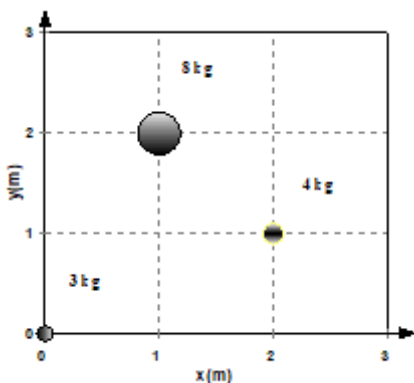
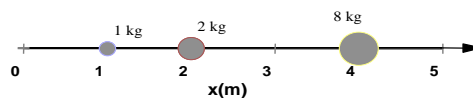


Sistemas de partículas

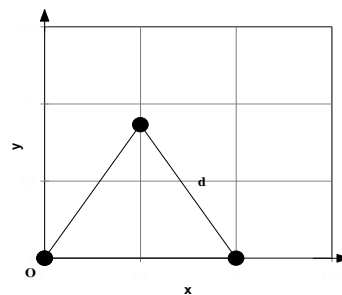
Centro de massa

1) Calcule o centro de massa das três partículas que aparecem na figura ao lado.



2) Onde está o CM das 3 partículas mostradas na figura à esquerda?

3) Considere 3 corpos iguais de massa m localizados nos vértices de um triângulo equilátero de lado d , conforme a figura à direita. Calcule as coordenadas do CM desse sistema.



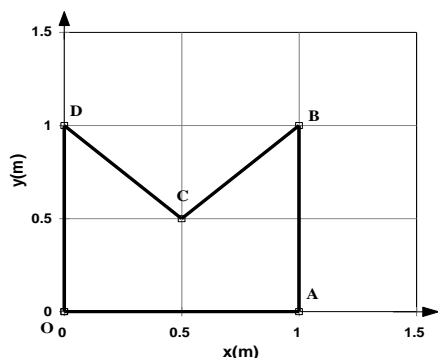
4) Quatro partículas têm as seguintes massas e coordenadas:

$M_a = 6,0$ kg; $x_a = y_a = 0,0$ cm; $M_b = 3,0$ kg; $x_b = y_b = 10,0$ cm;

$M_c = 2,5$ kg; $x_c = 1,0$; $y_c = 2,0$ cm; $M_d = 6,0$ kg; $x_d = -2,0$; $y_d = -6,0$ cm;

a) Represente esses 4 corpos num plano x - y ;

b) Determine as coordenadas X_{cm} e Y_{cm} do centro de massa desse sistema.



5) Considere a placa homogênea OABCD ilustrada na figura ao lado.

a) Encontre as coordenadas do centro de massa, considerando que a placa é formada por 3 triângulos iguais.

b) Mostre que o mesmo resultado é obtido calculando-se o centro de massa do quadrado OABD e removendo-se o triângulo BCD.

Sistemas de duas partículas

6) a) Um utilitário com 2000 kg de massa está se movendo ao longo de uma estrada reta a 90 km/h. Ele é seguido por um gol com 900 kg de massa a 60 km/h. a) Qual é a velocidade do centro de massa dos dois carros que estão se movendo? b) Na mesma estrada reta, o gol está se

movendo a 90 km/h e é seguido pelo utilitário, a 60 km/h. Qual é a velocidade do centro de massa dos dois carros que estão se movendo? c) Interprete a diferença entre as respostas a) e b).

7) (HRK E 7.5) Duas partículas P e Q estão inicialmente em repouso, separadas de 1,64 m. P tem 1,43 kg de massa e Q , 4,29 kg; P e Q atraem-se com uma força constante de módulo $1,79 \cdot 10^{-2}$ N. Nenhuma força externa atua no sistema.

a) Descreva o movimento do centro de massa.

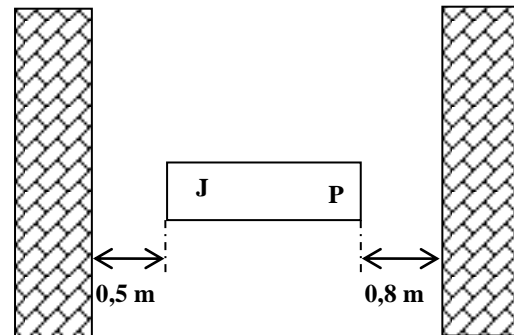
b) A que distância da posição original de P as partículas irão colidir?

8) Um remador de 75 kg está sentado na popa de uma canoa de 150 kg e 3,0 m de comprimento, que está parada perpendicularmente à margem de um lago. A proa está encostada em uma 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. Da proa, ele consegue, esticando o braço, alcançar até 80 cm para fora do barco. Conseguirá agarrar a estaca? Caso não consiga, quanto faltará?

Despreze a resistência da água. Caso deseje formar uma imagem mais concreta do sistema, considere o centro de massa da canoa localizado no seu ponto médio.

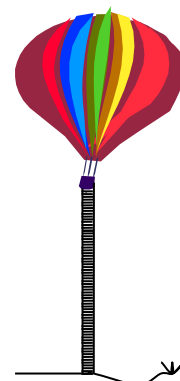
9) (HRK E 7.7, modificado) Um cachorro, cuja massa é 10,0 kg, está na popa de um barco de 2,5 m de comprimento, inicialmente parado com a proa a 0,5 m da margem e orientado perpendicularmente à margem do lago. Ele caminha os 2,5 m do comprimento do barco, chegando à proa, e pára. A massa do barco é 20 kg e podemos supor que não haja atrito entre ele e a água. A que distância o cachorro estará da margem ao fim desse tempo? *Sugestão: o centro de massa do barco + cachorro não se move. Por quê?*

10) Um barco, com 3,0 m de comprimento e 20 kg de massa, está parado entre duas margens de um braço estreito de um lago, orientado perpendicularmente às margens como mostra a figura ao lado. Inicialmente, José, com 80 kg de massa, está sentado do lado próximo à margem esquerda e Pedro, com 40 kg, está sentado próximo à margem direita, cada um ocupando uma extremidade do barco, como mostra a figura. Com um rearranjo das posições de Pedro e José, é possível fazer o barco encostar-se a qualquer uma das margens, mas os ocupantes somente conseguem amarrar o barco a uma delas.



a) Determine um conjunto de posições de Pedro e José que façam o barco encostar a margem esquerda; b) Mesmo que a) mas encostando na margem direita; c) Encontre, **se possível**, as posições de Pedro e José de modo que o barco encoste à margem esquerda e um dos ocupantes esteja na posição da margem; d) Mesmo que c), com o barco encostado na margem direita; e) Explique porque não é possível aos ocupantes amarrarem o barco à margem se nenhum deles estiver na posição de margem quando o barco está encostado.

11) Uma pessoa com $m = 70$ kg está a bordo de um balão de $M = 180$ kg. Na massa M estão incluídos o balão propriamente dito, a cesta e demais equipamentos de bordo. Do balão pende uma longa escada de corda, de massa desprezível, cujos degraus distam 40 cm um do outro. A pessoa então desce 50 degraus pela escada. Nesse instante, estando parada *tanto em relação ao balão quanto em relação ao solo*, olha para baixo e percebe que a extremidade inferior da escada está justo tocando a terra e que entre ela (a pessoa) e o solo existem exatos 100 degraus. Descrevendo de modo conciso o raciocínio usado na resolução, calcule:



a) quantos degraus a pessoa deve descer para chegar ao solo?

Se, ao contrário, a pessoa resolve voltar ao balão:

b) que pedaço da corda ficará deitado no chão no fim de seu movimento?

Sistemas de múltiplas partículas

12) (HRK E 7.8) Ricardo, de 78 kg, e Judite, que é mais leve, estão em uma canoa de 32 kg, passeando numa lagoa. Quando a canoa está em repouso em águas paradas, eles trocam de lugar. Seus assentos estão separados por 2,9 m e localizados simetricamente em relação ao centro da canoa. Observando que a canoa se desloca 40 cm em relação a um toco submerso, Ricardo calcula a massa de Judite. Qual é seu valor?

13) João e Maria estão sentados num trenó que está inicialmente em repouso sobre uma superfície horizontal e plana. O peso de João é 80 kg, o de Maria 50 kg e o do trenó 30 kg. Ao notar a presença de uma aranha no interior do trenó, Maria pula para fora do mesmo e João fica quieto, não se movendo em relação ao trenó. A velocidade de Maria ao saltar é de 7 m/s em relação ao trenó, formando um ângulo de 30° com o plano horizontal, no sistema de referência do trenó.



a) Esquematize as situações antes e depois do salto de Maria. Demonstre, a partir da conservação da quantidade de movimento, que a velocidade horizontal do centro de massa continuará sendo nula apesar do movimento de Maria.

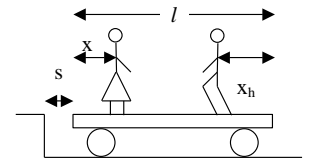
b) Calcule o vetor velocidade inicial de recuo do trenó em relação ao solo, considerando que a superfície do gelo evita seu movimento na vertical.

c) Calcule o vetor velocidade de Maria em relação ao solo quando salta do trenó.

d) Se o coeficiente de atrito cinético entre o gelo e o trenó é 0,2, que distância o trenó percorre desde o salto de Maria até parar? Use $g = 10 \text{ m/s}^2$.

e) Num diagrama de corpo livre, identifique a força que evita a conservação da componente vertical da quantidade de movimento do sistema João + Maria + tremó. Quem causa essa força?

14) O homem de massa m_h e a mulher de massa m estão em pé sobre uma plataforma de massa m_p que se move com atrito desprezível. A plataforma está em repouso para $s = 0$, quando o homem e a mulher, partindo das extremidades, começam a se aproximar. Deduza uma expressão para o deslocamento s da plataforma quando os dois se encontrarem, em termos do deslocamento x_h do homem em relação à plataforma.



Conservação da quantidade de movimento em um sistema de partículas

15) Um barco em repouso explode, partindo-se em três pedaços. Dois deles, um com o dobro da massa do outro, têm velocidades de módulo igual a 31 m/s e são perpendiculares entre si. A massa do terceiro pedaço é o triplo da massa do mais leve de todos. Determine o módulo e a direção da velocidade do pedaço mais pesado imediatamente após a explosão. (Especifique a direção dando o ângulo em relação à velocidade do pedaço mais leve).

16) Um garoto de massa 30 kg, correndo a 2,5 m/s salta sobre um carrinho de massa 10 kg, que estava parado, permanecendo sobre ele. a) Determine a velocidade do conjunto carrinho+garoto depois que ambos estiverem andando juntos. b) Em seguida, o garoto começa a andar sobre o carrinho com velocidade de 0,5 m/s, relativa ao carrinho, dirigindo-se para a frente do mesmo. Qual a nova velocidade do carrinho?

c) Quando o garoto chega a extremidade do carrinho, ele pula para a frente, com velocidade de 1,0 m/s em relação ao carrinho. Com que velocidade fica o carrinho depois disso?

Desafio: Se a velocidade do carrinho for u para a direita e o garoto de massa m saltar para a esquerda com velocidade, em relação ao carrinho, v , qual será a variação de velocidade do carrinho?

Suponha que o carrinho esteja inicialmente em repouso e sobre ele existam n garotos. Se cada garoto saltar sucessivamente com velocidade v , eles transmitiriam ao carrinho maior velocidade do que seria transmitida se todos saltassem ao mesmo tempo? Justifique.

17) (HRK E 7.6) Uma bomba é lançada de uma arma com velocidade inicial de 466 m/s, em um ângulo de $57,4^\circ$ acima da horizontal. No topo da trajetória, a bomba explode em dois fragmentos de massas iguais. Um dos fragmentos, cuja velocidade imediatamente depois da explosão é nula, cai verticalmente. A que distância da arma cairá o outro, supondo que o terreno seja plano?

18) (HRK E 7.18) Um vagão de trem está se movendo ao longo de um trilho sem atrito a uma velocidade com intensidade de 45,0 m/s. Montado sobre o vagão e apontando para a frente, está um canhão que dispara balas com 65,0 kg com uma velocidade de disparo com intensidade de 625 m/s em relação ao canhão. A massa total do vagão, do canhão e do grande suprimento de munição é de 3500 kg. Quantas balas devem ser disparadas para que o vagão seja trazido o mais próximo possível do seu repouso?

19) Um canhão montado sobre uma carreta, apontado numa direção que forma um ângulo de 30° com a horizontal, atira uma bala de 50 kg, cuja velocidade na boca do canhão é 300 m/s. A massa total do canhão e da carreta é 5 toneladas.

a) Calcule a componente horizontal da velocidade inicial de recuo da carreta.

b) Se o coeficiente de atrito cinético é 0,7, de que distância a carreta recua?

20) Um foguete espacial está viajando a 3860 km/h em relação à Terra quando o último estágio é desengatado e lançado para trás com a velocidade de 125 km/h em relação ao módulo de comando, cuja massa é $\frac{1}{4}$ da massa do último estágio. Qual a velocidade do módulo de comando após a separação?

21) (HRK P 7.7) Um canhão de 1400 kg está posicionado num ângulo de elevação de $39,0^\circ$ acima da horizontal. Ele atira uma bala de 70,0 kg com velocidade de saída de 556 m/s, em relação ao canhão, que está montado em trilhos horizontais sem atrito de tal forma que pode recuar livremente.

a) Qual a velocidade da bala em relação ao solo? **b)** Em que ângulo a bala é projetada? *Sugestão: a componente horizontal da quantidade de movimento do sistema permanece inalterada enquanto a arma está atirando.*

22) Um cubo de gelo é atirado com velocidade \vec{v} em direção a um espaço vazio, quente e sem gravidade. O cubo derrete em água gradualmente e depois ferve transformando-se em vapor de água. **a)** Este é um sistema de partículas durante todo o tempo? **b)** se for assim, a configuração do sistema de partículas permanece a mesma? **c)** O movimento do centro de massa sofre alguma alteração brusca? **d)** A quantidade de movimento total se altera?

23) Um vagão de trem encontra-se inicialmente em repouso. Ele carrega N pessoas, todas com peso \bar{p} . Se cada pessoa, sucessivamente, corresse paralelamente ao trilho com a velocidade \vec{v}_{rel} e saltasse para o solo no final do vagão, ela emprestaria ao vagão uma maior velocidade do que se todas as N pessoas corressem e saltassem ao mesmo tempo? Justifique sua resposta.

24) Uma força resultante \vec{F} atua durante um intervalo de tempo Δt sobre um corpo que estava inicialmente em repouso fazendo-o atingir uma velocidade final igual a \vec{v} . Como uma força resultante de $\vec{F}/2$ poderia produzir a mesma velocidade final?

25) Um caminhão acelera ao descer uma colina. Um sistema de referencia inercial esta fixo no solo com origem em um poste. Um segundo sistema de referencia inercial esta fixo no interior de um carro de policia que esta descendo a colina com velocidade constante. **a)** o momento linear do caminhão é o mesmo nos dois sistemas de referência? Explique. **b)** A taxa de variação do momento linear do caminhão é a mesma nos dois sistemas? Explique.