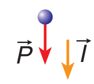
P.380 Dados: $\Delta t = 2$ s; $F = 20$ N

Intensidade: $I = F\Delta t = 20 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{I = 40 \text{ N} \cdot \text{s}}$

Direção: a mesma da força $\rightarrow$ vertical

Sentido: o mesmo da força $\rightarrow$ de baixo para cima

P.381 Dados: $m = 0{,}6$ kg; $g = 10$ m/s^2; $\Delta t = 3$ s



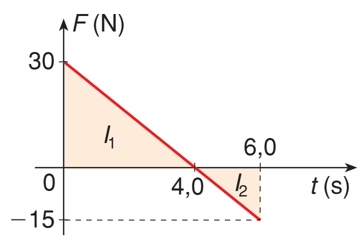
$P = mg = 0{,}6 \cdot 10 \Rightarrow P = 6$ N

Intensidade do impulso:

$I = P\Delta t = 6 \cdot 3 \Rightarrow \boxed{I = 18 \text{ N} \cdot \text{s}}$

Direção e sentido do impulso: os mesmos do peso, isto é, direção **vertical** e sentido **de cima para baixo**.

P.382 a) Cálculo do módulo do impulso pela área do gráfico:



$$I_1 = \frac{4{,}0 \cdot 30}{2} \Rightarrow \boxed{I_1 = 60 \text{ N} \cdot \text{s}} \quad \text{(de 0 a 4,0 s)}$$

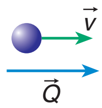
$$I_2 = -\frac{2{,}0 \cdot 15}{2} \Rightarrow I_2 = -15 \text{ N} \cdot \text{s} \quad \text{(de 4,0 s a 6,0 s)}$$

$$I_{total} = I_1 + I_2 = 60 - 15 \Rightarrow \boxed{I_{total} = 45 \text{ N} \cdot \text{s}} \quad \text{(de 0 a 6,0 s)}$$

b) Sendo $I_{total} = F\Delta t$, com $I_{total} = 45$ N · s e $\Delta t = 6{,}0$ s, vem:

$45 = F \cdot 6{,}0 \Rightarrow \boxed{F = 7{,}5 \text{ N}}$

P.383 Dados: $m = 2{,}0$ kg; $v = 5{,}0$ m/s (horizontal, da esquerda para a direita)



Intensidade: $Q = mv = 2{,}0 \cdot 5{,}0 \Rightarrow \boxed{Q = 10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}$

Direção: horizontal (a mesma de $\vec{v}$)

Sentido: da esquerda para a direita (o mesmo de $\vec{v}$)

P.384 $s = 3 + 4t - 4t^2 \Rightarrow v = 4 - 8t$; $m = 4$ kg

a) No instante $t = 0$, temos: $v = 4 - 8 \cdot 0 \Rightarrow v_0 = 4$ m/s

Sendo $Q_0 = mv_0$, vem:

$Q = 4 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{Q_0 = 16 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}$

b) No instante $t = 0{,}5$ s, temos:

$v = 4 - 8 \cdot 0{,}5 \Rightarrow v = 0$

$Q = mv \Rightarrow \boxed{Q = 0}$

c) No instante $t = 4$ s, temos: $v = 4 - 8 \cdot 4 \Rightarrow v = -28$ m/s $\Rightarrow |v| = 28$ m/s

Sendo $|Q| = m|v|$, vem:

$|Q| = 4 \cdot 28 \Rightarrow \boxed{|Q| = 112 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}$

P.385 Como $v_0 = 4$ m/s e $v = -28$ m/s, no instante $t = 4$ s o sentido de movimento do móvel é oposto ao inicial:

Portanto, os vetores velocidade $\vec{v}$ e $\vec{v}_0$ têm **sentidos opostos**, o mesmo acontece com as quantidades de movimento correspondentes $\vec{Q}$ e $\vec{Q}_0$.

P.386 Dados: $m = 0{,}20$ kg; $Q = 1{,}0$ kg · m/s

Sendo $Q = mv$, obtém-se: $v = \dfrac{Q}{m}$ ①

A energia cinética é dada por: $E_c = \dfrac{mv^2}{2}$ ②

Substituindo-se ① em ②, temos: $E_c = \dfrac{mQ^2}{2m^2} \Rightarrow \boxed{E_c = \dfrac{Q^2}{2m}}$

Portanto: $E_c = \dfrac{(1{,}0)^2}{2 \cdot 0{,}20} \Rightarrow \boxed{E_c = 2{,}5 \text{ J}}$

P.387 Dados: $m = 0{,}10$ kg; $v_0 = 0$; $t = 10$ s; $s = 50$ m

De $s = \frac{\alpha t^2}{2}$ vem: $50 = \frac{\alpha(10)^2}{2} \Rightarrow \alpha = 1 \text{ m/s}^2$

De $v = v_0 + \alpha t$ vem: $v = 1t \Rightarrow v = 10$ m/s

Sendo $Q = mv$, vem: $Q = 0{,}10 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{Q = 1{,}0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}$

P.388 Dados: $m = 3{,}0$ kg; $v_0 = 15$ m/s; $F = 2{,}5$ N; $\Delta t = 4{,}0$ s

a) Pela definição de impulso, temos:

$I = F\Delta t = 2{,}5 \cdot 4{,}0 \Rightarrow \boxed{I = 10 \text{ N} \cdot \text{s}}$

b) A quantidade de movimento inicial Q_0 é dada por:

$Q_0 = mv_0 = 3{,}0 \cdot 15 \Rightarrow \boxed{Q_0 = 45 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}$

c) Pelo teorema do impulso $\vec{I} = \vec{Q} - \vec{Q}_0$. Como $\vec{I}$, $\vec{Q}$, $\vec{Q}_0$ tem mesma direção e sentido, podemos escrever:

$I = Q - Q_0 \Rightarrow Q = Q_0 + I = 45 + 10 \Rightarrow \boxed{Q = 55 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}$

P.389 Dados: $v_0 = 20$ m/s; $m = 5{,}0$ kg

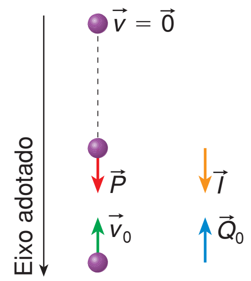
A quantidade de movimento inicial Q_0 é dada por:

$Q_0 = mv_0 = 5{,}0 \cdot 20 \Rightarrow Q_0 = 100 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

No ponto mais alto: $v = 0 \Rightarrow Q = 0$

Pelo teorema do impulso, considerando o eixo adotado, temos:

$I = 0 - (-Q_0) \Rightarrow I = Q_0 \Rightarrow \boxed{I = 100 \text{ N} \cdot \text{s}}$



P.390 Teorema do impulso:

$\vec{I} = \vec{Q}_2 - \vec{Q}_1$

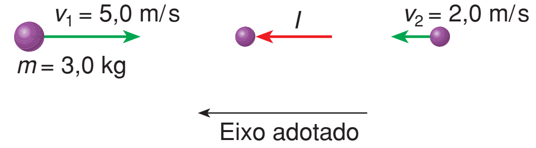
$\vec{I} = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$

Em relação ao eixo adotado:

$I = mv_2 - m(-v_1)$

$I = 3{,}0 \cdot 2{,}0 - 3{,}0 \cdot (-5{,}0)$

$I = 21 \text{ N} \cdot \text{s}$



De $I = F \cdot \Delta t$, vem: $21 = F \cdot 10 \Rightarrow \boxed{F = 2{,}1 \text{ N}}$

P.391 Dados: $v_1 = 15$ m/s; $v_2 = 20$ m/s; $m = 0{,}40$ kg

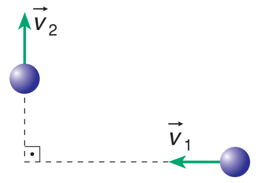
$\vec{Q}_1 = m\vec{v}_1$

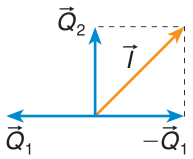
Em módulo: $Q_1 = mv_1 \Rightarrow Q_1 = 0{,}40 \cdot 15 \Rightarrow Q_1 = 6{,}0$ kg · m/s

$\vec{Q}_2 = m\vec{v}_2$

Em módulo: $Q_2 = mv_2 \Rightarrow Q_2 = 0{,}40 \cdot 20 \Rightarrow Q_2 = 8{,}0$ kg · m/s

Pelo teorema do impulso: $\vec{I} = \vec{Q}_2 - \vec{Q}_1 = \vec{Q}_2 + (-\vec{Q}_1)$





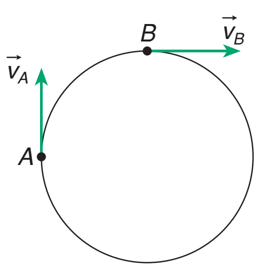
Em módulo:

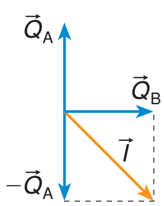
$I^2 = Q_2^2 + Q_1^2 = (8{,}0)^2 + (6{,}0)^2$

$I^2 = 64 + 36 = 100$

$\boxed{I = 10 \text{ N} \cdot \text{s}}$

P.392 Dados: $v_A = v_B = 10$ m/s; $m = 4{,}0$ kg





a) $\vec{Q}_A = m\vec{v}_A$

Direção e sentido: os mesmos de $\vec{v}_A$

Módulo: $Q_A = mv_A = 4{,}0 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{Q_A = 40 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}$

b) $\vec{Q}_B = m\vec{v}_B$

Direção e sentido: os mesmos de $\vec{v}_B$

Módulo: $Q_B = mv_B = 4{,}0 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{Q_B = 40 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}$

c) $\vec{I} = \vec{Q}_B - \vec{Q}_A$

Direção e sentido de $\vec{I}$ indicados na figura.

Módulo:

$I^2 = Q_A^2 + Q_B^2 = (40)^2 + (40)^2$

$I^2 = 1.600 + 1.600 = 3.200$

$\boxed{I \simeq 56{,}6 \text{ N} \cdot \text{s}}$

P.393 a) $I = A_{trapézio}$ (numericamente)

$$I = \frac{0,20 + 0,10}{2} \cdot 1,0$$

$$\boxed{I = 0,15 \text{ N} \cdot \text{s}}$$

b) $I' = A_{trapézio} + A_{triângulo}$ (numericamente)

$$I' = 0,15 + \frac{1,0 \cdot 0,20}{2}$$

$I' = 0,15 + 0,10$

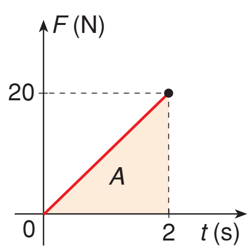
$I' = 0,25 \text{ N} \cdot \text{s}$

Pelo teorema do impulso, sendo nula a velocidade inicial ($v_0 = 0$), podemos calcular a velocidade v no instante $t = 2,0$ s:

$$I' = mv \Rightarrow 0,25 = 100 \cdot 10^{-3} \cdot v \Rightarrow \boxed{v = 2,5 \text{ m/s}}$$

P.394 Dados: $m = 2,5$ kg; $v_0 = 10$ m/s

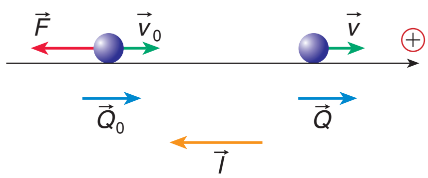
a)



O módulo do impulso é dado numericamente pela área destacada no gráfico:

$$A = \frac{2 \cdot 20}{2} \Rightarrow \boxed{I = 20 \text{ N} \cdot \text{s}}$$

b)



$$\vec{I} = \vec{Q} - \vec{Q}_0$$

Considerando a orientação do eixo, pelo teorema do impulso, vem: $-I = Q - Q_0$

Temos: $Q_0 = mv_0 = 2,5 \cdot 10 \Rightarrow Q_0 = 25 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

Assim: $-20 = Q - 25 \Rightarrow Q = 5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

Pela definição de quantidade de movimento:

$$Q = mv \Rightarrow 5 = 2,5 \cdot v \Rightarrow \boxed{v = 2 \text{ m/s}}$$

P.395 Dados: $M = 2$ t $= 2.000$ kg; $m = 8$ kg; $v = 250$ m/s

Conforme demonstração vista no exercício **R.150**, temos $MV = mv$, sendo V a velocidade de recuo da peça de artilharia.

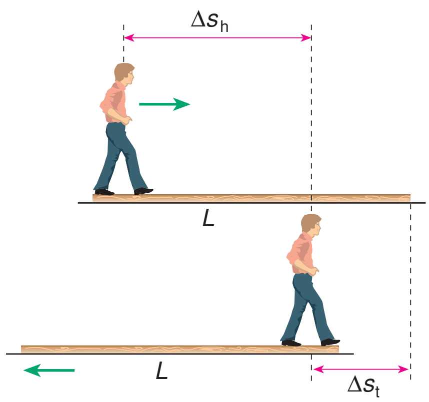
$$2.000 \cdot V = 8 \cdot 250 \Rightarrow \boxed{V = 1 \text{ m/s}}$$

P.396 De $m_A \cdot v_A = m_B \cdot v_B$, vem: $1 \cdot v_A = 2 \cdot 0{,}5 \Rightarrow v_A = 1$ m/s

A energia potencial armazenada pela mola é igual à soma das energias cinéticas adquiridas pelos corpos:

$$E_p = \frac{m_A \cdot v_A^2}{2} + \frac{m_B \cdot v_B^2}{2} \Rightarrow E_p = \frac{1 \cdot 1^2}{2} + \frac{2 \cdot 0{,}5^2}{2} \Rightarrow \boxed{E_p = 0{,}75 \text{ J}}$$

P.397



Sendo Δs_h o deslocamento do homem de massa $m_h = M$ e Δs_t o deslocamento da tábua de massa $m_t = \frac{M}{4}$, ambos em relação à Terra, demonstra-se (ver exercício resolvido **R.151**):

$m_h \cdot \Delta s_h = m_t \cdot \Delta s_t$

Mas: $\Delta s_t = L - \Delta s_h$ (ver figura ao lado)

Portanto:

$m_h \cdot \Delta s_h = m_t \cdot (L - \Delta s_h)$

$M \cdot \Delta s_h = \frac{M}{4} \cdot (L - \Delta s_h)$

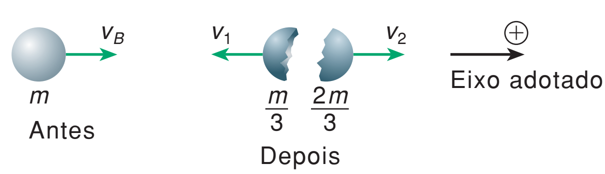
$4M \cdot \Delta s_h = ML - M \cdot \Delta s_h$

$5M \cdot \Delta s_h = ML$

$$\boxed{\Delta s_h = \frac{L}{5}}$$

P.398 Bomba: $m_B = m$; $v_B = 50$ m/s

Primeira parte da bomba: $m_1 = \frac{m}{3}$; $v_1 = 30$ m/s



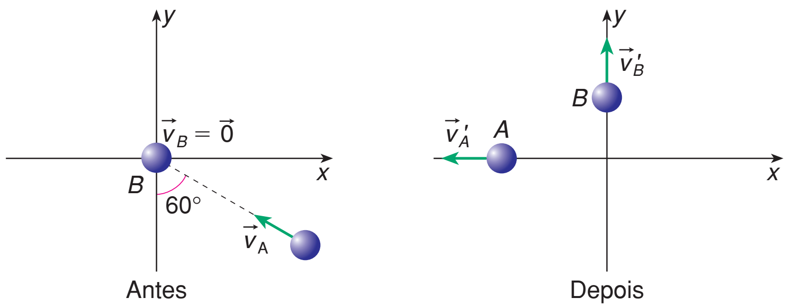
Conservação da quantidade de movimento: $\vec{Q}_{antes} = \vec{Q}_{depois}$

Em relação ao eixo adotado:

$$mv_B = -\frac{m}{3} \cdot v_1 + \frac{2m}{3} \cdot v_2 \Rightarrow v_B = -\frac{v_1}{3} + \frac{2v_2}{3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 50 = -\frac{30}{3} + \frac{2v_2}{3} \Rightarrow \boxed{v_2 = 90 \text{ m/s}}$$

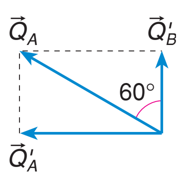
P.399 Dados: $v_A = v_0 = 6{,}0$ m/s; $\cos 60^\circ = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$; $\text{sen } 60^\circ = \dfrac{1}{2}$



A quantidade de movimento se conserva, considerando o sistema ($A + B$) isolado:

$\vec{Q}_{\text{depois}} = \vec{Q}_{\text{antes}} \Rightarrow \vec{Q}\,'_A + \vec{Q}\,'_B = \vec{Q}_A$

Representando vetorialmente:

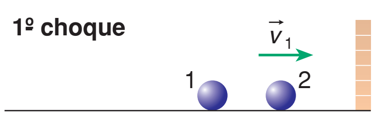


Da figura ao lado:

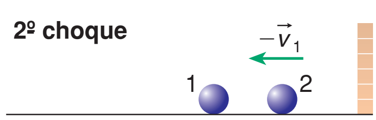
$$\text{sen } 60^\circ = \frac{Q'_A}{Q_A} = \frac{m_A \cdot v'_A}{m_A \cdot v_A} \Rightarrow$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{v'_A}{6{,}0} \Rightarrow \boxed{v'_A = 3{,}0 \cdot \sqrt{3} \text{ m/s}}$$

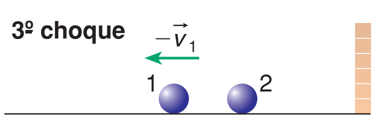
P.400 a) Como é mostrado no exercício **R.154**, em cada choque entre as esferas há troca de velocidades entre elas. Assim, há **três choques** no fenômeno.



- A esfera 1 pára e a 2 adquire velocidade $\vec{v}_1$



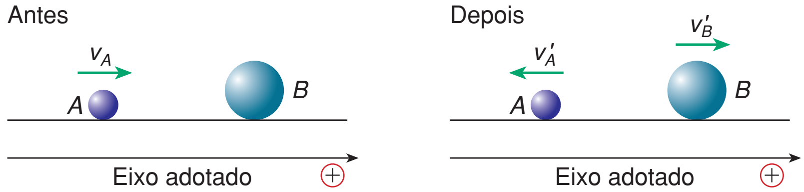
- A esfera 2 se choca contra a parede e volta com velocidade $-\vec{v}_1$



- A esfera 2 pára e a 1 adquire velocidade $-\vec{v}_1$

b) Como explicitado acima, após o 1º choque, a esfera 1 para ($v = 0$) e a esfera 2 adquire velocidade $\vec{v}_1$. No choque da esfera 2 com a parede, ela adquire velocidade $-\vec{v}_1$. No 3º choque (o segundo entre as esferas), a esfera 2 para ($v = 0$) e a esfera 1 adquire velocidade $-\vec{v}_1$. A justificativa física para os fatos ocorridos é a conservação da quantidade de movimento e a conservação da energia cinética em vista de os choques serem **frontais, perfeitamente elásticos, entre corpos de massas iguais**.

P.401 Dados: $m_A = m$; $v_A = 10$ m/s; $m_B = 4\,m$; $v_B = 0$



$Q_{\text{antes}} = m_A \cdot v_A = m \cdot 10 = 10m$

$Q_{\text{depois}} = -m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B = -mv'_A + 4mv'_B$

Conservação da quantidade de movimento:

$Q_{\text{depois}} = Q_{\text{antes}} \Rightarrow -mv'_A + 4mv'_B = 10m \Rightarrow -v'_A + 4v'_B = 10$ ①

Como o choque é perfeitamente elástico, tem-se $e = 1$.

$$e = \frac{|v_{\text{afast.}}|}{|v_{\text{aprox.}}|} \Rightarrow 1 = \frac{v'_A + v'_B}{v_A} \Rightarrow v'_A + v'_B = 10 \quad ②$$

Somando membro a membro as expressões ① e ②, vem:

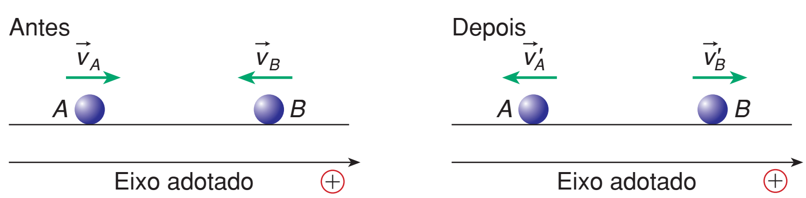
$5v'_B = 20 \Rightarrow \boxed{v'_B = 4 \text{ m/s}}$

Substituindo em ②:

$$v'_A + 4 = 10 \Rightarrow \boxed{v'_A = 6 \text{ m/s}}$$

P.402 Dados: $m_A = 0{,}5$ kg; $m_B = 3{,}0$ kg; $v_A = 12$ m/s; $v_B = 1$ m/s; $e = 1$ (elástico)

Adotando um eixo orientado da esquerda para a direita:



Antes da colisão:

$Q_{\text{antes}} = m_A \cdot v_A - m_B \cdot v_B$

Depois da colisão:

$Q_{\text{depois}} = -m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B$

Aplicando a conservação da quantidade de movimento:

$Q_{\text{depois}} = Q_{\text{antes}}$

$-m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B = m_A \cdot v_A - m_B \cdot v_B$

$-0{,}5v'_A + 3{,}0v'_B = 0{,}5 \cdot 12 - 3{,}0 \cdot 1$

$-0{,}5v'_A + 3{,}0v'_B = 3{,}0$ ①

Como o choque é perfeitamente elástico: $e = 1$

$$e = \frac{|v_{\text{afast.}}|}{|v_{\text{aprox.}}|} \Rightarrow 1 = \frac{v'_A + v'_B}{v_A + v_B} \Rightarrow v'_A + v'_B = v_A + v_B \Rightarrow$$

$\Rightarrow v'_A + v'_B = 12 + 1 \Rightarrow v'_A + v'_B = 13$ ②

Multiplicando todos os termos da equação ① por 2, temos:

$-v'_A + 6{,}0v'_B = 6{,}0$ ③

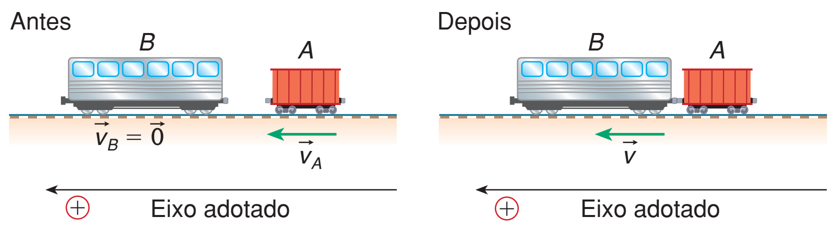
Somando membro a membro as equações ② e ③, vem:

$7{,}0v'_B = 19 \Rightarrow \boxed{v'_B \simeq 2{,}71 \text{ m/s}}$

Substituindo em ②:

$v'_A + 2{,}71 = 13 \Rightarrow \boxed{v'_A = 10{,}29 \text{ m/s}}$

P.403 Dados: $m_A = 10$ t $= 10.000$ kg; $v_A = 0{,}90$ m/s; $m_B = 20$ t $= 20.000$ kg; $v_B = 0$



Adotando um eixo orientado da direita para a esquerda:

Antes da colisão:

$Q_{\text{antes}} = m_A \cdot v_A = 10.000 \cdot 0{,}90 = 9.000$

Depois da colisão:

$Q_{\text{depois}} = (m_A + m_B) \cdot v = (10.000 + 20.000) \cdot v = 30.000v$

Aplicando a conservação da quantidade de movimento:

$Q_{\text{depois}} = Q_{\text{antes}} \Rightarrow 30.000v = 9.000 \Rightarrow \boxed{v = 0{,}30 \text{ m/s}}$

Energia cinética antes da colisão:

$$E_{c_a} = \frac{m_A \cdot v_A^2}{2} = \frac{10.000 \cdot (0{,}90)^2}{2} \Rightarrow E_{c_a} = 4.050 \text{ J}$$

Energia cinética depois da colisão:

$$E_{c_d} = \frac{(m_A + m_B) \cdot v^2}{2} = \frac{(10.000 + 20.000) \cdot (0{,}30)^2}{2} \Rightarrow E_{c_d} = 1.350 \text{ J}$$

$\Delta E_c = E_{c_d} - E_{c_a} = 1.350 - 4.050 \Rightarrow \boxed{\Delta E_c = -2.700 \text{ J}}$

Há um decréscimo de 2.700 joules devido à colisão entre os vagões.

P.404 Dados: $H = 20$ m; $e = 0{,}4$; $g = 10$ m/s^2

a) Utilizando a conservação da energia mecânica na descida da esfera *A* e adotando o plano horizontal como nível de referência:

$$E_{p_1} + E_{c_1} = E_{p_2} + E_{c_2} \Rightarrow mgH + 0 = 0 + \frac{mv_A^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \cdot 10 \cdot 20 = \frac{mv_A^2}{2} \Rightarrow v_A^2 = 400 \Rightarrow \boxed{v_A = 20 \text{ m/s}}$$

b) $Q_{antes} = mv_A = 20m$

$Q_{depois} = mv'_A + mv'_B = m \cdot (v'_A + v'_B)$

Aplicando a conservação da quantidade de movimento, vem:

$Q_{depois} = Q_{antes} \Rightarrow m \cdot (v'_A + v'_B) = 20m \Rightarrow v'_A + v'_B = 20$ ①

A partir da definição de coeficiente de restituição:

$$e = \frac{|v_{afast.}|}{|v_{aprox.}|} \Rightarrow 0{,}4 = \frac{v'_B - v'_A}{20} \Rightarrow v'_B - v'_A = 8 \quad ②$$

Somando membro a membro as equações ① e ②:

$$2v'_B = 28 \Rightarrow \boxed{v'_B = 14 \text{ m/s}}$$

Substituindo o resultado anterior em ①: $v'_A + 14 = 20 \Rightarrow \boxed{v'_A = 6 \text{ m/s}}$

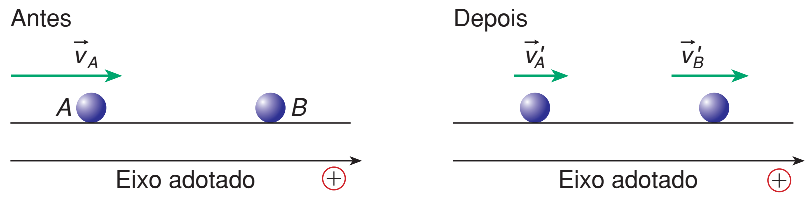
c) Utilizando a conservação da energia mecânica na subida da esfera *B*:

$$E'_{p_1} + E'_{c_1} = E'_{p_2} + E'_{c_2} \Rightarrow 0 + \frac{mv_B'^2}{2} = mgh + 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{m \cdot (14)^2}{2} = m \cdot 10 \cdot h \Rightarrow 20h = 196 \Rightarrow \boxed{h = 9{,}8 \text{ m}}$$

P.405 Dados: $m_A = 6{,}0$ kg; $m_B = 8{,}0$ kg; $v_A = 10$ m/s; $v_B = 0$; $e = 0{,}50$

Adotando um eixo orientado da esquerda para a direita:



Antes da colisão:

$Q_{antes} = m_A \cdot v_A$

Depois da colisão:

$Q_{depois} = m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B$

Aplicando a conservação da quantidade de movimento:

$Q_{depois} = Q_{antes}$

$m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B = m_A \cdot v_A \Rightarrow 6{,}0v'_A + 8{,}0v'_B = 6{,}0 \cdot 10 \Rightarrow 6{,}0v'_A + 8{,}0v'_B = 60$ ①

A partir da definição de coeficiente de restituição, vem:

$$e = \frac{|v_{afast.}|}{|v_{aprox.}|} \Rightarrow 0{,}50 = \frac{v'_B - v'_A}{v_A} \Rightarrow v'_B - v'_A = 5{,}0 \quad ②$$

Multiplicando por 6,0 a equação ②:

$6{,}0v'_B - 6{,}0v'_A = 30 \quad ③$

Somando membro a membro as equações ① e ③, vem:

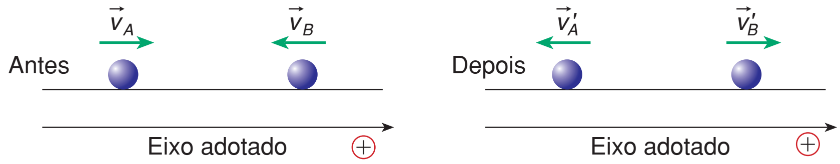
$$14v'_B = 90 \Rightarrow \boxed{v'_B \simeq 6{,}43 \text{ m/s}}$$

Substituindo o resultado anterior em ②:

$$6{,}43 - v'_A = 5{,}0 \Rightarrow v'_A = 6{,}43 - 5{,}0 \Rightarrow \boxed{v'_A = 1{,}43 \text{ m/s}}$$

P.406 Dados: $v_A = 8{,}0$ m/s; $v_B = 4{,}0$ m/s; $m_A = 5{,}0$ kg; $m_B = 8{,}0$ kg; $e = 0{,}40$

Adotando um eixo orientado da esquerda para a direita:



$Q_{antes} = m_A \cdot v_A - m_B \cdot v_B$ e $Q_{depois} = -m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B$

Aplicando a conservação da quantidade de movimento:

$Q_{depois} = Q_{antes}$

$-m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B = m_A \cdot v_A - m_B \cdot v_B$

$-5{,}0v'_A + 8{,}0v'_B = 5{,}0 \cdot 8{,}0 - 8{,}0 \cdot 4{,}0$

$-5{,}0v'_A + 8{,}0v'_B = 40 - 32$

$-5{,}0v'_A + 8{,}0v'_B = 8 \quad ①$

A partir da definição de coeficiente de restituição vem:

$$e = \frac{|v_{afast.}|}{|v_{aprox.}|} \Rightarrow 0{,}40 = \frac{v'_A + v'_B}{v_A + v_B} \Rightarrow 0{,}40 = \frac{v'_A + v'_B}{8{,}0 + 4{,}0} \Rightarrow$$

$\Rightarrow 0{,}40 \cdot 12 = v'_A + v'_B \Rightarrow v'_A + v'_B = 4{,}8 \quad ②$

Multiplicando por 5,0 a equação ②, vem:

$5{,}0v'_A + 5{,}0v'_B = 24 \quad ③$

Somando membro a membro as equações ① e ③:

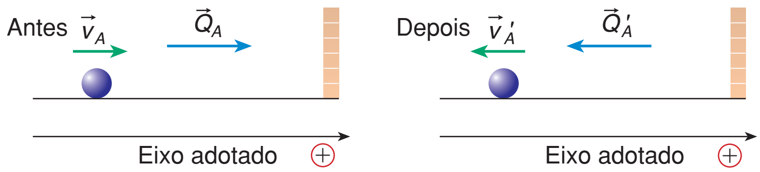
$$13v'_B = 32 \Rightarrow \boxed{v'_B \simeq 2{,}46 \text{ m/s}}$$

Substituindo o resultado anterior em ②:

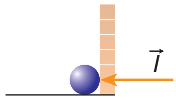
$$v'_A + 2{,}46 = 4{,}8 \Rightarrow \boxed{v'_A = 2{,}34 \text{ m/s}}$$

Os sentidos são opostos aos iniciais.

P.407 a) Dados: $m = 0,50$ kg; $v_A = v'_A = v = 10$ m/s



Durante o choque com a parede, esta aplica na esfera um impulso $\vec{I}$ que tem sentido oposto ao movimento inicial dela:



Teorema do impulso: $\vec{I} = \vec{Q}'_A - \vec{Q}_A$

Considerando o eixo adotado: $-I = -Q'_A - Q_A$

Substituindo $Q_A = mv_A$ e $Q'_A = mv'_A$, vem:

$-I = -mv'_A - mv_A \Rightarrow -I = -2mv \Rightarrow I = 2mv \Rightarrow$

$\Rightarrow I = 2 \cdot 0,50 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{I = 10 \text{ N} \cdot \text{s}}$

b) Como $\Delta t = 0,02$ s e $I = 10$ N · s, vem:

$I = F\Delta t \Rightarrow 10 = F \cdot 0,02 \Rightarrow \boxed{F = 500 \text{ N}}$

c) $e = \dfrac{|v_{afast.}|}{|v_{aprox.}|}$, onde $v_{afast.} = v'_A$ e $v_{aprox.} = v_A$

$$e = \frac{v'_A}{v_A} = \frac{10}{10}$$

$\boxed{e = 1}$ (choque perfeitamente elástico)

É possível também verificar que o choque é perfeitamente elástico observando que a energia cinética se conserva.

P.408 Dados: $m = 5$ g $= 5 \cdot 10^{-3}$ kg; $M = 2$ kg; $h = 5$ cm $= 0,05$ m; $g = 10$ m/s

Na subida do bloco (com a bala alojada), tendo a bala velocidade inicial V, há conservação da energia mecânica. Adotando o plano onde o bloco está inicialmente como o nível de referência:

$$E_{c_1} = E_{p_2} \Rightarrow \frac{(M + m) \cdot V^2}{2} = (M + m) \cdot gh \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V^2 = 2gh = 2 \cdot 10 \cdot 0,05 \Rightarrow V^2 = 1 \Rightarrow V = 1 \text{ m/s}$$

Pela conservação da quantidade de movimento, temos:

$Q_{antes} = Q_{depois}$

$mv_0 = (M + m) \cdot V$

$5 \cdot 10^{-3}\ v_0 = (2 + 0{,}005) \cdot 1$

$$v_0 = \frac{2{,}005}{5 \cdot 10^{-3}}$$

$\boxed{v_0 \simeq 400 \text{ m/s}}$

P.409 Energia cinética antes do choque: $E_{c_a} = \dfrac{mv_0^2}{2}$

Energia cinética depois do choque: $E_{c_d} = \dfrac{(m + M) \cdot V^2}{2}$

Dividindo membro a membro: $\dfrac{E_{c_d}}{E_{c_a}} = \dfrac{(m + M)}{m} \cdot \dfrac{V^2}{v_0^2}$ ①

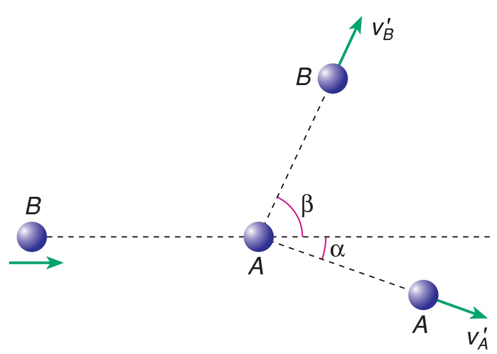
Da conservação da quantidade de movimento:

$mv_0 = (M + m) \cdot V \Rightarrow \dfrac{V}{v_0} = \dfrac{m}{(M + m)} \Rightarrow \dfrac{V^2}{v_0^2} = \dfrac{m^2}{(m + M)^2}$ ②

Substituindo a expressão ② em ①, vem:

$$\frac{E_{c_d}}{E_{c_a}} = \frac{(m + M)}{m} \cdot \frac{m^2}{(m + M)^2} \Rightarrow \boxed{\frac{E_{c_d}}{E_{c_a}} = \frac{m}{m + M}}$$

P.410 a) $v_B = 20$ m/s; $\alpha = 30°$; sen 30° = cos 60° = 0,5; sen 60° = cos 30° = 0,87



Conforme observação no exercício **R.160**: $\alpha + \beta = 90°$

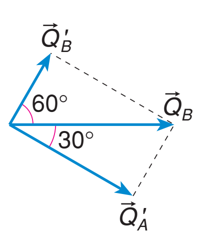
Portanto:

$\beta = 90° - \alpha = 90° - 30°$

$\boxed{\beta = 60°}$

b) Pela conservação da quantidade de movimento,

$\vec{Q}'_B + \vec{Q}'_A = \vec{Q}_B$, de acordo com a figura.



Dos triângulos obtidos, temos:

$\cos 30° = \dfrac{Q'_A}{Q_B} = \dfrac{mv'_A}{mv_B} \Rightarrow$

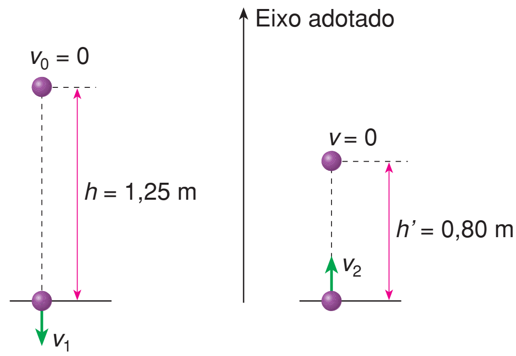
$\Rightarrow 0{,}87 = \dfrac{v'_A}{20} \Rightarrow \boxed{v'_A = 17{,}4 \text{ m/s}}$

$\cos 60° = \dfrac{Q'_B}{Q_B} = \dfrac{mv'_B}{mv_B} \Rightarrow 0{,}5 = \dfrac{v'_B}{20} \Rightarrow \boxed{v'_B = 10 \text{ m/s}}$

P.411 a) $e = \sqrt{\dfrac{h'}{h}}$

$e = \sqrt{\dfrac{0{,}80}{1{,}25}}$

$\boxed{e = 0{,}80}$



b) $v_1 = \sqrt{2gh} \Rightarrow v_1 = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1{,}25} \Rightarrow v_1 = 5{,}0$ m/s

$v_2 = \sqrt{2gh'} \Rightarrow v_2 = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0{,}80} \Rightarrow v_2 = 4{,}0$ m/s

$\vec{I}_R = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$ ($\vec{I}_R$: impulso da resultante)

Em relação ao eixo adotado:

$I_R = mv_2 - m \cdot (-v_1)$

$I_R = m\,(v_2 + v_1)$

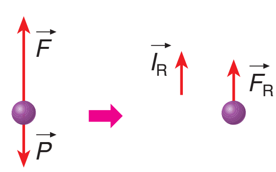
$I_R = 100 \cdot 10^{-3}\,(4{,}0 + 5{,}0)$

$I_R = 0{,}90$ N $\cdot$ s

Na bola, durante a interação com o chão, agem duas forças: a força $\vec{F}$ exercida pelo chão e o peso $\vec{P}$.

$\vec{I}_R = \vec{I}_F + \vec{I}_P$

$I_R = I_F - I_P$



Sendo I_P desprezível, vem: $\boxed{I_F = I_R = 0{,}90 \text{ N} \cdot \text{s}}$

c) $I_F = A_{\text{triângulo}}$ (numericamente)

$I_F = \dfrac{F_{\text{máx.}} \cdot \Delta t}{2}$

$0{,}90 = \dfrac{F_{\text{máx.}} \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{2}$

$\boxed{F_{\text{máx.}} = 90 \text{ N}}$

Observação:

Vamos calcular o impulso do chão sobre a bola, levando-se em conta o impulso do peso:

$I_P = P \cdot \Delta t$

$I_P = m \cdot g \cdot \Delta t$

$I_P = 100 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 20 \cdot 10^{-3}$

$I_P = 0{,}02$ N $\cdot$ s

De $I_R = I_F - I_P$, vem: $0{,}90 = I_F - 0{,}02 \Rightarrow \boxed{I_F = 0{,}92 \text{ N} \cdot \text{s}}$

Essa seria a resposta se o impulso do peso não fosse desprezado.

P.412 a) Dados: $m = 60$ g $= 0{,}060$ kg; $v_0 = 0$; $v = 30$ m/s; $g = 10$ m/s^2

Pelo teorema da energia cinética:

$$\mathcal{T} = E_c - E_{c(0)} = \frac{mv^2}{2} - 0 \Rightarrow \mathcal{T} = \frac{0{,}060 \cdot (30)^2}{2} \Rightarrow \boxed{\mathcal{T} = 27 \text{ J}}$$

Pelo teorema do impulso:

$$I = Q - Q_0 = mv - 0 \Rightarrow I = 0{,}060 \cdot 30 \Rightarrow \boxed{I = 1{,}8 \text{ N} \cdot \text{s}}$$

b) Como $\Delta t = 0{,}10$ s e $I = 1{,}8$ N · s, vem:

$I = F\Delta t \Rightarrow 1{,}8 = F \cdot 0{,}10 \Rightarrow F = 18$ N

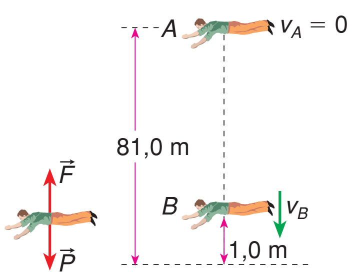
A partir da definição de peso:

$P = mg = 0{,}060 \cdot 10 \Rightarrow P = 0{,}60$ N

Dividindo-se o módulo da força média $\vec{F}$, exercida pela raquete sobre a bola pelo módulo de seu peso, temos:

$$\frac{F}{P} = \frac{18}{0{,}60} \Rightarrow \boxed{\frac{F}{P} = 30}$$

P.413 a) Cálculo de v_B:



$v_B^2 = v_A^2 + 2g\Delta s$

$v_B^2 = 0 + 2 \cdot 10 \cdot 80$

$v_B^2 = 1.600$

$v_B = 40$ m/s

Teorema do impulso:

$\vec{I}_R = \vec{Q}_2 - \vec{Q}_1$

$\vec{I}_R = \vec{0} - m\vec{v}_B$

$|\vec{I}_R| = mv_B$

$(F - P) \cdot \Delta t = mv_B$

$(F - 50 \cdot 10) \cdot 0{,}05 = 50 \cdot 40$

$F = 40.500$ N

$$\boxed{F = 40{,}5 \text{ kN}}$$

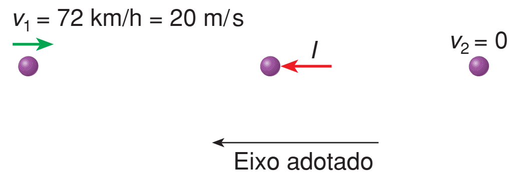
b) Segunda lei de Newton:

$F - P = ma \Rightarrow 40.500 - 500 = 50 \cdot a \Rightarrow a = 800$ m/s $\Rightarrow a = 80g$

$$\frac{a}{a_{\text{letal}}} = \frac{80g}{8g} \Rightarrow \boxed{\frac{a}{a_{\text{letal}}} = 10}$$

P.414 a) Teorema do impulso:

$\vec{I} = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$



Em relação ao eixo adotado:

$I = 0 - m(-v_1)$

$I = m \cdot v_1$

$F \cdot \Delta t = mv_1$

$F \cdot 0{,}02 = 10 \cdot 20$

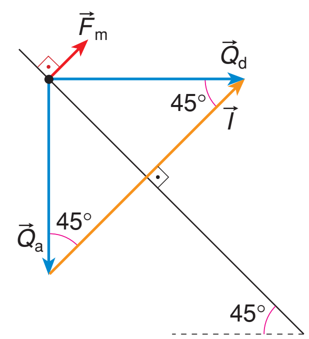
$\boxed{F = 10^4 \text{ N}}$

b) $P = mg$

$10^4 = m \cdot 10$

$\boxed{m = 10^3 \text{ kg}}$

P.415 a) A força média $\vec{F}_m$ exercida pelo anteparo sobre a esfera durante o choque tem a direção e o sentido do impulso $\vec{I}$. Portanto, $\vec{F}_m$ apresenta direção perpendicular ao anteparo e o sentido indicado na figura.



b) $\vec{I} = \vec{Q}_d - \vec{Q}_a$

Pelo teorema da Pitágoras:

$I^2 = Q_d^2 + Q_a^2 = (mv)^2 + (mv)^2$

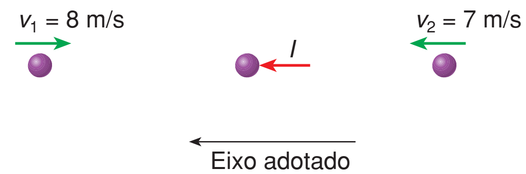
$I^2 = 2(mv)^2$

$I = \sqrt{2} \cdot mv$

Mas:

$F_m = \dfrac{I}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{F_m = \sqrt{2} \cdot \dfrac{mv}{\Delta t}}$

P.416 a) Teorema do impulso:



$\vec{I} = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$

Em relação ao eixo adotado:

$I = mv_2 - m(-v_1)$

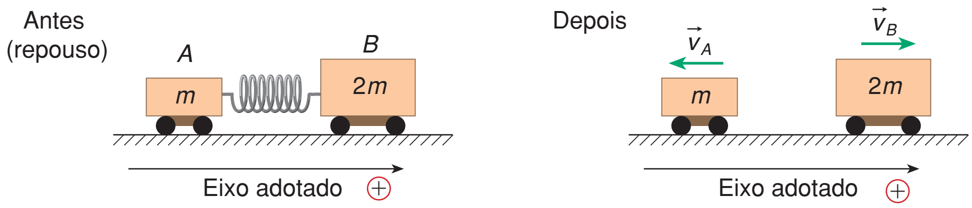
$I = m(v_2 + v_1)$

$I = 400 \cdot 10^{-3} \cdot (7 + 8)$

$\boxed{I = 6 \text{ N} \cdot \text{s}}$

b) Pelo princípio da ação e reação, a bola aplicou na cabeça do policial um impulso de mesmo módulo $I = 6\ \text{N} \cdot \text{s}$. Este provoca, na cabeça do policial, a mesma variação de quantidade de movimento sofrida pela bola. Logo, houve transferência de quantidade de movimento (momento linear).

P.417 a) Dados: $m_A = m$; $m_B = 2\ m$; $v_B = 1{,}0\ \text{m/s}$



$Q_{\text{antes}} = 0$; $Q_{\text{depois}} = -mv_A + 2mv_B$

$Q_{\text{depois}} = Q_{\text{antes}} \Rightarrow -mv_A + 2mv_B = 0 \Rightarrow 2mv_B = mv_A \Rightarrow$

$\Rightarrow v_A = 2v_B \Rightarrow \boxed{v_A = 2{,}0\ \text{m/s}}$

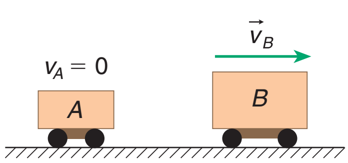
b) Considerando não haver perdas de energia mecânica e adotando o nível de referência na superfície horizontal:

$$E_{c_A} + E_{p_A} = E'_{c_A} + E'_{p_A} \Rightarrow \frac{mv_A^2}{2} + 0 = 0 + mgh_A \Rightarrow h_A = \frac{v_A^2}{2g}$$

$$E_{c_B} + E_{p_B} = E'_{c_B} + E'_{p_B} \Rightarrow \frac{2mv_B^2}{2} + 0 = 0 + 2mgh_B \Rightarrow h_B = \frac{v_B^2}{2g}$$

$$\frac{h_A}{h_B} = \frac{v_A^2}{v_B^2} = \frac{(2{,}0)^2}{(1{,}0)^2} \Rightarrow \boxed{\frac{h_A}{h_B} = 4}$$

P.418 Dados: $m_A = m_B = m = 1\text{kg}$; $v = 3\ \text{m/s}$



a) $Q = (m_A + m_B) \cdot v = (1 + 1) \cdot 3 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{Q = 6\ \text{kg} \cdot \text{m/s}}$

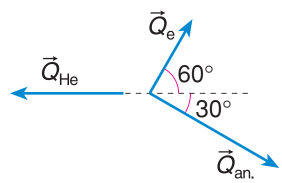
b) Se A para, $Q_A = 0$.

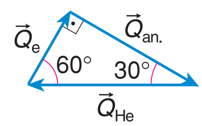
Como a quantidade de movimento se conserva,

$Q_B = Q \Rightarrow mv_B = 6 \Rightarrow 1 \cdot v_B = 6 \Rightarrow \boxed{v_B = 6\ \text{m/s}}$

P.419 a) No processo de desintegração, há conservação da quantidade de movimento. Como o núcleo do trítio encontra-se inicialmente em repouso, isto é, sua quantidade de movimento é nula, após a desintegração a soma das quantidades de movimento do elétron ($\vec{Q}_e$), do antineutrino ($\vec{Q}_{an.}$) e do núcleo de hélio ($\vec{Q}_{He}$) deve também ser nula:

$$\vec{Q}_e + \vec{Q}_{an.} + \vec{Q}_{He} = \vec{0}$$

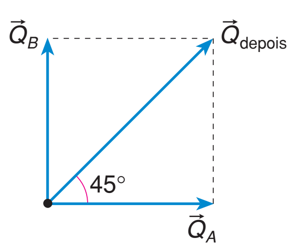




$$\text{sen } 60° = \frac{Q_{an.}}{Q_{He}} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{Q_{an.}}{12 \cdot 10^{-24}} \Rightarrow \boxed{Q_{an.} = 6{,}0\sqrt{3} \cdot 10^{-24}\ \text{kg} \cdot \text{m/s}}$$

b) $Q_{He} = mv_{He} \Rightarrow 12 \cdot 10^{-24} = 5{,}0 \cdot 10^{-27} \cdot v_{He} \Rightarrow \boxed{v_{He} = 2{,}4 \cdot 10^3\ \text{m/s}}$

P.420 Dados: $m_A = m$; $m_B = 3m$; $v_B = 36$ km/h $= 10$ m/s



Pela conservação da quantidade de movimento, devemos ter: $\vec{Q}_{antes} = \vec{Q}_{depois}$. Sendo $\vec{Q}_{antes} = \vec{Q}_A + \vec{Q}_B$, temos: $\vec{Q}_A + \vec{Q}_B = \vec{Q}_{depois}$

Como a direção final forma 45° com as direções iniciais: $Q_A = Q_B$

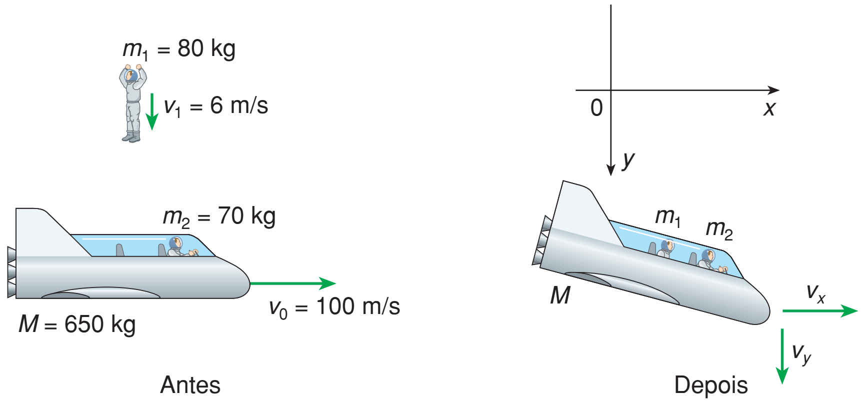
Sendo $Q_A = m_A \cdot v_A = mv_A$ e $Q_B = m_B \cdot v_B = 30m$, vem:

$$mv_A = 30m \Rightarrow \boxed{v_A = 30\ \text{m/s}}$$

Convertendo para km/h: $v_A = 30 \cdot 3{,}6 \Rightarrow \boxed{v_A = 108\ \text{km/h}}$

Portanto, a declaração do motorista é **falsa**, pois o carro *A* estava a uma velocidade superior à permitida (80 km/h).

P.421 a) Sendo o sistema isolado, haverá conservação da quantidade de movimento nas direções horizontal (x) e vertical (y):



$Q_a(x) = Q_d(x)$

$(M + m_2) \cdot v_0 = (M + m_1 + m_2) \cdot v_x$

$(650 + 70) \cdot 100 = (650 + 70 + 80) \cdot v_x$

$\boxed{v_x = 90 \text{ m/s}}$

$Q_a(y) = Q_d(y)$

$m_1 v_1 = (M + m_1 + m_2) \cdot v_y$

$80 \cdot 6 = (650 + 70 + 80) \cdot v_y$

$\boxed{v_y = 0{,}6 \text{ m/s}}$

b) $E_{c_d} = \dfrac{(M + m_1 + m_2) \cdot (v_x^2 + v_y^2)}{2}$

$E_{c_d} = \dfrac{(650 + 70 + 80) \cdot [(90)^2 + (0{,}6)^2]}{2}$

$\boxed{E_{c_d} \simeq 3{,}24 \cdot 10^6 \text{ J}}$

$E_{c_a} = \dfrac{(M + m_2) \cdot v_0^2}{2} + \dfrac{m_1 v_1^2}{2}$

$E_{c_a} = \dfrac{(650 + 70) \cdot (100)^2}{2} + \dfrac{80 \cdot 6^2}{2}$

$\boxed{E_{c_a} \simeq 3{,}60 \cdot 10^6 \text{ J}}$

$\Delta E_c = E_{c_d} - E_{c_a} = 3{,}24 \cdot 10^6 - 3{,}60 \cdot 10^6$

$\boxed{\Delta E_c = -3{,}6 \cdot 10^5 \text{ J}}$

P.422 Dados: $m_c = 10$ kg $+ 15$ kg $= 25$ kg; $v_c = 0{,}1$ m/s

a) $Q_c = m_c \cdot v_c = 2{,}5 \cdot 0{,}1 \Rightarrow \boxed{Q_c = 2{,}5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}$

b) Se a mãe retira o pacote sem exercer nenhuma ação sobre o carrinho, **não há impulso na direção horizontal**. Portanto, a velocidade do carrinho **não varia**.

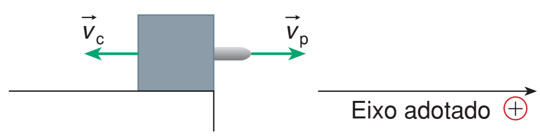
P.423 Dados: $m_c = 0{,}5$ kg; $m_p = 0{,}125$ kg; $h = 0{,}45$ m; $x = 0{,}3$ m; $g = 10$ m/s^2

Tempo de queda do projétil:

$$h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow 0{,}45 = \frac{10t^2}{2} \Rightarrow t^2 = 0{,}09 \Rightarrow t = 0{,}3 \text{ s}$$

Movimento horizontal do projétil:

$x = v_p \cdot t \Rightarrow 0{,}3 = v_p \cdot 0{,}3 \Rightarrow v_p = 1$ m/s



Conservação da quantidade de movimento imediatamente antes e imediatamente depois de o projétil ser disparado:

$Q_{depois} = Q_{antes} \Rightarrow m_p \cdot v_p - m_c \cdot v_c = 0 \Rightarrow m_p \cdot v_p = m_c \cdot v_c \Rightarrow$

$\Rightarrow 0{,}125 \cdot 1 = 0{,}5\, v_c \Rightarrow \boxed{v_c = 0{,}25 \text{ m/s}}$

P.424 Conservação da quantidade de movimento:

a) Previsão de Mário: $Q_{antes} = 2mv$; $Q_{depois} = m \cdot 2v$

Portanto, sob esse aspecto, a previsão de Mário é coerente.

b) Previsão de Pedro: $Q_{antes} = 2mv$; $Q_{depois} = 2mv$

Portanto, sob esse aspecto, a previsão de Pedro é coerente.

Conservação da energia cinética:

a) Previsão de Mário:

$$E_{c_{inicial}} = \frac{2mv^2}{2} = mv^2 \Rightarrow E_{c_{final}} = \frac{m(2v)^2}{2} = \frac{4mv^2}{2} = 2mv^2$$

Sob esse aspecto, a previsão de Mário é incorreta, pois prevê aumento da energia cinética.

b) Previsão de Pedro:

$$E_{c_{inicial}} = \frac{2mv^2}{2} = mv^2 \Rightarrow E_{c_{final}} = \frac{2mv^2}{2} = mv^2$$

Sob esse aspecto, a previsão de Pedro é coerente, pois prevê conservação da energia cinética.

Conclusão: A previsão de Mário é **incorreta** e a de Pedro é **correta**.

P.425 Dados: $m = 100\ g = 0,1\ kg$; $k = 9\ N/m$; $h = 0,5\ m$; $e = 1$; $g = 10\ m/s^2$

a) Conservação da energia mecânica na queda do pêndulo:

$$E_{p_1} = E_{c_2} \Rightarrow mgh = \frac{mv_A^2}{2} \Rightarrow v_A^2 = 2gh \Rightarrow v_A^2 = 2 \cdot 10 \cdot 0,5 = 10 \Rightarrow v_A = \sqrt{10}\ m/s$$

Como as massas são iguais e o choque é elástico, há uma troca de velocidades (ver exercício **R.154**):

$$\boxed{v'_B = \sqrt{10}\ m/s} \quad e \quad \boxed{v'_A = 0}$$

b) A energia cinética adquirida pela esfera presa à mola converte-se totalmente na energia elástica armazenada pela mola ao ser comprimida:

$$E_{p_{elást.}} = E_{c_B} \Rightarrow \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_B^2}{2} \Rightarrow 9x^2 = 0,1 \cdot 10 \Rightarrow x^2 = \frac{1}{9} \Rightarrow \boxed{x = \frac{1}{3}\ m}$$

P.426 a) A relação entre os módulos das forças $\vec{F}_{AB}$ de A sobre B e $\vec{F}_{BA}$ de B sobre A é:

$$\boxed{\frac{F_{AB}}{F_{BA}} = 1}$$

Trata-se de forças de ação e reação e, portanto, $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$, vetorialmente, e $F_{AB} = F_{BA}$, em módulo.

b) Do gráfico, obtemos:

$v_A = 10\ m/s$ e $v'_A = -3\ m/s$

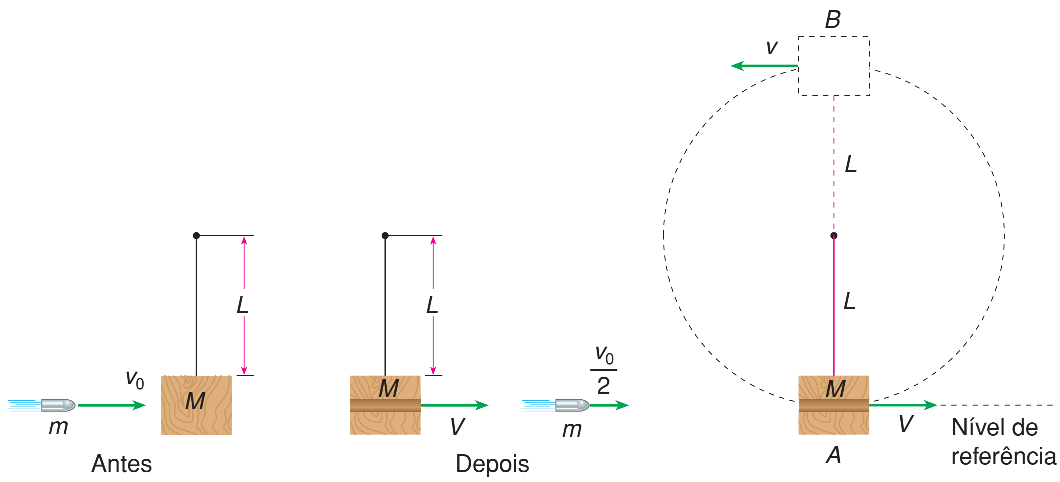
$v_B = -6\ m/s$ e $v'_B = 9\ m/s$

Conservação da quantidade de movimento:

$$Q_{antes} = Q_{depois} \Rightarrow m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B \Rightarrow$$
$$\Rightarrow m_A \cdot 10 - m_B \cdot 6 = -m_A \cdot 3 + m_B \cdot 9 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 10m_A + 3m_A = 9m_B + 6m_B \Rightarrow 13m_A = 15m_B$$

Portanto: $\boxed{\frac{m_A}{m_B} = \frac{15}{13}}$

P.427



Conservação da quantidade de movimento:

$$Q_a = Q_d$$

$$mv_0 = MV + m \cdot \frac{v_0}{2}$$

$$V = \frac{m \cdot v_0}{2M}$$

Conservação da energia mecânica:

$$E_{mec.(A)} = E_{mec.(B)}$$

$$\frac{MV^2}{2} = Mg \cdot 2L + \frac{Mv^2}{2}$$

$$V^2 = 4gL + v^2$$

$$\left(\frac{mv_0}{2M}\right)^2 = 4gL + v^2$$

v_0 mínimo $\Rightarrow$ v mínimo: $v_{mín.} = \sqrt{L \cdot g}$

Portanto:

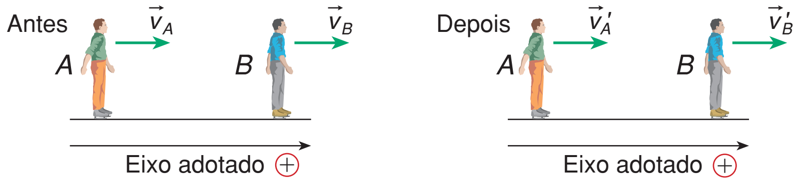
$$\frac{m^2 \cdot v_0^2}{4M^2} = 4gL + gL$$

$$v_0^2 = \frac{4M^2}{m^2} \cdot 5gL$$

$$\boxed{v_0 = \frac{2M}{m} \cdot \sqrt{5gL}}$$

P.428 a) Dados: $m_A = 40$ kg; $m_B = 30$ kg; $v_A = 2{,}0$ m/s; $v_B = 1{,}0$ m/s

Do gráfico: $v'_A = 1{,}0$ m/s



Conservação da quantidade de movimento:

$Q_{antes} = Q_{depois} \Rightarrow m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B \Rightarrow$

$\Rightarrow 40 \cdot 2{,}0 + 30 \cdot 1{,}0 = 40 \cdot 1{,}0 + 30 \cdot v'_B \Rightarrow 80 + 30 = 40 + 30\, v'_B \Rightarrow$

$\Rightarrow 30\, v'_B = 70 \Rightarrow \boxed{v'_B = \frac{7}{3} \text{ m/s} \simeq 2{,}3 \text{ m/s}}$

b) $\Delta Q_A = Q'_A - Q_A = m_A\, v_A - m_A\, v'_A = 40 \cdot 2{,}0 - 40 \cdot 1{,}0 \Rightarrow \Delta Q = 40 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

Como $I = \Delta Q$, vem: $I = 40$ N · s

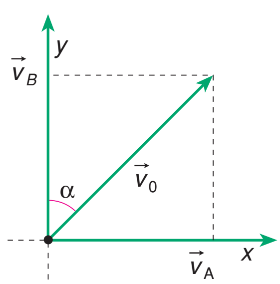
A duração da interação é: $\Delta t = 1{,}3 - 1{,}2 \Rightarrow \Delta t = 0{,}1$ s

Portanto, a partir da definição de impulso, temos:

$I = F_m \Delta t \Rightarrow 40 = F_m \cdot 0{,}1 \Rightarrow \boxed{F_m = 400 \text{ N}}$ ou $\boxed{F_m = 4{,}0 \cdot 10^2 \text{ N}}$

P.429 Dados: $m_A = m_B = m = 200$ g $= 0{,}20$ kg; $v_0 = 2{,}0$ m/s; sen $\alpha = 0{,}80$

a) Conservação da quantidade de movimento: $\vec{Q}_A + \vec{Q}_B = \vec{Q}_0$



Mas $\vec{Q}_A = m\vec{v}_A$; $\vec{Q}_B = m\vec{v}_B$ e $\vec{Q}_0 = m\vec{v}_0$.

Assim:

$m\vec{v}_A + m\vec{v}_B = m\vec{v}_0 \Rightarrow \vec{v}_A + \vec{v}_B = \vec{v}_0$

Essa soma vetorial está representada na figura, da qual obtemos:

$\text{sen}\, \alpha = \frac{v_A}{v_0} \Rightarrow v_A = v_0 \cdot \text{sen}\, \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow v_A = 2{,}0 \cdot 0{,}80 \Rightarrow \boxed{v_A = 1{,}6 \text{ m/s}}$

Como a esfera *A* se desloca ao longo do eixo *x*, os componentes dessa velocidade serão: $\boxed{v_{A_x} = 1{,}6 \text{ m/s}}$ e $\boxed{v_{A_y} = 0}$

Da figura, obtém-se ainda:

$\cos \alpha = \frac{v_B}{v_0} \Rightarrow v_B = v_0 \cdot \cos \alpha$

Sendo $\text{sen}^2\, \alpha + \cos^2 \alpha = 1$, obtemos $\cos \alpha = 0{,}60$.

Então: $v_B = 2{,}0 \cdot 0{,}60 \Rightarrow \boxed{v_B = 1{,}2 \text{ m/s}}$

Como a esfera *B* se desloca ao longo do eixo *y*, as componentes dessa velocidade serão: $\boxed{v_{B_x} = 0}$ e $\boxed{v_{B_y} = 1{,}2 \text{ m/s}}$

b) Se as duas bolas saem formando um ângulo de 90° após a colisão, esta é perfeitamente elástica (ver exercício **R.160**). Portanto, há conservação da energia cinética: $\boxed{\Delta E_c = 0}$

Pode-se chegar a essa mesma conclusão calculando-se a energia cinética antes e depois da colisão:

$$E_{c_{antes}} = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{0{,}20 \cdot (2{,}0)^2}{2} \Rightarrow E_{c_{antes}} = 0{,}40 \text{ J}$$

$$E_{c_{depois}} = E_{c_A} + E_{c_B} = \frac{mv_A^2}{2} + \frac{mv_B^2}{2} = \frac{0{,}20 \cdot (1{,}6)^2}{2} + \frac{0{,}20 \cdot (1{,}2)^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{c_{depois}} = 0{,}256 + 0{,}144 \Rightarrow E_{c_{depois}} = 0{,}40 \text{ J}$$

$$\Delta E_c = E_{c_{depois}} - E_{c_{antes}} = 0{,}40 - 0{,}40 \Rightarrow \boxed{\Delta E_c = 0}$$