

Ana Clara Antonius - nº USP 9879167

Experimento 2 - Pêndulo Físico

Introdução

Um pêndulo composto, ou pêndulo físico, é um sistema em que um corpo rígido oscila em torno de um eixo fixo, pela ação da força gravitacional. O pêndulo é composto por uma barra rígida e homogênea de alumínio, na extremidade da qual é presa uma placa retangular de ferro.

Objetivo

Entender o funcionamento de um pêndulo composto, ou pêndulo físico, e compará-lo com o pêndulo simples.

Materiais

- Haste de suspensão
- Barra de metal com vários furos que será utilizada como um pêndulo físico
- Goniômetro
- Serra
- Balança
- Paquímetro

Métodos

- Medir a massa da barra
- Enumerar os 20 primeiros furos da barra

- Medir a distância de cada furo enumerando até a extremidade de referência (d)
- Posicionar a barra para oscilar com um pequeno ângulo entre a barra do suporte e a barra com os furos
- Medir o tempo necessário para o pêndulo completar 10 oscilações
- Calcular a média dos tempos para cada furo e também seu período.

CORREÇÃO

Resultados e Discussão

Partindo do experimento feito e dos dados obtidos, foi possível fazer a construção do gráfico ^{de momentos} e a partir dele foi possível encontrar o valor do raio de giro.

Valor do Raio de giro

$$R = 0,4245 \text{ m}$$

Fazendo as demonstrações das equações a seguir, conseguiremos então assim continuar com os outros cálculos.

Demonstrações das fórmulas

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I^2}{mgr}} \quad (6)$$

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{I^2}{mgr}$$

$$T^2 \frac{mgr}{I^2} = 4\pi^2 \cdot (R^2 + r^2)$$

$$T^2 \frac{mgr}{I^2} = 4\pi^2 R^2 + 4\pi^2 r^2$$

$$4\pi^2 r^2 - T^2 \frac{mgr}{I^2} + 4\pi^2 R^2 = 0$$

$$S = -\frac{b}{a} = \frac{T^2 g}{4\pi^2} = R_1 + R_2 \quad (8)$$

$$P = \frac{C}{a} = \frac{4\pi^2 R^2}{4\pi^2} = R^2 = R_1 \cdot R_2 \quad (9)$$

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

$$\frac{d}{dr} 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + r^2}{g}}$$

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

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

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

$$\rightarrow \frac{2r}{g} - \frac{R^2 + r^2}{g} = 0$$

$$\frac{2}{g} = \frac{R^2 + r^2}{r^2} \rightarrow 2r^2 = R^2 + r^2$$

$$R^2 = r^2$$

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

Substituindo em (6)

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

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

A partir da equação (6) e do valor do raio de giro, foi executado o cálculo de T_{min} .

$$(6) T_{min} = 2\pi \sqrt{\frac{R^2 + r^2}{g}} \quad (6) \rightarrow T_{min} = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}} \quad (7)$$

$$T_{\text{méd}} = 4,28 \sqrt{\frac{2,04245}{9,81}}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$T_{\text{méd}} = 1,2592 \text{ s}$$

A partir do gráfico 2 (em anexo), onde apresenta pontos em que o período tem o mesmo valor, para o cálculo de r_1 e r_2 , serão usadas as seguintes valores e as fórmulas a seguir.

$$T = 0,746 \text{ s}$$

$$d_1 = 19,8 \text{ cm}$$

$$r_1 = 50 - d_1$$

$$r_1 = 50 - 19,8$$

$$r_1 = 30,2 \text{ cm} = 0,302 \text{ m}$$

$$T = 0,746 \text{ s}$$

$$d_2 = 27,3 \text{ cm}$$

$$r_2 = 50 - d_2$$

$$r_2 = 50 - 27,3$$

$$r_2 = 22,7 \text{ cm} = 0,227 \text{ m}$$

Substituindo os valores de r_1 , r_2 e das médias do períodos na equação (8), o valor da aceleração da gravidade (g) foi encontrado.

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

$$T_m = 0,746 \text{ s}$$

$$0,302 + 0,227 = \frac{(0,746)^2}{4\pi^2} \cdot g$$

$$10,529 \cdot 8,56 = 0,5565 g$$

$$4,5282 = 0,5565 g$$

$$g = 8,14 \text{ m/s}^2$$

Para o cálculo do raio de giro, os valores obtidos acima foram substituídos na equação (9)

$$r_1 \cdot r_2 = R^2$$

$$(0,302 \times 0,227) = R^2$$

$$R = 0,26182 \text{ m}$$

Comparando os valores calculados, com os valores obtidos a partir do gráfico 1. Foi concluído que houve erros nas medições feitas. Nos períodos, pois o valor de giro calculado ficou abaixo do valor que é apresentado no gráfico como absoluto.

$$E = X_i - X_v$$

E = erro absoluto

X_i = valor medido

X_v = valor verdadeiro ou valor mais próximo

$$E = 0,26182 - 0,4245$$

$$E = -0,1626$$

Erro relativo

$$E_r = \frac{X_i - X_v}{X_v} \cdot 100$$

E_r = erro relativo

X_i = valor medido

X_v = valor verdadeiro ou mais próximo

$$E_r = \frac{0,26182 - 0,4245}{0,4245} \times 100$$

$$E_r = -38,32\%$$

O mesmo raciocínio foi feito com a aceleração da gravidade, observando que o valor calculado ficou abaixo do valor verdadeiro.

erro absoluto

$$E = X_1 - X_v$$

erro absoluto

X_1 = valor medido

X_v = valor verdadeiro

$$E = 8,14 - 9,81$$

$$E = -1,67$$

erro relativo

$$E_r = \frac{X_1 - X_v}{X_v} \cdot 100$$

erro relativo

X_1 = valor medido

X_v = valor verdadeiro

$$E_r = \frac{8,14 - 9,81}{9,81} \times 100$$

$$E_r = -17,02\%$$

De acordo com o valor da massa da barra e o valor encontrado do raio de giro, é possível calcular o momento de inércia, que expressa o grau de dificuldade em se alterar o estado de movimento de um corpo em rotação. O momento de inércia equivalente I_c foi calculado a partir da equação (5).

$$I_c = m R^2 \quad (5)$$

$$m = 0,420 \text{ kg}$$

$$R = 0,26182$$

$$I_c = 0,420 \cdot (0,26182)^2$$

$$I_c = 0,02879 \text{ kg.m}^2$$

Comparando esse valor obtido com o valor teórico para uma barra sem furos, temos o seguinte valor

$$I_c = \frac{1}{12} ML^2 \quad M = 0,420 \text{ kg} \quad L = 1,02 \text{ m}$$

$$I_c = 0,4368$$

$$I_c = 0,0364 \text{ kg.m}^2$$

O valor encontrado está abaixo do valor teórico pois como foi dito anteriormente houve erro nas medições ao longo do experimento, erro absoluto

$$E = X_i - X_v$$

E = erro absoluto

X_i = valor medido

X_v = valor verdadeiro

$$E = 0,02879 - 0,0364$$

$$E = -0,00761$$

Erro relativo

$$E_r = \frac{X_i - X_v}{X_v} \cdot 100$$

E_r = erro relativo

X_i = valor medido

X_v = valor verdadeiro

$$E_r = \frac{0,02879 - 0,0364}{0,0364} \times 100$$

$$E_r = -20,91$$

A partir dos resultados encontrados e comparado-os com os valores teóricos, foi observado diferenças entre eles, mas tais diferenças são possíveis arrumadas, pois foram erros sistemáticos como um valor errado do período ou até mesmo das distâncias entre os furos.

Conclusão

Portanto, foi possível concluir que para os resultados terem uma boa precisão é preciso que não haja nenhum erro sistemático, pois havendo esses erros os cálculos iriam se diferenciar muito um dos outros.

É possível concluir também como são feito os cálculos, e como aplicarmos as equações em cada elemento que foi encontrado.

* Correção

Resultado e Discussão:

A partir da tabela apresentada, observa-se no furo 20 que ele tem seu eixo de rotação muito próximo do centro de massa, portanto o período tende ao infinito e por isso o gráfico apresenta um crescimento muito elevado ao aumentar o valor de d .

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Seमीός que,

$$R = \frac{g \cdot T_{\min}^2}{8\pi^2}$$

$$R = \frac{9,8 \cdot (1,48)^2}{8 \cdot \pi^2}$$

$$R = 0,271 \text{ m}$$

De acordo com a tabela, o furo 13 ($x_2 = 18,7$) e o 5 ($x_1 = 38,7$) foi observado que eles possuem o mesmo período ($T = 1,528 \text{ s}$), logo:

$$R = \sqrt{x_1 \cdot x_2}$$

$$R = \sqrt{38,7 \times 18,7}$$

$$R = 0,269 \text{ m}$$

$$g = \frac{(x_1 + x_2) \cdot 4\pi^2}{T^2}$$

$$g = \frac{(38,7 + 18,7) \cdot 10^{-2} \cdot 4\pi^2}{1,528^2}$$

$$g = 9,7 \text{ m/s}^2$$

Foi observado então, que os valores de R pela equação de 2.º grau e pelo método de T_{min} são semelhantes, alguns erros experimentais fazem com que haja uma pequena diferença de valores, principalmente para o g .

Momento de inércia com base no eixo de giro:

$$I = m \cdot R^2$$

$$I = 0,42 \cdot (0,269)^2$$

$$I = 0,0303 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

Momento de inércia teórico (centro de massa)

$$I = m \cdot L^2$$

$$I = 0,42 \cdot (1,02)^2$$

$$I = 0,0364 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

Momento de inércia em determinado eixo

$$I_1 = m \cdot R^2 + m \cdot v^2$$

$$I_1 = 0,42 (0,269)^2 + 0,42 (0,487)^2$$

$$I_1 = 0,130 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

Momento de inércia da barra

presso na extremidade

$$I = \frac{m \cdot L^2}{3}$$

$$I = 0,42 \cdot (1,02)^2$$

$$I = 0,445 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

Conclusão

Senão assim, foi possível concluir que houve semelhança entre os valores experimentais e os Teóricos, apresentando pequenas diferenças ocasionadas por erros experimentais.

Portanto, o experimento teve resultados satisfatórios e o aprendizado foi catagórico.

Furo	d (cm)	r (cm)	t1 (s)	t2 (s)	t3 (s)	t4 (s)	t5 (s)	tm (s)	T (s)
1	2,300	48,700	15,72	15,62	15,8	15,58	15,680	15,680	1,568
2	4,800	46,200	15,86	15,94	15,84	15,74	15,760	15,820	1,582
3	7,300	43,700	15,68	15,72	15,62	15,78	15,760	15,700	1,570
4	9,800	41,200	15,34	15,22	15,34	15,38	15,320	15,320	1,532
5	12,300	38,700	15,24	15,22	15,28	15,32	15,340	15,280	1,528
6	14,800	36,200	15,12	15,14	15,16	15,1	15,060	15,100	1,510
7	17,300	33,700	15,04	15,02	15,08	15,06	15,040	15,060	1,506
8	19,800	31,200	14,94	14,98	14,84	14,96	14,860	14,920	1,492
9	22,300	28,700	14,9	14,8	14,82	14,86	14,920	14,860	1,486
10	24,800	26,200	14,78	14,8	14,74	14,84	14,820	14,800	1,480
11	27,300	23,700	14,9	14,88	14,92	14,98	14,900	14,920	1,492
12	29,800	21,200	15,14	15,16	15,12	15,2	15,180	15,160	1,516
13	32,300	18,700	15,26	15,32	15,3	15,24	15,280	15,280	1,528
14	34,800	16,200	16,34	16,3	16,38	16,28	16,360	17,140	1,714
15	37,300	13,700	17,16	17,18	17,14	17,18	17,100	17,160	1,716
16	39,800	11,200	19,06	19,16	19,14	19,020	19,180	19,100	1,910
17	42,300	8,700	20,52	20,58	20,76	20,640	20,540	20,580	2,058
18	44,800	6,200	23,42	23,62	23,58	23,520	23,460	23,520	2,352
19	47,300	3,700	19,06157	19,14706	19,15425	34,260	33,760	34,000	3,400
20	49,800	1,200	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 1. Dados do Pêndulo.

Dados da Barra

Massa (g): 420
 Comprimento (cm): 102
 Largura (cm): 2,5
 Espessura (cm): 0,5

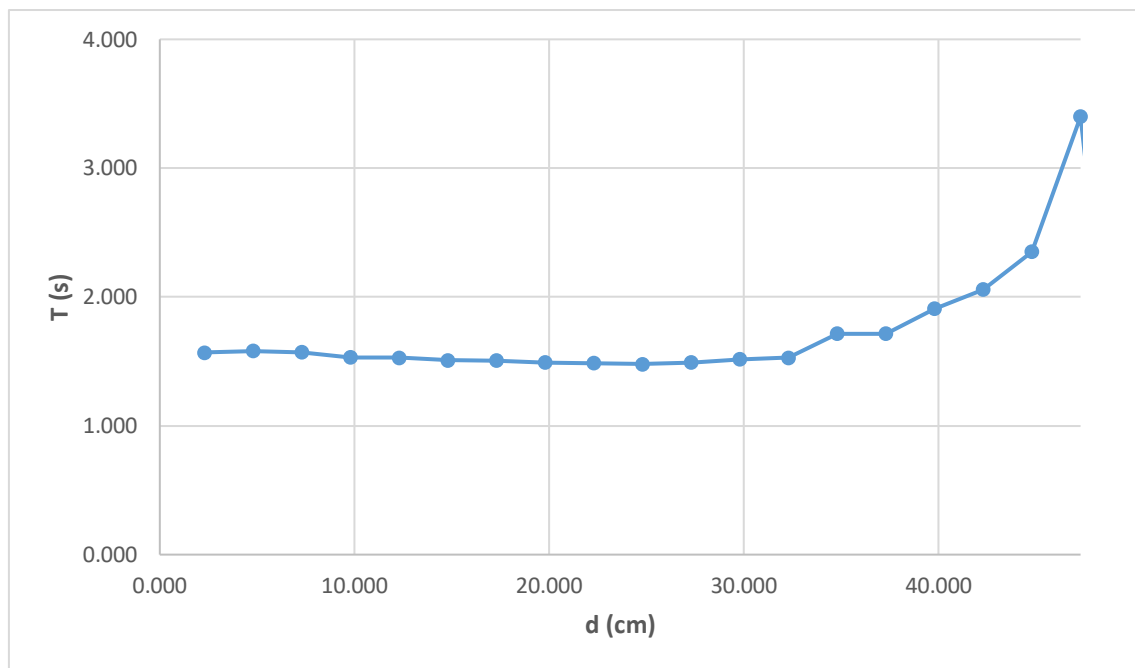


Gráfico 1. $T \text{ (s)}$ x $d \text{ (cm)}$.