

Experimento II - Pêndulo Físico

Júlia Mendonça Margotho n° 11217343

Introdução:

O pêndulo físico é qualquer pêndulo real, consiste de um corpo rígido (qualquer forma) suspenso por um ponto O e que pode girar livremente em torno desse ponto (eixo de oscilação). No equilíbrio o corpo mantém-se em repouso, até que uma força externa o desloque iniciando um movimento periódico ao redor da posição inicial de equilíbrio.

O pêndulo físico diferencia-se do pêndulo simples ao ponto em que o primeiro não apresenta uma distribuição uniforme da massa, portanto se comporta como sólidos com dimensões que não podem ser desprezadas, diferente do pêndulo simples.

Materiais e Métodos

Para a realização do experimento foi necessário a utilização de tais materiais: Barra de metal com furos de 2,5 cm de distância entre eles; haste de suspensão, balança, cronômetro, trena e um paquímetro.

Iniciando o experimento, foi colocada a barra de metal na haste no primeiro furo (2,5 cm), em seguida foi deslocada em um pequeno ângulo gerando o movimento de oscilação. A partir daí, foi cronometrado o tempo de 10 oscilações, a fim de calcular o período (T). Esse processo foi realizado com todos os outros furos, totalizando 20 furos, repetindo o processo 5 vezes para cada furo para calcular o tempo médio e o período de oscilação.

Com isso, foram obtidos os seguintes dados:

número do furo	d (cm)	r (cm)	t1 (s)	t2 (s)	t3 (s)	t4 (s)	t5 (s)	tm (s)	T (s)
1	2,5	47,5	15,95	15,84	16,02	15,93	15,88	15,92	1,59
2	5	45	15,65	15,54	15,52	15,67	15,72	15,62	1,56
3	7,5	42,5	15,48	15,44	15,39	15,41	15,53	15,45	1,54
4	10	40	15,29	15,25	15,31	15,27	15,29	15,28	1,53
5	12,5	37,5	15,04	14,93	15,01	14,95	14,98	14,98	1,5
6	15	35	14,84	14,91	14,9	14,92	14,89	14,89	1,49
7	17,5	32,5	14,84	14,89	14,84	14,89	14,87	14,86	1,49
8	20	30	14,81	14,84	14,84	14,82	14,8	14,82	1,48
9	22,5	27,5	14,73	14,79	14,75	14,8	14,72	14,76	1,48
10	25	25	14,65	14,64	14,65	14,7	14,62	14,65	1,46
11	27,5	22,5	14,88	14,77	14,78	14,9	14,84	14,83	1,48
12	30	20	15,19	15,45	15,4	15,33	15,22	15,32	1,53
13	32,5	17,5	15,71	15,66	15,74	15,67	15,66	15,69	1,57
14	35	15	16,25	16,43	16,33	16,41	16,28	16,34	1,63
15	37,5	12,5	17,32	17,43	17,49	17,38	17,51	17,43	1,74
16	40	10	18,49	18,9	18,6	18,55	18,92	18,69	1,87
17	42,5	7,5	21,26	21,98	21,01	21,77	21,44	21,49	2,15
18	45	5	24,24	25,21	24,68	25,12	25,02	24,85	2,48
19	47,5	2,5	34,87	34,65	34,93	34,7	34,81	34,79	3,48
20	50	0	-	-	-	-	-	-	-

Resultados e discussão:

Para realizar a análise do pêndulo foi necessário deduzir algumas equações:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

onde T = período, l = comprimento e g = aceleração da gravidade

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg\gamma \sin\theta \quad \sin\theta \approx \theta$$

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = - \frac{mg\gamma\theta}{I} \rightarrow 2\pi \sqrt{\frac{I}{mg\gamma}} \rightarrow I = mR^2 + m\gamma^2$$

$$\rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + \gamma^2}{g\gamma}} \quad T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}} \quad (\text{equação 7})$$

$$r_1 + r_2 = \frac{T_0^2}{4\pi^2} \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}} \rightarrow T^2 = (2\pi)^2 \left(\sqrt{\frac{2R}{g}} \right)^2 \rightarrow$$

$$T = 4\pi^2 \cdot 2R / g \quad (\text{equação 8})$$

$$r_1 \cdot r_2 = R^2 \quad \text{se } r_1 + r_2 = 2R \quad \text{então:}$$

$$(r_1 + r_2)^2 = 4R^2 \quad \text{considerando } \rightarrow r_1 = r_2$$

$$(2r)^2 = 4R^2 \rightarrow 4r^2 = 4R^2 \therefore r_1 + r_2 = R^2$$

(equação 9)

Para encontrar o raio de giro, foi utilizado os dados dos três primeiros furos da tabela, anexada anteriormente. Assim foi encontrado para o raio de giro dos furos 1, 2 e 3, respectivamente: 0,2689 m, 0,2663 m e 0,2632 m, o que pode-se concluir que o raio de giro é aproximadamente 0,26 m. Cálculos a seguir:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + r^2}{g \cdot r}}$$

$$1,59 = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + (0,475)^2}{9,8 \cdot 0,475}} \rightarrow 0,064 = \frac{R^2 + 0,2256}{9,8 \cdot 0,475} \rightarrow R = 0,2689 \text{ m}$$

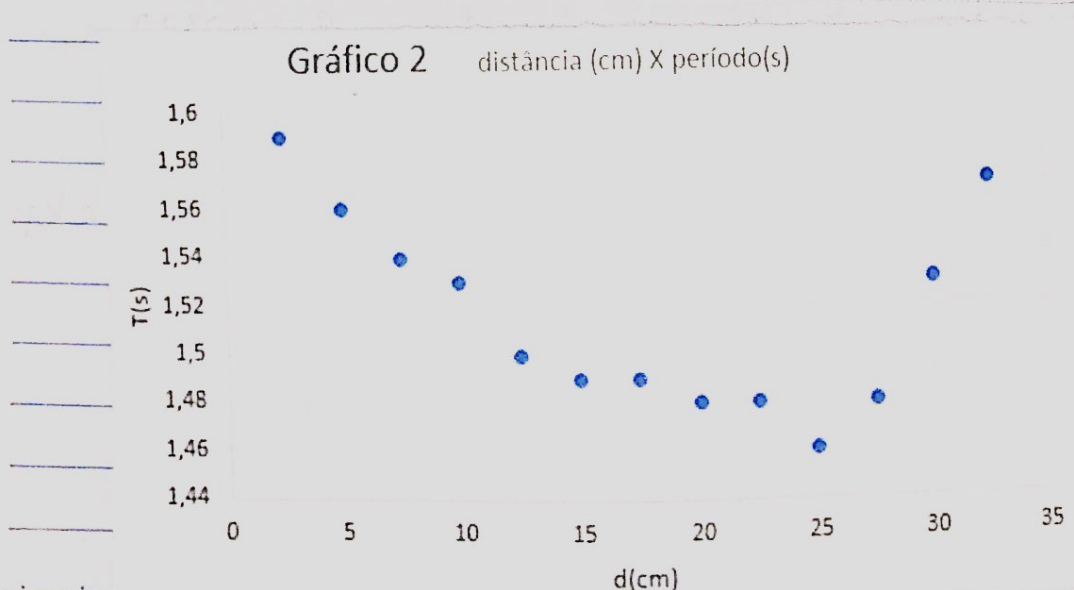
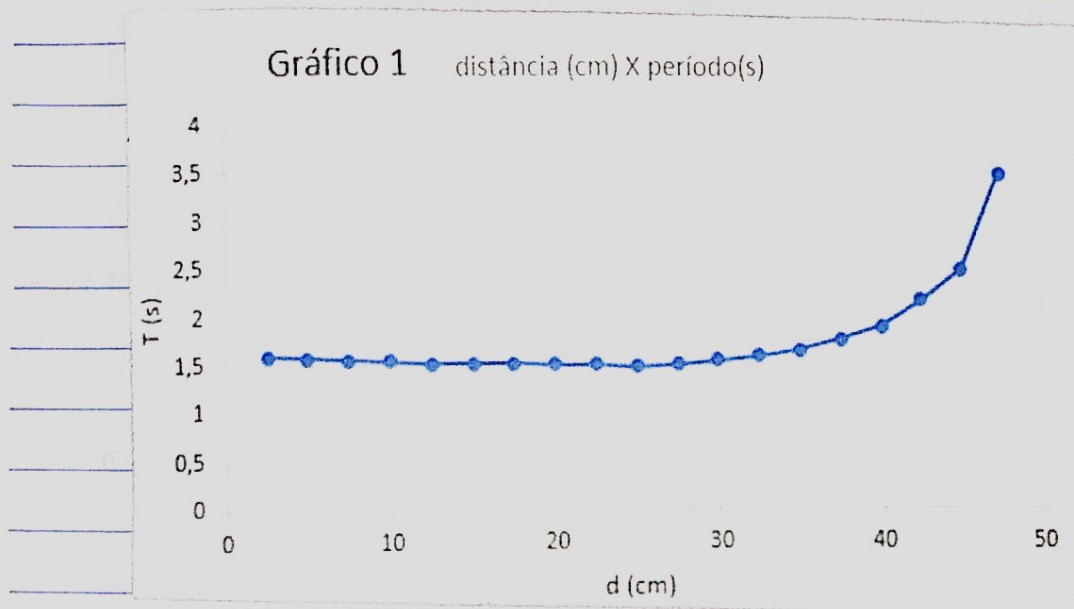
$$1,56 = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + (0,450)^2}{9,8 \cdot 0,450}} \rightarrow 0,062 = \frac{R^2 + 0,2025}{9,8 \cdot 0,450} \rightarrow R = 0,2663 \text{ m}$$

$$1,54 = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + (0,425)^2}{9,8 \cdot 0,425}} \rightarrow 0,060 = \frac{R^2 + 0,1806}{9,8 \cdot 0,425} \rightarrow R = 0,2632 \text{ m}$$

Em seguida, foi utilizado esse valor encontrado para determinar o período mínimo com a equação 7.

$$T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{2 \cdot 0,26}{9,8}} \rightarrow T_{\min} = 1,45 \text{ s}$$

Foram criados 2 gráficos, a fim de compreender melhor a relação do período de oscilação (T) e a distância dos furos até a extremidade da barra. A partir da análise do gráfico 1 é possível observar que há uma pequena diminuição do período conforme a distância aumenta, até que o processo se inverte em certo ponto e o período passa a crescer novamente. A fim de analisar melhor esse fenômeno o gráfico 2 foi criado com os pontos de 1 a 13, em que se observa uma parábola com valores dispersos, devido a possíveis erros experimentais.



/ /

$$r_1 \cdot r_2 = R^2 \quad \text{se } r_1 + r_2 = 2R \quad \text{então:}$$

$$(r_1 + r_2)^2 = 4R^2 \quad \text{considerando } \rightarrow r_1 = r_2$$

$$(2r)^2 = 4R^2 \rightarrow 4r^2 = 4R^2 \quad \therefore r_1 + r_2 = R^2$$

(equação 9)

Para encontrar o raio de giro foi utilizado os dados dos três primeiros furos da tabela, anexada anteriormente. Assim foi encontrado para o raio de giro dos furos 1, 2 e 3, respectivamente: 0,2689 m, 0,2663 m e 0,2632 m, o que pode-se concluir que o raio de giro é aproximadamente 0,26 m. Cálculos a seguir:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + r^2}{g}}$$

$$1,59 = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + (0,475)^2}{9,8 \cdot 0,475}} \rightarrow 0,064 = \frac{R^2 + 0,2256}{9,8 \cdot 0,475} \rightarrow R = 0,2689 \text{ m}$$

$$1,56 = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + (0,450)^2}{9,8 \cdot 0,450}} \rightarrow 0,062 = \frac{R^2 + 0,2025}{9,8 \cdot 0,450} \rightarrow R = 0,2663 \text{ m}$$

$$1,54 = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + (0,425)^2}{9,8 \cdot 0,425}} \rightarrow 0,060 = \frac{R^2 + 0,1806}{9,8 \cdot 0,425} \rightarrow R = 0,2632 \text{ m}$$

Em seguida, foi utilizado esse valor encontrado para determinar o período mínimo com a equação 7.

$$T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{2 \cdot 0,26}{9,8}} \rightarrow T_{\min} = 1,45 \text{ s}$$

//

A partir de um determinado período (T) foram encontrados valores para r_1 e r_2 , assim fez-se uso desses resultados para encontrar o raio de giro R e a aceleração da gravidade equivalentes a tal período. Foram utilizadas as equações 7, 8 e 9 para a obtenção dos resultados.

$$r_1 + r_2 = \frac{T^2 g}{4\pi^2} \rightarrow r_1 + r_2 = 0,627$$

$$r_1 \cdot r_2 = R^2 \rightarrow R = 0,3135 \text{ m}$$

$$T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}} \rightarrow 1,45 = 2\pi \sqrt{\frac{2 \cdot 0,31}{g}} \rightarrow g = 11,6 \text{ m/s}^2$$

Assim, é possível comparar os valores dos raios de giros obtidos, sendo um igual a 0,26 m e outro igual a 0,31 m. Divergência considerável devido aos métodos diferentes utilizados. Igualmente, nota-se diferença no valor encontrado pela aceleração da gravidade através da fórmula, que é igual a $11,6 \text{ m/s}^2$ e o valor teórico, que é igual a $9,8 \text{ m/s}^2$.

Por fim, foi calculado o momento de inércia equivalente I_c da barra, dado pela equação a seguir:

$$I_c = mR^2 \rightarrow I_c = 0,424 \cdot 0,3135^2 = 0,042 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_c = \frac{1}{12} mL^2 \rightarrow I_c = \frac{0,424 \cdot 1^2}{12} = 0,035 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

O primeiro valor encontrado corresponde ao da barra utilizada no experimento e, o segundo a uma barra rígida sem os furos.

Conclusão:

Após realizar o experimento do pêndulo físico foi possível concluir que, ao sair do equilíbrio logo em seguida um sistema tende a voltar ao seu estado inicial, no caso do pêndulo é observado um movimento periódico em torno do seu eixo de rotação. Além disso, constata-se uma certa dificuldade em alterar o estado do sólido em rotação conhecido como: momento de inércia.

Assim, por meio dos dados e observações realizadas no experimento, foi possível estudar e calcular o período, o tempo mínimo de uma oscilação, a aceleração da gravidade, o raio de giro e o momento de inércia de um corpo, resultando em um melhor entendimento do pêndulo composto.