

Lista de Exercícios - Colisões

Perguntas:¹

1. A Figura 1 mostra uma vista superior de três partículas sobre as quais atuam forças externas. Os módulos e orientações das forças que agem sobre duas das partículas estão indicados. Quais são o módulo e orientação da força que age sobre a terceira partícula se o centro de massa do sistema de três partículas está (a) em repouso, (b) se movendo com velocidade constante para a direita e (c) acelerando para a direita?

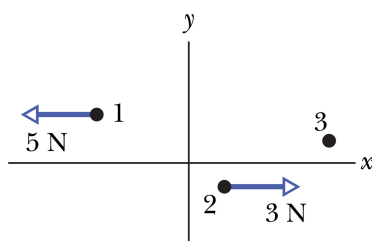


Figura 1: Pergunta 1

2. A Figura 2 mostra uma vista superior de quatro partículas de massas iguais que deslizam sobre uma superfície sem atrito com velocidade constante. As orientações das velocidades estão indicadas; os módulos são iguais. Considere pares dessa partículas. Que pares formam um sistema cujo centro de massa (a) está em repouso, (b) está em repouso na origem e (c) passa pela origem?

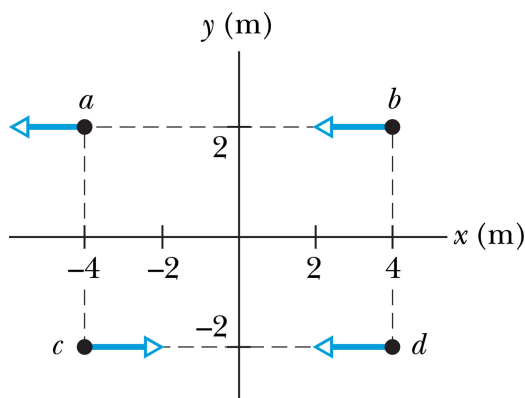


Figura 2: Pergunta 2

3. Considere uma caixa que explode em dois pedaços enquanto se move com velocidade constante positiva ao longo de um eixo x . Se um dos pedaços, de massa m_1 , possui uma velocidade positiva \vec{v}_1 , o outro pedaço, de massa m_2 pode ter (a) uma velocidade positiva \vec{v}_2 (figura 3-a), (b) uma velocidade negativa \vec{v}_2 (figura 3-b) ou (c) velocidade zero (figura 3-c). Ordene esses três resultados possíveis para o segundo pedaço de acordo com o módulo de \vec{v}_1 correspondente, começando pelo maior.

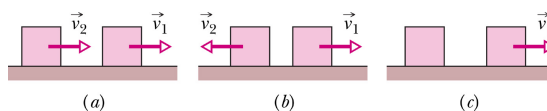


Figura 3: Pergunta 3

Problemas

1. Um partícula de 2kg tem coordenadas xy $(-1, 2\text{m}, 0, 5\text{m})$ e uma partícula de 4kg tem coordenadas xy $(0, 6\text{m}, -0, 75\text{m})$. Ambas estão em um plano horizontal. Em que coordenada (a) x e (b) y deve ser posicionada uma terceira partícula de 3kg para que o centro de massa do sistema de três partículas tenha coordenada $(-0, 5\text{m}, -0, 7\text{m})$?
2. A figura 4 mostra um sistema de três partículas de massas $m_1 = 3\text{kg}$, $m_2 = 4\text{kg}$ e $m_3 = 8\text{kg}$. As escalas do gráfico são definidas por $x_s = 2\text{m}$ e $y_s = 2\text{m}$. Quais são (a) a coordenada x e (b) a coordenada y do centro de massa do sistema? (c) Se m_3 , aumenta gradualmente, o centro de massa dos sistema se aproxima de m_3 , se afasta de m_3 ou permanece onde está?

¹Perguntas 1, 2 e 5. Capítulo 98, Página 245 do Livro Halliday, Resnick, Walker. Fundamentos da Física Vol. 1, 8ªed. LTC, 2008

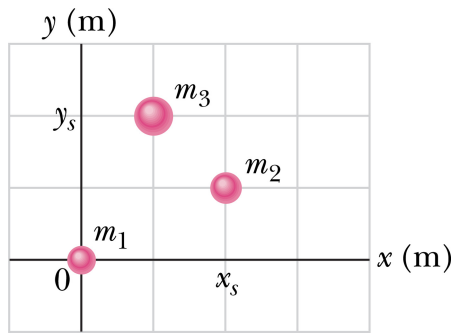


Figura 4: Problema 2

3. Uma grande azeitona ($m = 0,5kg$) está na origem de um sistema de coordenadas xy e uma grande castanha-do-pará ($M = 1,5kg$) está no ponto $(1, 0, 2, 0)m$. Em $t = 0$ uma força $\vec{F}_0 = (2\hat{i} + 3\hat{j})N$ começa a agir sobre a azeitona e uma força $\vec{F}_n = (-3\hat{i} - 2\hat{j})N$ começa a agir sobre a castanha. Em termos dos vetores unitários, qual é o deslocamento do centro de massa do sistema azeitona-castanha em $t = 4s$ em relação à sua posição em $t = 0$?
4. Dois patinadores, um de $65kg$ e outro de $40kg$, estão em uma pista de gelo e seguram as extremidades de uma vara de $10m$ de comprimento e massa desprezível. Os patinadores se puxam ao longo da vara até se encontrarem. Que distância percorre o patinador de $40kg$.
5. Uma pedra é deixada cair em $t = 0$. Uma segunda pedra, com uma massa duas vezes maior, é deixada cair do mesmo ponto em $t = 100ms$. (a) A que distância do ponto inicial da queda está o centro de massa das duas pedras em $t = 300ms$? (suponha que as pedras ainda não chegaram ao solo.) (b) Qual é a velocidade do centro de massa das duas pedras nesse instante?
6. Um automóvel de $1000kg$ está parado em um sinal de trânsito. No instante em que o sinal abre o automóvel começa a se mover com uma aceleração constante de $4m/s^2$. No mesmo instante um caminhão de $2000kg$, movendo-se no mesmo sentido com velocidade constante de $8m/s$, ultrapassa o automóvel. (a) Qual é a distância entre o centro de massa (CM) do sistema carro-caminhão e o sinal de trânsito em $t = 3s$? (b) Qual é a velocidade do CM nesse instante?
7. Uma bola de $0,7kg$ está se movendo horizontalmente com uma velocidade de $5m/s$ quando se choca com uma parede vertical e ricocheteia com uma velocidade de $2m/s$. Qual é o módulo da variação do momento linear da bola?

8. Um caminhão de $2100kg$ viajando para o norte a $41km/h$ vira para leste e acelera até $51km/h$. (a) Qual é a variação da energia cinética do caminhão? Quais são (b) o módulo e (c) o sentido da variação do momento?

9. A Figura 5 mostra uma vista superior da trajetória de uma bola de sinuca de $0,165kg$ que se choca com uma das tabelas. A velocidade escalar da bola antes do choque é de $2m/s$ e o ângulo $\theta_1 = 30^\circ$. O choque inverte a componente y da velocidade da bola, mas não altera a componente x . Determine (a) o ângulo θ_2 e (b) a variação do momento linear da bola em termos dos vetores unitários. (O fato de que a bola está rolando é irrelevante para o problema.)

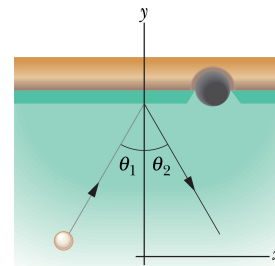


Figura 5: Problema 9

10. Uma força no sentido negativo de um eixo x é aplicada por $27ms$ a uma bola de $0,4kg$ que estava se movendo a $14m/s$ no sentido positivo do eixo. O módulo da força é variável e o impulso tem um módulo de $32,4N \cdot s$. Quais são (a) o módulo e (b) o sentido da velocidade imediatamente após a aplicação da força? Quais são (c) a intensidade média da força e (d) a orientação do impulso aplicado à bola?
11. Em uma brincadeira comum, mas muito perigosa, alguém puxa uma cadeira quando uma pessoa está prestes a se sentar, fazendo com que a vítima se estatelasse no chão. Suponha que a vítima tem $70kg$, cai de uma altura de $0,5m$ e a colisão com o piso dura $0,082s$. Quais são os módulos (a) do impulso e (b) da força média aplicada pelo piso sobre a pessoa durante a colisão?
12. Uma bola de $1,2kg$ cai verticalmente em um piso com uma velocidade de $25m/s$ e ricocheteia com uma velocidade inicial de $10m/s$. (a) Qual é o impulso recebido pela bola durante o contato com o piso? (b) Se a bola fica em contato com o piso por $0,02s$ qual é a força média exercida pela bola sobre o piso?

13. No tae kwon do, a mão de um atleta atinge o alvo com uma velocidade de $13m/s$ e para após $5ms$. Suponha que durante o choque a mão é independente do braço e tem uma massa de $0,7kg$. Determine os módulos (a) do impulso e (b) da força média que a mão exerce sobre o alvo.
14. Na vista superior da figura 6, uma bola de $300g$ com uma velocidade escalar v de $6m/s$ se choca com uma parede com um ângulo θ de 30° e ricocheteia com a mesma velocidade escalar e o mesmo ângulo. A bola permanece em contato com a parede por $10ms$. Em termos dos vetores unitários, quais são (a) o impulso da parede sobre a bola e (b) a força média da bola sobre a parede?

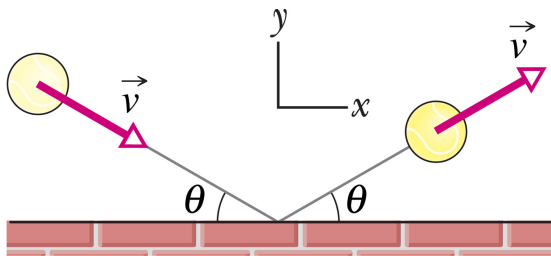


Figura 6: Problema 14

15. Um homem de $91kg$ em repouso sobre uma superfície de atrito desprezível arremessa uma pedra de $68g$ com uma velocidade horizontal de $4m/s$. Qual é a velocidade do homem após o arremesso?
16. Uma nave espacial está se movendo a $4300km/h$ em relação à Terra quando, após ter queimado todo o combustível, o motor do foguete (de massa $4m$) é desacoplado e ejetado para trás com uma velocidade de $82km/h$ em relação ao módulo de comando (de massa m). Qual é a velocidade do módulo de comando em relação à Terra imediatamente após a separação?
17. Um balde de $4kg$ que está deslizando em uma superfície sem atrito explode em dois fragmentos de $2kg$, um que se move para o norte a $3m/s$ e outro que se move para em uma direção de 30° ao norte do leste a $5m/s$. Qual é a velocidade escalar do balde antes da explosão.
18. A Figura 7 mostra um foguete de duas pontas que está inicialmente em repouso sobre uma superfície sem atrito, com o centro na origem de um eixo x . O foguete é formado por um bloco central C (de massa

$M=6\text{ Kg}$) e dois blocos E e D (de massa $m = \text{kg}$ cada um) dos lados esquerdo e direito. Pequenas explosões podem arremessar esses blocos para longe do bloco C, ao longo do eixo x . Considere a seguinte sequência: (1) no instante $t = 0$ o bloco E é arremessado para a esquerda com uma velocidade de $3m/s$ em relação à velocidade que a explosão imprime ao resto do foguete. (2) No instante $t = 0,80s$ o bloco D é arremessado para a direita com uma velocidade de $3m/s$ em relação à velocidade do bloco C nesse momento. No instante $t = 2,8s$, quais são (a) a velocidade do bloco C e (b) a posição do centro do bloco C?

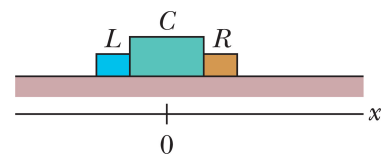


Figura 7: Problema 18.

19. Uma bala com $10g$ de massa se choca com um pêndulo balístico com $2, Kg$ de massa. O centro de massa do pêndulo sobe uma distância vertical de $12cm$. Supondo que a bala fica alojada no pêndulo, calcule a velocidade inicial da bala
20. Na figura 8 uma bala de $3,50g$ é disparada horizontalmente contra dois blocos inicialmente em repouso sobre uma mesa sem atrito. A bala atravessa o bloco 1 (com $1,20Kg$ de massa) e fica alojada no bloco 2 (com $1,80Kg$ de massa). Os blocos terminam com velocidade $v_1 = 0,630m/s$ e $v_2 = 1,40m/s$ (figura b). Desprezando o material removido do bloco 1 pela bala encontre a velocidade da bala (a) ao sair do bloco 1 (b) ao encontrar no bloco 1.

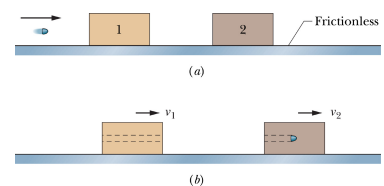


Figura 8: Problema 20.

21. Na figura 9, uma bola de massa $m = 60g$ é disparada com velocidade $v_i = 22m/s$ para dentro do canhão de mola de $M = 240Kg$

inicialmente em repouso sobre uma superfície sem atrito. A bola fica presa no cano do canhão no ponto de máxima compressão da mola. Suponha que o aumento da energia térmica devido ao atrito da bola com o cano é desprezível. (a) Qual é a velocidade escalar do canhão depois que a bola pára dentro do cano? (b) Que fração da energia cinética inicial da bola fica armazenada na mola?

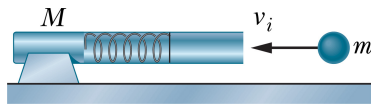


Figura 9: Problema 21.

22. Na figura 10, o bloco 1 (com uma massa de $2kg$) está se movendo para a direita a $10m/s$ e o bloco 2 (com uma massa de $5kg$) está se movendo para a direita a $3m/s$. A superfície não tem atrito, e uma mola com uma constante elástica de $1120N/m$ está presa ao bloco 2. Quando os blocos colidem, a compressão da mola é máxima no instante em que os blocos têm a mesma velocidade. Determine a máxima compressão da mola.



Figura 10: Problema 22.

23. Um carrinho com $340g$ de massa, que se move em uma pista sem atrito com uma velocidade inicial de $1,2m/s$, sofre uma colisão elástica com outro carrinho inicialmente em repouso de massa desconhecida. Após a colisão o primeiro carrinho continua a se mover na mesma direção e sentido com uma velocidade escalar de $0,66m/s$. (a) Qual é a massa do segundo carrinho? (b) Qual é a velocidade do segundo carrinho após a colisão? (c) Qual é a velocidade do centro de massa do sistema dos dois carrinhos?

24. Um corpo com $2kg$ de massa sofre uma colisão elástica com outro corpo em repouso e continua a se mover na mesma direção e sentido, mas com um quarto da velocidade inicial. (a) Qual é a massa do outro corpo? (b) Qual é a velocidade do centro de massa dos dois corpos se a velocidade inicial do corpo de $2kg$ era de $4m/s$?

25. Uma pequena esfera de massa m está verticalmente acima de uma bola maior de massa $M = 0,63kg$ (com uma pequena separação, como no caso das bolas de beisebol e basquete da figura 9-70a), e as duas bolas são deixadas cair simultaneamente da altura de $h = 1,8m$. (Suponha que os raios das bolas são desprezíveis em relação a h). (a) Se a bola maior ricocheteia elasticamente no chão e depois a bola menor ricocheteia elasticamente na maior, que valor de m faz com que a bola maior pare no momento em que colide com a menor? (b) Nesse caso, que altura atinge a bola menor?

26. O próton 1, com uma velocidade de $500m/s$, colide elasticamente com o próton 2, inicialmente em repouso. Depois do choque os dois prótons se movem em trajetórias perpendiculares, com a trajetória do próton 1 fazendo 60 graus com a direção inicial. Após a colisão, quais são as velocidades escalares (a) do próton 1 (b) do próton 2?

27. Um foguete que se encontra no espaço sideral e está inicialmente em repouso em relação a um referencial inercial tem uma massa de $2,55 \cdot 10^5 kg$, da qual $1,81 \cdot 10^5 kg$ são de combustíveis. O motor do foguete é acionado por $250 s$, durante os quais o combustível é consumido à taxa de $480kg/s$. A velocidade dos produtos de exaustão em relação ao foguete é de $3,27km/s$. (a) Qual é o empuxo do foguete? Após os $250 s$ de funcionamento do motor, quais são (b) a massa e (c) a velocidade do foguete?

Problemas adicionais

1. Um remador de $75Kg$, sentado na popa de uma canoa de $150Kg$ e $3m$ de comprimento, conseguiu trazê-la para uma posição em que está parada perpendicularmente à margem de um lago, que nesse ponto forma um barranco, com a proa encostada numa estaca onde o remador quer amarrar a canoa. Ele se levanta e caminha até a proa, o que leva a canoa a afastar-se da margem. Chegando à proa, ele consegue, esticando o braço, alcançar até uma distância de $80cm$ da proa. Conseguirá agarrar a estaca? Caso

contrário, quanto falta? Considere o centro de massa da canoa como localizado em seu ponto médio e despreze a resistência da água.

2. Um gafanhoto, pousado na beirada superior de uma folha de papel que está boiando sobre a água de um tanque, salta, com velocidade inicial de $4m/s$, em direção à beirada inferior da folha, no sentido do comprimento. As massas do gafanhoto e da folha são de $1g$ e de $4g$, respectivamente, e o comprimento da folha é de $30cm$. Em que domínio de valores pode estar compreendido o ângulo θ entre a direção do salto e sua projeção sobre a horizontal para que o gafanhoto volte a cair sobre a folha?
3. Uma nave espacial cilíndrica, de massa M e comprimento L , está flutuando no espaço sideral. Seu centro de massa, que podemos tomar como o seu ponto médio, é adotado como origem O das coordenadas, com Ox ao longo do eixo do cilindro. (a) No instante $t = 0$, um astronauta dispara uma bala de revólver de massa m e velocidade v ao longo do eixo, da parede esquerda até a parede direita, onde fica encravada. Calcule a velocidade V de recuo da nave espacial. Suponha que $m \ll M$, de modo que $M \pm m \approx M$. (b) Calcule o recuo total ΔX da nave, depois que a bala atingiu a parede direita. Exprima-o em função do momento p transportado pela bala, eliminando da expressão a massa m . (c) Calcule o deslocamento Δx do centro de massa do sistema devido à transferência da massa m da extremidade esquerda para a extremidade direita da nave. (d) Mostre que $\Delta X + \Delta x = 0$, e explique por que este resultado tinha necessariamente de ser válido.
4. Considere um sistema qualquer de duas partículas, de massa m_1 e m_2 e velocidade v_1 e v_2 . Sejam T_1 e T_2 as energias cinéticas das duas partículas, e v_r a velocidade relativa da partícula 2 em relação à partícula 1. (a) Mostre que os momentos das duas partículas em relação ao CM são dados por $:p'_1 = -\mu v_r = -p'_2$, onde $\mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$. Mostre que a energia cinética total é dada por $T_1 + T_2 = T'_1 + T'_2 + 1/2 M v_{CM}^2$, onde T'_1 e T'_2 são as energia cinéticas relativa ao

CM (energia cinética interna) é dada por $T'_1 + T'_2 = 1/2 \mu v_r^2$.

5. (a) Que fração f da energia cinética é transferida por uma partícula de massa m , que se move com velocidade v , numa colisão frontal elástica com uma partícula de massa m' inicialmente em repouso? Exprima o resultado em função da razão $\lambda = m'/m$. Para que valores de λ a transferência de energia é máxima, e quanto vale? (b) Coloca-se entre as duas partículas uma terceira, de massa m'' , em repouso, alinhada com m e m' . Mostre que a transferência de energia de m para m' é máxima quando $m'' = \sqrt{m m'}$. Mostre que, para $m \neq m'$, a presença da partícula intermediária possibilita transferir mais energia cinética de m para m' do que no caso (b).
6. Num brinquedo bem conhecido, uma série de bolinhas metálicas idênticas, suspensas por fios idênticos presos a um suporte, estão inicialmente todas em contato. Se um determinado número n de bolas é deslocado conjuntamente da posição de equilíbrio e solto (ver figura 11), o efeito da colisão com as demais é transferir a velocidade v com que colidem a um igual número de bolas na outra extremidade, suspendendo-as (a) Supondo que o efeito da colisão fosse transferir uma velocidade v' a n' bolas adjacentes situadas na outra extremidade, as colisões sendo todas elásticas, mostre que se tem, necessariamente, $n' = n$ e $v' = v$. (b) Tomando $n = 2$ e supondo que o efeito da colisão fosse transferir velocidade v_1 e v_2 às duas bolas situadas mais à direita (figura), mostre que, necessariamente $v_1 = v_2 = v$.

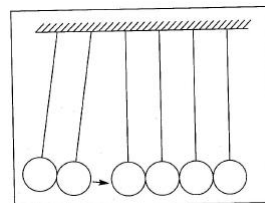


Figura 11: Desafio 6

Respostas:

Perguntas:

1. (a) 2N, para a direita; (b) 2N, para a direita; (c) maior que 2N, para a direita
2. (a) ac, cd, bc; (b) bc; (c) bd, ad
3. b, c, a

Problemas:

1. (a) $-1,50m$; (b) $-1,43m$
2. (a) $1,1m$; (b) $1,3m$; (c) se aproxima
3. $(-4,0m)\hat{i} + (4,0m)\hat{j}$
4. $6,2m$
5. (a) $28cm$; (b) $2,3m/s$
6. (a) $22m$; (b) $9,3m/s$
7. $4,2kg \cdot m/s$
8. (a) $7,5 \times 10^4 J$; (b) $3,8 \times 10^4 kg \cdot m/s$; (c) 39° ao sul do oeste
9. (a) $30,0^\circ$; (b) $(-0,572kg \cdot m/s)\hat{j}$
10. (a) $67m/s$; (b) $-x$; (c) $1,2kN$; (d) $-x$
11. (a) $2,2 \times 10^2 N \cdot s$; (b) $2,7 \times 10^3 N$
12. (a) $42N \cdot s$; (b) $2,1kN$
13. (a) $9,1N \cdot s$
14. (a) $(1,8N \cdot s)\hat{j}$; (b) $(-180N)\hat{j}$
15. $3,0mm/s$
16. $4,4 \times 10^3 km/h$

17. $3,5m/s$

18. (a) $-0,15m/s$ na direção i (b) $0,18m$

19. $3,1 \cdot 10^2 m/s$

20. (a) $721m/s$ (b) $937m/s$

21. (a) $4,4m/s$ (b) $0,80$

22. $25cm$

23. (a) $99g$ (b) $1,9m/s$ (c) $0,93m/s$

24. (a) $1,2kg$ (b) $2,5m/s$

25. (a) $0,21kg$ (b) $7,2m$

26. (a) $433m/s$ (b) $250m/s$

27. (a) $1,57 \cdot 10^6 N$ (b) $1,35 \cdot 10^5 kg$ (c) $2,08km/s$

Desafios

1. não $5 cm$.

2. $0 < \theta < 4,23$; ou $85,77 < \theta < 90$.

3. (a) $V = -mv/M$; (b) $\Delta X = -pL/Mv$; (c) $\Delta x = mL/M$; (d) O CM do sistema não pode deslocar-se sob a ação apenas de forças internas.

4. demonstraçã

5. $f = 4\lambda/(1 + \lambda)^2$; $f_{max} = 1$ (para $\lambda = 1$).

6. demonstraçã

7. a) θ'_1 e $\theta'_2 = \pi - \theta'_1$, onde $\sin \theta'_1/2 = b/2a$
b) $(\theta_1 = \theta'_1/2, v \cos \theta_1)$ e $\theta_2 = \pi/2 - \theta_1, v \sin \theta_1$.