

Objetivos

Estudar o movimento harmônico simples, determinando as constantes elásticas de molas individuais, suas associações em série e em paralelo e os limites de validade deste tipo de movimento em um sistema massa-mola. Introduzir o conceito de oscilações amortecidas.

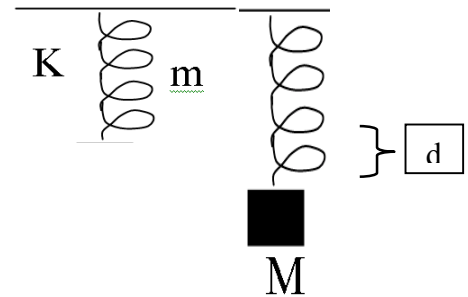
Introdução

Considere um objeto de massa **M** pendurado por uma mola de constante de mola **K** e massa **m** (vide figura). Desprezando a influência da massa **m** da mola, o deslocamento **d** sofrido pelo conjunto devido à massa **M** produz uma força restauradora **K.d** que, no equilíbrio, se iguala à força gravitacional **M.g** (equação 1).

$$K \cdot d = M \cdot g \tag{1}$$

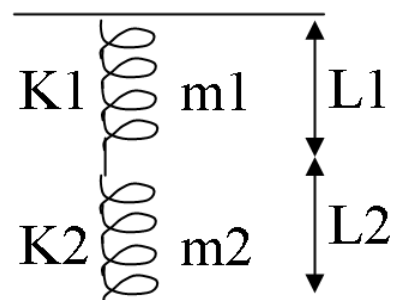
Quando um movimento se repete em intervalos de tempo iguais ele é chamado de periódico. O movimento de uma massa **M** presa à extremidade de uma mola é um exemplo típico. Se uma força atua sobre a mola, dentro de seu limite elástico, a força restauradora é proporcional ao deslocamento, resultando em um movimento harmônico simples (MHS) de período:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}} \tag{2}$$



sendo **K** a constante elástica da mola. Neste caso, a massa da mola foi considerada como desprezível. Caso contrário, a massa do sistema equivalente é dada pela soma de **M** do corpo suspenso e a terça parte da massa **m** da mola. Agora, o período de oscilação do sistema será:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M + m/3}{K}} \tag{3}$$



A associação de molas também dá origem ao MHS. Quando em série, a força aplicada se transmite integralmente às duas molas e, por terem constantes elásticas **K1** e **K2** diferentes, sofrem deformações diferentes. Nesta associação, a constante elástica **K** equivalente está relacionada à constante elástica das molas por*:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K1} + \frac{1}{K2} \quad (4)$$

Ainda nesse caso, o período será dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\left(M + \frac{m}{3}\right) \left(\frac{1}{K1} + \frac{1}{K2}\right)} \quad (5)$$

Por sua vez, na associação de molas em paralelo, a constante elástica **K** equivalente será relacionada à constante elástica das molas por $K = K1 + K2$ *, levando a um período igual a*:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M + m/3}{K1 + K2}} \quad (6)$$

Nesta experiência, estudaremos o movimento harmônico simples determinando as constantes elásticas de molas individuais e de suas associações por dois métodos distintos: estático e dinâmico.

Lista de Material

Haste de suspensão, 3 molas de constantes **K** distintas, régua ou trena, balança, cronômetro.

Procedimento Experimental

I) Parte estática:

a) prender a mola 1 à haste, colocar uma massa **M** na sua extremidade livre e medir a distensão **d** da mola. Fazer isso para dez valores de massa diferentes, anotando os resultados em uma tabela. Sugestão: procure utilizar o maior número de valores de massa entre 47 g e 350 g de acordo com cada alongamento apresentado pelas molas.

b) repetir o item anterior para as molas 2 e 3.

II) Parte dinâmica e associação de molas:

a) Prender a mola 1 à haste, colocar uma massa **M** na sua extremidade e medir o tempo de 10 oscilações. Repetir a medição do tempo 4 (quatro) vezes, calcular o valor médio e determinar o período médio de uma oscilação **T**, anotando os resultados em uma tabela. Fazer isso para cinco valores de massa diferentes, anotando os resultados em uma tabela.

* Faça a dedução dessas equações

b) repetir o item anterior para as molas 2 e 3. **c)** repetir o item a) realizando a associação em série de duas molas quaisquer. **d)** repetir o item a) realizando a associação em paralelo de duas molas quaisquer. **e)** meça as massas das molas.

III) Parte dinâmica e limites de validade:

a) Repetir o item a) da parte II com a mola 1 e usando mais 3 valores diferentes de amplitude inicial e uma única massa.

b) Para uma única amplitude inicial, determine as amplitudes e o período das oscilações de uma mola acoplada a uma massa desde o início do movimento até o seu total amortecimento. Meça o tempo transcorrido e a amplitude das oscilações a cada 5 delas. Para a medida do tempo use a função memória do cronômetro. O período médio em cada intervalo de 5 oscilações deve ser estimado. Repita o procedimento do anterior mais duas vezes com o mesmo sistema massa/mola e a mesma amplitude inicial. Obtenha a média das amplitudes e dos períodos das 3 repetições nas mesmas condições.

Nota: Nossos cronômetros geralmente somente armazenam 10 valores na memória, desta forma anote até o limite máximo de 10 valores, porém registre também o tempo final até o amortecimento.

Análise dos dados

a) Faça os gráficos de **M** versus **d** e a partir deles determine o **K** das três molas pelo método estático.

b) Faça os gráficos de **T²** versus **M** para cada mola e determine a partir deles o **K** das três molas pelo método dinâmico.

c) Compare os resultados obtidos em a) e b).

d) Faça os gráficos de **T²** versus **M** para os casos da associação em série e da associação em paralelo, e determine a partir deles o **K** equivalente dos sistemas.

f) Compare o resultado anterior com os valores esperados para as associações das molas usando os resultados de a) e b).

g) Elabore um gráfico de **T** versus deslocamento inicial da amplitude, a partir dos dados adquiridos no item a) da parte III do procedimento experimental.

h) Elabore e discuta o gráfico da amplitude versus tempo, a partir dos dados adquiridos no item b) da parte III do procedimento experimental, em função do tempo. E determine a constante de amortecimento **b**, sabendo que o decaimento exponencial da amplitude é dado por

$$A = A_0 e^{-\left(\frac{b}{2m}\right)t}$$

Sendo m a massa do sistema ($m/3 + M$).

i) Elabore e discuta o gráfico do período, a partir dos dados adquiridos no item b) da parte III do procedimento experimental, em função do número de oscilações.

Observações importantes: (a) Pré-requisitos para o experimento: estudar o movimento harmônico simples, propagação de desvios, confecção de gráficos e regressão linear. (b) Procure anotar todas as informações relevantes para a futura análise. (c) Procure questionar-se sobre todos os tópicos possíveis do experimento incluindo possíveis causas de erro e de discrepância entre prática e teoria. (d) procure não utilizar massas que distendam as molas demasiadamente de modo a danificá-las. (e) a coleta de dados pode ocorrer de forma mais rápida caso as medidas, estática e dinâmica, sejam feitas em seqüência para uma mesma massa.