Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Quimica

Curso Engenharia do Ambiente

Pos Laboral

Cadeira Física I
Laboratório de Física I

Tema: Pêndulo Simples e Movimento Harmonico

Discentes:
Pondja, Luísa
Gomana, Desire
Cuna, Osman Miguel
Uamusse, Elisabeth Manuel
Mandhula, Cacilda,
Mindú, Nilton Cremildo
Paulo, Palmira

Docente:
Félix Tomo,
Belarmino Matsinhe

Maputo, Abril de 2023

Introdução

O presente trabalho irá abordar e retratar os resultados obtidos no laboratório sobre a experiencia do pêndulo simples e tentativas de determinar o valor de aceleração de gravidade local.
As experiencias foram conduzidas em um laboratório virtual, onde o modelo usado de pêndulo simples, era constituído por uma pequena massa por um fio leve e inextensível fixo a um ponto. Quando afastado da sua posição de equilíbrio e solto, o Pêndulo oscilará em um plano vertical, sob a acção da gravidade local e da tracção exercida pelo fio.

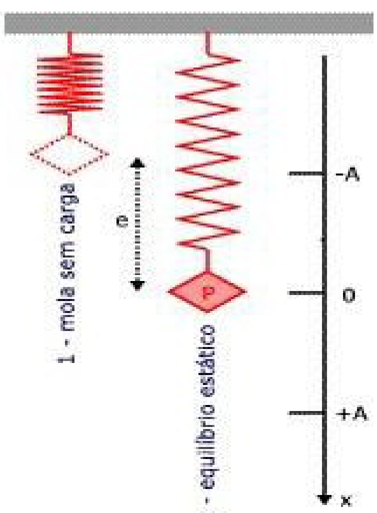
Objectivos:

1. Estudar o movimento de um pêndulo simples;
2. Determinar a dependência entre o período T de oscilação e o seu comprimento L;
3. Medir o período das oscilações com diferentes massas;
4. Verificar factores que influenciam no período do pêndulo;
5. Determinar a aceleração de gravidade local.

Resumo teórico

Qualquer movimento que se repete em intervalos de tempo iguais constitui um movimento periódico. O movimento periódico de uma partícula pode sempre ser expresso em função de senos e cossenos, motivo pelo qual ele é também denominado movimento harmônico. Se a partícula em movimento periódico se move para diante e para trás na mesma trajetória, seu movimento é chamado oscilatório ou vibratório. A forma mais simples de oscilação, é o movimento harmônico simples (MHS), é o movimento que ocorre quando numa trajetória retilínea, uma partícula oscila periodicamente em torno de uma *posição de equilíbrio* sob a ação de uma *força restauradora*, sempre orientada para a posição de equilíbrio e de intensidade proporcional à distância da partícula à posição de equilíbrio.

Exemplos comuns deste tipo de movimento são o de um corpo preso a uma mola ou o de um pêndulo simples



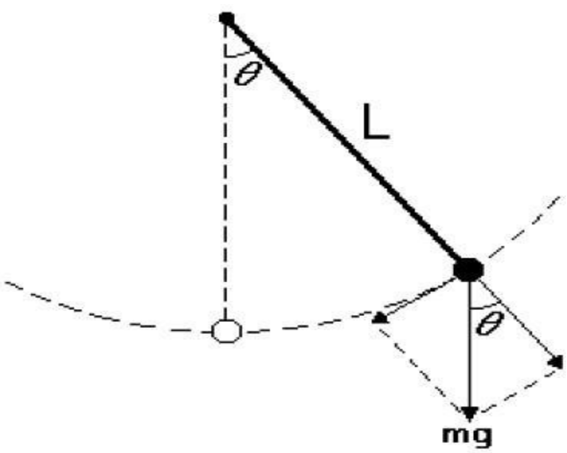
$$TT = 2\pi\pi\sqrt{mm/KK}$$

Figura 1- Oscilador de mola

Portanto, em um sistema massa-mola, o período depende da massa presa à mola e da constante elástica da mola k.

O pêndulo simples é um corpo ideal que consiste de uma massa (m)puntiforme suspensa por um fio leve e inextensível de comprimento L. Quando afastado de sua posição de equilíbrio (= 0o, na

Figura 2) e largado, o pêndulo oscilará em um plano vertical sob a ação da gravidade. O movimento é periódico e oscilatório. O tempo necessário para uma oscilação completa é chamado período (T). Existem vários pêndulos estudados por físicos, já que estes o descrevem como um objecto de fácil previsão de movimentos e que possibilitou inúmeros avanços tecnológicos, alguns deles são os pêndulos físicos, de torção, matemático e outros. Mas o modelo mais simples, e que tem maior utilização é o *Pêndulo Simples*.



$$TT = 2\pi\pi\sqrt{LL/gg}$$

Figura 2 - Pêndulo simples

Equipamento ou Material Necessário

1. Tripé universal;
2. Massas;
3. Cronómetro;
4. Pêndulo.

Procedimentos experimentais

1. Regular o comprimento L_1 do pêndulo para 50 cm. Posicionar se o pêndulo ao ângulo de 10^{0} posição equilíbrio e soltar. Medir o tempo, *t*, que o pêndulo leva para fazer 10 oscilações completas e anotar na Tabela 1. Repetir o procedimento cinco vezes.

2. Repetir se o procedimento para L_2 = 80 cm e L_3 = 100cm. Fazer cinco vezes cada medida e anotar na Tabela 1.

Tabela 1

Comprimento do pêndulo L (m)	**Números de medidas**	**Numero de oscilações completas**	**Tempo tt (ss)**	$tt_{mmédddddd}$ (s)	**Período T (s)**	$TT_{mméddddd}$ (ss)	$\Delta\Delta TT_{mméddddd}$	$TT^{22}_{mméddddd}$ (ss^{22})	ff (HHHH)
	1								
	2								
50	3	10							
	4								
	5								
	1								
	2								
80	3								
	4	10							
	5								
	1								
	2								
	3	10							
100	4								
	5								

3. Calcular $t_{médio}$ para cada comprimento do pêndulo;

4. Completar a Tabela 1 calculando os valores de $TT = tt/10$, do desvio médio do período ΔT, e de TT_{medio};

5. Utilizando a equação $T = 2\pi\sqrt{L/g}$, calcule a aceleração da gravidade local média, g_{media}, em (m/s^2) para cada comprimento do pêndulo. Determinar o desvio Δg do experimental;

6. Expressar o resultado final como g = (g ± Δg) m/s^2. O comprimento do pêndulo influencia no valor da aceleração da gravidade?

7. Construir o gráfico (T × L) e explicar;

8. Deslocar o pêndulo para 5, 10, 15, 20 e 25 graus do ponto de equilíbrio e para cada caso registar o tempo gasto em 5 oscilações completas com o comprimento de 1,0 metro e preencher a tabela 2.

Tabela 2

Ângulo	**Números de medida**	**No oscilações completas**	t(s)	**t_{medio}**	**Período T(s)**	**T_{medio} (s)**	**ΔT_{medio}**	**f (Hz)**
5	1	5						
	2							
	3							
10	1	5						
	2							
	3							
15	1	5						
	2							
	3							
20	1	5						
	2							
	3							
25	1	5						
	2							
	3							

9. Construir o gráfico de (T × A), considerar os valores médios de cada período. A amplitude do pêndulo influencia no valor do período do pêndulo?

10. Mantendo o comprimento de L=1,0 metros, trocar a massa por uma maior, usando 3 massas sucessivamente maiores e determinar o tempo que o pêndulo leva a completar 5 oscilações e preencha a tabela 3

n	Massa pêndulo	Tempo de 5 oscilações	Período (s)	ff (HHHH)
1				
2				
3				

11. Qual a relação entre o período do pêndulo e a massa;

Resultados experimentais

Primeiro regulou-se o comprimento L_1 do pêndulo para 50 cm, em seguida posicionou-se o pêndulo na posição de ângulo $10°$ em relação a posição de equilíbrio e soltou-se. Mediu-se o tempo, t , que o pêndulo leva para fazer 10 oscilações completas e a partir da fórmula $TT = tt/10$ determinou-se o período para cada medição. Repetiu-se o procedimento cinco vezes, tendo se obtido os seguintes dados:

LL11 = 5555 ccmm				
t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	t_5 (s)
14,23 s	14,15 s	14,27 s	14,22 s	14,26 s
T_1 (s)	T_2 (s)	T_3 (s)	T_4 (s)	T_5 (s)
1,42 s	1,41 s	1,42 s	1,42 s	1,42 s

Repetiu se o procedimento para L_2 = 80 cm e L_3 = 100 cm. Fez-se cinco vezes cada medida tendo se obtido os seguintes dados:

LL22 = 8855 ccmm				
t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	t_5 (s)
17,88	17,97	17,98	17,87	17,97
T_1 (s)	T_2 (s)	T_3 (s)	T_4 (s)	T_5 (s)
1,78	1,79	1,79	1,78	1,79

LL33 = 115555 ccmm				
t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	t_5 (s)
20,07	20,07	20,12	20,10	20,13
T_1 (s)	T_2 (s)	T_3 (s)	T_4 (s)	T_5 (s)
2,00	2,00	2,01	2,01	2,01

Usando a fórmula $t_{\text{médio}} = \frac{\sum t_{i}}{nn}$ (n- é o número das medições) e determinou-se o tempo médio para cada comprimento do pêndulo, tendo se obtido os seguintes dados:

	LL11 = 5555 ccmm	LL22 = 8855 ccmm	LL33 = 115555 ccmm
ttmmédddddd (ss)	14,23	17,93	20,10

Para determinar o $\Delta T_{\text{médio}}$, primeiro determinou-se o ΔT para cada medição/tentativa experimental e calculou-se o $\Delta T_{\text{médio}}$ usando a seguinte expressão:

$$\Delta T_{\text{médio}} = \frac{\text{soma dos módulos de } \Delta T}{\text{número das medições}}$$

$$\Delta T_{\text{médio}} = \frac{\sum |\Delta T|}{n}$$

Tendo se obtido os seguintes dados:

	LL11 = 5555 ccmm	LL22 = 8855 ccmm	LL33 = 115555 ccmm
ΔTTmmédddddd (ss)	0,0025	0,0040	0,0040

A posterior anotou-se os dados obtidos acima na Tabela 1.

Comprimento do pêndulo LL (mm)	Números de medidas	Número de oscilações completas	Tempo tt (ss)	ttmmédddddd (ss)	Período TT (ss)	TTmmédddddd (ss)	ΔTTmmédddddd	TT22mmédddddd (ss22)	ff (HHHH)
50	1	10	14,23	14,23	1,42	1,42	0,0025	2,01	0,70
	2		14,15		1,41				
	3		14,27		1,42				
	4		14,22		1,42				
	5		14,26		1,42				
80	1	10	17,88	17,93	1,78	1,79	0,0040	3,20	0,56
	2		17,97		1,79				
	3		17,98		1,79				
	4		17,87		1,78				
	5		17,97		1,79				

100	1	10	20,07	20,10	2,00	2,01	0,0040	4,04	0,50
	2		20,07		2,00				
	3		20,12		2,01				
	4		20,10		2,01				
	5		20,13		2,01				

Utilizando a equação $T = 2\pi\sqrt{L/g}$, deduziu-se que $g = 4\pi^2 L/T^2$.

Depois calculou-se a aceleração de gravidade local média, $g_{média}$, para cada comprimento do pêndulo usando o período médio para cada comprimento do pêndulo, tendo se obtido os seguintes dados:

	LL_{11} = 5555 ccmm	LL_{22} = 8855 ccmm	LL_{33} = 115555 ccmm
$gg_{mmédddidd}$ (mm/ss^{22})	9,79	9,86	9,87

Para determinar o $\Delta g_{média}$, usou-se a seguinte expressão:

$$\Delta g_{média} = g - g_{média}$$

Sendo a gravidade local $g = 9.81\ m/s^2$ obteve os seguintes dados:

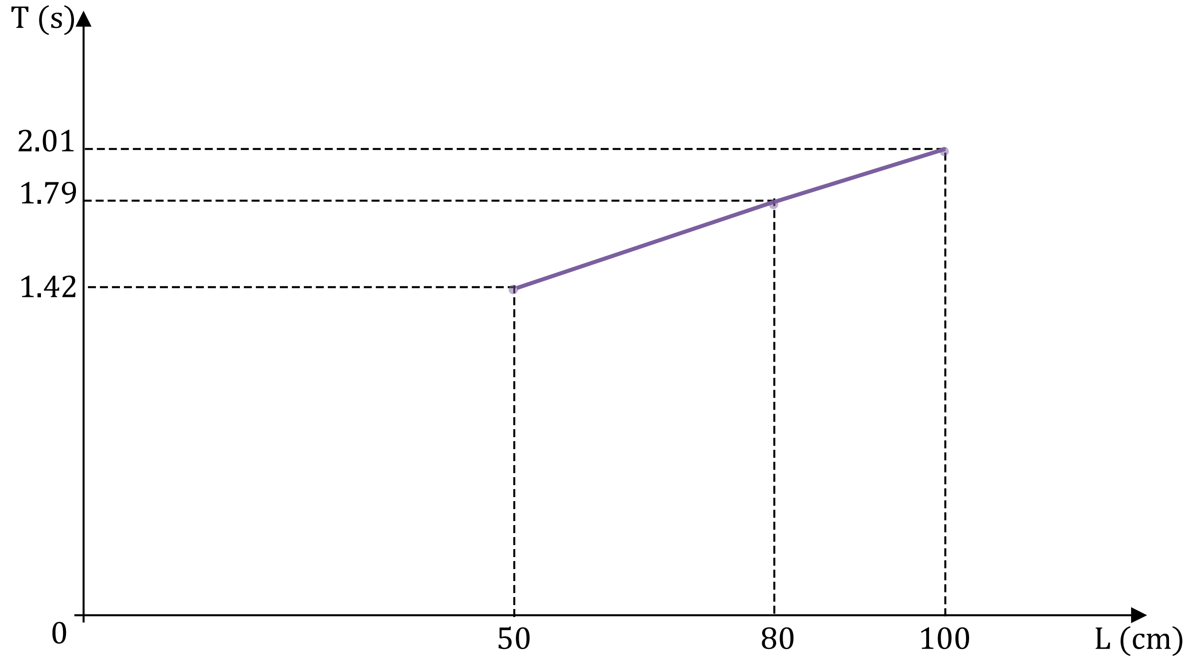
	LL_{11} = 5555 ccmm	LL_{22} = 8855 ccmm	LL_{33} = 115555 ccmm
$\Delta gg_{mmé dddidd}$ (mm/ss^{22})	0,02	$-0{,}05$	$-0{,}06$

Por fim expressou-se o resultado final como $g = (g \pm \Delta g)\ m/s^2$.

	LL_{11} = 5555 ccmm	LL_{22} = 8855 ccmm	LL_{33} = 115555 ccmm
$\Delta gg_{mmédddidd}$ (mm/ss^{22})	$9{,}79 \pm 0{,}02$	$9{,}86 \pm 0{,}05$	$9{,}87 \pm 0{,}06$

O comprimento do pêndulo não influencia no valor da aceleração da gravidade, pois ela é constante, como se pode ver pelos resultados, os desvios são mínimos, com o que se pode concluir que não influencia.

Gráfico (T × L)



Deslocou-se o pêndulo para 5, 10, 15, 20 e 25 graus do ponto de equilíbrio e para cada caso registou-se o tempo gasto em 5 oscilações completas com o comprimento do pêndulo de 1,0 metro e repetiu se para cada caso três vezes, tendo sido obtido os seguintes dados:

Para o ângulo de 55°		
tt_{11} (ss)	**tt_{22} (ss)**	**tt_{33} (ss)**
10,12 s	10,09 s	10,10 s
TT_{11} (ss)	**TT_{22} (ss)**	**TT_{33} (ss)**
2,02 s	2,01 s	2,02 s

Para o ângulo de 1155°		
tt_{11} (ss)	tt_{22} (ss)	tt_{33} (ss)
10,02 s	10,05 s	10,05 s
TT_{11} (ss)	TT_{22} (ss)	TT_{33} (ss)
2,00 s	2,01 s	2,01 s

Para o ângulo de 1155°		
tt_{11} (ss)	tt_{22} (ss)	tt_{33} (ss)
10,07 s	10,07 s	10,08 s
TT_{11} (ss)	TT_{22} (ss)	TT_{33} (ss)
2,01 s	2,01 s	2,01 s

Para o ângulo de 2255°		
tt_{11} (ss)	tt_{22} (ss)	tt_{33} (ss)
10,08 s	10,10 s	10,07 s
TT_{11} (ss)	TT_{22} (ss)	TT_{33} (ss)
2,01 s	2,02 s	2,01 s

Para o ângulo de 2255°		
tt_{11} (ss)	tt_{22} (ss)	tt_{33} (ss)
10,14 s	10,16 s	10,15 s
TT_{11} (ss)	TT_{22} (ss)	TT_{33} (ss)
2,02 s	2,03 s	2,03 s

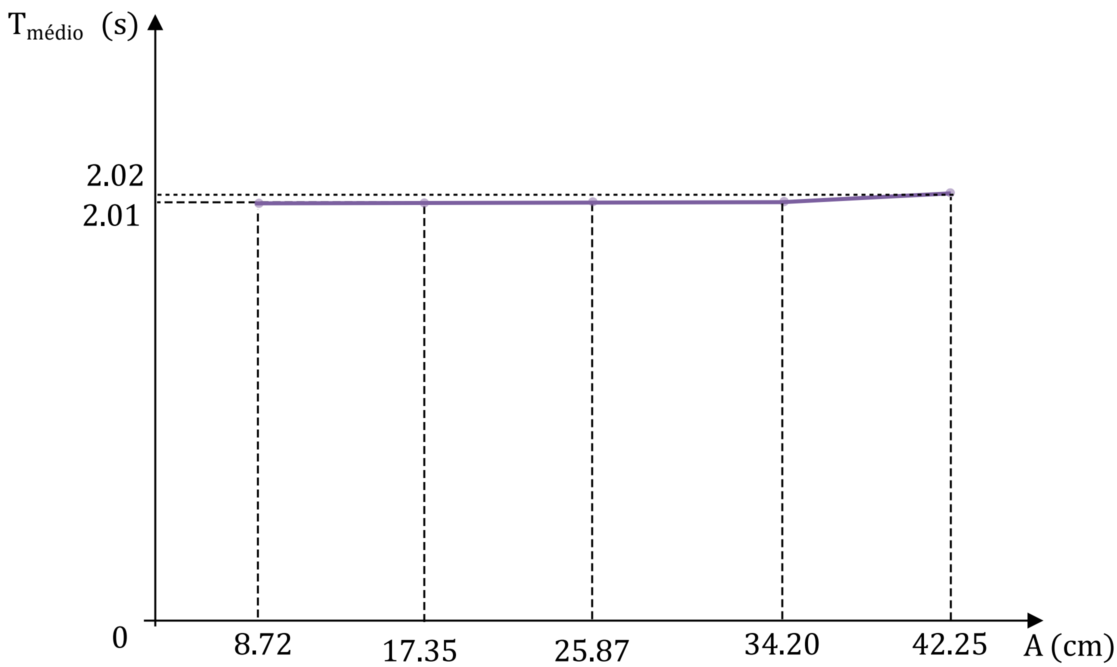
Usando a fórmula $t_{\text{médio}} = \frac{\sum t_i}{n}$ determinou-se o tempo médio para cada ângulo do pêndulo, tendo se obtido os seguintes dados:

Ângulo (°)	5	10	15	20	25
$t_{\text{médio}}$ (s)	10,10	10,04	10,07	10,08	10,15

Para a construção do gráfico de (T×A), usou-se para o cálculo da amplitude a fórmula $A = L \operatorname{sen} \theta$, sendo $L = 100$ cm tendo se obtido os seguintes dados:

Ângulo (°)	5	10	15	20	25
A (cm)	8,72	17,35	25,87	34,20	42,25

Usando os dados obtidos procedeu-se a construção do gráfico.



A amplitude não influência no período do pêndulo, pois tirando os desvios ou erros de medição a função é constante.

Mantendo o comprimento de $L = 1,0$ metro, trocou-se sucessivamente a massa de 0,50 kg por uma maior, usando massas de 1,00 kg e 1,50 kg respectivamente e determinou-se o tempo que o pêndulo leva a completar 5 oscilações e preencheu-se a tabela 3.

n	Massa do pêndulo	Tempo de 5 oscilações	Período (s)	ff (HHHH)
1	0,50	10,19	2,02	0,49
2	1,00	10,12	2,10	0,47
3	1,50	10,19	2,09	0,47

Não existe nenhuma relação entre o período do pêndulo e a massa suspensa, pois para cada valor diferente da massa, o período permaneceu constante, com isso conclui- se que o período é independente das massas.

Conclusão

Na realização da experiencia, procurou-se eliminar os erros grosseiros, para manter os desvios aceitáveis, após ter sido realizada a experiência do pêndulo simples, conclui-se que:

- Não existe dependência entre a massa e o período de oscilação, pois para cada valor de massa, não afecta em grande medida o período, sendo que o período permanece constante (desprezando-se os desvios ou erros de medição);
- Não existe dependência entre a amplitude o período;
- O comprimento é um factor que influencia o período de uma forma directa.