



**INSTITUTO SUPERIOR DE TRANSPORTE E COMUNICAÇÃO**

---

**Departamento de ciências Básicas**

**Física I**

Trabalho laboratorial N° 2

Laboratório Virtual

**“PÊNULO SIMPLES”**

**Responsável:**

Márcio Pagula

**Docente:**

---

## Índice

Introdução Teórica .....	2
Objectivos da aprendizagem .....	4
Material e Métodos.....	4
Material usado para a experiência.....	4
Modo de uso .....	4
Legenda descritiva da função dos controlos usados na experiência .....	4
Procedimentos experimentais .....	5
Orientações .....	7
Conclusão .....	8
Referencias bibliográficas .....	9
Anexos.....	10

## Introdução Teórica

Segundo ALONSO & FINN um pêndulo simples é definido como uma partícula de massa  $m$  presa, num ponto  $o$ , por um fio de comprimento  $l$  e massa desprezível. Se a partícula for afastada lateralmente até a posição B, onde o fio faz um ângulo  $\theta$  com a vertical  $OC$ , e, em seguida, abandonada, o pêndulo oscilará entre  $b$  e a posição simétrica  $b'$ . O tipo de oscilação determina-se através da equação do movimento da partícula. A partícula move-se num arco de círculo com raio  $r = OA$ . As forças que agem sobre a partícula são o peso  $m \cdot g$  e a tensão  $T$  no fio. A figura 1 mostra o pêndulo simples e as forças que actuam no corpo.

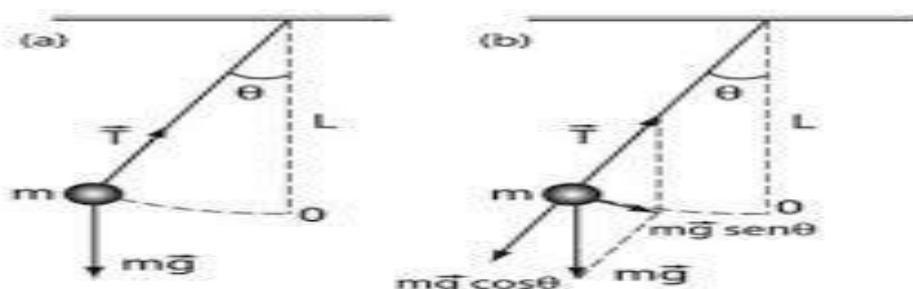


Figura 1: O pêndulo simples e forças que actuam no corpo

A força gravítica tem componente ao longo do fio e na tangente ao arco circular,

$$F_x = mg \sin \theta \quad (1.a)$$

$$F_y = mg \cos \theta \quad (1.b)$$

### Componente Tangencial

Segundo ALONSO & FINN, a componente tangencial da força resultante é representada por

$$F_T = -mg \sin \theta \quad (2)$$

Onde o sinal negativo aparece porque ele tem sentido oposto ao deslocamento.

A componente tangencial da força gravítica é do tipo restauradora. Ao aplicar a segunda lei de Newton, encontra-se

$$-mg \sin \theta = m \frac{d^2 s}{dt^2} \quad (3)$$

Segundo ALONSO & FINN, a partícula se move ao longo de um círculo de raio  $L$ , então para calcular a distância percorrida pelo corpo do arco circular usa-se,

$$s=L\theta$$

Deriva-se esta expressão duas vezes no tempo,

$$\frac{d^2s}{dt^2} = L \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (4)$$

Substitui-se na equação (3),

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l} \text{sen } \theta \quad (5)$$

Segundo ALONSO & FINN, se o ângulo  $\theta$  é pequeno, pode-se escrever  $\text{sen } \theta \sim \theta$  para o movimento do pêndulo que, então, reduz-se a

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l} \theta \quad (6)$$

Que corresponde à equação do Movimento Harmónico Simples.

Numa analogia com a equação do movimento para um corpo preso a uma mola, Movimento Harmónico Simples, a solução para a equação (6) escreve-se como

$$\theta(t) = \theta_{max} \cos(\omega t + \delta) \quad (7)$$

A frequência angular  $\omega$  e o período do movimento  $T$  são respetivamente,

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (8.a)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (8.b)$$

A partir da expressão (8.b) é possível determinar o valor de  $g$  ao medir  $l$  e  $T$ .

## Objectivos da aprendizagem

- a) Determinar a aceleração de gravidade mediante o estudo do movimento de um pêndulo.
- b) Entender a relação entre o período de oscilações e o comprimento da corda, aceleração de gravidade e da amplitude do movimento.

## Material e Métodos

Material usado para a experiência:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_pt_BR.html)

Modo de uso:

1. Clicar em Intro. Observe que aparece na Fig.2.



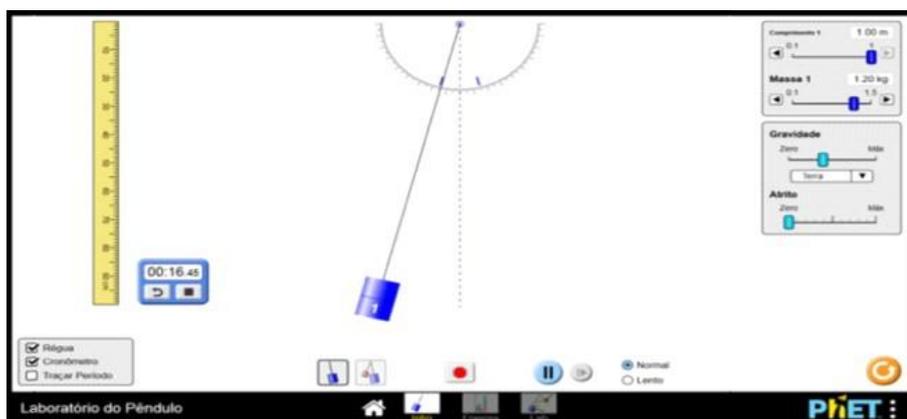
Figura 2: Laboratório virtual intro

Legenda descritiva da função dos controlos usados na experiência:

- A- Régua graduada
- B- Pêndulo simples com goniómetro graduado.
- C- Controlos de variação do comprimento e da massa do pêndulo.
- D- Controlos de variação da gravidade e do atrito.
- E- Controlos da régua graduada, cronómetro e período de oscilação.
- F- Seleção de um ou dois pêndulos.
- G- Botão de *stop*.
- H- Controlos de *play*, *pause* e modo *normal* ou *lento*.
- I- Outros laboratórios virtuais.
- J- Reinicialização.

## Procedimentos experimentais

- a. Clicou se o botão Pause.
- b. selecionou se cronómetro e clicou se play no mesmo.
- c. Calibrou se o pêndulo para um comprimento da corda de  $L_1 = 1,00\text{ m}$  e massado corpo de  $1.2\text{ kg}$ .
- d. Ajustou-se o pêndulo para um ângulo de  $150^\circ$ .
- e. Clicou se o botão Play.
- f. Para reduzir o erro na medição, mediu-se o tempo que demora realizar 10 oscilações do pêndulo e registar na tabela 1.
- g. Repetiu-se o procedimento anterior 4 vezes e registrou-se os dados na tabela.
- h. Reiniciarepetiropredimentoanteriorcomadiminuiçãooprogressivado comprimento do pêndulo para valores  $L_2 = 0,80\text{ m}$ ;  $L_3 = 0,60\text{ m}$ ;  $L_4 = 0,40\text{ m}$  e  $L_5 = 0,20\text{ m}$  em cada experiência. Elaborou-se uma tabela para cada valor de  $L$ . Registrou-se os dados obtidos.



Nr	$t(s)$	$T(s)$	$g(m/s^2)$	$ \bar{g} - g_i $	Erro Relativo
1	20.03	2.003	9.83	0.058	0.736%
2	20.25	2.025	9.61	0.162	
3	20.0	2.0	9.85	0.078	
4	20.05	2.005	9.81	0.038	
5	20.10	2.01	9,76	0.012	
<b>Média</b>			$\bar{g} = 9.772$	$\bar{\Delta}g = 0.072$	

Tabela 1: Determinação da aceleração de gravidade:  $l = 1,00\text{ m}$

Nr	$t(s)$	$T(s)$	$g(m/s^2)$	$ \bar{g} - g_i $	Erro Relativo
1	17.91	1.791	9.83	0.066	0.606%
2	17.97	1.797	9.77	0.006	
3	17.90	1.79	9.84	0.076	
4	18.0	1.8	9.73	0.034	
5	18.08	1.808	9.65	0.114	
<b>Média</b>			$\bar{g} = 9.764$	$\bar{\Delta}g = 0.0592$	

Tabela 2: Determinação da aceleração de gravidade:  $l = 0,80\text{ m}$

Nr	$t(s)$	$T(s)$	$g(m/s^2)$	$ \bar{g} - g_i $	Erro Relativo
1	15.57	1.557	9.76	0.04	0.28%
2	15.54	1.554	9.79	0.01	
3	15.52	1.552	9.82	0.02	
4	15.51	1.551	9.83	0.03	
5	15.50	1.550	9.84	0.04	
<b>Média</b>			$\bar{g} = 9.8$	$\bar{\Delta}g = 0.028$	

Tabela 3: Determinação da aceleração de gravidade:  $l = 0,60\text{ m}$

Nr	t(s)	T(s)	$g(m/s^2)$	$ \bar{g} - g_i $	Erro Relativo
1	12,70	1,27	9.78	0,024	0.598%
2	12,71	1,271	9.76	0,004	
3	12,81	1,281	9.61	0,146	
4	12,70	1,271	9.76	0,004	
5	12,64	1,264	9.87	0,114	
<b>Média</b>			$\bar{g} = 9.756$	$\bar{\Delta}g = 0,0584$	

Tabela 4: Determinação da aceleração de gravidade:  $l=0,40$  m

Nr	t(s)	T(s)	$g(m/s^2)$	$ \bar{g} - g_i $	Erro Relativo
1	9,13	0,913	9.46	0,15	0.915%
2	9,09	0,909	9.54	0,07	
3	9,04	0,904	9.65	0,04	
4	9,0	0,9	9.73	0,12	
5	9,03	0,903	9.67	0,06	
<b>Média</b>			$\bar{g} = 9.61$	$\bar{\Delta}g =$	

Tabela 5: Determinação da aceleração de gravidade:  $l=0,20$  m

### Orientações

a) Determinou-se o período das oscilações, da expressão  $T = \frac{t}{n}$ , onde t é o tempo e n número das 10 oscilações e  $n=10$ . Registrou se o valor nas tabelas acima.

$$T = \frac{t}{n} = \frac{20,03}{10} = 2.003$$

b) Calculou-se a aceleração de gravidade usando a equação (7.b). Registrou-se os dados obtidos nas tabelas acima.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow g = \frac{L * 4\pi^2}{T^2} \Leftrightarrow g = \frac{1 * 4 * 3.14^2}{2.003^2} = 9.83$$

c) Calculou-se o valor do erro relativo. Registrou se nas respectivas tabelas os dados

obtidos.  $E_R = \frac{\Delta g}{g} * 100 \% \Rightarrow E_R = \frac{0.072}{9.772} * 100 \% = 0.736 \%$

## Conclusão:

As variáveis que influenciam o período de oscilações num pêndulo simples são o comprimento do fio e à força de gravidade. Conclui-se também que a relação de proporcionalidade entre o período de oscilações e o comprimento são diretamente proporcionais e observou-se que a aceleração da gravidade varia de acordo com o comprimento e período de oscilações.

## Referencias bibliográficas

ALONSO & FINN VOLUME 1- Mecânica

Maheo Pagula

Tabela 1: Determinação da aceleração de gravidade:  $L = 1,00\text{ m}$

Nr	t(s)	T(s)	$g(m/s^2)$	$ \bar{g} - g_i $	Erro Relativo
1	20.03	2.003	9.83	0.058	0.736%
2	20.26	2.026	9.61	0.162	
3	20.0	2.0	9.85	0.028	
4	20.05	2.005	9.81	0.038	
5	20.10	2.01	9.76	0.012	
Média			$\bar{g} = 9.772$	$\Delta\bar{g} = 0.072$	

Tabela 2: Determinação da aceleração de gravidade:  $L = 0,80\text{ m}$

Nr	t(s)	T(s)	$g(m/s^2)$	$ \bar{g} - g_i $	Erro Relativo
1	15.57	1.557	9.76	0.04	0.28%
2	15.54	1.554	9.79	0.01	
3	15.52	1.552	9.82	0.02	
4	15.59	1.559	9.83	0.03	
5	15.50	1.550	9.84	0.04	
Média			$\bar{g} = 9.8$	$\Delta\bar{g} = 0.028$	

Tabela 3: Determinação da aceleração de gravidade:  $L = 0,60\text{ m}$

Nr	t(s)	T(s)	$g(m/s^2)$	$ \bar{g} - g_i $	Erro Relativo
1	12.70	1.27	9.78	0.024	0.598%
2	12.71	1.271	9.76	0.004	
3	12.81	1.281	9.61	0.146	
4	12.70	1.271	9.76	0.004	
5	12.64	1.264	9.87	0.114	
Média			$\bar{g} = 9.756$	$\Delta\bar{g} = 0.0584$	

Tabela 4: Determinação da aceleração de gravidade:  $L = 0,40\text{ m}$ 

Nr	$t(s)$	$T(s)$	$g(m/s^2)$	$ \bar{g} - g_i $	Erro Relativo
1	9.73	0.913	9.46	0.15	0.915%
2	9.69	0.909	9.54	0.07	
3	9.04	0.904	9.65	0.04	
4	9.0	9.0	9.73	0.18	
5	9.63	0.903	9.67	0.06	
Média			$\bar{g} = 9.61$	$\Delta\bar{g} =$	

 Tabela 5: Determinação da aceleração de gravidade:  $L = 0,20\text{ m}$ 

Nr	$t(s)$	$T(s)$	$g(m/s^2)$	$ \bar{g} - g_i $	Erro Relativo
1					
2					
3					
4					
5					
Média			$\bar{g} =$	$\Delta\bar{g} =$	

