

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT  
JOINVILLE



Roteiro da Experiência 2

**Oscilador Massa-Mola (M-M)**

**FÍSICA EXPERIMENTAL II – FEX2001**

**Joinville/SC, fevereiro de 2024**

## **Introdução**

O oscilador massa-mola é constituído de um corpo de massa  $m$  ligado a uma mola de constante elástica  $k$ , presa a uma parede, ou suspensa num suporte. Quando a mola é comprimida (ou esticada) e liberada, o corpo passa a executar um movimento unidimensional de vai-e-vem, ou seja, um movimento harmônico simples (MHS), quando desconsiderando o atrito e, dirigido pela força linear restauradora da mola.

Observa-se que o sistema oscila em tempos regulares, conhecido como período  $T$ , que podem ou não depender de alguns fatores, por exemplo, a amplitude de oscilação  $x_m$ , a massa suspensa  $m$  ou da constituição da mola (formato, material, etc) – constante elástica  $k$ .

Que fatores afetam o período de oscilação do oscilador massa-mola? A equação do período do oscilador massa-mola pode ser determinada experimentalmente?

## **Objetivos**

- Determinar experimentalmente o efeito da amplitude, da massa e do comprimento da mola no período de um pêndulo simples.
- Usar os dados experimentais para desenvolver uma equação para o período de oscilação.
- Determinar a constante elástica da mola com a equação encontrada.

## **Equipamentos e materiais disponíveis**

Os equipamentos já estão montados e os materiais disponíveis na bancada.

- Suporte montado na bancada (prendedor universal, haste metálica de 120 cm e grampo com 3 pontos de ancoragem);
- Suporte de massas e Conjunto de massas diferentes;
- mola;
- Trena;
- Cronômetro (aplicativo cronômetro do celular);
- Balança digital (disponível na bancada da balança).

## **Limitações e cuidados da experiência**

- Não há aparato para reproduzir ou medir a velocidade dos objetos.
- A experiência se limitará a distender verticalmente a mola e soltar do repouso, com uma certa amplitude.
- Oscilações apenas para pequena amplitude (deslocamento vertical em torno de 5 cm em relação a posição de equilíbrio elástico).

A investigação seguirá o método científico de forma simplificada e resumida, dividida em duas atividades experimentais.

## Atividade experimental 1

### 1. Observações e Perguntas

Elabore, anote e realize procedimentos simples e rápido para as observações qualitativas (sem a necessidade de medidas) restrito aos equipamentos, materiais disponíveis e limitações da experiência, citados anteriormente, para as seguintes observações:

a) Período em função da amplitude (deslocamento vertical em torno de 5 cm).

Procedimento:

O que é observado?

b) Período em função da massa.

Procedimento:

O que é observado?

c) Período em função da tipo/forma da mola.

Procedimento:

O que é observado?

Baseado nas observações realizadas anteriormente, identifique qual ou quais fatores são de interesse para uma investigação mais detalhada e criteriosa. Anote abaixo.

Com o fator identificado podemos fazer algumas perguntas que poderão (ou não) ser respondidos ao concluir a experiência. Os principais questionamentos são:

- a) Por que o fenômeno ocorre?
- b) Como ele é descrito?
- c) Quais outros fatores podem influenciá-los?

Havendo mais perguntas, anote abaixo.

## 2. Hipóteses e Teoria

Revise a Segunda Lei de Newton [1], aplique o conceito para oscilador massa-mola [2] para pequena amplitude de oscilação e demonstre que para a força elástica

$$F = -kx \quad (1)$$

Onde  $k$  é a constante elástica da mola e  $x$  a variação do comprimento da mola; a equação teórica para o período do movimento é

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{k}\right)m \quad (2),$$

onde  $m$  é a massa suspensa e  $k$  é a constante elástica da mola.

## 3. Experimentos

A seguir são apresentados o procedimento experimental necessário para investigação do período da oscilação de pequena amplitude, em função da massa suspensa pela mola.

### Procedimento experimental

#### Medidas das deformações da mola

- Meça cada massa  $m_i$  sugeridas na Tabela 1 (1 suporte de massas + 5 cargas ao total). Classifique elas em ordem crescente e anote na Tabela 1 e 2 respectivamente.
- Calcule a força peso  $F_i$  de cada uma delas e anote na Tabela 1.
- Suspenda a mola no suporte e meça/marque seu comprimento inicial  $x_0$ . Anote na Tabela 1.
- Prenda na extremidade livre da mola o suporte de massas ( $m_i$ ).
- No equilíbrio meça o novo comprimento da mola  $x_i$  e anote sua deformação na Tabela 1.
- Sobre o suporte de massas coloque as massas  $m_i$  indicadas na Tabela 1 e meça as correspondentes deformações da mola  $x_i$ , anotando-as até completar essa Tabela 1.
- Repita a etapa d) até f) para as massas  $m_i$  seguintes na ordem crescente, e complete a Tabela 1.

#### Medidas das Períodos de Oscilações

- Inicie o MHS com a menor massa (suporte com 10 g). Para isso enganche o suporte na extremidade da mola. A partir da posição de equilíbrio elástico do conjunto, distenda a mola de aproximadamente 5 cm. Prepare o cronômetro. Acione o cronômetro no momento que soltar a mola, e registre o tempo para dez oscilações completas (tempo de dez períodos  $t = 10T$ ); determine o período  $T_i$  e anote na Tabela 2. Repita esse procedimento 10 vezes, para a mesma massa  $m_i$ , anotando na Tabela 2.
- Repita a etapa anterior h) para as massas  $m_i$  seguintes na ordem crescente, e complete a Tabela 2.

### Medidas realizadas

Tabela 1					
		$x_0 =$		$g = 9,79061 \text{ m/s}^2$	
$m_1(g)$	$m_2(g)$	$m_3(g)$	$m_4(g)$	$m_5(g)$	$m_6(g)$
5	25	35	55	75	95
$F_1(N)$	$F_2(N)$	$F_3(N)$	$F_4(N)$	$F_5(N)$	$F_6(N)$
$x_1(m)$	$x_2(m)$	$x_3(m)$	$x_4(m)$	$x_5(m)$	$x_6(m)$

<b>Tabela 2</b>					
$m_1(g)$	$m_2(g)$	$m_3(g)$	$m_4(g)$	$m_5(g)$	$m_6(g)$
5	25	35	55	75	95
$T_1(s)$	$T_2(s)$	$T_3(s)$	$T_4(s)$	$T_5(s)$	$T_6(s)$

### Atividade experimental 2

#### 4. Análises

- a) Identifique as variáveis das quantidades físicas e o erro de escala dos instrumentos de medida utilizados no procedimento experimental e anote na Tabela 2.

<b>Tabela 2</b>			
Variável	Quantidade Física	Instrumento digital	Erro de escala
Independente 1			
Dependente 1			
Independente 2			
Dependente 2			

- b) Análise estatística das medidas realizadas.

A partir das medidas da Tabela 1, calcule e preencha na Tabela 3:

- A média para o deslocamento,  $\bar{x}$ , e para o período,  $\bar{T}$ .
- O desvio médio para o deslocamento,  $\overline{\Delta x}$ , e para o período  $\overline{\Delta T}$ .
- O desvio padrão para o deslocamento,  $\sigma_x$ , e para o período  $\sigma_T$ .

<b>Tabela 3</b>							
$m_i (kg)$	$F_i (N)$	$\bar{x} (m)$	$\bar{T} (s)$	$\overline{\Delta x} (m)$	$\overline{\Delta T} (s)$	$\sigma_x (m)$	$\sigma_T (s)$

- c) Análise da equação teórica do período.

Linearize a equação (1) e (2) para construção do gráfico linear no papel milimetrado e escreva as relações de linearização para reta obtida:

Variável independente: $x' =$	(3)
Variável dependente: $y' =$	
Coefficiente angular: $a' =$	
Coefficiente linear: $b' =$	

Variável independente: $x'' =$ Variável dependente: $y'' =$ Coeficiente angular: $a'' =$ Coeficiente linear: $b'' =$	(4)
---	-----

d) Construção e análise do gráfico linear no papel milimetrado.

i. Preencha a Tabela 4, utilizando as relações (3) e (4) e os valores da Tabela 3.

<b>Tabela 4</b>			
Variável independente: $\bar{x}(N)$	Variável dependente: $F(N)$	Variável independente: $m ( \quad kg)$	Variável dependente: $\bar{T}^2(s)$

ii. A partir da Tabela 4, construa dois gráficos lineares em papel milimetrado: *Gráfico 1:  $F$  versus  $\bar{x}$  e Gráfico 2:  $\bar{T}^2$  versus  $m$ .*

iii. Para cada um dos gráficos: Indique na reta obtida, os pontos P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>, apresentando os valores lidos com suas respectivas unidades. Calcule o valor do coeficiente angular e coeficiente linear da reta, com suas respectivas unidades. E, escreva a equação experimental para a reta obtida.

Graf. 1: Equação experimental (papel milimetrado):	(5)
Graf. 2: Equação experimental (papel milimetrado):	

e) Construção e análise do gráfico linear no Excel.

i. A partir da Tabela 4, construa os dois gráficos lineares no Excel. Encontre o melhor ajuste da linha de tendência da curva pelo valor do R-quadrático (próximo de 1).

ii. Leve em consideração o erro de escala dos instrumentos de medidas identificado na Tabela 2 e escreva a equação experimental da reta obtida.

Graf. 1: Equação experimental (Excel):	(6)
Graf. 2: Equação experimental (Excel):	

f) Resultados

i. Utilize as equações (3) e (4) e determine, por intermédio dos coeficientes das retas, dos gráficos 1 e 2, a constante elástica da mola ( $k_1$  para o gráfico 1 e  $k_2$  para o gráfico 2).

ii. Determine o erro percentual relativo  $\varepsilon\%$  para a constante elástica da mola, considerando  $k_1$  como o valor de referência.

## 5. Conclusões

Com os resultados obtidos tente responder as perguntas feitas no início da investigação, e escreva a conclusão.

## Referências

- [1] HALLIDAY, D., RENSICK, R. e WALKER, J. – Fundamentos de Física – Volume 1 – Mecânica – Livros Técnicos e Científicos Editora – 8ª Edição.
- [2] HALLIDAY, D., RENSICK, R. e WALKER, J. – Fundamentos de Física – Volume 2 – Gravitação, Ondas e Termodinâmica – Livros Técnicos e Científicos Editora – 8ª Edição.
- [3] <https://www.wolframalpha.com/widgets/view.jsp?id=e856809e0d522d3153e2e7e8ec263bf2>