

17/03/2022

Grupo 4

Inês Pereira

Objetivos

- Estudar experimentalmente o movimento de um pêndulo
- Determinar a aceleração gravítica

Materiais

- Pannel vertical com transferidor e sistema de fixação do pêndulo;
- Esferas de massas diferentes
- Cronómetro
- Fio de nylon
- Balança digital

Procedimento

1. Medir as massas das 3 esferas na balança digital (m_1, m_2, m_3).
2. Prender a esfera na extremidade do fio e medir a distância entre o ponto de suspensão e o centro da esfera de modo a que seja igual para os 3.
3. Afastar a esfera de um ângulo θ_0 ($\approx 5^\circ$) (igual para os 3 esferas) e cronometrar 10 oscilações completas (t_i) da esfera.
4. Calcular o período de oscilação correspondente (T_i).
5. Repetir os passos 3 e 4 mais 2 vezes.
6. Selecionar uma das esferas e colocá-la na extremidade do fio, medindo o comprimento deste (L).
7. Medir o período de oscilação T para 3 amplitudes iniciais θ_0 ($\approx 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$).
8. Cronometrar o tempo correspondente a 10 oscilações completas (t_i) e calcular o período de oscilação correspondente (T_i).
9. Repetir os passos 7 e 8 mais 2 vezes.
10. Representar graficamente T em função de θ_0 .
11. Selecionar uma das esferas e colocá-la na extremidade do fio, medindo o comprimento do ponto de suspensão até ao centro da esfera (L).
12. Medir o período de oscilação T para 4 comprimentos L de 5 cm em 5 cm.
13. Cronometrar o tempo correspondente a 10 oscilações completas (t_i) e calcular o período de oscilação correspondente (T_i).
14. Repetir os passos 12 e 13 mais 2 vezes.

15. Representar graficamente T^2 em função de L

16. Fazer um ajuste linear ($T^2 = a L + b$) de terminação do declive, a ordenada na origem, assim como as respectivas incertezas e o coeficiente de determinação da regressão linear, trazer o resultado do ajuste no gráfico

17. Determinar a aceleração gravítica (g) e a respetiva incerteza (Δg) a partir dos resultados do ajuste linear

Cuidados a ter durante a experiência

- Garantir que o fio está atado e paralelo ao painel do transferidor no momento da largada da esfera

Dados experimentais

	Valor	Incerteza	unidade
m_1	67,3	$\pm 0,1$	g
m_2	29,4	$\pm 0,1$	g
m_3	42,7	$\pm 0,1$	g
L	35,87	$\pm 0,05$	cm
θ_0	5°	$\pm 0,5$	graus

$$L_{\text{fio}} = 32,10 \text{ cm} \pm 0,05 \text{ cm}$$

$$L_{\text{gancho } m_1} = 1,30 \text{ cm} \pm 0,05 \text{ cm}$$

$$L = 32,10 + 1,30 + \frac{2,4735}{2} = 35,87 \text{ cm}$$

$$L_{\text{gancho } m_2} = 1,75 \text{ cm}$$

$$L_{\text{fio } m_2} = 35,87 - 1,75 = \frac{2,2315}{2} = 33,00 \text{ cm}$$

	Enseio	t_i	T_i	$\overline{T_i}$	ΔT_i
		Seq 10,1			
Esfera 1	1	11,8			
	2	12,1			
	3	11,9			
Esfera 2	1	12,0			
	2	12,4			
	3	12,1			
Esfera 3	1	12,2			
	2	12,0			
	3	11,9			

$$L_{\text{gancho } m_3} = 1,10 \text{ cm}$$

$$L_{\text{fio } m_3} = 35,87 - 1,10 = \frac{1,9628}{2} = 33,79 \text{ cm}$$

$$d_1 = 24,735 \text{ mm}$$

$$d_2 = 22,315 \text{ mm}$$

$$d_3 = 19,628 \text{ mm}$$

L	θ_0	Enseio	t_i	T_i	$\overline{T_i}$	ΔT_i
$35,87 \pm 0,05$	$5^\circ \pm 0,5$		$\Delta \pm 0,1$			
$35,87$	5°	1	11,8			
		2	11,8			
		3	12,0			
	10°	1	11,8			
		2	11,8			
		3	11,9			
	15°	1	11,9			
		2	11,9			
		3	11,9			

$$L_{\text{fio } g} = 35,60$$

$$L = 35,60 + 1,30 + \frac{2,4735}{2} = 38,14$$

θ	L	Ensayo	t_i	T_i	\bar{T}_i	$\Delta \bar{T}_i$	T_i^2	$\Delta(T_i^2)$
graus 10,5	cm $\pm 0,05$		$\Delta \pm 0,1$					
5°	35,87	1	12,0					
		2	11,8					
		3	11,9					
	38,14	1	12,4					
		2	12,5					
		3	12,4					
	41,44	1	13,1					
		2	13,0					
		3	13,1					

$$m_{11} = 67,3 \text{ g}$$

$$m_{12} = 67,3 \text{ g}$$

$$m_{13} = 67,3 \text{ g}$$

$$m_1 = 67,3 \text{ g}$$

$$m_{21} = 29,4 \text{ g}$$

$$m_{22} = 29,4 \text{ g}$$

$$m_{23} = 29,3 \text{ g}$$

$$m_2 = 29,4 \text{ g}$$

$$m_{31} = 42,6 \text{ g}$$

$$m_{32} = 42,6 \text{ g}$$

$$m_{33} = 42,8 \text{ g}$$

$$m_3 = 42,8 \text{ g}$$

$$L_{fio3} = 38,90$$

$$L_3 = 38,90 + 1,30 + \frac{2,4735}{2} =$$

$$= 41,44$$

$$L_{fio4} = 42,60$$

$$L_4 = 42,60 + 1,30 + \frac{2,4735}{2} =$$

$$= 45,14$$

45,14	1	13,5				
	2	13,2				
	3	13,4				

	Valor	Incerteza	Unidade
m1	67,3	0,1	g
m2	29,4	0,1	g
m3	42,7	0,1	g
L	35,87	0,05	cm
θ	5	0,5	graus

Tabela 1

	Ensaio	t _i	T _i	Média	Incerteza da média
		s \pm 0.1	s \pm 0.01	s	s
Esfera 1	1	11,8	1,18	1,19	0,01
	2	12,1	1,21		
	3	11,9	1,19		
Esfera 2	1	12	1,20	1,22	0,01
	2	12,4	1,24		
	3	12,1	1,21		
Esfera 3	1	12,2	1,22	1,20	0,01
	2	12	1,20		
	3	11,9	1,19		

Tabela 2

Média das médias de T _i :	1,20
Incerteza da média das médias de T _i :	0,01

Tabela 3

L	θ	Ensaio	t _i	T _i	Média	Incerteza da média
cm \pm 0.05	graus \pm 0.5		s \pm 0.1	s \pm 0.01	s	s
35,87	5	1	11,8	1,18	1,187	0,007
		2	11,8	1,18		
		3	12,0	1,20		
	10	1	11,8	1,18	1,183	0,003
		2	11,8	1,18		
		3	11,9	1,19		
	15	1	11,9	1,19	1,190	0,000
		2	11,9	1,19		
		3	11,9	1,19		

Tabela 4

Inverso da velocidade angular $y = 0,0003x + 1,1833$

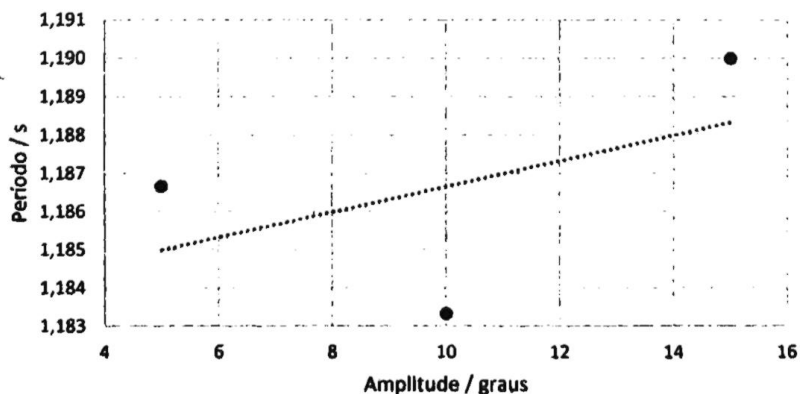


Gráfico 1

θ	L	Ensalo	t ₁	T ₁	Média	Incerteza da média	(Média de T ₁) ²	Incerteza
graus±0,5	m±0,0005		s±0,1	s±0,01	s	s	g	s ²
S	0,3587	1	12,0	1,20	1,19	0,006	1,416	0,014
		2	11,8	1,18				
		3	11,9	1,19				
	0,3814	1	12,4	1,24	1,24	0,003	1,546	0,008
		2	12,5	1,25				
		3	12,4	1,24				
	0,4144	1	13,1	1,31	1,31	0,003	1,707	0,009
		2	13,0	1,30				
		3	13,1	1,31				
	0,4514	1	13,5	1,35	1,35	0,009	1,832	0,024
		2	13,7	1,37				
		3	13,4	1,34				

Tabela 5

Ajuste linear	
4,4762221	-0,17187
0,3656304	0,147347
0,9868316	0,025574
149,8782594	2
0,0980242	0,001308

Tabela do ajuste linear

		Incerteza
Valor obtido:	8,82	0,72
Valor verdadeiro:	9,81	
Erro percentual	10,10	

Tabela 6

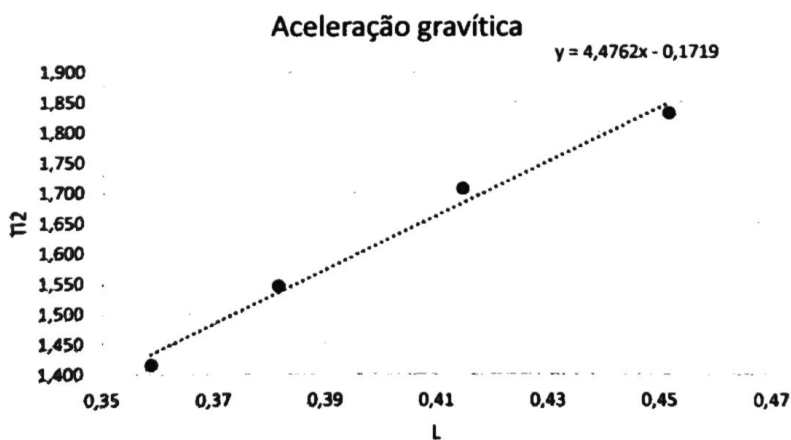


Gráfico 2

Discussão

De acordo com a tabela 2, ao calcular o período a partir dos dados obtidos, verificou-se que estes valores são bastante próximos.

Ao calcular a incerteza da média dos períodos de T_i , verificamos que este valor é bastante baixo (tal como demonstrado na tabela 3) concluindo-se que a massa não tem grande influência no período.

A diferença entre os valores obtidos de T_i pode ser devido a erros como:

- A força de Coriolis, que faz a esfera oscilar em direções indesejadas (ou seja, não horizontalmente), afetando a direção de cada oscilação.

- Falta de exatidão ao iniciar e parar o cronômetro, apesar de passar a cronometrar tendo trocado várias vezes de modo a minimizar este erro.

Pela observação da tabela 4, que contém os dados retirados do segundo passo desta experiência, também podemos concluir que os valores dos períodos obtidos para cada amplitude são parecidos.

Tal como está no gráfico 1, o declive da reta é praticamente 0, logo, a reta é horizontal, pelo que concluímos que a amplitude não tem grande influência no período.

Possíveis desvios da média podem ser devidos aos erros previamente mencionados.

Relativamente à tabela 5, observamos um aumento em ambos a média e o comprimento. Ao visualizar o gráfico 2 e fazer o ajuste linear do mesmo obtemos que $\frac{4\pi^2}{g}$ é 49762, pelo que $g = 8,82 \text{ m/s}^2$. A incerteza deste valor relativamente ao valor verdadeiro é de 10,10%, pelo que ainda é um valor bastante elevado.

As causas para este valor podem-se dever aos erros previamente mencionados.

Conclusão

De acordo com o que foi discutido, pode-se concluir que tanto a massa ~~da~~ como a amplitude inicial não têm influência no período de um pêndulo.

Para minimizar o erro no cálculo da gravidade pode-se lançar a esfera com uma ligeira inclinação para fora do pêndulo, de modo a ~~evitar~~ contrariar a força de Coriolis, realizar um maior número de ensaios de modo a obter um ajuste linear mais fiável e tomar mais precauções na medição do início e do fim do cronómetro.