



# Relatório Laboratorial



**TAGUS PARK**

## Oscilações do **Pêndulo Físico**

DIA DA SEMANA: \_\_\_\_\_  
GRUPO: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_



Nº: \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

Nº: \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

Nº: \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

**NOTA:** A azul estão cálculos que podem e devem ser feitos antecipadamente.

	Massa	Dimensão	Momento de Inércia
<b>Rolamento</b>	$M_R = 9 \text{ g}$	$R = 1.1 \text{ cm}$	$I_R = \frac{1}{2} M_R R^2 =$
<b>Vara</b>	$M_V = 54 \text{ g}$	$L_V = 50 \text{ cm}$	$I_V = \frac{1}{3} M_V L_V^2 =$
<b>Peso</b>	$M_P = 25 \text{ g}$	$L_P = 5 \text{ cm}$	$I_{P(CM)} = \frac{1}{12} M_P L_P^2 =$

Tabela 1: Valores do Pêndulo Físico usado.

Ângulos usados	Períodos medidos	Período médio medido	Período teórico
<b>Grandes ângulos</b> (ex. 45°)	_____	$\left\{ \begin{array}{l} T_{Grande} = \\ \Delta T_{Grande} = \end{array} \right.$	$T_{40^\circ} =$
	_____		
	_____		
	_____		
<b>Médios ângulos</b> (ex. 30°)	_____	$\left\{ \begin{array}{l} T_{Médio} = \\ \Delta T_{Médio} = \end{array} \right.$	$T_{25^\circ} =$
	_____		
	_____		
	_____		
<b>Pequenos ângulos</b> (ex. 10°)	_____	$\left\{ \begin{array}{l} T_{Pequeno} = \\ \Delta T_{Pequeno} = \end{array} \right.$	$T_{10^\circ} =$
	_____		
	_____		
	_____		
<b>Todos ângulos</b>	_____	$\left\{ \begin{array}{l} \bar{T} = \\ \Delta \bar{T} = \end{array} \right.$	$T_0 =$
	_____		
	_____		
	_____		

Tabela 2: Valores para Pêndulo constituído só por Vara (sem o Peso)

# 1. Análise da variação do período com o ângulo máximo da oscilação.

Expressão aproximada para pequenos ângulos:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I}{Mgy_{CM}}} \quad \text{com} \quad \left[ I = I_R + I_V \quad ; \quad M = M_R + M_V \quad ; \quad y_{CM} = \frac{M_V \frac{L_V}{2}}{M_R + M_V} \right]$$

Expressão não aproximada:  $T = T_0 \left( 1 + \frac{1}{4} \sin^2 \left( \frac{\alpha_0}{2} \right) + \frac{9}{64} \sin^4 \left( \frac{\alpha_0}{2} \right) + \dots \right)$  sendo  $\alpha_0$  o ângulo máximo inicial.

1.1. Preencha a coluna do período teórico do Quadro anterior.

1.2. Calcule o erro relativo previsto pelo modelo teórico:

$$\Delta T_{\text{teórico}} = \frac{T_{40^\circ} - T_0}{T_0} =$$

$$\left| 1 - \Delta T_{\text{teórico}} \right| * 100 = \quad \%$$

1.3. Avalie o erro relativo experimental:

$$\Delta T_{\text{experimental}} = \frac{T_{\text{grande}} - T_{\text{pequeno}}}{T_{\text{pequeno}}} =$$

$$\left| 1 - \Delta T_{\text{experimental}} \right| * 100 = \quad \%$$

1.4. Avalie o valor de  $\bar{T}$  que vai ser tomado daqui em diante como representativo do valor do período do nosso pêndulo físico. Podemos considerar o seu erro associado como aceitável? Qual o  $g$  previsto?

## 2. Comparação com o pêndulo matemático.

Muitas vezes é usado como modelo aproximado do pêndulo físico um pêndulo matemático colocado no Centro de Massa do pêndulo físico. Analise o erro que se comete se o fizéssemos neste caso.

2.1. Calcule a posição do CM e do período:

$$y_{CM} = \frac{M_V \frac{L_V}{2}}{M_R + M_V} =$$

$$T_{\text{matemático}} = 2\pi \sqrt{\frac{y_{CM}}{g}} =$$

2.2. Altera-se significativamente o resultado anterior se desprezarmos a massa do rolamento?

2.3. Calcule o erro teórico:

$$\left| \frac{T_{\text{físico}} - T_{\text{matemático}}}{T_{\text{físico}}} \right| * 100 = \quad \%$$

2.4. Calcule o erro experimental:

$$\left| \frac{T_{\text{experimental}} - T_0}{T_0} \right| * 100 = \quad \%$$

2.5. Admitindo que o erro anterior provem apenas do valor de  $g$ , calcule o  $g_{\text{exp}}$ .

$$T_{\text{exp}} = \frac{2\pi}{\sqrt{g_{\text{exp}}}} \sqrt{\frac{2}{3} L_V + \frac{M_R R^2}{M_V L_V}} \Rightarrow g_{\text{exp}} =$$

### 3. Análise da variação do período com a posição do peso ao longo da vara.

Posição do peso (x) (cm)	Período experimental (T) (s)	Valor médio Experimental (T) (s)	Período teórico $T_{físico}$ (s)
48.5			
43.5			
38.5			
33.5			
28.5			
23.5			
18.5			
13.5			
10.0			
8.5			
5.0			
4.0			

Tabela 3: Vara com peso (CM do peso na posição x).

Com base nas expressões teóricas deduzidas na parte III do Guia, responda às questões seguintes:

3.1. Determine a posição do CM do pêndulo e do momento inércia do peso em função da posição x do

peso e preencha as respectivas colunas do Quadro 4 :  $y_{CM}(x) = \frac{M_V \frac{L_V}{2} + M_P x}{M_R + M_V + M_P}$  .e

$$I_P(x) = I_P^{CM} + M_P x^2$$

3.2. Determine o período do pêndulo matemático equivalente e preencha a respectiva coluna do Quadro 4:

$$T_{matemático}(x) = 2\pi \sqrt{\frac{y_{CM}(x)}{g}}$$

3.3. Calcule o período teórico do pêndulo físico e preencha as respectivas colunas dos Quadros 3 e 4:

$$T_{físico}(x) = 2\pi \sqrt{\frac{I_R + I_V + I_P(x)}{(M_R + M_V + M_P)gy_{CM}(x)}}$$

Posição do peso (x) (cm)	$y_{CM}$ (cm)	$I_P$ ( $gcm^2$ )	$T_{matemático}$ (s)	$T_{físico}$ (s)	$T_{experimental}$ (s)
48.5					
43.5					
38.5					
33.5					
28.5					
23.5					
18.5					
13.5					
10.0					
8.5					
5.0					
4.0					

Tabela 4: Valores de T para os 3 métodos.

Entre no programa gráfico **Origin** e faça a análise pedida.

3.4. Represente graficamente o período do pêndulo em função da posição x do peso.

No mesmo gráfico represente :  $T_{matemático}(x)$ ,  $T_{físico}(x)$  e  $T_{experimental}(x)$ .

A função  $T_{físico}(x)$  pode ser representada por um modelo teórico com 3 parâmetros:

$$T = P_1 \sqrt{\frac{P_2 + x^2}{P_3 + x}} \text{ com } \left( P_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} ; P_2 = \frac{I_R + I_V + I_{P(CM)}}{M_P} ; P_3 = \frac{M_V L_V}{2M_P} \right)$$

3.5. Calcule os valores teóricos dos 3 parâmetros usados no ajuste.

$$P_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} = \quad ; \quad P_2 = \frac{I_R + I_V + I_{P(CM)}}{M_P} = \quad ; \quad P_3 = \frac{M_V L_V}{2M_P} =$$

3.6. Crie um novo gráfico só com valores experimentais e ajuste-os a um modelo teórico usando as facilidades do programa **Origin** (ver Guia do Pêndulo – Parte II Tratamento de dados.).

NOTA: Pode usar o gráfico anterior mas não se esqueça de indicar qual a coluna onde quer fazer o ajuste em Activate DataSet..

3.7. Compare os valores de  $P_2$  e  $P_3$  encontrados no ajuste com os teóricos calculados em 3.5.

3.8. Qual o valor da aceleração da gravidade **g** previsto pelo modelo em  $P_1$ ? Com base no erro experimental do ajuste comente o resultado. Compare com o **g** obtido só com vara.