nome: Maria Antônia Kubo Ferreira
nº USP: 10292131

Pêndulo Físico

• Introdução:

Chama-se pêndulo físico, qualquer corpo rígido suspenso por um ponto P, que realiza um movimento oscilatório num plano vertical, em torno de um horizontal passando por P. Os movimentos que se repetem em intervalos regulares ou indefinidamente são chamados de periódicos ou oscilações.

Na posição de equilíbrio, o eixo que o suspende, e o centro de massa do corpo estão na mesma linha vertical, quando o corpo é levemente afastado de sua posição de equilíbrio na vertical, por um pequeno desvio angular, e liberado, passa a executar um movimento oscilatório em torno dessa posição, dirigido pelo torque restaurador exercido pela força peso do próprio corpo.

• Materiais e métodos:

Para a realização do experimento foram usados materiais como: trena, barra de metal com furos pré-estabelecidos, paquímetro, balança, cronômetro e uma haste de suspensão.

Na montagem do experimento, no laboratório, uma haste foi previamente montada e nela foi posicionada a barra de metal furada, ela foi suspendida no primeiro furo e deslocada em um pequeno ângulo θ, medindo o tempo de 10 osci-

tilibra

lações a fim de calcular o período de uma oscilação. Esse procedimento foi repetido para os furos de 1 a 20 por 4 vezes para cada furo. Obtendo os seguintes valores:

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 Discussões

No estudo do pêndulo composto foram utilizados algumas equações que serão deduzidos a seguir.

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

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = -mgr\,sen\theta \longrightarrow sen\theta \sim \theta$$

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{mgr\theta}{I} \longrightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgr}},\ I = mR^2 + mr^2 \longrightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{R^2+}{gr}}$$

$$\boxed{T_{min} = 2\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}}$$ (equação 7)

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

considerando $r_1 = r_2 = R$, temos:

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

$r_1 \cdot r_2 = R^2 \rightarrow$ se $r_1 + r_2 = 2R$, então

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

$(2r)^2 = 4R^2 \rightarrow 4r^2 = 4R^2$

$$\boxed{r_1 + r_2 = R^2}$$ (equação 9)

Foram utilizado dados referentes aos 3 primeiros furos, para calcular o raio do giro. (dados disponíveis na tabela)

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

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

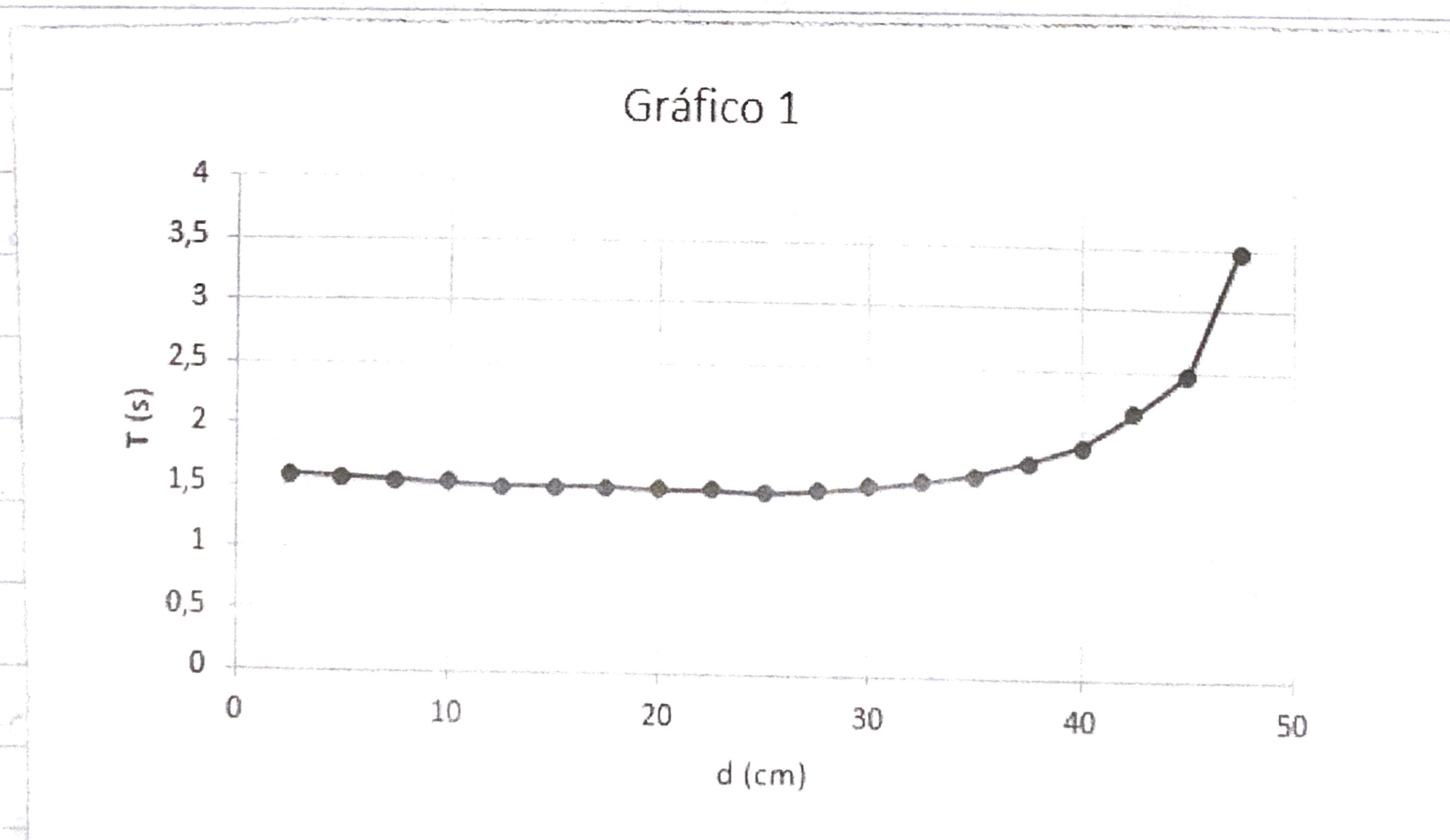
$$1,54 = 2\pi\sqrt{\frac{R^2 + (0,425)^2}{9,8 \cdot 0,425}} \rightarrow 0,060 = \frac{R^2 + 0,1806}{9,8 \cdot 0,425} \rightarrow R = 0,2632\,m$$

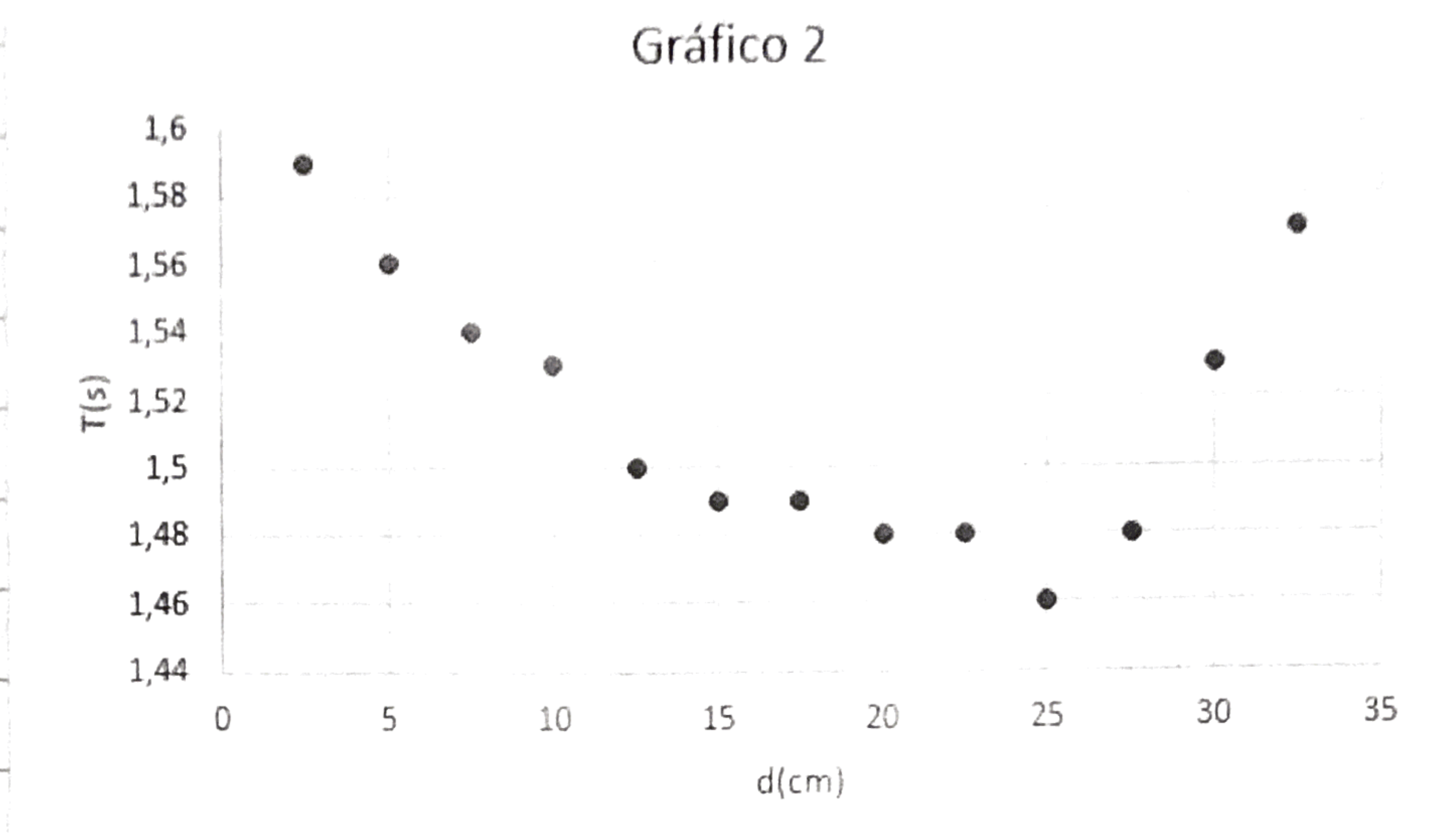
Esses valores obtidos referentes aos raios 1, 2 e 3 respectivamente, possibilita a conclusão de que o raio de giro equivale a aproximadamente 0,26m. Em seguida, utilizou-se esse valor na equação 7 e o período mínimo foi:

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

Para observar o comportamento do período T em relação a distância d do furo à extremidade tomada como referência, foi montado os gráficos abaixo.

A partir da análise desse gráfico, observa-se uma pequena diminuição no período conforme d aumenta, até que o mesmo se inverte em certo ponto, e o período passa a crescer novamente. O gráfico mostra pontos de 1 a 13, evidenciando uma parábola, com alguns valores dispersos, devido a prováveis erros experimentais.





A partir de um determinado período T, foram obtidos valores para r_1 e r_2 e, após isso, utilizou-se esses dados para obter o raio de giro R equivalente e também a aceleração da gravidade g equivalentes a tal período. Utilizando as equações 7, 8 e 9:

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

$$r_1 r_2 = R^2 \rightarrow R = 0,3135 \, m$$

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

Com isso foi viável comparar o valor do raio de giro encontrado acima de valor 0,31m, com o demonstrado anteriormente de valor 0,26m, o que mostra uma variação pequena que pode ser justificada pela escolha de outro método utilizados.

Dessa forma, verifica-se que a gravidade encontrada é de 11,6 m/s², que se difere do valor teórico 9,8 m/s².

Assim, o momento de inercia Ic foi calculado pela equação a seguir:

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

$$I_c = 1/12\, mL^2 \rightarrow I_c = \frac{0{,}424 \cdot L^2}{12} = 0{,}035\ Kg \cdot m^2$$

O primeiro valor obtido refere-se a barra usada no experimento. Já o segundo, a uma barra rígida sem os furos.

. Conclusão:

Após o término do experimento, conclui-se que um sistema tende a retornar ao equilíbrio, isto é, ao seu estado inicial e por ser um pendulo o objeto de estudo, o movimento feito é periódico em torno do eixo de rotação. Ademais, o momento de inercia é verificado pela dificuldade de mudar o estado do sólido em rotação. Com isso, ficou mais claro os estudos relacionados a o pêndulo composto.