

MOMENTO LINEAR E COLISÕES

TEORIA - AULA A-14

Física I

Competências que você irá desenvolver nesta aula

1. Analisar **colisões elásticas, parcialmente elásticas e inelásticas.**

Leis de Conservação

As leis de conservação estão diretamente associadas às grandezas físicas que permanecem inalteradas em relação ao tempo e que refletem certas simetrias do sistema físico.

Na Mecânica Clássica, são três leis de conservação recorrentes no desenvolvimento da teoria:

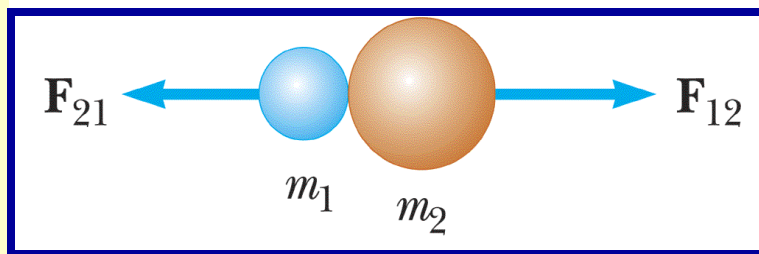
- ***Lei da conservação do momento linear***, relacionada com a simetria de translação, isto é, a homogeneidade do espaço;
- ***Lei da conservação da energia***, consequência da simetria na translação temporal, ou seja, homogeneidade no tempo.
- ***Lei da conservação do momento angular***, consequência da simetria de rotação, ou seja, a isotropia do espaço.

Conservação do Momento Linear

Considere a colisão entre duas esferas rígidas deslocando-se em linha reta.

Desconsidere as forças de atrito.

Sabe-se que as forças de contato, denominadas de **forças internas**, são intensas e atuam durante um intervalo de tempo muito pequeno, $\Delta t \rightarrow 0$.



Pelo teorema Impulso-Momento Linear, tem-se:

$$\int_{t_i}^{t_f} \vec{F}_{21} dt = \Delta \vec{p}_1 \quad e \quad \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}_{12} dt = \Delta \vec{p}_2$$

Observe

- a) A força resultante sobre a partícula m_1 é \mathbf{F}_{21} , logo: $\frac{d \vec{p}_1}{dt} = \vec{F}_{21}$
- b) A força resultante sobre a partícula m_2 é \mathbf{F}_{12} , logo: $\frac{d \vec{p}_2}{dt} = \vec{F}_{12}$
- c) As forças \mathbf{F}_{12} e \mathbf{F}_{21} satisfazem a 3ª lei de Newton: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

Substituindo:

$$\vec{F}_{21} + \vec{F}_{12} = \frac{d \vec{p}_1}{dt} + \frac{d \vec{p}_2}{dt} = \frac{d (\vec{p}_1 + \vec{p}_2)}{dt} = 0$$

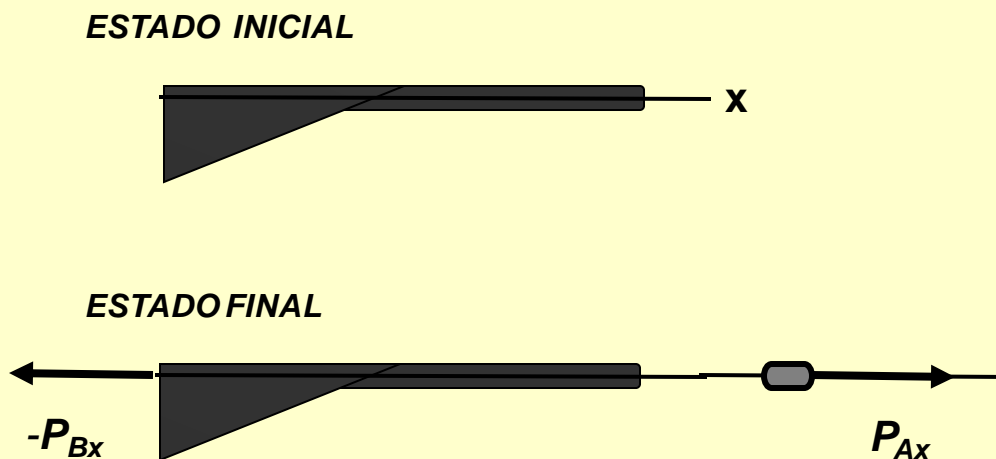
Teorema da Conservação do Momento

Linear

Quando a soma vetorial das forças externas que atuam sobre um sistema é igual a zero, a taxa de variação do momento linear total em relação ao tempo é igual a zero.

$$\frac{d\vec{P}_T}{dt} = \vec{0}$$

EXEMPLO 8.4 (p. 255) Recuo de um rifle



1. O momento linear final do projétil e do rifle são iguais. Esta característica está associada a 3ª lei de Newton.
2. Os valores das velocidades das partículas são diferentes. Esta característica está associada a 2ª lei de Newton.
3. A razão entre os valores das energias cinéticas é inversamente proporcional às massas das partículas:

$$\frac{K_A}{K_B} = \frac{m_B}{m_A}$$

Conservação do Momento Linear e Colisões

Entende-se por colisão o processo no qual uma partícula é lançada ao encontro de outra, podendo ou não haver contato entre elas. Esta ideia é aplicada tanto para partículas microscópicas, como para corpos macroscópicos.

COLISÕES



Colisão é um evento isolado, no qual dois ou mais corpos em movimento exercem forças relativamente fortes entre si, por um tempo relativamente curto. Durante o evento pode ocorrer ou não a deformação dos corpos que colidiram e a energia cinética total do sistema pode se conservar ou não. Contudo, em uma colisão, sempre verifica-se a conservação do momento linear total do sistema.

Exemplo 8-5

Dois cavaleiros com massas diferentes se deslocam em sentidos contrários em um trilho de ar sem atrito. Depois da colisão, o cavaleiro B se afasta com velocidade final de $+2,0 \text{ m/s}$. Qual é a velocidade final do cavaleiro A? Como se comparam as variações de velocidade e de momento linear desses cavaleiros?

Figura: Trilho de ar com dois cavaleiros

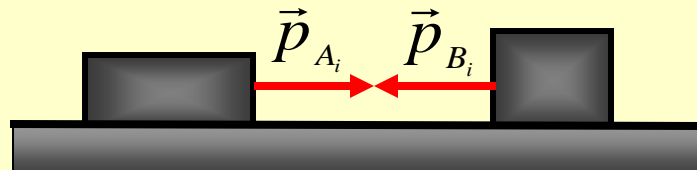


<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABixsAC/fis-xp1-exp06>

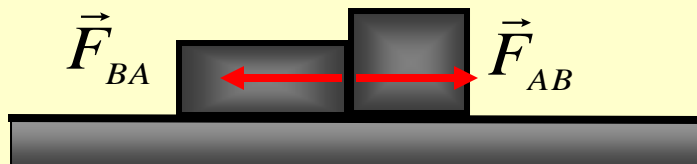
EXEMPLO 8.5 (p. 256)

Colisão ao longo de uma linha reta

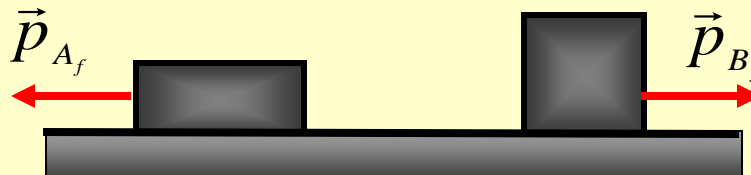
(a) Antes da colisão



(b) Durante a colisão



(c) Depois da colisão



Colisão Elástica

Colisões Elásticas

As forças atuantes sobre as partículas são conservativas. Desta forma, o momento linear e a energia cinética são conservadas.

No caso unidimensional:

Conservação do Momento Linear:

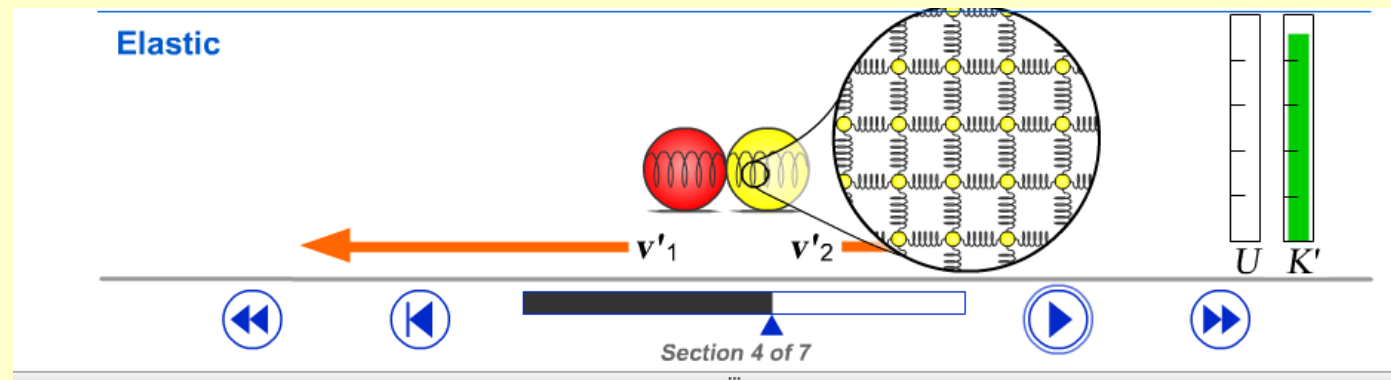
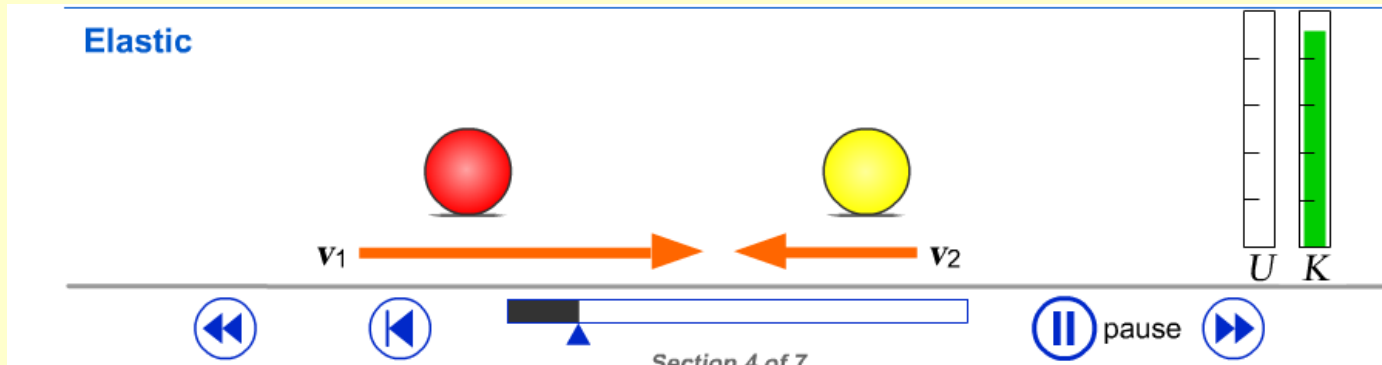
$$p_{AIX} + p_{BIx} = p_{AFx} + p_{BFx}$$

Conservação de Energia Cinética:

$$\frac{1}{2}m_A v_{AI}^2 + \frac{1}{2}m_B v_{BI}^2 = \frac{1}{2}m_A v_{AF}^2 + \frac{1}{2}m_B v_{BF}^2$$

Colisões Elásticas

Propriedades Microscópicas



Colisão Inelástica

Colisões Inelásticas

*A energia cinética total antes e depois do processo de colisão são diferentes.
Logo, atuam sobre o sistema forças não conservativas, de tal forma que a energia mecânica total não é conservada.*

No caso unidimensional

Conservação do Momento Linear:

$$p_{AIX} + p_{BIx} = p_{AFx} + p_{BFx}$$

CUIDADO! A ENERGIA CINÉTICA DO SISTEMA NÃO SE CONSERVA!

Colisões Inelásticas

Propriedades Microscópicas

Before collision:

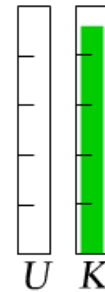
Totally Inelastic



v_1

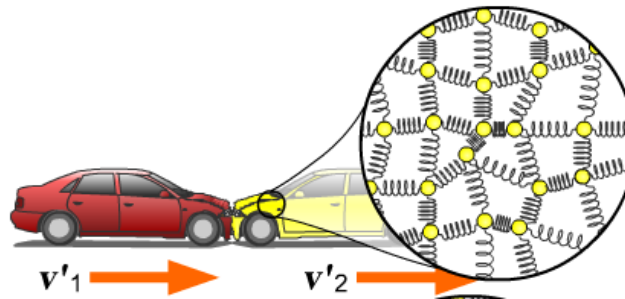


v_2



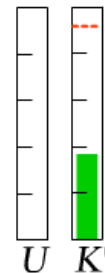
During collision:

Totally Inelastic



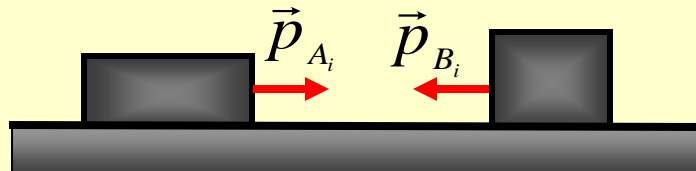
v'_1

v'_2

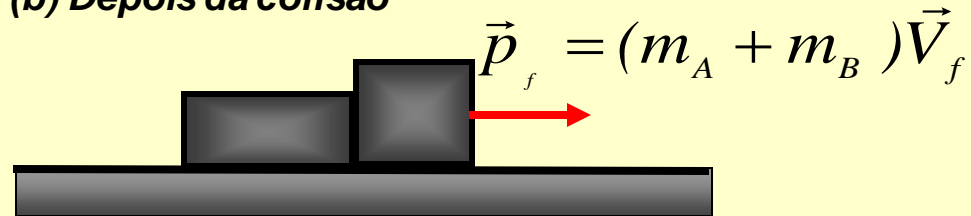


Colisões Completamente Inelásticas

(a) Antes da colisão



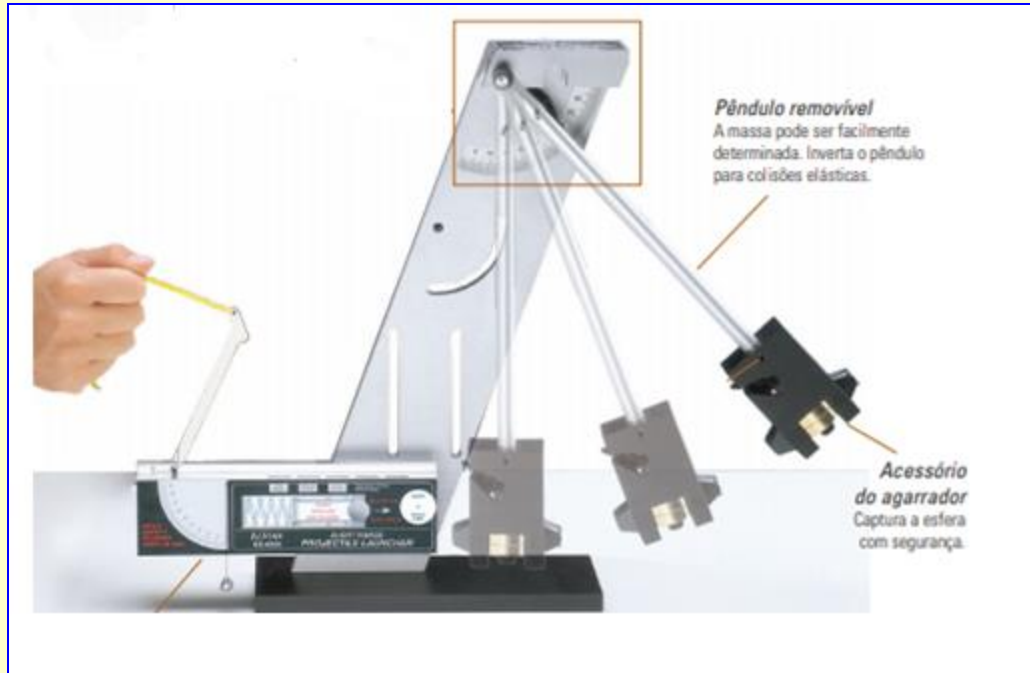
(b) Depois da colisão



Na colisão completamente inelástica, as partículas A e B permanecem unidas depois do choque. Neste caso, apenas o momento linear total é conservado.

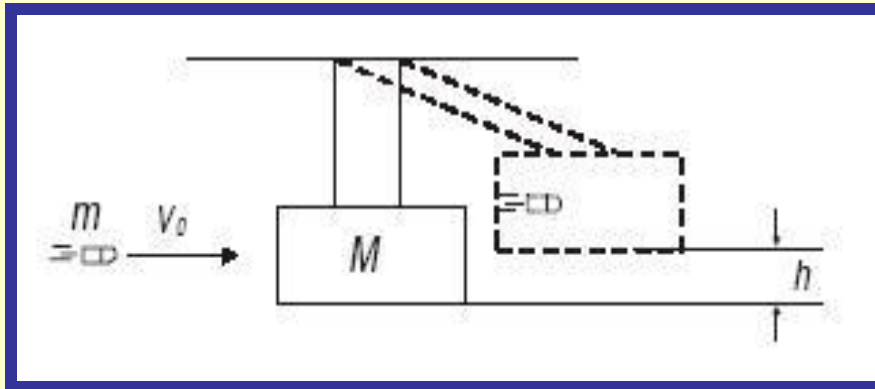
$$m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B = (m_A + m_B) \vec{V}_f$$

PÊNDULO BALÍSTICO



Catálogo: Pasco

EXEMPLO 8.8 (p. 260) Pêndulo Balístico



Trata-se de um sistema simples que permite medir a velocidade inicial de um projétil de massa m . Após a colisão, o projétil permanece alojado no bloco, caracterizando uma colisão completamente inelástica.

Assim, o conjunto bloco+projétil oscila até uma altura h . A velocidade inicial do projétil está associada ao valor desta altura.

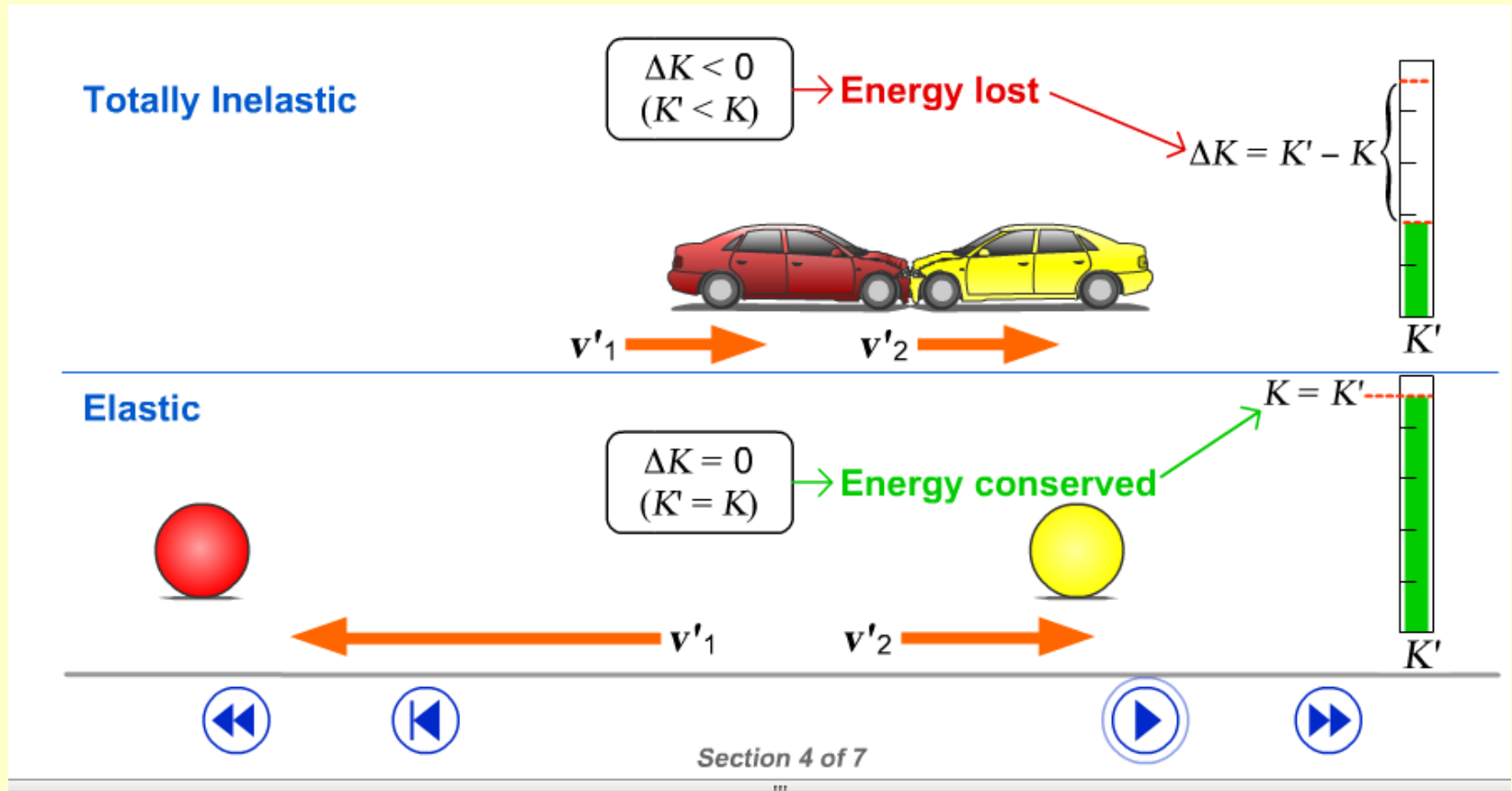
Youtube: *ballistic pendulum physics*

Propriedade importante

Em toda colisão na qual as forças externas sejam desprezíveis, o momento linear total é conservado, ou seja, mantêm o mesmo valor antes e depois do processo de colisão.

Somente para as colisões elásticas a energia cinética do sistema é conservada.

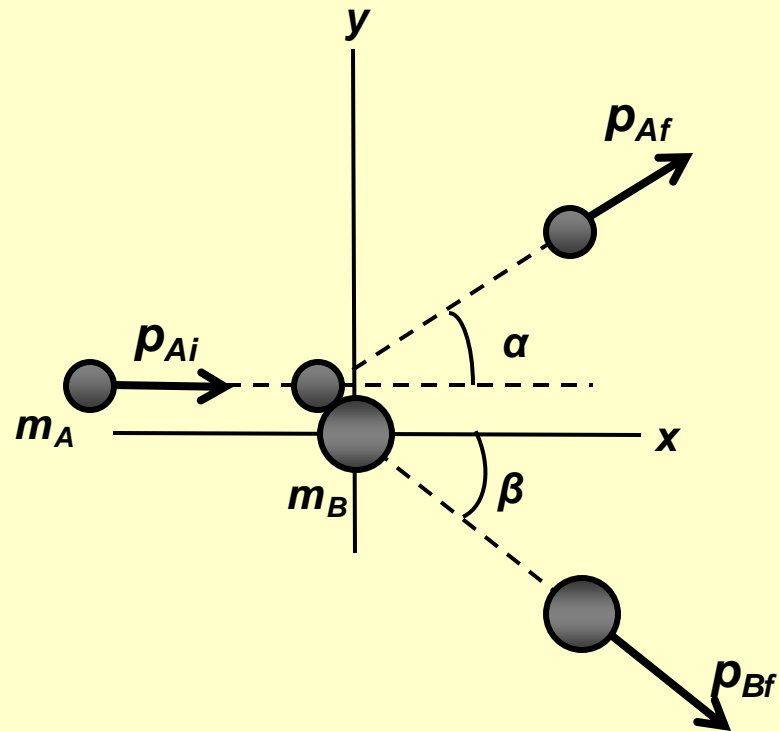
Agora Compare



http://www.wwnorton.com/college/physics/om/tutorials/chap11/elastic_and_inelastic_collisions/index.htm

Colisão no plano horizontal

Considere a colisão entre duas esferas rígidas. A esfera A desloca-se paralelamente ao eixo x no sentido positivo e a esfera B encontra-se em repouso. Após a colisão, as esferas A e B deslocam-se em direções que formam ângulos α e β com a horizontal.



Características gerais

- (a) *Apenas forças internas atuam sobre as partículas, logo o momento linear total é conservado.*
- (b) *Visto que o momento linear é uma grandeza vetorial, a lei de conservação deve ser aplicada para os componentes x e y dos vetores.*
- (c) *O problema contém 4 variáveis, logo 3 delas devem ser conhecidas.*

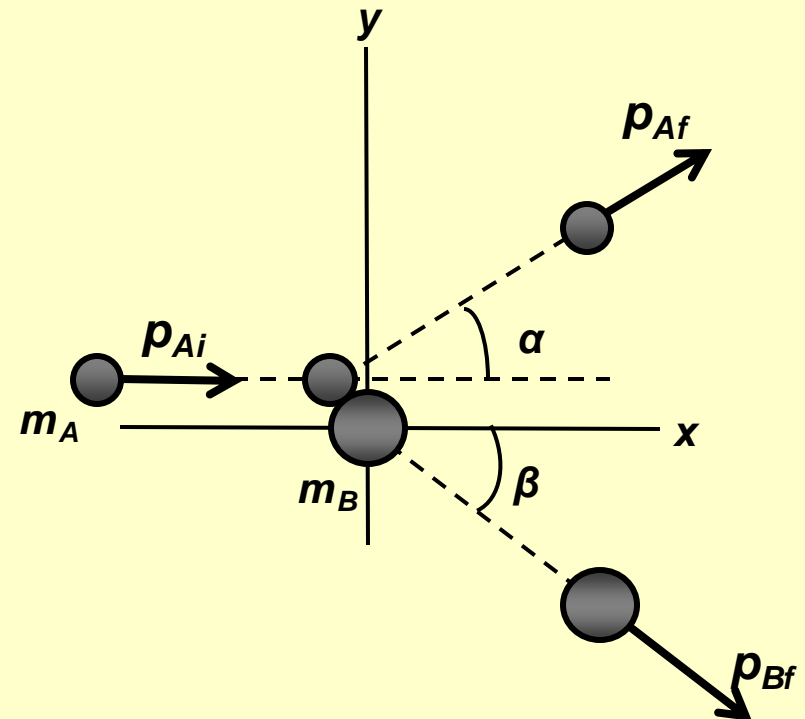
$$\text{Direção } x: \quad p_A^i = p_A^f \cos \alpha + p_B^f \cos \beta$$

$$\text{Direção } y: \quad 0 = p_A^f \sin \alpha - p_B^f \sin \beta$$

Exemplo 8.6, p. 257 Colisão em plano horizontal

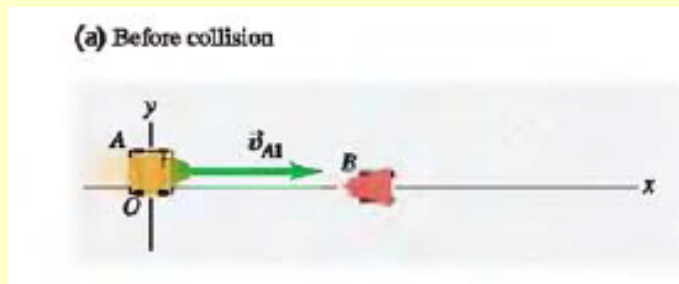
Etapas para equacionamento do estudo de colisão

- (a) Descrição das condições iniciais, ou seja, identificação dos valores dos momentos lineares e das energias cinéticas das partículas antes da colisão.*
- (b) Processo de interação, no qual as partículas trocam momento linear e energia mutuamente.*
- (c) Descrição das condições finais, ou seja, estabelecer os valores dos momentos lineares e das energias cinéticas das partículas após a colisão.*

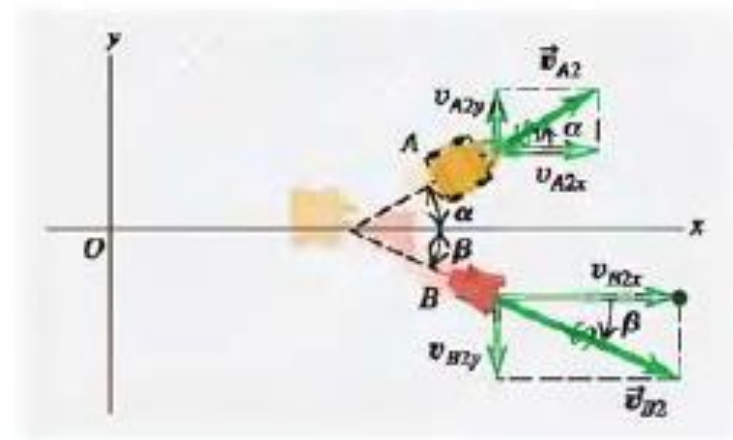


Exemplo 8-6

A figura mostra que dois robôs em combate que deslizam sobre uma superfície sem atrito. O robô A com massa de 20 kg move-se com velocidade de 2,0 m/s paralelamente ao eixo Ox. Ele colide com o robô B, com massa de 12 kg, que está inicialmente em repouso. Depois da colisão, verifica-se que a velocidade do robô A é de 1,0 m/s, com uma direção que faz um ângulo $\alpha = 30^\circ$ com a direção inicial. Qual é a velocidade final do robô B?



(b) After collision



Exercício 8.28:

Dois asteróides de igual massa no cinturão entre Marte e Júpiter colidem entre si com um estouro luminoso. O asteróide A, que se deslocava inicialmente a $40,0 \text{ m/s}$ é desviado em $30,0^\circ$ da sua direção original, enquanto o asteróide B se desloca a $45,0^\circ$ da direção original de A. a) Ache a velocidade escalar de cada asteróide após a colisão. b) Qual a fração da energia cinética original do asteróide A se dissipa durante essa colisão?

