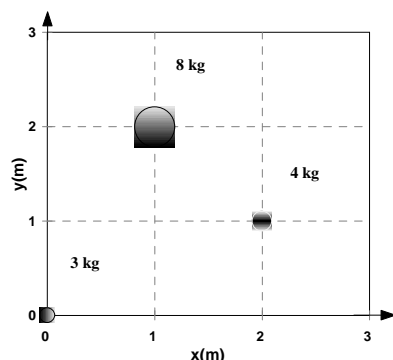
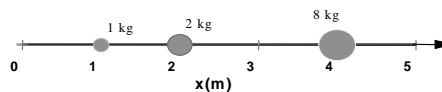


Sistemas de partículas

Para entregar: 4, 11 e 18, data de entrega: 20/9

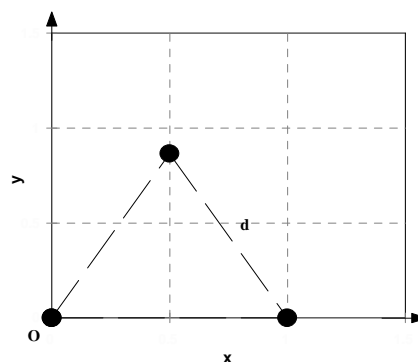
Centro de massa

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:

$M_a = 5,0 \text{ kg}; x_a = y_a = 0,0 \text{ cm};$

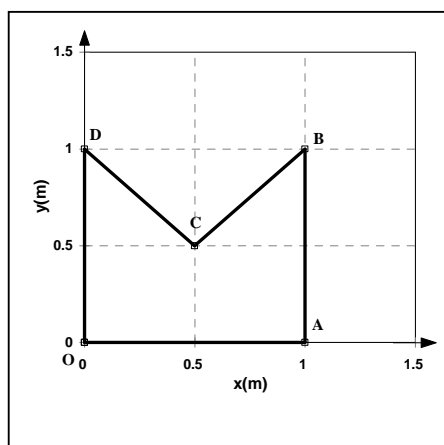
$M_b = 3,0 \text{ kg}; x_b = y_b = 8,0 \text{ cm};$

$M_c = 2,0 \text{ kg}; x_c = 3,0; y_c = 0,0 \text{ cm};$

$M_d = 6,0 \text{ kg}; x_d = -2,0; y_d = -6,0 \text{ cm};$

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. 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.

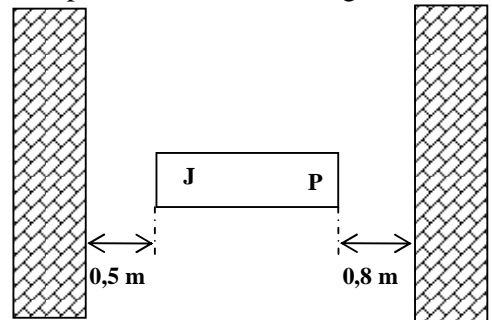
b) A que distância da posição original de  $P$  as partículas irão colidir?

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 uma das margens, mas não à outra.



a) A qual margem o barco pode se encostar e como isso pode ser feito?

b) Desprezando o atrito do barco com a água, determine qual o deslocamento de Pedro para que o barco possa atingir a margem do lado oposto; e qual o menor deslocamento de José?

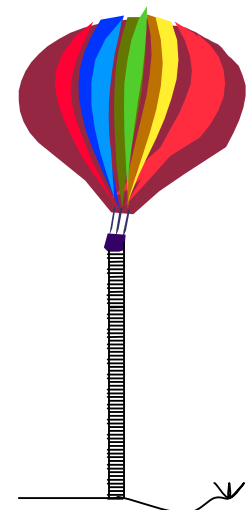
c) Explique porque nenhum dos dois consegue descer do barco.

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 graus. 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?

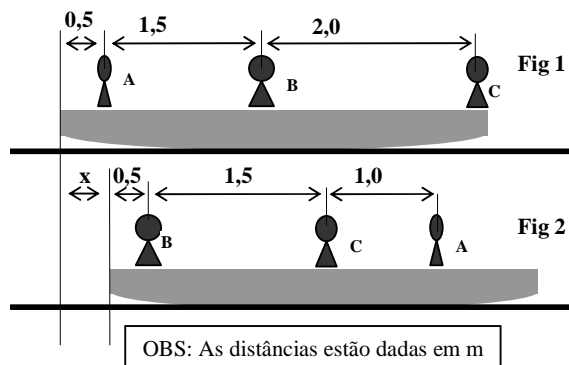


### Sistemas de múltiplas partículas

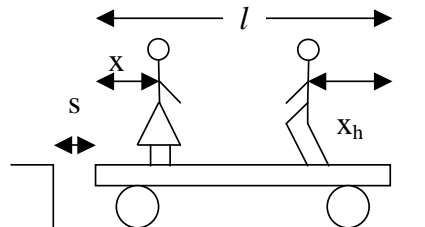
12) (HRK E 7.8) Ricardo, de 78 kg, e Judite, que é mais leve, estão em uma canoa de 32 kg, passando numa lagoa ao crepúsculo. Quando a canoa está em repouso em águas paradas, eles trocam de lugar. Seus assentos estão separados por 2,9 m e localizados simetricamente em relação ao centro da canoa. Observando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

13) A jovem A, o capitão B e o marinheiro C, possuem massas de 50, 85 e 68 kg, respectivamente, e estão sentados em um bote com 40 kg de massa, que está em repouso em águas paradas, conforme a figura 1. Despreze qualquer resistência ao movimento oferecida pela água. Se as três pessoas mudam suas posições como mostrado na figura 2,

- determine a distância  $x$ .
- A seqüência ou duração da troca de posições afeta o resultado final? Justifique sua resposta.
- Qual deveria ser o deslocamento para que a distância  $x$  fosse máxima? Justifique sua resposta.



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.

- Determine a velocidade do conjunto carrinho+garoto depois que ambos estiverem andando juntos.
- 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?
- 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  $u$  m/s para a direita e o garoto de massa  $m$  kg saltar para a esquerda com velocidade, em relação ao carrinho,  $v$  m/s, 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  $v$  m/s, 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  $30^\circ$  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.*