\left(\frac{R^2+r^2}{gr}\right)^{-1/2}\left(\frac{2r}{gr} - \frac{R^2+r^2}{g^2.r^2}\cdot g\right)$$

$$T_{mín} = \pi\left(\frac{R^2+r^2}{gr}\right)^{-1/2}\cdot\left(\frac{2r}{gr} - \frac{(R^2+r^2)}{g^2r^2}\cdot g\right) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{2\cancel{r}}{g\cancel{r}} - \frac{(R^2+r^2)}{g^2r^2}\cdot\cancel{g} = 0 \Rightarrow \frac{2}{\cancel{g}} = \frac{R^2+r^2}{\cancel{g}r^2} \Rightarrow 2r^2 = R^2 + r^2$$

$$r^2 = R^2$$

$$\Rightarrow \boxed{R = r}$$

Subst (6)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{R^2+R^2}{gR}} = 2\pi\sqrt{\frac{R(R+R)}{gR}} = 2\pi\sqrt{\frac{2R}{g}} \quad (7)$$

→ Eq. (8) e (9)

Partindo da eq (6):

$$T^2 = 4\pi^2\left(\frac{R^2+r^2}{gr}\right)$$

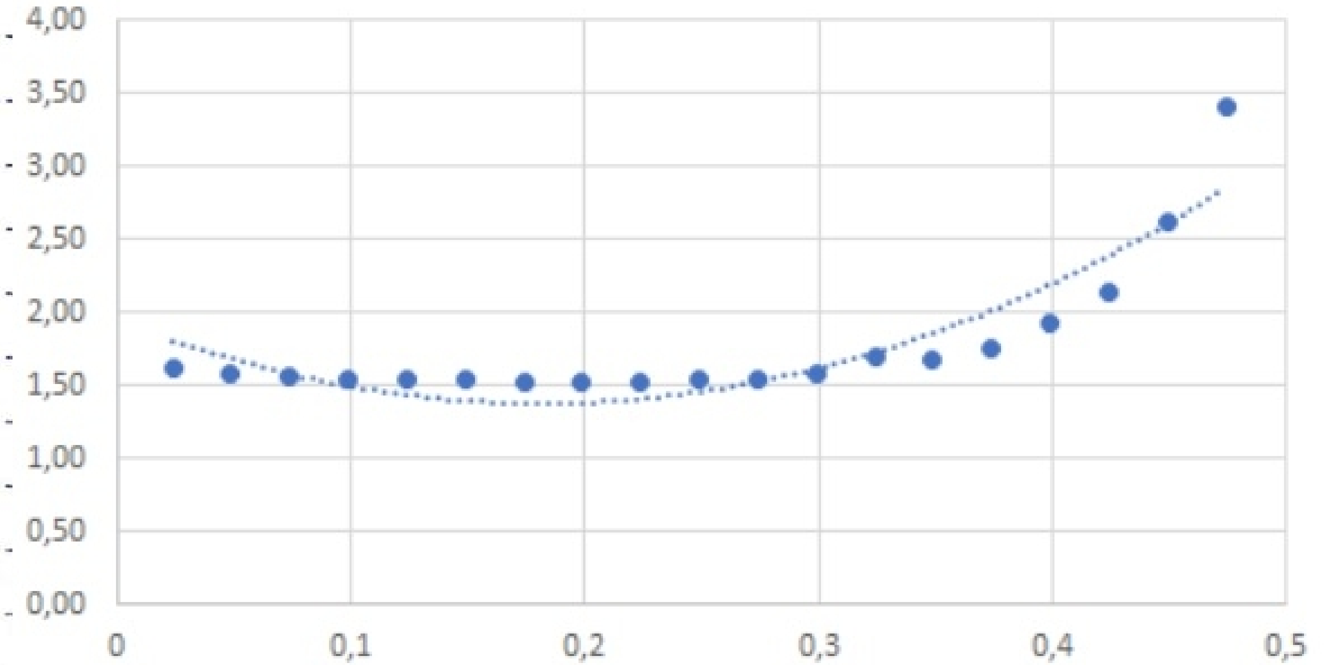
$$T^2 g r = 4\pi^2 (R^2+r^2)$$

$$4\pi^2 r^2 - T^2 g r + 4\pi^2 R^2 = 0$$

$$X = \frac{-b}{a} \Rightarrow \frac{-(-T^2 g)}{4\pi^2} = r1 + r2 \quad (8)$$

$$Y = \frac{c}{a} \Rightarrow \frac{\cancel{4\pi^2} R^2}{\cancel{4\pi^2}} \Rightarrow R^2 = r1 . r2 \quad (9)$$

3-a) Gráfico 1: Período T (em s) em função de d (m)



b) Depois, através da eq. (7), com os valores de R calculado anteriormente e $g = 9{,}8\ m/s^2$ obtém-se o valor do $T_{mín}$, que foi de 1,5163 s. Esse valor é bem próximo do obtido durante o experimento, que foi de 1,5168 s;

$$T_{mín} = 2\pi\sqrt{\frac{2.(0{,}2854)}{9{,}8}} \Rightarrow T_{mín} = 1{,}5163$$

c) Na eq. 6, ao elevar ambos os lados ao quadrado se obtem uma eq. do segundo grau com 2 incógnitas ($r_1$ e $r_2$). Escolhendo um valor de T que se repita para duas (d) diferentes, consegue-se chegar em $r_1$ e $r_2$. Foi escolhido $T = 1{,}53\ s$, que é o mais próximo para (d) 0,149 m e 0,249 m. Assim os dois valor de r são: $r_1 = 0{,}351\ m$ e $r_2 = 0{,}251$.

(8) $r_1 + r_2 = \frac{T^2 g}{4\pi^2}$

$0{,}351 + 0{,}251 = \frac{(1{,}53)^2}{4\pi^2} g$

$\boxed{g = 10{,}153\ m/s^2}$

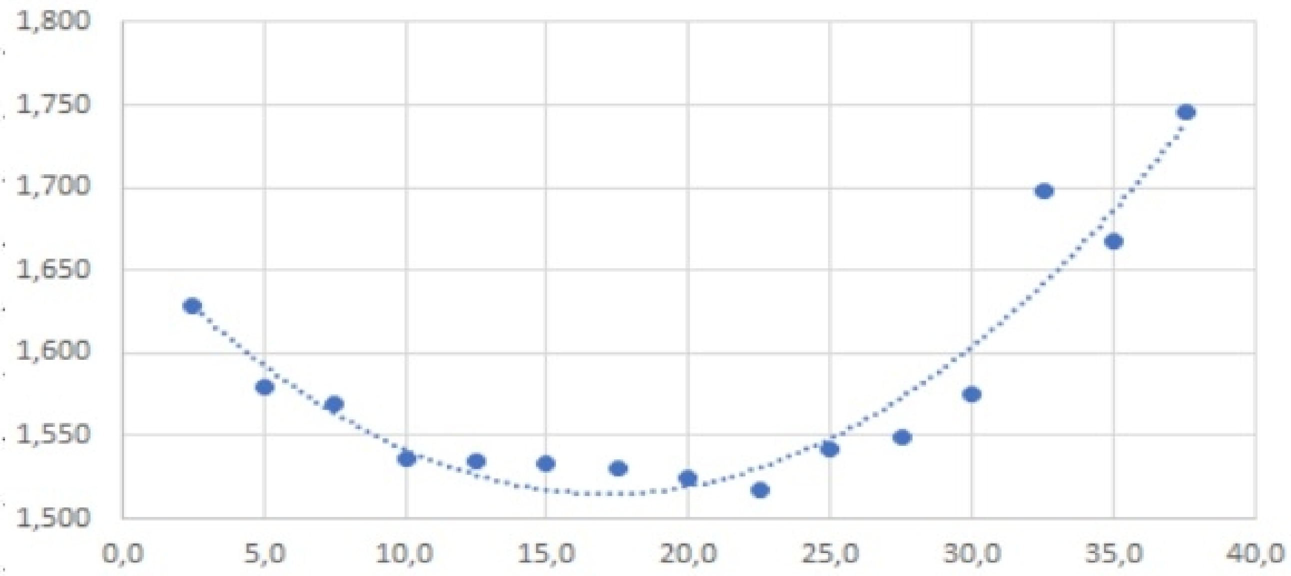
(9) $r_1 . r_2 = R^2$

$0{,}351 . 0{,}251 = R^2$

$R = 0{,}2968\ m$

Comparando os valores de g, a diferença foi de 0,353, e entre os valor de R foi de 0,0114. Essas diferenças são relativamentes pequenas, devido aos erros experimentais, mostrando que a metodologia utilizada é muito precisa, que justifica pelas várias repetições utilizadas

Para ajudar na visualização, fez-se um gráfico para relacionar os valores de $r_1$ e $r_2$ com o período T. Pegou-se os primeiros 15 valores da tabela 1 d (cm) e T (s)




d) Calcula-se o momento de inércia equivalente pela equação 5, com R sendo o raio de giro $R = 0,2854\,m$.

$m = 0,420\,Kg$ $\qquad I_c = 0,420 \cdot (0,2854)^2$

$R = 0,2854\,m$ $\qquad I_c = 0,0342\,Kg \cdot m^2$

e) Comparando o valor obtido em d) com o esperado da barra rígida sem furos:

$I_c = \dfrac{mL^2}{12}$ $\qquad m = 0,420\,Kg$

$l = 1\,m$

$$I_c = \frac{(0,420) \cdot 1^2}{12} \Rightarrow I_c = 0,0350\,Kg \cdot m^2$$

Uma diferença de $0,0008\,Kg\,m^2$

• Conclusão

Conclui-se que o objetivo do experimento foi alcançado, ajudando para compreender melhor o sistema de pêndulo físico. Os resultados obtidos pelos cálculos e gráficos se aproximaram da teoria, ou seja, o experimento cumpriu com seu objetivo.