

## OSCILAÇÕES AMORTECIDAS

### 1. Objetivos:

- Determinar experimentalmente a amplitude o período e a frequência de oscilação de um oscilador harmônico amortecido;
- Analisar graficamente a variação dessas grandezas em função do tempo;
- Determinar a constante de amortecimento em diferentes meios;
- Definir conceitos físicos a partir da visão prática dos fenômenos envolvidos;

### 2. Fundamentos teóricos:

Uma partícula de massa  $m$  unida a uma mola de constante elástica  $k$  que esteja em oscilação harmônica submetida a uma força de amortecimento ou dissipativa ( $F_a$ ) proporcional à velocidade (comum em fluidos devido à viscosidade do meio) terá ao longo do tempo sua energia mecânica reduzida. Como o meio é responsável pela força de amortecimento a qual é proporcional em magnitude à velocidade  $v$  do anteparo e do bloco, diferentes meios causarão diferentes resistências ao movimento alterando o fator de amortecimento  $b$ .

Podemos escrever esta força como:  $F_a = -bv$  (1), onde  $v$  é a velocidade e  $b$  é a constante de amortecimento, a qual depende das características do corpo e do meio. O sinal negativo indica que a força se opõe ao movimento, ou seja, que o vetor força aponta sempre no sentido contrário ao do vetor velocidade. A força total agindo sobre o bloco é, então  $\sum F = -kx - bv$  (2). Se uma partícula sofre a ação da força definida pela equação 2, seu deslocamento é uma função do tempo dada por:

$$x(t) = A_0 e^{-\frac{b.t}{2m}} \cos(\omega t + \phi) \quad (3), \text{ onde a amplitude máxima do movimento (A) em função do tempo é dada}$$

por  $A = A_0 \cdot e^{-\frac{b.t}{2m}}$  e  $\omega$  é a frequência angular do oscilador amortecido, dada por:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \left(\frac{b}{2m}\right)^2} = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{b^2}{4m^2}} \quad (4), \quad \text{onde } \omega_0^2 = k/m$$

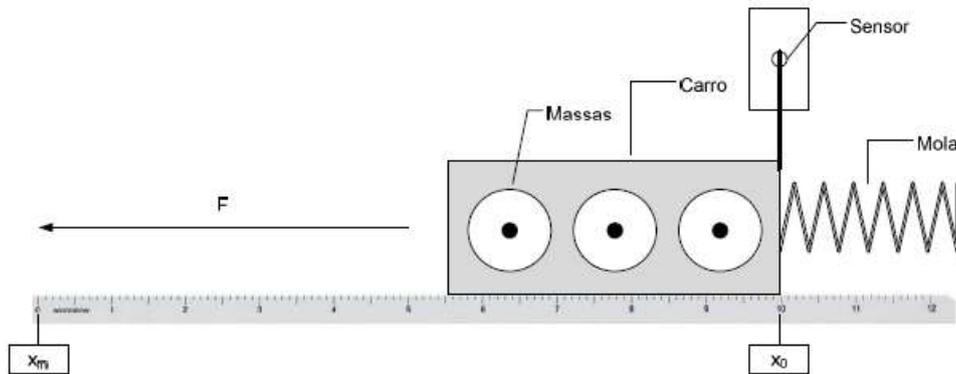
### 3. Material necessário:

Colchão de ar com sensores óticos, cronômetro microcontrolador, massas, mola de encadernação, roldana, barbante, disco amortecedor e recipiente com água.

### 4. Montagem:

Ajuste o conjunto massa-mola no colchão de ar e posicione o foto-sensor na posição de repouso ( $X_0$ ) a qual fica alinhado com o foto-sensor (veja Fig.1). Esta posição inicial pode estar entre o número 35 a 40 cm (marcado na régua do colchão do ar). Em geral esta posição inicial depende da montagem do equipamento, tendo em conta que o amortecedor não bata com o chão ao oscilar. Programe o cronômetro micro-controlador na **função F4** (Pêndulo e MHS 1 sensor).

**Observação:** Se sua medida foi feita com o micro-controlador EQ228A os valores de tempo ( $t$ ), frequência ( $f$ ) devem ser multiplicados x 3 (fator de conversão). Por outro lado, se suas medidas foram feitas com o micro-controlador Cidepe (tem botões disparar etc), os valores de  $t$  e  $f$  não devem levar em conta o fator de conversão.



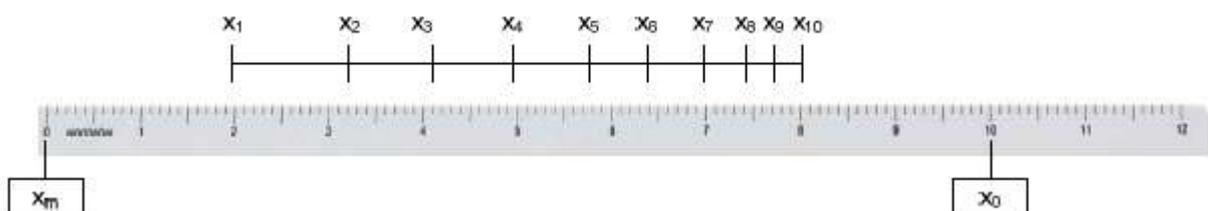
**Figura 1:** Sistema massa-mola na posição de repouso.

**5. Oscilador harmônico amortecido (ar):**

- Puxar o sistema (carro+massa) até uma amplitude máxima  $A_0$  ( $A_0 = X_m$  na Fig. 2, usar no máximo  $A_0 = 12$  cm, ver Fig.2). Regule de forma que o amortecedor não bata no chão ao oscilar. Como sugestão coloque o equilíbrio do carro em (35 - 40) cm como indicado anteriormente.
- Verificar a amplitude das oscilações a cada período (10 oscilações) e preencher a tabela 1 (se for possível, utilize o celular para monitorar as amplitudes, diminuindo assim o erro);
- Anote as medidas de período e frequência obtidas do cronômetro;
- Fazer o gráfico da amplitude em função do tempo  $A \times t$ . Lembre-se que  $t = \sum_1^n T_n$ ;
- Fazer o gráfico de  $\ln(A) \times t$ ;
- Calcular o coeficiente angular ( $\frac{b}{2m}$ ) a partir do gráfico de  $\ln(A) \times t$  e determinar o valor da constante de amortecimento usando o método dos mínimos quadrados (MMQ) (considere a massa do carrinho = 194 g, e cada massa circular = 50 g).

Tabela 1: xxxx

Medida	Tempo (s)	Amplitude (m)	$\ln(A)$	Período (T) (s)	Frequencia (f) ( $s^{-1}$ )
$t_0$	0,0	$X_m =$		0	0
$t_1$					
$t_2$					
$t_3$					
$t_4$					
$t_5$					
$t_6$					
$t_7$					
$t_8$					
$t_9$					
$t_{10}$					



**Figura 2:** Exemplo de medições de amplitude.

## 6. Oscilador harmônico com amortecimento forçado em meio líquido (Água):

- Adicionar o amortecedor ao meio líquido ( $H_2O$ ) e repetir procedimento 5

Tabela 2: xxxx

Medida	Tempo (s)	Amplitude (m)	$\ln(A)$	Período (T) (s)	Frequência (f) ( $s^{-1}$ )
$t_0$	0,0	$X_m =$		0	0
$t_1$					
$t_2$					
$t_3$					
$t_4$					
$t_5$					
$t_6$					
$t_7$					
$t_8$					
$t_9$					
$t_{10}$					

## 7. Análise de Resultados

- 7.1- Compare o coeficiente de amortecimento no ar e na água e explique a razão da diferença, se existir alguma.
- 7.2- Comente sobre o fato da frequência de oscilação não ser constante.
- 7.3- De acordo com os resultados encontrados, se o meio líquido fosse óleo, o que aconteceria com a amplitude em função do tempo e consequentemente com a constante de amortecimento? Justifique sua resposta.