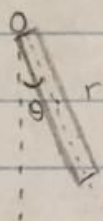


Experimento 2

INTRODUÇÃO

Existem duas categorias de pêndulos: o simples, em que a massa m pode ser considerada um ponto material e o fio de comprimento l é inextensível e de massa desprezível; e o pêndulo composto, que consiste em um corpo rígido, de massa relevante, em rotação ao redor de um eixo fixo. O desenho a seguir ilustra um pêndulo composto:



O: eixo de suspensão

r: distância entre o centro de massa e o eixo de suspensão

θ : ângulo que o segmento OF faz com a vertical

Quando o valor de θ utilizado é tal que $\theta < 10^\circ$, pode-se considerar $\sin \theta \approx \theta$, e, portanto, diz-se que o movimento do pêndulo pode ser estudado como um movimento harmônico simples.

O período de oscilação do pêndulo (T) é dado conforme a equação $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{m \cdot g \cdot r}}$ (equação I), em que I é o momento

de inércia, m é a massa da barra e g é a aceleração da gravidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste experimento foram uma barra metálica rígida (de massa 421 ± 4 g, largura $2,40 \pm 0,05$ cm, espessura $0,60 \pm 0,05$ cm e altura $100,00 \pm 0,05$ cm). A barra continha 39 furos espaçados em $2,5 \pm 0,05$ cm. Foram utilizados também um suporte para a barra, uma régua, uma balança e um cronômetro.

O experimento consistiu em apoiar os 19 primeiros furos da barra, e deixar que a barra oscilasse 10 vezes em cada furo em um ângulo menor que 10° . Esse tempo foi

cinemetrado e medido 4 vezes para cada um dos 19 furos.

O 20º furo não foi testado pois era o centro de massa. As dados foram coletados e montou-se uma tabela.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para de girar é uma determinada velocidade, que tem um momento de inércia (I_x) em relação ao eixo x . Se concentrarmos essa área em uma faixa estreita paralela ao eixo x , e com ^{mesmo} momento de inércia (I_x) a distância dessa faixa ao eixo x é a velocidade de girar.

A demonstração das equações utilizadas não facilitou a compreensão dos resultados: → equação 2

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + r^2}{g \cdot r}} \rightarrow T^2 = 4\pi^2 \cdot \left(\frac{R^2 + r^2}{g \cdot r}\right) \rightarrow 4\pi^2 r^2 - T^2 g r + 4\pi^2 R^2 = 0$$

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

$$P = \frac{4\pi^2 R^2}{4\pi} = R^2 = r_1 \cdot r_2 \quad (\text{eq 9})$$

Provando o porquê da equação 2 (de T_{min})

$$\frac{d}{dr} 2\pi \left(\frac{R^2 + r^2}{g \cdot r}\right)^{\frac{1}{2}} \rightarrow 2\pi \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{R^2 + r^2}{g \cdot r}\right) \cdot \left(\frac{2r - R^2 + r^2}{g \cdot r^2}\right) g$$

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

$$\left(\frac{R^2 + r^2}{g \cdot r}\right)^{\frac{1}{2}} = 0 \rightarrow R = r$$

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

$$\rightarrow 2r^2 = R^2 + r^2$$

$$R = r$$

Substituindo $R = r$, temos

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + R^2}{g \cdot R}} = 2\pi \sqrt{\frac{R(R+R)}{g \cdot R}} \rightarrow T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}}$$

Fazendo um gráfico da período (T) em função de d , com os dados obtidos pela seguinte tabela, obtemos o gráfico abaixo:

Tabela 1: distância entre extremidade superior e eixo de suspensão e período de oscilação

Gráfico 1:

O gráfico nos permite observar que, conforme vamos nos aproximando do vigésimo furo, que é o centro de massa da barra, o período tende ao infinito, o que é confirmado pelo fato de não ser possível medir o período no vigésimo furo.

Ao fazer a média de todos os valores de g obtidos experimentalmente, obtemos $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Assim, podemos calcular o T_{\min} , considerando $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

$$T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{2 \cdot R}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2865963}{9,8}} = 1,51879 \text{ s}$$

Tabela 2: varia de g (em m/s^2) nos 19º furos

Com base de que foi observado no gráfico abaixo podemos analisar os pontos dos furos 8 e 10, pois têm períodos iguais (1,537 s). Vamos usar $T = 1,537 \text{ s}$, $r_1 = 0,3 \text{ m}$ e $r_2 = 0,25 \text{ m}$

$$r_1 \cdot r_2 = R^2 \rightarrow R = 0,283 \text{ m}$$

$$\frac{r_1 + r_2}{4\pi^2} = \frac{1,537^2 \cdot g}{4\pi^2} \rightarrow g = 9,19 \text{ m/s}^2$$

Comparando os valores obtidos anteriormente, temos uma variação de aproximadamente 0,056 de diferença entre os valores de g e 9,61 entre a gravidade obtida e a que conhecemos ($9,8 \text{ m/s}^2$), o que demonstra nossa precisão.

Gráfico 2:

Utilizando o mesmo gráfico e a mesma ideia apresentada anteriormente, utilizaremos $m = 421 \text{ g}$, $R = 0,273 \text{ m}$ e $r = 0,475 \text{ m}$

$$I_x = m \cdot R^2 + m \cdot r^2$$

$$I_x = 0,421 \cdot 0,273^2 + 0,421 \cdot 0,475^2$$

$$I_x = 0,1263 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

Agora, vamos comparar esse valor com o momento de inércia de uma barra sem furos, mas com as mesmas medidas. Utilizando:

$$I = \frac{m \cdot l^2}{3} \rightarrow \frac{0,421 \cdot l^2}{3} = 0,1403 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

Podemos perceber que o momento de inércia da barra sem furos é maior e apresenta uma diferença de 0,014.

Como já esperada, o momento de inércia da barra sem furos é maior que o da barra com furos, devido ao fato de que os furos fazem com que a massa não seja distribuída de maneira uniforme, diferente da barra sem furos, que possui massa uniforme e um volume maior para distribuir essa massa durante a rotação.

CONCLUSÃO

O experimento realizado nos permitiu analisar o comportamento de um pêndulo físico e, a partir das dados coletados em laboratório, foi possível montar gráficos e tabelas que nos ajudaram a compreender o seu funcionamento. As equações apresentadas e deduzidas nos resultados e discussões foram utilizadas no cálculo da gravidade, momento de inércia e velocidade de giro do pêndulo. Também foram comparados os resultados obtidos na prática com os esperados pela teoria, explicando as possíveis disparidades.

Gráfico 1 período em
função da distância

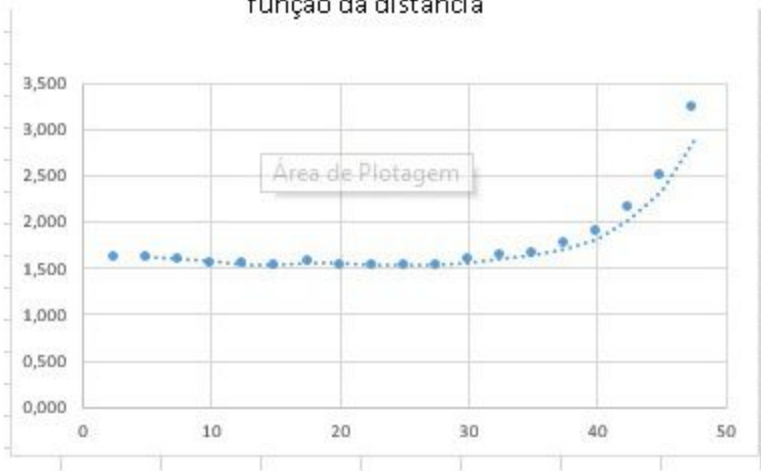


Tabela 1: distância entre o eixo de suspensão e a extremidade superior e o período de oscilação

d(cm)	T(s)
2,5	1,614
5	1,615
7,5	1,589
10	1,557
12,5	1,540
15	1,525
17,5	1,576
20	1,537
22,5	1,534
25	1,537
27,5	1,536
30	1,590
32,5	1,637
35	1,668
37,5	1,758
40	1,897
42,5	2,155
45	2,505
47,5	3,233

Tabela 2: raio de giro
dos 19 primeiros furos

R(m)
0,285925
0,2987338
0,2931591
0,2845338
0,2834934
0,2823044
0,3080556
0,2932441
0,29194
0,2902681
0,2850267
0,2925096
0,2930976
0,2849064
0,2834983
0,2818598
0,2844716
0,2747348
0,2535683

grafico 2: período em
função da distância

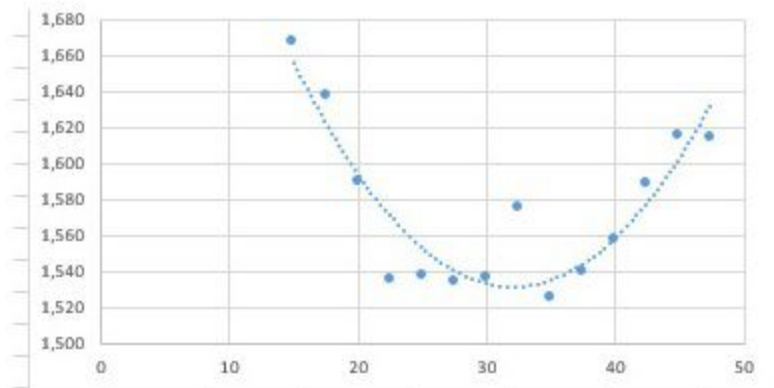


Tabela 3: raio e período

r(cm)	T(s)
47,5	4,750
45	4,500
42,5	4,250
40	4,000
37,5	3,750
35	3,500
32,5	3,250
30	3,000
27,5	2,750
25	2,500
22,5	2,250
20	2,000
17,5	1,750
15	1,500