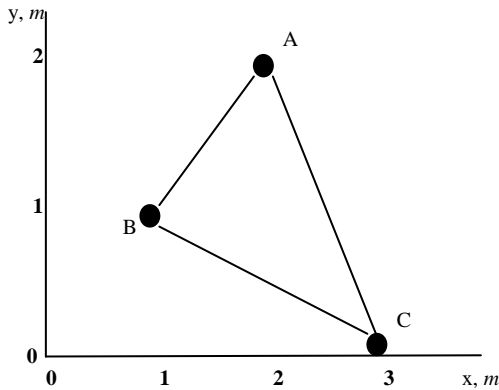
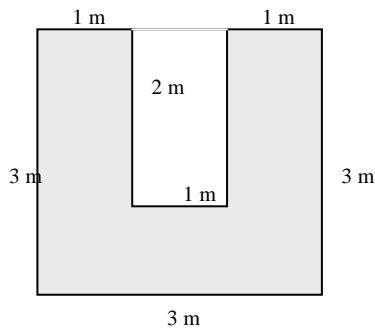


1- Três pequenas esferas A, B e C, com as massas de 3 kg, 1 kg e 1 kg, respectivamente, estão montadas nos vértices de um triângulo de hastes rígidas, muito leves. A localização das esferas aparece na figura abaixo. Que coordenadas tem o CM?



2- A massa da folha de compensado esquematizado na figura abaixo é de 20 kg. Localizar o respectivo CM.



3. Quatro partículas têm as seguintes massas e coordenadas:

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

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

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

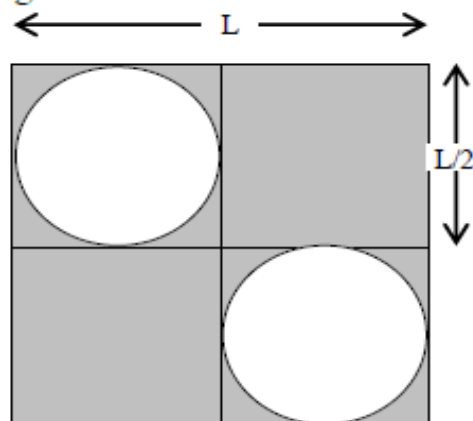
$$M_d = 6,0 \text{ kg}; x_d = -2,0; y_d = -6,0 \text{ cm};$$

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

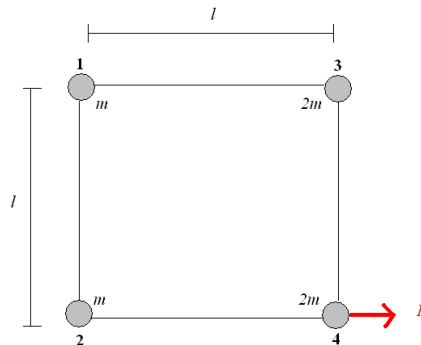
(b) Determine as coordenadas  $x_{cm}$  e  $y_{cm}$  do centro de massa desse sistema.

4- Localize o CM da molécula de água. Dados  $m_O=16u$ ,  $m_H=1u$ . Os átomos de H estão, cada qual, à distancia média de 9,6 nm do átomo de O e fazem entre si um ângulo de  $104,5^\circ$ .

5. Encontre as coordenadas do centro de massa de uma placa quadrada de massa M e lado L, homogênea exceto pelos 2 buracos circulares conforme mostra a figura ao lado.



6- Os quatro corpos indicados na figura abaixo estão apoiados numa superfície horizontal sem atrito e estão ligados por hastes iguais de massa desprezíveis. a) Localize o CM. b) Suponha uma força constante de 12N na direção x para a direita seja aplicada sobre o corpo 4 e que  $m=1\text{kg}$  e o comprimento da haste seja 1m. onde estará o CM após 1s de aplicação da força? Se os corpos não estivessem ligados, onde estaria o CM no mesmo instante?

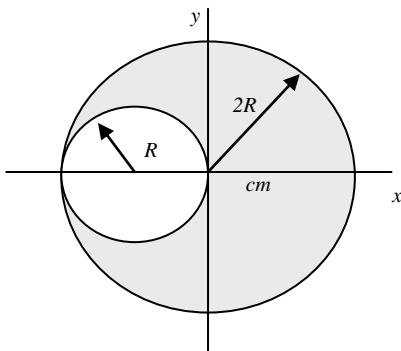


7- Localize, aproveitando as simetrias da figura, o CM de um triângulo equilátero homogêneo, cujo lado tem o comprimento  $a$ , um vértice no eixo dos  $y$  e os outros dois em  $(-a/2, 0)$  e  $(a/2, 0)$ .

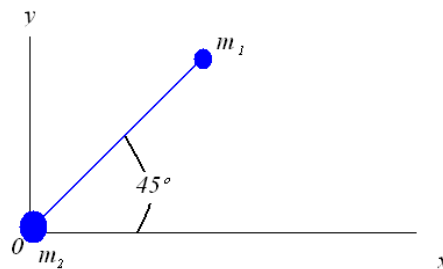
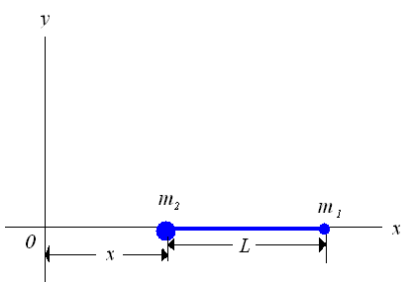
8- Localize o CM de:

- a) uma semi-esfera de raio  $R$
- b) um aro semi circular de raio  $R$

9- A figura abaixo mostra uma placa de metal circular de raio  $2R$  da qual foi removido um disco de raio  $R$ . Vamos chamar esta placa com um furo de objeto X. O CM está indicado como um ponto sobre o eixo dos  $x$ . Determine a posição deste ponto.



10- a) Suponha que o bastão da figura abaixo está em repouso, posicionado ao longo do eixo  $x$ , com a partícula de maior massa  $m_2 = 2m$  posicionada na coordenada  $x$  e a partícula de menor massa posicionada em  $x+L$  (onde  $L$  é o comprimento da haste que conecta as partículas). Determine o CM. b) Suponha que agora  $m_2$  está na origem e que a haste forma um ângulo de  $45^\circ$  entre os eixos  $x$  e  $y$  e determine a localização do seu CM.



11) Na molécula de amônia ( $\text{NH}_3$ ), três átomos de hidrogênio (H) formam um triângulo equilátero. A distância entre os átomos de H é  $16,3 \times 10^{-11}$  m. O átomo de nitrogênio (N) está no topo de uma pirâmide cuja base é formada pelos três átomos de hidrogênio. A distância H-N é  $10,1 \times 10^{-11}$  m e a razão entre as massas atômicas  $\frac{N}{H}$  é 13,9. Localize o centro de massa da molécula.

12) Em  $t=0$ s, três partículas de massas  $m_1=3$ kg em  $\mathbf{r}_1=-4\mathbf{i}-4\mathbf{j}$  (m),  $m_2=0,5$ kg em  $\mathbf{r}_2=4\mathbf{i}-4\mathbf{j}$  (m) e  $m_3=1$ kg em  $\mathbf{r}_3=4\mathbf{i}+5\mathbf{j}$  (m) estão se movendo com velocidades  $\mathbf{v}_1=2\mathbf{i}$ (m/s),  $\mathbf{v}_2=3\mathbf{j}$  (m/s) e  $\mathbf{v}_3=-2\mathbf{i}-2\mathbf{j}$  (m/s), respectivamente. Elas estão sujeitas somente a forças internas. Após 2s, elas são novamente observadas e vê-se que  $m_1$  está se movendo com velocidade  $\mathbf{v}_1=-1\mathbf{i}$  (m/s) e  $m_2$  encontra-se parada.

(a) Determine o centro de massa do sistema no instante inicial.  
 (b) Determine o vetor velocidade de  $m_3$  em  $t=2$ s.  
 (c) Determine a velocidade do centro de massa em  $t=0$  e  $t=2$ s.

13- Um remador (75 Kg) sentado na popa de uma canoa de 150 Kg e 3 m de comprimento, conseguiu colocá-la numa posição em que está parada perpendicularmente à margem de um lago, 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 80 cm da proa. Conseguirá agarrar a estaca? Caso contrário, quanto falta? (considere o CM da canoa como localizado em seu ponto médio e despreze a resistência da água).

14- Um pescador de 80 kg pula para fora de uma canoa de 100 kg que está flutuando em repouso. Se a velocidade do pulo para a direita for de 3 m/s, qual a velocidade da canoa imediatamente depois do salto?

15- Um corpo de massa  $m_1 = 2$  kg escorrega por uma mesa sem atrito com a velocidade de 10 m/s. Diretamente à frente do corpo, deslocando-se com a velocidade de 3 m/s, na mesma direção, está outro corpo de massa  $m_2 = 5$  kg. Uma mola, de massa desprezível, com constante de força  $k = 1120$  N/m, está presa ao segundo corpo, conforme mostra a figura abaixo. a) Antes do contato do primeiro corpo com a mola, qual a velocidade do centro de massa do sistema? b) Depois da colisão, a mola é comprimida de  $\Delta x$ . Qual o valor desta compressão  $\Delta x$ ? c) Os dois corpos terminam por se separarem. Quais as velocidades dos dois corpos medidas no referencial da mesa?



16- Duas partículas de massas  $m_1$  e  $m_2$  estão ligadas por uma mola e colocadas sobre uma superfície horizontal. Inicialmente, o sistema é mantido em repouso, com a mola comprimida. Analise o que acontece quando soltamos as partículas: a) desprezando o atrito com a superfície horizontal e b) supondo o coeficiente de atrito  $\mu$  com a superfície horizontal.

17- Uma pessoa está no centro de um rink de patinação no gelo que não oferece atrito. Como a pessoa pode chegar às margens do rink?

18 – a) Qual a velocidade do CM de um sistema composto de 2 partículas (sendo  $m_1= 4$ kg e  $m_2=6$ kg), que se move com velocidades de  $\mathbf{v}_1= 10$ m/s e  $\mathbf{v}_2= 5$ m/s. b) calcule o momento das partículas em relação ao CM.

19 - 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?

**20-** Uma garota de 55 kg pula para fora de uma canoa de 75 kg que está flutuando em repouso. Se a velocidade do pulo para a direita for de 2,5 m/s, qual a velocidade da canoa imediatamente depois do pulo?

**Respostas**

- 1-  $\mathbf{R}_{CM} = 2.0 \mathbf{i} + 1.4 \mathbf{j}$  (m)  
2-  $\mathbf{R}_{CM} = (1.50, 1.36)$  (m)  
3- b)  $X_{CM} = 1.125$  cm e  $Y_{CM} = -0.75$  cm  
4-  $\mathbf{R}_{CM} = 0.66 \mathbf{i}$  (nm)  
5-  $X_{CM} = Y_{CM} = 0$   
6- a)  $\mathbf{R}_{CM} = (L/6, 0)$   
b)  $X_{CM} = 1.17$  m  
7- a)  $\frac{\sqrt{3}}{6}$   
8- a)  $(0, \frac{3}{8} R, 0)$   
b)  $(0, \frac{2}{\pi} R)$   
9 -  $\frac{1}{3} R$   
10- CM está ao longo da haste a uma distância  $L/3$  medida a partir da maior partícula  
a)  $X_{CM} = \frac{L}{3\sqrt{2}}$  e  $Y_{CM} = \frac{L}{3\sqrt{2}}$   
11-  $\mathbf{R}_{CM} = (0, 3.13 \times 10^{-11})$  (m)  
12- a)  $\mathbf{R}_{CM} = -1.33 \mathbf{i} - 2.0 \mathbf{j}$  (m)  
b)  $\mathbf{v}_3 = 7\mathbf{i} - 0.5\mathbf{j}$   
c)  $\mathbf{V}_{CM} = 0.889 \mathbf{i} - 0.111 \mathbf{j}$  (m/s)  
13- Não conseguirá, pois faltarão 20 cm.  
14- 2.4 m/s para a esquerda  
15- a) 5m/s  
b) 25 cm  
c)  $v_1 = 0$ m/s e  $v_2 = 7$  m/s  
18 – a) 7m/s  
b)  $p_1 = 12$ kgm/s e  $p_2 = -12$ kgm/s  
19 – a) 1.875 m/s  
b) 0.375 m/s  
c) 1.125 para a esquerda  
20- 1.83m/s para a esquerda