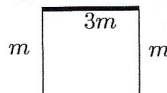


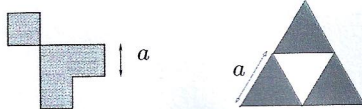
1. Calcule as coordenadas do centro de massa do sistema formado pelas três esferas da tabela.

esfera	m (kg)	x (m)	y (m)
1	20	0.5	1
2	40	-1	1
3	60	0	-0.5

2. Calcule a posição do centro de massa do sistema formado por três barras finas de comprimento L . Considere a origem localizada no ponto inferior da barra vertical esquerda.



3. Calcule a posição do centro de massa em cada uma das figuras, cujas densidades são uniformes.



4. Um cachorro de 5 kg está parado a 6 m da margem de um lago, em pé dentro de um barco. Ele anda 2.4 m sobre o barco em direção à margem e depois pára. O barco tem massa de 20 kg e é suposto que não haja atrito entre o barco e a água. a) O que ocorre com o centro de massa do sistema formado pelo barco mais cachorro? b) A que distância da margem estará o cachorro no final da caminhada?

5. Uma pessoa de 80 kg, juntamente com uma segunda, mais leve, estão em uma canoa de massa 30 kg, a qual está em repouso. Os dois assentos estão separados por uma distância de 3 m e localizados simetricamente em relação ao centro da canoa. Quando ambos trocam de lugar, observa-se que a canoa se move 40 cm em relação a um ponto fixo da margem. Qual a massa da segunda pessoa?

6. Um pequeno vagão de trem, de 2000 kg, pode se deslocar sem atrito sobre trilhos e está parado próximo a uma plataforma da estação. Uma pessoa, de 100 kg, corre ao longo da plataforma, paralelamente aos trilhos, a 10 m/s e salta sobre a parte traseira do vagão. a) Qual é a velocidade do vagão depois que a pessoa aterrissa no vagão e fica em repouso em relação a este? b) A seguir, a pessoa começa a andar com velocidade de 0.5 m/s relativa ao vagão, dirigindo-se para a frente do mesmo. Qual é a nova velocidade do vagão? c) Calcule a velocidade do centro de massa do sistema (pessoa e vagão) antes do salto. d) Calcule a velocidade do centro de massa enquanto a pessoa anda sobre o vagão.

7. Um homem de 70 kg está parado sobre a extremidade de uma jangada de 200 kg de massa e 5 m de comprimento, que se desloca com velocidade constante num lago. A velocidade da jangada em relação à margem é de 3 m/s . Despreze o atrito. Em um certo momento, o homem começa a andar em direção à outra extremidade da jangada, com uma velocidade constante de 1.5 m/s em relação a esta, e no mesmo sentido do movimento da jangada. a) Qual é a velocidade do centro de massa do sistema antes, durante, e depois do deslocamento do homem sobre a jangada? b) Calcule a distância percorrida pelo centro de massa do sistema e pelo centro da jangada durante o tempo em que o homem passa de uma extremidade para a outra da jangada. c) Calcule a velocidade do homem em relação à margem durante a sua caminhada.

8. Uma arma atira um projétil, com velocidade de 450 m/s , formando um ângulo de 60° com a horizontal. No ponto mais alto da trajetória, o projétil explode em dois fragmentos de massas iguais. Um fragmento, cuja velocidade imediatamente após a explosão é zero, cai verticalmente. Supondo que o terreno seja plano, a que distância da arma cairá o outro fragmento? Descreva o que acontece com o centro de massa do projétil e determine sua posição final.

9. Duas massas A e B, ambas de 2 kg, colidem. As velocidades antes da colisão são: $\vec{v}_A = 15\vec{i} + 30\vec{j}$ e $\vec{v}_B = -10\vec{i} + 5\vec{j}$. Após a colisão, sabemos que $\vec{v}'_A = -5\vec{i} + 20\vec{j}$. Todas as velocidades são em metros por segundo. a) Qual é a velocidade final de B? b) Que quantidade de energia cinética foi ganha ou perdida na colisão?

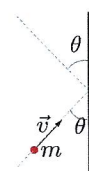
10. Um navio em repouso explode, partindo-se em três pedaços. Dois pedaços, que têm a mesma massa, voam horizontalmente em direções

perpendiculares entre si, com velocidade v . O terceiro pedaço tem massa três vezes maior que qualquer um dos outros. Calcule a velocidade, em módulo e direção, adquirida pelo terceiro pedaço, imediatamente após a explosão.

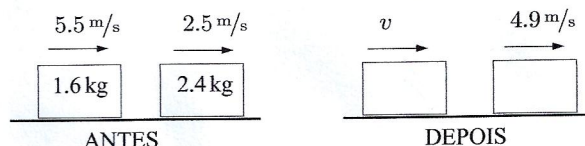
11. Um homem de 75 kg está sobre um carrinho que se move a 2.3 m/s . A massa do carrinho é de 39 kg. Ele pula para fora do carrinho de tal maneira que chega ao solo com velocidade horizontal zero. Qual foi a variação da velocidade do carrinho, supondo que o atrito sobre os eixos pode ser desprezado?

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

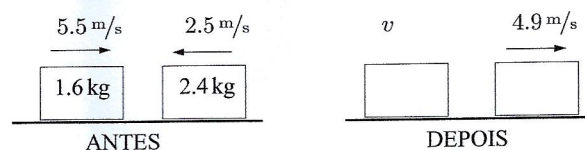
13. Uma bola de 300 g move-se com uma velocidade de 6 m/s numa direção que faz um ângulo de 30° com a parede. Após o choque, ela prossegue com a mesma velocidade escalar numa direção que faz o mesmo ângulo com a parede. Ela fica em contato com a parede durante 10 ms. a) Que impulso foi comunicado à bola? b) Qual foi a força média exercida pela bola sobre a parede?



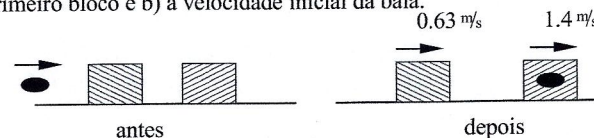
14. Os blocos abaixo deslizam sem atrito e colidem. a) Qual é a velocidade v do bloco de 1.6 kg após a colisão? b) A colisão é elástica?



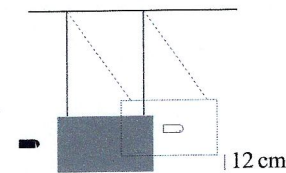
15. Os blocos abaixo deslizam sem atrito e colidem. a) Qual é a velocidade v do bloco de 1.6 kg após a colisão? b) A colisão é elástica? c) Sugira um mecanismo pelo qual seria possível o aumento de energia cinética verificado no item (b).



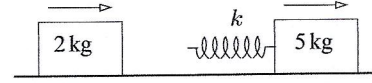
16. Uma bala de massa 3.5 g é atirada contra dois blocos, em repouso, sobre uma mesa sem atrito. A bala atravessa o primeiro bloco ($m_1 = 1.2 \text{ kg}$) e incrusta-se no segundo ($m_2 = 1.8 \text{ kg}$). Os blocos adquirem velocidades iguais a 0.63 m/s e 1.4 m/s , respectivamente. Determine: a) a velocidade da bala imediatamente após sair do primeiro bloco e b) a velocidade inicial da bala.



17. Uma bala de 10 g colide com um pêndulo balístico de massa igual a 2 kg. O centro de massa do pêndulo sofre uma elevação de 12 cm. Supondo que a bala fique retida no interior do pêndulo, determine sua velocidade inicial.

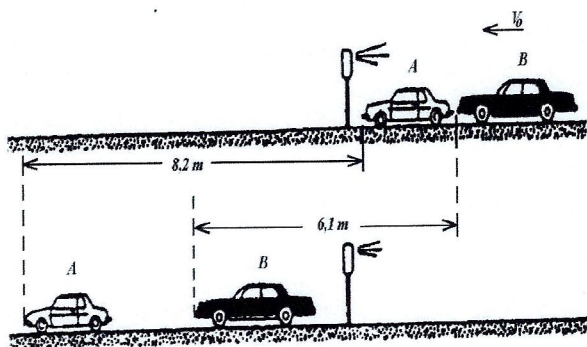


18. Um bloco de massa 2 kg desliza, sem atrito, com velocidade de 10 m/s . Na frente dele, e movendo-se na mesma direção e sentido, existe um bloco de massa 5 kg, que se move com velocidade de 3 m/s . Presa a este segundo bloco há uma mola (massa nula) de constante $k = 1120 \text{ N/m}$. Quando os dois blocos colidem, qual é a máxima compressão da mola? (Sugestão: No momento de máxima compressão da mola, os dois blocos movem-se como se fossem um só bloco.)



19. Dois carros deslizam numa estrada coberta de gelo quando o sinal luminoso de parar acende-se. A massa de A é de 1100 kg e a de B é de 1400 kg. O coeficiente de atrito cinético entre os pneus de ambos

os carros e a estrada vale 0.13. O carro A consegue parar, mas o B não, de modo que B bate na traseira de A. Após a colisão, A pára a 8.2 m do local do impacto, e B percorre ainda uma distância de 6.1 m antes de parar. a) A partir das distâncias que cada carro percorre após a colisão, determine a velocidade de cada carro imediatamente após o impacto. b) Com que velocidade o carro B bateu no carro A?



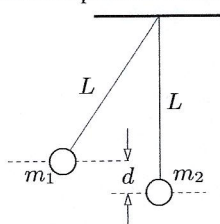
20. Um próton (massa atômica 1 uma) com velocidade de 500 m/s colide elasticamente com outro próton em repouso. O próton projétil espalha-se fazendo um ângulo de 60° em relação à sua direção inicial. a) Mostre que, após a colisão, o próton alvo é espalhado em uma direção que forma 90° com a direção de espalhamento do próton projétil. b) Quais são as velocidades dos dois prótons depois da colisão?

21. Dois veículos A e B deslocam-se, respectivamente, para oeste e para sul, em direção ao cruzamento destas direções, onde eles colidem e engavetam. Antes da colisão, A (1200 kg) move-se a 64.4 km/h e B (1600 kg) a 96.5 km/h . Ache o módulo, a direção e o sentido da velocidade dos veículos após a colisão.

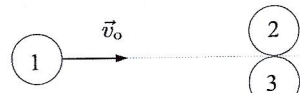
22. Um corpo de 20 kg move-se na direção positiva do eixo x com velocidade de 200 m/s , quando uma explosão interna divide-o em três partes. Uma parte, cuja massa é 10 kg , afasta-se do local da explosão com velocidade de 100 m/s ao longo do eixo y positivo. Um segundo fragmento, de massa 4 kg , move-se ao longo do eixo x negativo com velocidade de 500 m/s . a) Qual é a velocidade do terceiro fragmento, cuja massa vale 6 kg ? b) Que quantidade de energia foi liberada na explosão? Ignore os efeitos da gravidade.

23. Dois pêndulos, cada um de comprimento L , estão inicialmente posicionados como nos mostra a figura. O primeiro pêndulo é solto e atinge o segundo. Suponha que a colisão seja completamente inelástica, e despreze as massas dos fios e quaisquer efeitos resultantes do atrito. Mostre que o centro de massa, após a colisão, sobe até

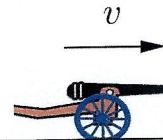
$$H = d \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2} \right)^2$$



24. Uma bola com velocidade inicial de 10 m/s colide elasticamente com duas outras idênticas, que estão inicialmente em contato e em repouso. Os centros de massa das duas bolas estão em uma direção perpendicular à velocidade inicial. A primeira bola movimenta-se na direção do ponto de contato das outras duas, e não há atrito entre elas. Determine a velocidade das três bolas após a colisão. (Sugestão: Na ausência de atrito, os impulsos serão normais às superfícies das bolas, dirigidos ao longo das linhas que unem os seus centros.)



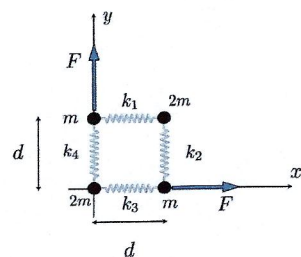
25. Um canhão móvel de massa 200 kg , carregado com uma bala de 20 kg , se desloca sobre uma superfície sem atrito com velocidade constante v . A bala é então disparada horizontalmente, com velocidade 30 m/s em relação ao solo. Após o disparo, a velocidade do canhão é reduzida para $V/3$. a) Qual a velocidade inicial do canhão? b) Qual deveria ser a velocidade do canhão para este ficar em repouso após o disparo? d) Qual a variação na energia cinética do sistema devido ao disparo?



26. Dois pequenos blocos, um de 30 g e outro de 50 g , encontram-se fixos a 2 m um do outro, sobre uma mesa plana horizontal, sendo que o bloco mais pesado está na origem. Eles se atraem mutuamente com uma força capaz de vencer o atrito estático, sendo que o coeficiente de atrito cinético entre eles e a mesa vale 0.2 . Em um dado momento, eles são soltos e iniciam um movimento de aproximação. a) Calcule a posição do centro de massa do sistema enquanto os blocos estão fixos. b) Calcule a aceleração do centro de massa após os blocos serem soltos e antes que colidam. c) Considerando que os blocos se movem ao longo do eixo x , escreva a equação de movimento $x(t)$ para o centro de massa após eles serem soltos e antes que colidam.

27. Dois patinadores, a 2 m um do outro, estão em repouso sobre o gelo (não há atrito), cada um segurando uma das extremidades de uma corda esticada, de massa desprezível. Um deles, de massa 80 kg , puxa a corda e se desloca 0.4 m . Ao fazer isso, a distância entre os dois diminui para 1 m . Qual a massa do segundo patinador?

28. Quatro partículas estão inicialmente dispostas nos vértices de um quadrado de lado d , sobre uma superfície plana horizontal e sem atrito. Molas de massas desprezíveis e de constantes elásticas diferentes unem os pares adjacentes. Além disso, duas forças constantes e de mesmo módulo F atuam sobre as partículas de massa m . Utilizando o sistema de eixos da figura, calcule a posição do centro de massa do sistema a) para a configuração mostrada (inicial) e b) para um instante de tempo t qualquer.



RESPOSTAS: 1. -0.25 m , 0.25 m 2. $L/2$, $4L/5$ 3. — 4. 4.1 m 5. 57.6 kg 6. 0.48 m/s ; 0.45 m/s ; 0.48 m/s ; 0.48 m/s 7. 3 m/s ; 10 m , 8.7 m ; 4.1 m/s 8. 27 km 9. $10\vec{i} + 15\vec{j}$ (em m/s); -500 J 10. — 11. 4.4 m/s 12. 10 m/s 13. 1.8 kg m/s ; $1.8 \times 10^2 \text{ N}$ 14. 1.9 m/s 15. -5.6 m/s 16. 721.4 m/s ; 937 m/s 17. 308 m/s 18. 25 cm 19. 4.57 m/s , 3.94 m/s ; 7.53 m/s 20. 250 m/s , 433 m/s 21. 17.1 m/s , 63.4° com a direção do movimento original de A 22. 1014 m/s , 9.5° no sentido horário a partir do eixo x positivo; 3.23 MJ 23. — 24. 6.9 m/s (30° com \vec{v}_0), 2 m/s (180° com \vec{v}_0) 25. — 26. 0.75 m , -0.5 m/s^2 27. — 28. —