2020 - 2022

MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

Descubra o que caracteriza um movimento harmônico simples, confira algumas situações onde ele aparece e veja como descrevê-lo através de equações matemáticas.

Esta subárea é composta pelos módulos:

1. Casos de Movimento Harmônico Simples
2. Cinemática do Movimento Harmônico Simples

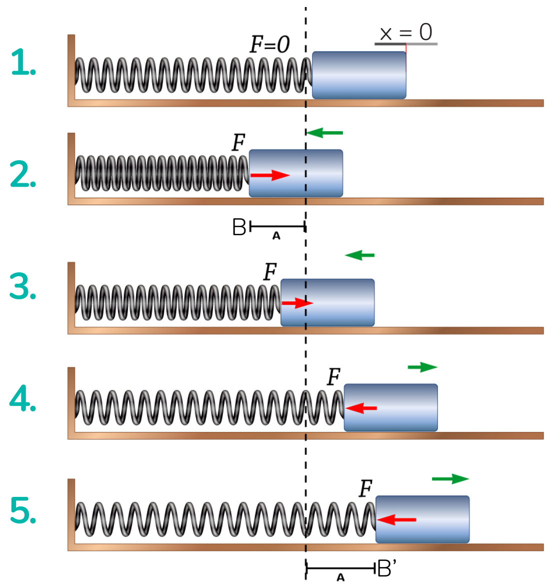
CASOS DE MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

O sistema massa-mola e o pêndulo simples são exemplos de sistemas que envolvem movimento harmônico simples que estudaremos nesta apostila.

Em muitas situações, objetos ficam oscilando ou balançando de um lado para o outro, como o movimento de um balanço, galhos de árvores e pêndulos de relógios. Quando um objeto descreve um movimento repetitivo (de "vai-e-vem") e periódico (que se repete em um intervalo de tempo bem definido), dizemos que esse objeto descreve um movimento harmônico simples (MHS).

SISTEMA MASSA-MOLA

Imaginemos um bloco apoiado sobre uma superfície horizontal, sem atrito, preso na extremidade de uma mola com constante elástica **k**. A outra extremidade da mola está fixada na parede, e o ponto O representa a posição de equilíbrio do bloco, ou seja, nesta posição, a mola não exerce força sobre ele, pois ela não está deformada (nem comprimida, nem esticada). Essa situação está representada na figura 1).



Na figura 2), o bloco comprime a mola a posição **B**, por uma distância **A**. A mola passará a exercer uma força **F** dirigida para a posição de equilíbrio. Quando o bloco for solto, ele será acelerado por essa força, e sua velocidade crescerá à medida que ele se aproximar do ponto O (figura 3)).

A força **F** é proporcional à deformação x da mola e é dada pela lei de Hooke, em que **F = kx**. À medida em que o bloco se afasta de

B, o valor de F diminui, anulando-se quando ele atinge o ponto **O**.

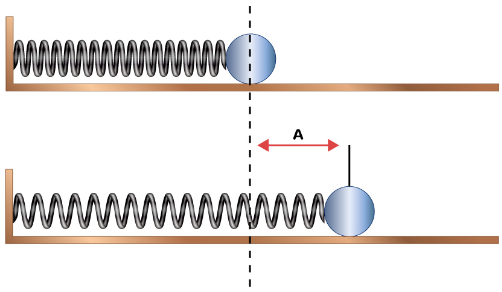
Na figura 4), o bloco ultrapassa a posição de equilíbrio e a mola fica esticada, passando a exercer uma força dirigida para o ponto **O** de sentido contrário à velocidade do bloco. O movimento é retardado e no ponto **B'**, simétrico a **B**, a velocidade do bloco se anula (figura 5)).

Partindo de **B'**, o bloco é novamente acelerado para **O**, ultrapassa esse ponto, sendo retardado pela mola até alcançar o ponto **B**. Como não há atrito nem resistência do ar, esse sistema, conhecido como oscilador massa-mola, mantém o movimento de vai-e-vem, entre os pontos **B** e **B'**.

Em qualquer situação de movimento harmônico simples, o objeto que oscila, ao ser afastado da posição de equilíbrio, fica sujeito à ação de uma força que tende a trazê-lo de volta para essa posição. Por esse motivo, essa força que faz o objeto oscilar é chamada de força restauradora.

As grandezas mais importantes envolvidas nesse estudo são **amplitude**, **frequência** e **período**.

- **Amplitude (A):** é a distância entre a posição de equilíbrio e a posição extrema ocupada por um objeto que oscila. No SI, é medida em metros.



- **Frequência (f):** é o número de oscilações completas que o objeto efetua por unidade de tempo. No SI, é medida em hertz.

- **Período (T):** é o tempo que o objeto demora para efetuar uma oscilação completa. É o inverso da frequência, definido por: $f = \frac{1}{T}$.

Dessa relação, pode-se afirmar que quanto maior for a frequência, menor será seu período de oscilação e vice-versa.

O período relaciona as grandezas massa do objeto e constante elástica da mola da seguinte forma:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Essa expressão nos diz que:

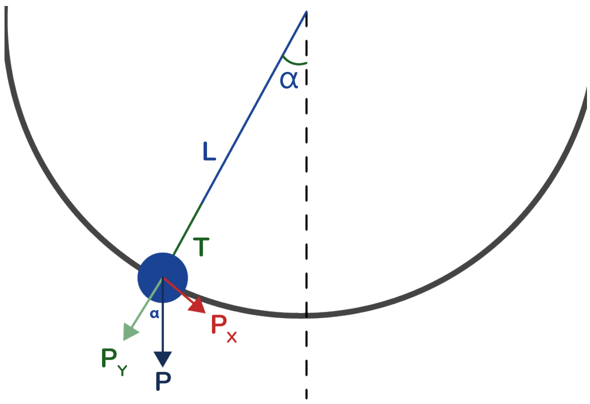
Quanto maior for a massa do objeto, maior será o seu período de oscilação, ou seja, um objeto com maior massa oscila com menor frequência - mais lentamente.

Quanto maior for a constante da mola (mola mais dura), menor será o período de oscilação, ou seja, maior será a frequência com que o objeto oscila.

A amplitude A não aparece na equação. Isso significa sabe o que? Que o período **não depende da amplitude**. Não importa quão mais longe o objeto pode atingir, o período será o mesmo.

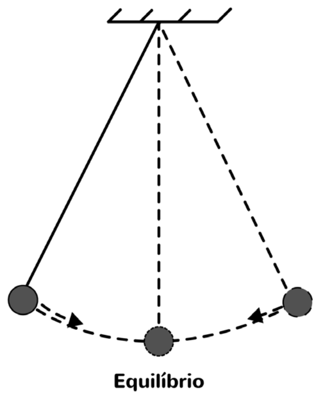
PÊNDULO SIMPLES

Um pêndulo consiste em um sistema com um fio preso em uma extremidade e um objeto preso na outra extremidade, ficando suspenso.



Quando o pêndulo é colocado para oscilar, esse descreve um movimento harmônico simples, podendo o conjunto ser modelado como um oscilador harmônico simples. As forças que agem sobre o objeto são a tração $\vec{T}$ exercida pelo fio e o peso $\vec{P}$, onde o fio faz um ângulo α com a vertical, como mostra a figura.

Quando $\alpha = 0$ o pêndulo fica na posição de equilíbrio.



O período de um pêndulo simples é definido por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Em que L é o comprimento do fio e g é a aceleração gravitacional. Essa expressão nos diz que:

1. Quanto maior for o comprimento do fio, maior será o seu período.

2. Quanto maior for o valor da aceleração gravitacional no local em que o pêndulo estiver, menor será o seu período.

3. O período do pêndulo não depende nem da sua massa nem da amplitude de oscilação (desde que seja pequena).

ENERGIA

A energia mecânica pode ser dividida em duas partes: a energia cinética e a energia potencial. A soma dessas energias é a energia mecânica total:

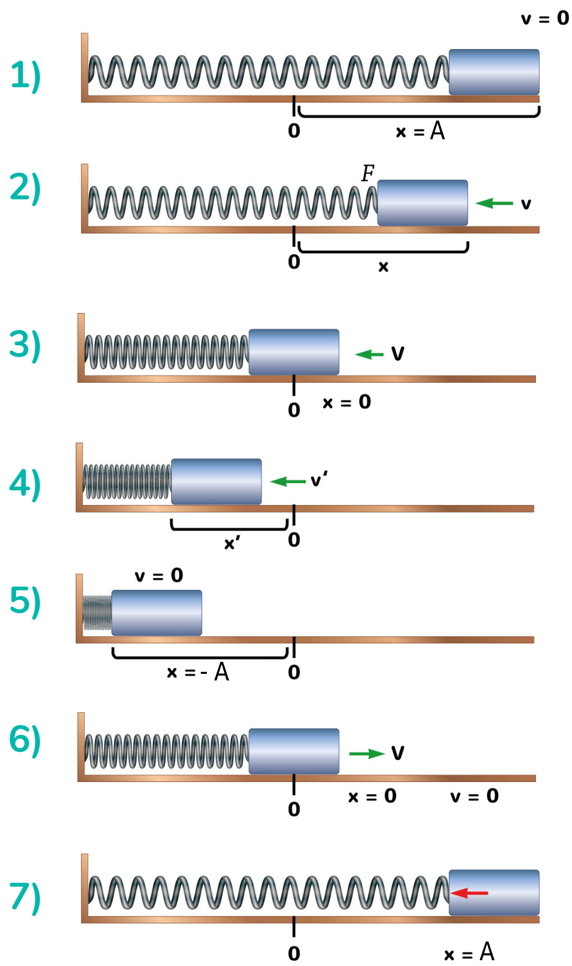
$$E_M = E_C + E_P$$

$$E_M = ½\, mv^2 + ½\, kx^2$$

No MHS, usamos a energia potencial elástica associada à posição x do ponto material. A variação das energias ocorre devido à variação na velocidade (energia cinética) e à variação da posição **x** (energia potencial elástica). Porém, a energia mecânica do sistema permanece constante, já que as forças dissipativas são desconsideradas.

Na figura a seguir, consideramos um oscilador harmônico a partir da posição de máxima amplitude. Em 1), 5) e 7), a energia mecânica se reduz à energia potencial elástica, onde x = ± A (amplitude). Como não há energia cinética, o bloco para nesses pontos antes de executar um movimento contrário.

De maneira semelhante, em 3), o bloco está passando exatamente pelo ponto de equilíbrio, então a mola não está comprimida nem esticada. Portanto, não há energia potencial elástica nesse ponto: toda a energia mecânica é energia cinética. A velocidade do bloco é máxima.



Assim, para essas posições:

$E = E_p = ½\,kx^2 = ½\,kA^2$ (você pode utilizar esta equação para encontrar a amplitude através da energia).

Conforme a figura, as equações da energia ficam:

1. $E = E_p = ½\,kx^2 = ½\,kA^2$
2. $E = E_p + E_c = ½\,kx^2 + ½\,mv^2$
3. $E = E_c = ½\,mv^2$
4. $E = E_c + E_p = ½\,kx'^2 + ½\,mv'^2$
5. $E = E_p = ½\,kA^2$
6. $E = E_c = ½\,mv^2$
7. $E = E_p = ½\,kA^2$

ANOTAÇÕES