



INSTITUTO SUPERIOR DE TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES

Departamento de Ciências Básicas

Curso: Engenharia Informática e de Telecomunicações

Física I

Turma: Leit13

TEMA: TL2

Pêndulo Simples

Discentes:

- ❖ Manuel Jacinto
- ❖ Sebastião Damião

Docente: Belarmino Matsinhe

Maputo, Maio de 2023

Índice

1. Introdução.....	1
2. Objectivos	1
2.1 Geral.....	1
2.2 Específicos.....	1
3. Resumo teórico	1
3.1 Pêndulo simples.....	2
4. Cronómetro.....	5
5. Esfera.....	5
5.1 Régua graduada	6
6. Erro Relativo.....	6
7. Metodologia.....	6
8. Resultados obtidos durante a experiência.....	7
9. Análise dos resultados	13
10. Conclusão.....	14
11. Referências bibliográficas	15

1. Introdução

O presente relatório laboratorial surge no âmbito da cadeira de física na qual visa abordar o tema: **pêndulo simples**. Realizamos uma experiência laboratorial na qual tinha a finalidade de medir o pêndulo simples na qual procurou-se saber o seu comprimento e o tempo que gastou durante a realização da experiência. No entanto a experiência comprovou se experimentalmente através de equipamentos que foram utilizados no laboratório para medir o pêndulo simples. É desta forma que o tema acima citado tem como objectivo compreender as medições do pêndulo simples.

2. Objectivos

2.1 Geral

- ❖ Medir o pêndulo simples

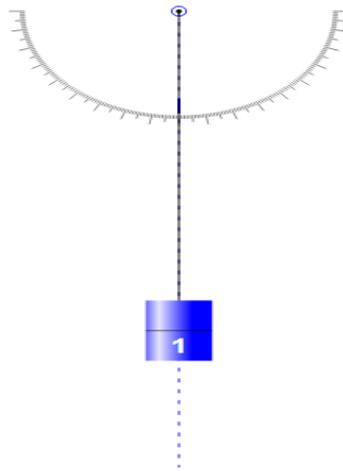
2.2 Específicos

- ❖ Identificar todos os instrumentos usados na medição;
- ❖ Descrever todas as medições feitas no laboratório;
- ❖ Conhecer a função de cada instrumento de medição.

3. Resumo teórico

3.1 Pêndulo simples

O pêndulo simples consiste num corpo (bola) de massa pequena, suspenso dum fio inextensível e sem peso. Quando o pêndulo se desvia da sua posição de equilíbrio e se abandona a si mesmo, a bola oscila ao redor desta posição com um movimento que é por sua vez periódica e oscilatório. Tratemos de averiguar se o movimento é harmónico simples:



A condição necessária para que um corpo realize um movimento harmónico, é que se encontre submetido a uma força recuperadora F , directamente proporcional á elongação (x), e de sentido oposto, portanto, $F = -KX$, donde k é um coeficiente de proporcionalidade.

Naturalmente, a trajectória da bola do pêndulo não é uma linha recta, se não um arco de circunferência de raio L , sendo L o comprimento da corda suporte. A elongação (x), refere se às distâncias medidas ao longo deste arco como mostra a figura 1. Portanto, visto que $x = L \theta$, a condição pode escrever se:

$$F = -KL\theta$$

Mostra se na figura 1 as forças que actuam sobre a bola do pêndulo, no momento em que a sua elongação é x .



A força recuperadora F é:

$$F = mg \sin \theta \quad (1)$$

Portanto, a força recuperadora não é neste caso proporcional a θ , mas sim, a $\sin \theta$, e em consequência, o movimento não é um movimento simples. Pelo que se o ângulo θ é pequeno, $\sin \theta$ é aproximadamente igual a θ (radiano). Na tabela 1 demonstra-se esta afirmação.

Tabela 1. Comparação para ângulos pequenos

θ (graus)	θ (Radianos)	$\sin \theta$	Diferença (%)
0	0.0000	0.0000	0
2	0.0349	0.0349	0.00
5	0.0873	0.0872	0.11
10	0.1745	0.1736	0.51
15	0.2618	0.2588	1.14

A equação (1) converte-se em:

$$F = -mg\theta = -mg\frac{X}{L} = -\frac{mg}{L} X$$

A força recuperadora é então, para pequenos deslocamentos, proporcional à elongação (X) e também proporcional a constante (mg) /L, que representa a constante de proporcionalidade (k).

O movimento do pêndulo simples podemos descrevê-lo aplicando a Segunda lei de Newton. Como vimos, as únicas forças que actuam sobre a partícula são: a gravidade e tensão. Na análise anterior vimos que só uma componente d força de gravidade tem importância na análise movimento e esta seria a força restauradora F; cumprindo a condição de que θ é pequeno, obtemos uma equação diferencial homogénea:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + m\frac{g}{L}\theta = 0 \quad (2)$$

Onde:

θ – Deslocamento angular em relação a posição de equilíbrio.

g- Aceleração da queda livre.

L- Comprimento do fio.

m- Massa da partícula.

t- Tempo decorrido

Esta equação diferencial corresponde a um movimento harmónico simples que tem como solução:

$$\theta = \theta_0 \text{sen}\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right) \quad (3)$$

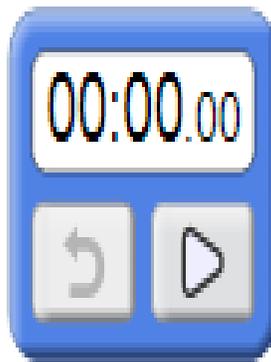
Onde θ_0 e φ_0 são os valores da amplitude e a fase inicial respectivamente, os quais dependem das condições iniciais e, T é o período das oscilações ou seja o tempo que demora o pêndulo a realizar uma oscilação completa. Por sua vez, o período de um pêndulo simples quando a sua amplitude é pequeno é dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}; \text{ Se } k = \frac{mg}{L} \text{ Então } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{mg/L}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (4)$$

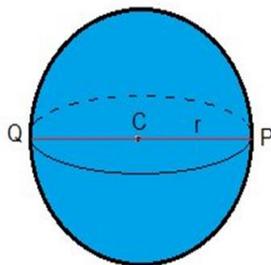
Os instrumentos que foram usados durante a experiência laboratorial são:

- ❖ O pêndulo simples
- ❖ Cronómetro
- ❖ Régua graduada

4. Cronómetro é o nome dado a um tipo específico de relógio usado para medir pequenos intervalos de tempo. E tem como função medir pequenos intervalos de tempo gasto, geralmente em até milésimos de segundos.



5. Esfera é um conjunto de pontos do espaço cuja distância a um ponto fixo é menor ou igual a uma constante.



Massa da esfera é: 1,2kg

5.1 Régua graduada

Régua graduada é um instrumento de medição usado para medir distâncias. Régua graduada tem a função de medir as distâncias do material em estudo.



6. Erro Relativo

É a razão entre o erro absoluto e o valor aproximado de um número.

$$\text{Erro relativo} = \frac{\textit{erro absoluto}}{\textit{valor exacto}}$$

$$\text{Erro percentual} = \text{erro relativo} \times 100\%$$

7. Metodologia

A metodologia utilizada para a elaboração do presente trabalho de pesquisa bibliográfica associado aos conhecimentos adquiridos no decorrer das aulas teorias e praticas.

8. Resultados obtidos durante a experiencia

Tabela 1:

L = 1,0 m					Erro relativo
	t(s)	T(s)	g(m/s²)	$\bar{g} - g_i$	
1	29,91	1,994	9,91	0,11	1,1%
2	30,23	2,015	9,71	0,09	
3	30,21	2,014	9,72	0,08	
4	30,11	2,007	9,79	0,01	
5	30,18	2,012	9,74	0,06	
Media			9,774	0,07	

Tabela 2:

L = 0,80 m					Erro Relativo
	t(s)	T(s)	g(m/s²)	$\bar{g} - g_i$	
1	27,16	1,810	9,63	0,17	1,7%
2	27,17	1,811	9,61	0,19	
3	27,49	1,832	9,40	0,4	
4	27,04	1,802	9,71	0,09	
5	27,29	1,819	9,53	0,27	
Media			9,576	0,224	

Tabela 3:

L = 0,60 m					Erro Relativo
	t(s)	T(s)	g(m/s²)	$\bar{g} - gi$	
1	22,56	1,504	10,46	0,66	6,7%
2	22,78	1,518	10,26	0,46	
3	23,23	1,548	9,87	0,07	
4	23,11	1,540	9,97	0,17	
5	23,00	1,533	10,06	0,26	
Media			10,124	0,324	

Tabela 4:

L = 0,40 m					Erro Relativo
	t(s)	T(s)	g(m/s²)	$\bar{g} - gi$	
1	18,84	1,256	10	0,2	2%
2	18,85	1,256	10	0,2	
3	18,53	1,235	10,34	0,54	
4	18,50	1,233	10,37	0,57	
5	18,57	1,238	10,29	0,49	
Media			10,29	0,4	

Tabela 5:

L = 0,20					Erro Relativo
	t(s)	T(s)	g(m/s²)	$\bar{g} - gi$	
1	13,67	0,911	9,50	0,3	3%
2	13,82	0,921	9,29	0,51	
3	13,97	0,931	9,10	0,7	
4	13,64	0,909	9,54	0,26	
5	13,75	0,916	9,40	0,4	
Media			9,306	0,434	

Cálculos: Tabela 1**formula/ Resolução**

1. Dados

$$T = \frac{t}{n} = \frac{29,91}{15}$$

L = 1,0m

$$T = 1,994s$$

n = 15

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{l}{g}}\right)^2$$

t = 29,91

$$\frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{l}{g} \Rightarrow gT^2 = 4\pi^2 \times l$$

T = ?

$$g = \frac{4\pi^2 \times l}{T^2} \Rightarrow g = \frac{4 \times (3,14)^2 \times 1,0}{(1,994)^2}$$

g = ?

$$g = 9,91m/s^2$$

Cálculos: Tabela 2**Dados****Formulas/ Resolução**

L = 0,80m

$$T = \frac{t}{n} = \frac{27,16}{15}$$

n = 15

$$T = 1,810$$

t = 27,16

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{l}{g}}\right)^2$$

T = ?

$$\frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{l}{g}$$

g = ?

$$\Rightarrow gT^2 = 4\pi^2 \times l$$

$$g = \frac{4\pi^2 \times l}{T^2} = \frac{4 \times (3,14)^2 \times 0,80}{(1,810)^2}$$

$$g = 9,63m/s^2$$

Cálculos: Tabela 3**Formulas/Resolução**

L = 0,060m

$$T = \frac{t}{n} = \frac{23,23}{15}$$

$$n = 15$$

$$T = 1,548s$$

$$t = 23,23$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{l}{g}}\right)^2$$

$$T = ?$$

$$\frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{l}{g}$$

$$g = ?$$

$$gT^2 = 4\pi^2 \times l$$

$$g = \frac{4\pi^2 \times l}{T^2} = \frac{4 \times (3.14)^2 \times 0,60}{(1,548)^2}$$

$$g = 9,87 \text{ m/s}^2$$

Cálculos: Tabela 4

formulas/ Resolução

$$L = 0,40m$$

$$T = \frac{t}{n} = \frac{18,84}{15}$$

$$n = 15$$

$$T = 1,256$$

$$t = 18,84$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{l}{g}}\right)^2$$

$$T = ?$$

$$\frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{l}{g}$$

$$g = ?$$

$$gT^2 = 4\pi^2 \times l$$

$$g = \frac{4\pi^2 \times l}{T^2} = \frac{4 \times (3.14)^2 \times 0,40}{(1,256)^2}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

Calculo: Tabela 5

formulas/ Resolução

$$L = 0,20m$$

$$T = \frac{t}{n} = \frac{13,67}{15}$$

$$n = 15$$

$$T = 0,911s$$

$$t = 13,67$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{l}{g}}\right)^2$$

$$T = ?$$

$$\frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{l}{g}$$

$$g = ?$$

$$gT^2 = 4\pi^2 \times l$$

$$g = \frac{4\pi^2 \times l}{T^2} = \frac{4 \times (3.14)^2 \times 0,20}{(0.911)^2}$$

$$g = 9,50 \text{ m/s}^2$$

Tabela 1:

$$|\bar{g} - g_i|$$

$$|9,8 - 9,91| = 0,11$$

Tabela 3:

$$|\bar{g} - g_i|$$

$$|9,8 - 10,46| = 0,66$$

Tabela 5:

$$|\bar{g} - g_i|$$

$$|9,8 - 9,50| = 0,3$$

Tabela 2:

$$|\bar{g} - g_i|$$

$$|9,8 - 9,63| = 0,17$$

Tabela 4:

$$|g - g_i|$$

$$|9,8 - 10| = 0,2$$

Erro relativo para Tabela 1:

$$\text{Erro relativo} = \frac{\text{Erro absoluto}}{\text{valor exato}} = \frac{0,11}{9,8} = 0,011$$

Erro percentual = erro relativo \times 100%

$$0,011 \times 100 = 1,1\%$$

Erro relativo para Tabela 2:

$$\text{Erro relativo} = \frac{\text{Erro absoluto}}{\text{valor exato}} = \frac{0,17}{9,8} = 0,017$$

Erro percentual = erro relativo × 100%

$$0,017 \times 100 = 1,7\%$$

Erro relativo para Tabela 3:

$$\text{Erro relativo} = \frac{\text{Erro absoluto}}{\text{valor exato}} = \frac{0,66}{9,8} = 0,067$$

Erro percentual = erro relativo × 100%

$$0,067 \times 100 = 6,7\%$$

Erro relativo para Tabela 4:

$$\text{Erro relativo} = \frac{\text{Erro absoluto}}{\text{valor exato}} = \frac{0,2}{9,8} = 0,020$$

Erro percentual = erro relativo × 100%

$$0,020 \times 100 = 2\%$$

Erro relativo para Tabela 5:

$$\text{Erro relativo} = \frac{\text{Erro absoluto}}{\text{valor exato}} = \frac{0,3}{9,8} = 0,030$$

Erro percentual = erro relativo × 100%

$$0,030 \times 100 = 3\%$$

9. Analise dos resultados

Durante a realização da experiência laboratorial de pêndulo simples observou-se que na medida em que se diminui o comprimento do pêndulo os valores iam se alterando diminuindo o seu tempo gasto. Exemplo na primeira tabela o comprimento do pêndulo era de 1 metro, enquanto na segunda tabela o comprimento do pêndulo era de 0,80m, assim sendo, o comprimento ia se diminuir de 20 a 20cm em cada tabela e o tempo gasto no percurso da experiência era de 23,23s na qual foi medido e calculado, portanto, encontrou-se a sua gravidade que era de $9,87\text{m/s}^2$, também anotou-se a massa da esfera que era de 1,2kg. Fazendo uma análise qualitativa dos dados obtidos chegou-se a anotar-se que os valores das tabelas 1,2,3,4 e 5 as suas gravidades decresciam da vez mais diminuindo o comprimento do pêndulo, portanto constatou-se que na tabela 3 consegue-se obter o valor pretendido, assim sendo, a gravidade varia consoante o tempo gasto.

10. Conclusão

Terminado o trabalho concluí-se que no decorrer da experiência laboratorial vimos a diferenças das tabelas de valores de medição, a diferença dos cálculos da gravidade e tempo ou seja o período que gastou durante a experiência. Entretanto vimos também a medição do pêndulo simples onde procurava se saber a sua altura e o tempo gasto durante as oscilações. Portanto comprovou se através de tabelas e cálculos na qual usou se os seguintes instrumentos de medição: Cronometro, Régua graduada, e o próprio material o pêndulo simples.

Finalmente concluímos que a experiência laboratorial foi uma experiência excepcional para nossas vidas porque ajudou nos a perceber como usar os instrumentos de medição. Portanto conhecemos também a respectiva função de cada instrumento de medição.

11. Referências bibliográficas

1. Alejandro, C., E Braimo, J. (2005). Ficha de pêndulo simples ISUTC. Moçambique.
2. Alonso, M., Edward, (1971). Física. Vol. 1. Mecânica. Fondo Educativo Interamericano.
3. Resnick, R., Halliday, D. e K, Krane, (2002). Física 1. Quinta Edição. LTC Editora.
4. Young, H., E Roger, F. (2009). Física universitária. Volume 1. Decimosegunda Edição. Pearson Educación, México.
5. https://www.google.com/search?q=o+que+e++pendulo+simples&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj9-8bWwvrhAhVTUBUIHaIMC2oQ_AUIDigB&biw=1517&bih=730#imgrc=P4Tgk8kO-N7vxM:
6. <https://www.infoescola.com/geometria-espacial/esfera/>
7. https://pt.wikipedia.org/wiki/Fita_m%C3%A9trica