

Movimento Harmônico Simples

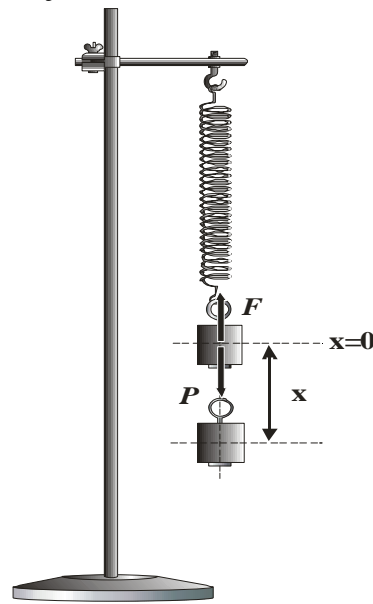
INTRODUÇÃO

Considere o sistema massa-mola mostrado na Figura 1. Um objeto, de massa m , está em equilíbrio na posição $x = 0$, dependurado na extremidade de uma mola de constante elástica k . Ao ser deslocado, verticalmente, de x e, em seguida, solto, o objeto fica submetido a uma força resultante, cujo módulo é

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

Esta força é contrária ao sentido do deslocamento e, portanto, tende a levar o objeto de volta à posição de equilíbrio. Forças desse tipo são chamadas de “forças restauradoras”.

Figura 1 - Sistema massa-mola na vertical: atuam no objeto de massa m o seu peso \mathbf{P} e a força elástica \mathbf{F} da mola.



Assim, pela 2ª lei de Newton tem-se,

$$m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = -kx, \quad (2)$$

em que $x(t)$ é a posição do objeto no instante t .

A solução desta equação diferencial é

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi), \quad (3)$$

em que A é a amplitude do deslocamento, ω é a frequência angular ($\omega = 2\pi/T$, sendo T o período do movimento), e ϕ é a constante de fase do movimento do objeto^[1]. Esse tipo de movimento oscilatório é chamado de movimento harmônico simples.

^[1] A grandeza ϕ , chamada fase do movimento, dá a informação de qual o valor de x na situação inicial de $t = 0$. Se $\phi = 0$, significa que o início da observação do movimento ocorreu quando $x = A$.

- ✓ Mostre que, para a equação 3 ser uma solução da equação 2, a frequência angular deve ser

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}. \quad (4)$$

- ✓ Esboce o gráfico x versus t para o movimento harmônico simples. Identifique, nesse gráfico, a amplitude e o período do movimento. Indique que alteração haverá no gráfico se a constante de fase for alterada.

Com base nas equações 1 e 3, pode-se escrever o módulo da força resultante sobre o objeto como

$$F(t) = -F_{\max} \cos(\omega t + \phi) \quad (5)$$

em que $F_{\max} = m\omega^2 A$ é a amplitude da força.

PARTE EXPERIMENTAL

Objetivos

- Medir e analisar o movimento de um sistema massa-mola oscilante.
- Calcular a constante elástica da mola nesse sistema, assim como outros parâmetros associados ao movimento.

Sugestão de material

- Computador, sensor de força, mola de constante elástica k , objeto de massa m e suportes.

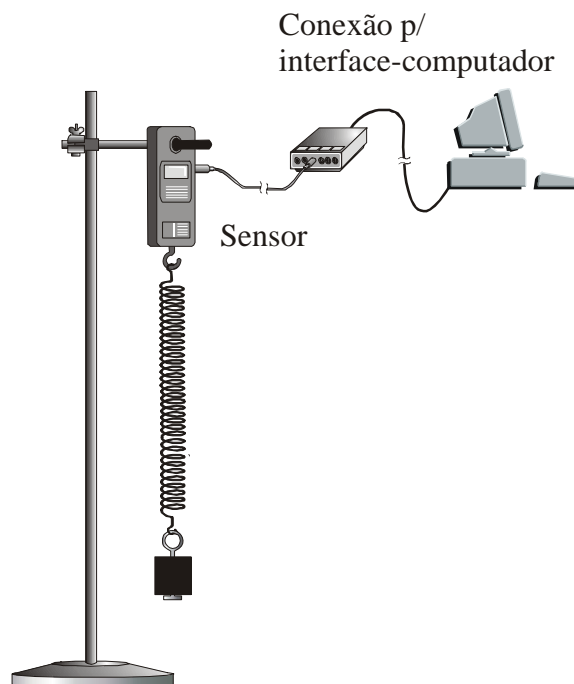
Procedimentos

OBS. O processo de aquisição automática de dados e posterior tratamento dessas informações com uso de computador são específicos a cada experimento e dependem da instrumentação e dos programas utilizados. Explicações detalhadas sobre o uso do sistema de aquisição e dos programas, assim como os parâmetros adequados ao experimento, deverão estar disponíveis junto à montagem.

Neste experimento, será medida a força que atua em um objeto que oscila na extremidade de uma mola. Para isso, faça a montagem ilustrada na Figura 2.

A mola está dependurada em um sensor de força, é conectado a um computador por meio de uma interface. Um programa, no computador, faz a aquisição dos dados transmitidos pela interface e registra-os em uma tabela e em um gráfico.

Figura 2 - Montagem para medir a força exercida por uma mola sobre um objeto que oscila, dependurado na sua extremidade..



- Procure familiarizar-se com os instrumentos e com o programa de aquisição de dados.
- No programa, deve-se escolher uma taxa de aquisição de dados, ou seja, o número de pontos que será coletado por unidade de tempo. Essa taxa pode ser avaliada pelo cálculo da razão entre o número total de pontos que se pretende medir e o tempo total da medida. Como o movimento é periódico, toda informação está contida em apenas um período, portanto é suficiente registrar apenas alguns ciclos do movimento.
- Com o objeto em repouso, ajuste a leitura do sensor em zero. Ponha, então, o objeto para oscilar e registre a força em função do tempo.
- Analisando o gráfico obtido, estime os valores dos parâmetros F_{\max} , ω e ϕ definidos na INTRODUÇÃO.
- Em seguida, utilizando um programa de tratamento de dados adequado (instruções anexas à montagem), determine os melhores valores dos parâmetros F_{\max} , ω e ϕ , de forma que a curva descrita pela equação 5 melhor se ajuste aos resultados experimentais $F(t)$.
- Expresse os valores de F_{\max} , ω e ϕ com suas respectivas incertezas.
- Com o valor da massa do objeto, determine a constante elástica da mola utilizada com a respectiva incerteza.
- Encontre o valor da amplitude A de oscilação do movimento.
- Escreva a equação do movimento do objeto.
- Determine a constante elástica da mola por algum outro processo e compare com o valor encontrado anteriormente.