

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

Objetivo

Verificar a conservação da Energia Mecânica no movimento vertical de um sistema massa-mola.

Equipamento

- Suporte preso à mesa para suspender a mola
- Mola
- Peça especial de cerca de 80 g
- Gancho e massas de 20 g
- Cronômetro digital com um fotossensor
- Balança
- Régua

A figura 1 mostra a montagem do experimento e representa a configuração de equilíbrio do sistema formado pela massa suspensa M (peça especial) e a mola de constante elástica k . (As proporções entre as dimensões dos componentes nas figuras não são respeitadas.)

O fotossensor é posicionado junto à massa suspensa, como mostra a figura 1.

Na configuração de equilíbrio, o peso da massa suspensa é equilibrado pela força elástica exercida pela mola. Então, a deformação x da mola nesta configuração do sistema será dada por $kx = Mg$.

Se a massa M for deslocada para baixo (ou para cima) a partir da posição mostrada na figura 1, e depois for liberada para se movimentar, oscilará verticalmente em torno de sua posição de equilíbrio (figura 1).

O experimento consiste em comparar as energias mecânicas do sistema massa-mola em duas configurações assumidas pelo sistema durante o seu movimento. Estas configurações estão ilustradas nas figuras 2a (estado inicial) e 2b (estado final).

No seu estado inicial (figura 2a), a massa M encontra-se em repouso ($v_1 = 0$), localizada na coordenada vertical y_1 , deslocada a uma distância d abaixo de sua posição de equilíbrio (figura 1).

O estado final (figura 2b) é aquele onde a massa M , depois de ser liberada para se movimentar, passa pela coordenada vertical y_2 (posição de equilíbrio) com velocidade v_2 .

Observe que a deformação x_2 da mola no estado final (figura 2b) é a mesma deformação x da mola quando o sistema se encontra em equilíbrio (figura 1) e, portanto,

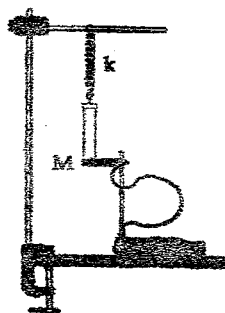


Figura 1: Sistema massa-mola em sua configuração de equilíbrio.

$$x_2 = \frac{Mg}{k} \quad (1)$$

Então, a deformação da mola no estado inicial (figura 2b) será dada por

$$x_1 = x_2 + d. \quad (2)$$

A velocidade v_2 da massa M em seu estado final (figura 2b) será determinada com o auxílio do fotossensor posicionado na coordenada vertical y_2 .

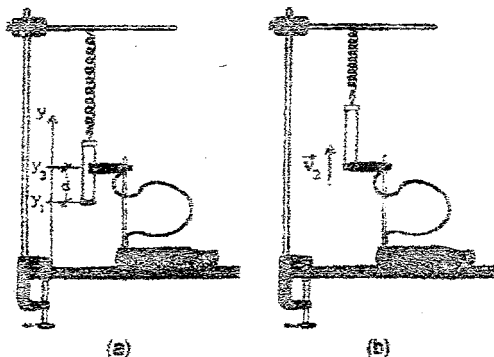


Figura 2: Configurações (a) inicial e (b) final do sistema massa-mola no experimento.

Uma peça foi especialmente desenhada para possibilitar a medida de v_2 . Consiste em um disco de latão de 1 cm de espessura, preso a um disco plástico por duas hastes, e um gancho. O espaço livre entre as hastes permite que a peça seja tracionada verticalmente para baixo sem obstruir o disparador ótico (figura 2a). Ao ser liberada, a peça movimentar-se para cima e a sua velocidade v_2 pode ser obtida medindo-se o intervalo de tempo de passagem do disco de latão pelo disparador ótico colocado na posição y_2 (figura 2b).

Utilização do cronômetro digital no experimento

Quando o sistema é liberado para se movimentar, M oscila em torno de sua posição de equilíbrio e, para determinar v_2 , é necessário medir o primeiro intervalo de tempo de passagem do disco de latão pelo disparador ótico.

Então, opere o cronômetro com a memória ativada (a lâmpada piloto do painel do cronômetro permanecerá acesa)⁽⁴⁾.

Procedimentos Experimentais

Determinação da massa suspensa M

- Use a balança para obter a massa da peça que representa a massa suspensa M no experimento.

$$M =$$

Determinação da constante elástica k da mola

Antes de realizar o experimento, você precisará determinar a constante elástica k da mola. Para tanto, você utilizará um gancho e várias massas de 20 g, como segue.

(4) Se a memória do cronômetro estiver ativada (a lâmpada piloto do painel do cronômetro estando acesa), a primeira medida de tempo é apresentada no mostrador, enquanto que a soma desta com as posteriores será armazenada na memória do aparelho. Portanto, para obter apenas o primeiro intervalo de tempo, basta operar o cronômetro com a memória ativada, e ler somente o número apresentado no mostrador, sem levar em consideração o conteúdo da memória.

- Suspenda o gancho de 20 g à mola e meça a altura desde a mesa até a base do gancho (veja a figura 3). Este será o seu referencial para determinar as diferentes deformações Δx provocadas por acréscimos Δm de massa ao gancho.

$$x_0 =$$

- Adicione $\Delta m = 20$ g ao gancho e meça a nova distância desde a base do gancho até a mesa.
- Determine a deformação Δx provocada pelo acréscimo Δm de massa ao gancho e anote na tabela abaixo.
- Use $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ para calcular o peso de Δm , que vale $(\Delta m)g$, e anote na tabela.
- Repita os procedimentos anteriores para $\Delta m = 40$ g e $\Delta m = 60$ g.

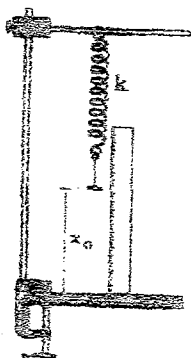


Figura 3: Determinação da constante elástica k da mola.

Δm (kg)	Δx (m)	$(\Delta m)g$ (N)	k (N/m)
0,020			
0,040			
0,060			

$$\bar{k} =$$

- Lembrando que, em módulo, $\Delta F = k\Delta x$, onde $\Delta F = (\Delta m)g$ é o peso da massa adicionada e Δx é a deformação provocada por este acréscimo de massa, você poderá obter, em cada caso, a constante elástica k da mola (atenção às unidades).
- Determine a constante elástica k da mola, calculando a média dos três valores obtidos. (Anote ao lado da tabela.)

Determinação da velocidade v_1 para $d = 5$ cm

- Ajuste o cronômetro para operar no modo GATE com precisão de 0,1 ms, com a memória ativada.
- Suspenda a peça especial de massa M à mola.
- Confira o posicionamento do fotossensor em relação ao interruptor ótico (disco de latão) como mostrado na figura 1.
- Com cuidado, puxe a massa suspensa para baixo o mais verticalmente possível, afastando-a 5 cm de sua posição de equilíbrio ($d = 5$ cm na figura 2a).
- Assegure-se de que a mola e o seu suporte não estejam vibrando e solte a massa. Meça o tempo de passagem do interruptor ótico pelo fotossensor. Repita este procedimento dez vezes e anote os tempos medidos na grade abaixo

Intervalos de tempo medidos para $d = 5$ cm :

$$\Delta t$$
 (s) =

- Calcule a média dos tempos obtidos e determine a velocidade com que M passa pela posição de equilíbrio. (A espessura do disco de latão é de 1,0 cm.)

$$d = 5 \text{ cm: } \quad \Delta \bar{t} = \quad \quad \quad v_2 =$$

Determinação da velocidade v_2 para $d = 10$ cm

- Analogamente, determine a velocidade de M quando esta passa pela posição de equilíbrio, após ter sido deslocada 10 cm desta posição ($d = 10$ cm na figura 2a).

Intervalos de tempo medidos para $d = 10$ cm :

Δt (s) =					

$$d = 10 \text{ cm: } \quad \Delta \bar{t} = \quad \quad \quad v_2 =$$

Análise dos Resultados

- Determine a deformação da mola correspondente ao sistema em equilíbrio:

$$x_2 = \frac{Mg}{k} =$$

- Organize os seus dados.

massa suspensa: $M =$

constante elástica da mola: $k =$

$$d = 0,05 \text{ m} \quad \left\{ \begin{array}{l} v_1 = \\ y_1 = \\ x_1 = x_2 + d = \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} v_2 = \\ y_2 = \\ x_2 = \end{array} \right.$$

$$d = 0,10 \text{ m} \quad \left\{ \begin{array}{l} v_1 = \\ y_1 = \\ x_1 = x_2 + d = \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} v_2 = \\ y_2 = \\ x_2 = \end{array} \right.$$

- Calcule as energias mecânicas do sistema massa-mola em suas configurações inicial (E_1) e final (E_2) para os dois casos analisados ($d = 0,05$ m e $d = 0,10$ m).

$$d = 0,05 \text{ m} \quad \left\{ \begin{array}{l} E_1 = \\ E_2 = \end{array} \right.$$

$$d = 0,10 \text{ m} \quad \left\{ \begin{array}{l} E_1 = \\ E_2 = \end{array} \right.$$

- Discuta a conservação da energia mecânica do sistema massa-mola nos dois casos.