Exercícios Resolvidos de Física Básica

Jason Alfredo Carlson Gallas, **professor titular de física teórica**,

Doutor em Física pela Universidade Ludwig Maximilian de Munique, Alemanha

Universidade Federal da Paraíba (João Pessoa, Brasil)

Departamento de Física

Numeração conforme a **SEXTA** edição do “Fundamentos de Física”, Halliday, Resnick e Walker.

Esta e outras listas encontram-se em: *http://www.fisica.ufpb.br/∼jgallas*

Contents

Comentários/Sugestões e Erros: favor enviar para `jasongallas @ yahoo.com` (sem “br” no final...)

(`listaq3.tex`)

10 Colisões

10.1 Questões

Q 10-1

Explique como a conservação de energia se aplica a uma bola quicando numa parede.

▶

10.2 Problemas e Exercícios

10.2.1 Impulso e Momento Linear

E 10-3 (10-1/6^a edição)

Um taco de sinuca atinge uma bola, exercendo uma força média de 50 N em um intervalo de 10 ms. Se a bola tivesse massa de 0.20 kg, que velocidade ela teria após o impacto?

▶ Se F for a magnitude da força média então a magnitude do impulso é $J = F\Delta t$, onde Δt é o intervalo de tempo durante o qual a força é exercida (veja Eq. 10-8). Este impulso iguala a magnitude da troca de momentum da bola e como a bola está inicialmente em repouso, iguala a magnitude mv do momento final. Resolvendo a euqação $F\Delta t = mv$ para v encontramos

$$v = \frac{F\Delta t}{m} = \frac{(50)(10\times 10^{-3})}{0.20} = 2.5 \text{ m/s}.$$

E 10-9 (10-5/6^a)

Uma força com valor médio de 1200 N é aplicada a uma bola de aço de 0.40 kg, que se desloca a 14 m/s, em uma colisão que dura 27 ms. Se a força estivesse no sentido oposto ao da velocidade inicial da bola, encontre a velocidade final da bola.

▶ Considere a direção inicial do movimento como positiva e chame de F a magnitude da força média, Δt a duração da força, m a massa da bola, v_i a velocidade inicial da bola, v_f a velocidade final da bola. Então a força atua na direção negativa e o teorema do impulso-momento fornece

$$-F\Delta t = mv_f - mv_i.$$

Resolvendo para v_f obtemos

$$\begin{aligned} v_f &= v_i - \frac{F\Delta t}{m} \\ &= 14 - \frac{(1200)(27\times 10^{-3})}{0.40} = -67 \text{ m/s}. \end{aligned}$$

A velocidade final da bola é 67 m/s.

P 10-12 (10-9/6^a)

Um carro de 1400 kg, deslocando-se a 5.3 m/s, está inicialmente viajando para o norte, no sentido positivo do eixo y. Após completar uma curva à direita de 90^o para o sentido positivo do eixo x em 4.6 s, o distraido motorista investe para cima de uma árvore, que pára o carro em 350 ms. Em notação de vetores unitários, qual é o impulso sobre o carro **(a)** durante a curva e **(b)** durante a colisão? Qual a intensidade da força média que age sobre o carro **(c)** durante a colisão? **(e)** Qual é o ângulo entre a força média em (c) e o sentido positivo do eixo x?

▶ **(a)** O momento inicial do carro é

$$\mathbf{p}_i = m\mathbf{v} = (1400)(5.3)\mathbf{j} = (7400 \text{ kg·m/s})\mathbf{j}$$

e o momento final é (7400 kg·m/s)**i**. O impulso que nele atua é igual à variação de momento:

$$\mathbf{J} = \mathbf{p}_f - \mathbf{p}_i = (7400 \text{ kg·m/s})(\mathbf{i} - \mathbf{j}).$$

(b) O momento inicial do carro é $\mathbf{p}_i = (7400 \text{ kg·m/s})\mathbf{i}$ e o momento final é $\mathbf{p}_f = 0$. O impulso atuando sobre ele é

$$\mathbf{J} = \mathbf{p}_f - \mathbf{p}_i = -(7400 \text{ kg·m/s})\mathbf{i}$$

(c) A força média que atua no carro é

$$\begin{aligned} \mathbf{F}_{av} = \frac{\Delta \mathbf{p}}{\Delta t} &= \frac{\mathbf{J}}{\Delta t} \\ &= \frac{(7400 \text{ kg·m/s})(\mathbf{i}-\mathbf{j})}{4.6} \\ &= (1600 \text{ N})(\mathbf{i}-\mathbf{j}) \end{aligned}$$

e sua magnitude é $F_{av} = (1600 \text{ N})\sqrt{2} = 2300$ N.
(d) A força média é

$$\begin{aligned} \mathbf{F}_{av} &= \frac{\mathbf{J}}{\Delta t} \\ &= \frac{(-7400 \text{ kg·m/s})\mathbf{i}}{350\times 10^{-3}} \\ &= (-2.1\times 10^4 \text{ N})\,\mathbf{i} \end{aligned}$$

e sua magnitude é $\mathbf{F}_{av} = 2.1\times 10^4$ N.

(e) A força média é dada acima em notação vetorial unitária. Suas componentes x e y tem magnitudes iguais. A componente x é positiva e a componente y é negativa, de modo que a força está a 45^o abaixo do eixo x.

P 10-13 **(10-??/6^a)**

A força sobre um objeto de 10 kg aumenta uniformemente de zero a 50 N em 4 s. Qual é a velocidade final do objeto se ele partiu do repouso?

► Tome a magnitude da força como sendo $F = At$, onde A é uma constante de proporcionalidade. A condição que $F = 50$ N quando $t = 4$ s conduz a

$$A = (50 \text{ N})/(4 \text{ s}) = 12.5 \text{ N/s}.$$

A magnitude do impulso exercido no objeto é

$$\begin{aligned} J = \int_0^4 F\,dt = \int_0^4 At\,dt &= \frac{1}{2}At^2\Big|_0^4 \\ &= \frac{1}{2}(12.5)(4)^2 \\ &= 100 \text{ N}\cdot\text{s}. \end{aligned}$$

A magnitude deste impulso é igual à magnitude da variação do momento do objeto ou, como o objeto partiu do repouso, é igual ̀magnitude do momento final: $J = mv_f$. Portanto

$$v_f = \frac{J}{m} = \frac{100}{10} = 10 \text{ m/s}.$$

P 10-14 **(10-13/6^a)**

Uma arma de ar comprimido atira dez chumbinhos de 2 g por segundo com uma velocidade de 500 m/s, que são detidos por uma parede rígida. **(a)** Qual é o momento linear de cada chumbinho? **(b)** Qual é a energia cinética de cada um? **(c)** Qual é a força média exercida pelo fluxo de chumbinhos sobre a parede? **(d)** Se cada chumbinho permanecer em contato com a parede por 0.6 ms, qual será a força média exercida sobre a parede por cada um deles enquanto estiver em contato? **(e)** Por que esta força é tão diferente da força em (c)?

► **(a)** Se m for a massa dum chumbinho e v for sua velocidade quando ele atinge a parede, então o momento é

$$p = mv = (2 \times 10^{-3})(500) = 1 \text{ kg}\cdot\text{m/s},$$

na direção da parede.

(b) A energia cinética dum chumbinho é

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(2 \times 10^{-3})(500)^2 = 250 \text{ J}.$$

(c) A força na parede é dada pela taxa na qual o momento é transferido dos chumbinhos para a parede. Como os chumbinhos não voltam para trás, cada chumbinho transfere $p = 1.0$kg·m/s. Se ΔN chumbinhos colidem num tempo Δt então a taxa média com que o momento é transferido é

$$F_{av} = \frac{p\,\Delta N}{\Delta t} = (1.0)(10) = 10 \text{ N}.$$

A força na parede tem a direção da velocidade inicial dos chumbinhos.

(d) Se Δt é o intervalo de tempo para um chumbinho ser freado pela parede, então a força média exercida na parede por chumbinho é

$$F_{av} = \frac{p}{\Delta t} = \frac{1.0}{0.6 \times 10^{-3}} = 1666.66 \text{ N}.$$

A força tem a direção da velocidade inicial do chumbinho.

(e) Na parte (d) a força foi mediada durante o intervalo em que um chumbinho está em contato com a parede, enquanto na parte (c) ela foi mediada durante o intervalo de tempo no qual muitos chumbinhos atingem a parede. Na maior parte do tempo nenhum chumbinho está em contato com a parede, de modo que a força média na parte (c) é muito menor que a média em (d).

P 10-26 **(10-15/6^a)**

Uma espaçonave é separada em duas partes detonando-se as ligações explosivas que as mantinham juntas. As massas das partes são 1200 e 1800 kg; o módulo do impulso sobre cada parte é de 300 N·s. Com que velocidade relativa as duas partes se separam?

► Consideremos primeiro a parte mais leve. Suponha que o impulso tenha magnitude J e esteja no sentido positivo. Seja m_1, v_1 a massa e a velocidade da parte mais leve após as ligações explodirem. Suponha que ambas as partes estão em repouso antes da explosão. Então, $M = m_1 v_1$, de modo que

$$v_1 = \frac{J}{m_1} = \frac{300}{1200} = 0.25 \text{ m/s}.$$

O impulso na parte mais pesada tem a mesma magnitude mas no sentido oposto, de modo que $-J = m_2 v_2$, onde m_2, v_2 são a massa e a velocidade da parte mais pesada. Portanto

$$v_2 = -\frac{J}{m_2} = -\frac{300}{1800} = -0.167 \text{ m/s}.$$

A velocidade relativa das partes após a explosão é

$$0.25 - (-0.167) = 0.417 \text{ m/s}.$$

P 10-28 (10-38/6^a)

A espaçonave *Voyager 2* (de massa m e velocidade v relativa ao Sol) aproxima-se do planeta Júpiter (de massa M e velocidade V relativa ao Sol) como mostra a Fig. 10-33. A espaçonave rodeia o planeta e parte no sentido oposto. Qual é a sua velocidade, em relação ao Sol, após este encontro com efeito estilingue? Considera $v = 12$ km/s e $V = 13$ km/s (a velocidade orbital de Júpiter). A massa de Júpiter é muito maior do que a da espaçonave; $M \gg m$. (Para informações adicionais, veja "The slingshot effect: explanation and analogies", de Albert A. Bartlett e Charles W. Hord, *The Physics Teacher*, novembro de 1985.)

► Considere o encontro num sistema de referência fixo em Júpiter. Quando eventuais perdas de energia forem desprezíveis, o encontro pode ser pensado como uma colisão elástica na qual a espaçonave emerge da "colisão" com uma velocidade de mesma magnitude que a velocidade que possuia antes do encontro. Como a velocidade inicial da espaçonave é

$$v_i = v + V = 12 + 13 = 25 \text{ km/s}$$

medida a partir de Júpiter, ela se afastará de Júpiter com $v_f = 25$ km/s. Passando para o sistema original de referência no qual o Sol está em repouso, tal velocidade é dada por

$$v'_f = v_f + V = 25 + 13 = 38 \text{ km/s}.$$

10.2.2 Colisões Elásticas em Uma Dimensão

E 10-29 (10-35/6^a)

Os blocos da Fig. 10-34 deslizam sem atrito. **(a)** Qual é a velocidade $\mathbf{v}$ do bloco de 1.6 kg após a colisão? **(b)** Suponha que a velocidade inicial do bloco de 2.4 kg seja oposta à exibida. Após a colisão, a velocidade $\mathbf{v}$ do bloco de 1.6 kg pode estar no sentido ilustrado?

► **(a)** Seja m_1, v_{1i} e v_{1f} a massa e a velocidade inicial e final do bloco à esquerda, e m_2, v_{2i} e v_{2f} as correspondentes grandezas do bloco à direita. O momento do sistema composto pelos dois blocos é conservado, de modo que

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f},$$

donde tiramos que

$$\begin{aligned} v_{1f} &= \frac{m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} - m_2 v_{2f}}{m_1} \\ &= 5.5 + \frac{2.4}{1.6}\big(2.5 - 4.9\big) = 1.9 \text{ m/s}. \end{aligned}$$

O bloco continua andando para a direita após a colisão.
(b) Para ver se a colisão é inelástica, comparamos os valores da energia cinética total antes e depois da colisão. A energia cinética total ANTES da colisão é

$$\begin{aligned} K_i &= \frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 \\ &= \frac{1}{2}(1.6)(5.5)^2 + \frac{1}{2}(2.4)(2.5)^2 = 31.7 \text{ J}. \end{aligned}$$

A energia cinética total DEPOIS da colisão é

$$\begin{aligned} K_f &= \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2 \\ &= \frac{1}{2}(1.6)(1.9)^2 + \frac{1}{2}(2.4)(4.9)^2 = 31.7 \text{ J}. \end{aligned}$$

Como $K_i = K_f$, vemos que a colisão é elástica,
(c) Agora $v_{2i} = -2.5$ m/s e

$$\begin{aligned} v_{1f} &= \frac{m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} - m_2 v_{2f}}{m_1} \\ &= 5.5 + \frac{2.4}{2.5}\big(-2.5 - 4.9\big) = -5.6 \text{ m/s}. \end{aligned}$$

Como o sinal indica, a velocidade deve opor-se ao sentido mostrado.

E 10-33 (10-37/6^a)

Um carro de 340 g de massa, deslocando-se em um trilho de ar linear sem atrito, a uma velocidade inicial de 1.2 m/s, atinge um segundo carro de massa desconhecida, inicialmente em repouso. A colisão entre eles é elástica. Após a mesma, o primeiro carro continua em seu sentido original a 0.66 m/s. **(a)** Qual é a massa do segundo carro? **(b)** Qual é a sua velocidade após o impacto? **(c)** Qual a velocidade do centro de massa do sistema formado pelos dois carrinhos?

► **(a)** Seja m_1, v_{1i}, v_{1f} a massa e as velocidades inicial e final do carro que originalmente se move. Seja m_2 e v_{2f} a massa e a velocidade final do carro originalmente parado ($v_{2i} = 0$. Então, de acordo com a Eq. 10-18, temos

$$v_{1f} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\, v_{1i}.$$

Desta expressão obtemos para m_2:

$$\begin{aligned} m_2 &= \frac{v_{1i} - v_{1f}}{v_{1f} + v_{1i}}\, m_1 \\ &= \frac{1.2 - 0.66}{1.2 + 0.66}(340 \text{ g}) = 99 \text{ g}. \end{aligned}$$

(b) A velocidade do segundo carro é dada por

$$\begin{aligned} v_{2f} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}\, v_{1i} &= \frac{2(0.340)}{0.340 + 0.099}\,(1.2) \\ &= 1.9 \text{ m/s}. \end{aligned}$$

(c) A velocidade do centro de massa do sistema formado pelos dois carrinhos satisfaz a equação

$$P = (m_1 + m_2)v_{CM} = m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}.$$

Lembrando que $v_{2i} = 0$, temos

$$v_{CM} = \frac{m_1 v_{1i}}{m_1 + m_2} = \frac{(340)(1.2)}{340 + 99} = 0.93 \text{ m/s}.$$

Observe que usamos gramas em vez de kilogramas.

E 10-34 (10-41/6^a)

Um corpo de 2.0 kg de massa colide elasticamente com outro em repouso e continua a deslocar-se no sentido original com um quarto de sua velocidade original. **(a)** Qual é a massa do corpo atingido? **(b)** Qual a velocidade do centro de massa do sistema formado pelos dois corpos se a velocidade inicial do corpo de 2.0 kg era de 4.0 m/s?

► **(a)** Sejam m_1, v_{1i}, v_{1f} a massa e as velocidades antes e depois da colisão do corpo que se move originalmente. Sejam m_2 e v_{2f} a massa e a volcidade final do corpo originalmente em repouso. De acordo com a Eq. 10-18 temos

$$v_{1f} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\, v_{1i}.$$

Resolvendo para m_2 obtemos, para $v_{1f} = v_{1i}/4$,

$$\begin{aligned} m_2 = \frac{v_{1i} - v_{1f}}{v_{1f} + v_{1i}}\, m_1 &= \frac{1 - 1/4}{1/4 + 1}(m_1) \\ &= \frac{3}{5}(2.0) = 1.2 \text{ kg}. \end{aligned}$$

(b) A velocidade do centro de massa do sistem formado pelos dois corpos satisfaz a equação

$$P = (m_1 + m_2)v_{CM} = m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}.$$

Resolvendo para v_{CM} com $v_{2i} = 0$ encontramos

$$v_{CM} = \frac{m_1 v_{1i}}{m_1 + m_2} = \frac{(2.0)(4.0)}{2.0 + 1.2} = 2.5 \text{ m/s}.$$

E 10-37 (10-43/6^a)

Duas esferas de titânio se aproximam frontalmente com velocidades de mesmo módulo e colidem elasticamente. Após a colisão, uma das esferas, cuja massa é de 300 g, permanece em repouso. Qual é a massa da outra esfera?

► Seja m_1, v_{1i}, v_{1f} a massa e as velocidades antes e depois da colisão de uma das partículas e m_2, v_{2i}, v_{2f} a massa e as velocidades antes e depois da colisão, da outra partícula. Então, de acordo com a Eq. 10-28, temos

$$v_{1f} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{1i} + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_{2i}.$$

Suponha que a esfera 1 esteja viajando originalmente no sentido positivo e fique parada após a colisão. A esfera 2 está viajando originalmente no sentido negativo. Substituindo $v_{1i} = v$, $v_{2i} = -v$ e $v_{1f} = 0$ na expressão acima, obtemos $0 = m_1 - 3m_2$. Ou seja,

$$m_2 = \frac{m_1}{3} = \frac{300 \text{ g}}{3} = 100 \text{ g}.$$

E 10-40* (10-??/6^a)

ATENÇÃO: ESTE PROBLEMA FOI MAL TRADUZIDO NO LIVRO TEXTO. USE A TRADUÇÃO QUE SEGUE:

Um elevador está deslocando-se para cima num poço a 6 ft/s (1.83 m/s). No instante em que o elevador está a 60 ft (18.6 m) do topo, larga-se uma bola do topo do poço. A bola quica elasticamente do teto do elevador. **(a)** A que altura ela pode elevar-se em relação ao topo do poço? **(b)** Faça o mesmo problema supondo que o elevador esteja descendo a 6 ft/s (1.83 m/s). (*Dica*: a velocidade da bola em relação ao elevador é meramente revertida pela colisão.)

Nota: no sistema de unidades em questão, a aceleração da gravidade vale $g = 32$ ft/s^2.

► **(a)**

10.2.3 Colisões Inelásticas em Uma Dimensão

E 10-41 (10-23/6ª)

Acredita-se que a Cratera do Meteoro, no Arizona (Fig. 10.1), tenha sido formada pelo impacto de um meteoro com a Terra há cerca de 20.000 anos. Estima-se a massa do meteoro em 5×10^{10} kg e sua velocidade em 7200 m/s. Que velocidade um meteoro assim transmitiria à Terra numa colisão frontal?

► Seja m_m a massa do meteoro e m_T a massa da Terra. Seja v_m a velocidade do meteoro imediatamente antes da colisão e v a velocidade da Terra (com o meteoro) após a colisão. O momento do sistema Terra-meteoro é conservado durante a colisão. Portanto, no sistema de referência Terra antes da colisão temos

$$m_m v_m = (m_m + m_T)v,$$

de modo que encontramos para v

$$\begin{aligned} v = \frac{v_m m_m}{m_m+m_T} &= \frac{(7200)(5\times 10^{10})}{5.98\times 10^{24}+5\times 10^{10}} \\ &= 6\times 10^{-11} \text{ m/s.} \end{aligned}$$

Para ficar mais fácil de imaginar o que seja esta velocidade note que, como $365\times 24\times 3600 = 31536000$, temos

$$\begin{aligned} 6\times 10^{-11} \text{ m/s} &= 6\times 10^{-11}(31536000) \text{ m/ano} \\ &= 0.00189 \text{ m/ano} \\ &= 1.89 \text{ mm/ano.} \end{aligned}$$

É uma velocidade MUITO difícil de se medir, não?...

E 10-42 (10-21/6ª)

Um trenó em forma de caixa de 6 kg está deslocando-se sobre o gelo a uma velocidade de 9 m/s, quando um pacote de 12 kg é largado de cima para dentro dele. Qual é a nova velocidade do trenó?

► Precisamos considerar apenas a componente horizontal do momento do trenó e do pacote. Seja m_t, v_t a massa e a velocidade inicial do trenó. Seja m_p, a massa do pacote e v velocidade final do conjunto trenó + pacote. A componente horizontal do momento deste conjunto conserva-se de modo que

$$m_t v_t = (m_t + m_p)v,$$

de onde tiramos

$$v = \frac{v_t m_t}{m_t+m_p} = \frac{(9.0)(6.0)}{6+12} = 3 \text{ m/s.}$$

P 10-53 (10-29/6ª)

Um vagão de carga de 35 t colide com um carrinho auxiliar que está em repouso. Eles se unem e 27% da energia cinética inicial é dissipada em calor, som, vibrações, etc. Encontre o peso do carrinho auxiliar.

► Seja m_v e v_v a massa e a velocidade inicial do vagão, m_c a massa do carrinho auxiliar e v a velocidade final dos dois, depois de grudarem-se. Conservação do momento total do sistema formado pelos dois carros fornece-nos $m_v v_v = (m_v + m_c)v$ donde tiramos

$$v = \frac{m_v v_v}{m_v+m_c}.$$

A energia cinética inicial do sistema é $K_i = m_v v_v^2/2$ enquanto que a energia cinética final é

$$\begin{aligned} K_f &= \frac{1}{2}(m_v+m_c)v^2 \\ &= \frac{1}{2}(m_v+m_c)\frac{(m_v v_v)^2}{(m_v+m_c)^2} \\ &= \frac{1}{2}\frac{m_v^2 v_v^2}{m_v+m_c}. \end{aligned}$$

Como 27% da energia cinética original é perdida, temos $K_f = 0.73\, K_i$, ou seja,

$$\frac{1}{2}\frac{m_v^2 v_v^2}{m_v+m_c} = 0.73\frac{1}{2}m_v v_v^2,$$

que, simplificada, fornece-nos $m_v/(m_v+m_c) = 0.73$. Resolvendo para m_c encontramos

$$\begin{aligned} m_c = \frac{0.27}{0.73}m_v = 0.37 m_v &= (0.37)(35) \\ &= 12.95 \text{ toneladas} \\ &= 12.95\times 10^3 \text{ kg.} \end{aligned}$$

A razão das massas é, obviamente, a mesma razão dos pesos e, chamando de P_v o peso do vagão, temos que o peso P do carrinho auxiliar é

$$\begin{aligned} P = 0.37 P_v &= (0.37)(35\times 10^3)(9.8) \\ &= 126.91\times 10^3 \text{ N.} \end{aligned}$$

Observe que o resultado final não depende das velocidades em jogo.

10.2.4 Colisões em Duas Dimensões

E 10-63 (10-49/6^a)

Em um jogo de sinuca, a bola branca atinge outra inicialmente em repouso. Após a colisão, a branca desloca-se a 3.5 m/s ao longo de uma reta em ângulo de 22^o com a sua direção original de movimento, e o módulo da velocidade da segunda bola é de 2 m/s. Encontre **(a)** o ângulo entre a direção de movimento da segunda bola e a direção de movimento original da bola branca e **(b)** a velocidade original da branca. **(c)** A energia cinética se conserva?

► **(a)** Use a Fig. 10-20 do livro texto e considere a bola branca como sendo a massa m_1 e a outra bola como sendo a massa m_2. Conservação das componentes x e y do momento total do sistema formado pelas duas bolas nos fornece duas equações, respectivamente:

$$\begin{aligned} mv_{1i} &= mv_{1f}\cos\theta_1 + mv_{2f}\cos\theta_2 \\ 0 &= -mv_{1f}\,\text{sen}\theta_1 + mv_{2f}\,\text{sen}\theta_2. \end{aligned}$$

Observe que as massa podem ser simplificadas em ambas equações. Usando a segunda equação obtemos que

$$\text{sen}\ \theta_2 = \frac{v_{1f}}{v_{2f}}\ \text{sen}\ \theta_1 = \frac{3.5}{2.0}\ \text{sen}\ 22^o = 0.656.$$

Portanto o ângulo é $\theta_2 = 41^o$.

(b) Resolvendo a primeria das equações de conservação acima para v_{1i} encontramos

$$\begin{aligned} v_{1i} &= v_{1f}\cos\theta_1 + v_{2f}\cos\theta_2 \\ &= (3.5)\cos 22^o + (2.0)\cos 41^o = 4.75\ \text{m/s}. \end{aligned}$$

(c) A energia cinética inicial é

$$K_i = \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}m(4.75)^2 = 11.3m.$$

A energia cinética final é

$$\begin{aligned} K_f &= \frac{1}{2}mv_{1f}^2 + \frac{1}{2}mv_{2f}^2 \\ &= \frac{1}{2}m\big[(3.5)^2 + (2.0)^2\big] = 8.1m. \end{aligned}$$

Portanto a energia cinética não é conservada.

10.2.5 Problemas Adicionais