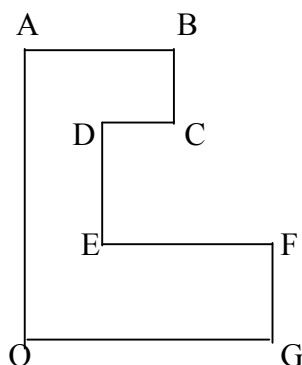


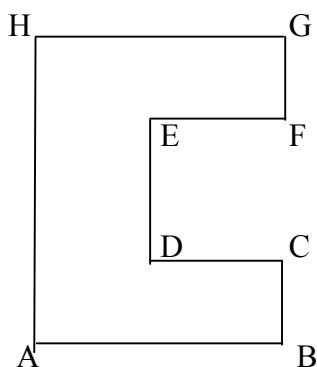
Capítulo 6 – Sistemas de Partículas

1 - Um quadrilátero ABCD tem as massas de 1, 2, 3 e 4 unidades, localizadas nos seus vértices A(-1, -2, 2), B(3, 2, -1), C(1, -2, 4) e D(3, 1, 2), respectivamente. Determine as coordenadas do centro de massa.

2 - Determine as coordenadas do centro de massa do corpo homogêneo representado na figura, onde: AB = 3 cm, BC = 2 cm, CD = 1.5 cm, DE = 6 cm, EF = 4 cm, FG = 2 cm.



3 - Pretende-se suspender, por um fio, uma placa com a forma indicada na figura, de modo que fique horizontal. Determine o centro de massa e um ponto por onde se pode suspender o fio, justificando a sua resposta.



$$AB = GH = 10 \text{ cm}$$

$$BC = CD = EF = FG = 4 \text{ cm}$$

$$AH = 16 \text{ cm}$$

4 - Uma lâmina rectangular homogênea de lados a e $b = 4a$ tem um orifício circular cujo diâmetro é igual a $a/2$. O seu centro está sobre a linha média paralela aos lados b , a meia distância entre o centro da lâmina e um dos lados de comprimento a . Determine o centro de massa.

5 - Uma placa metálica tem a forma de um rectângulo de 20 cm de comprimento e de largura a . Qual é o deslocamento do centro de massa se a 2 cm do lado mais curto se dobrar a lâmina sobre si mesma, de tal modo que fique assente sobre a outra parte?

6 - Uma partícula, cuja massa é 0,2 kg, move-se ao longo o eixo dos x com uma velocidade de 0,4 m/s quando colide com outra partícula de massa 0,3 kg que está em repouso. Depois da colisão, a primeira partícula move-se com uma velocidade de 0,2 m/s na direcção que faz um ângulo de 40° com o eixo dos x . Calcule:

- a) A intensidade e a direcção da velocidade da segunda partícula depois da colisão.
- b) As variações da velocidade e da quantidade de movimento de cada partícula.

7 - a) Calcule a quantidade de movimento adquirida por massas de 1 g, 1 kg e 10^6 kg, quando cada uma cai de uma altura de 100 m.

b) Uma vez que a quantidade de movimento adquirida pela Terra é igual em módulo e de sentido oposto, determine a velocidade (no sentido de baixo para cima) da Terra. A massa da Terra é de $5,98 \times 10^{24}$ kg.

8 - Dois carros, A e B, são empurrados um contra o outro. Inicialmente B está em repouso, enquanto A se move para a direita a 0,5 m/s. Depois da colisão, A volta para trás à velocidade de 0,1 m/s enquanto B se move para a direita com uma velocidade de 0,3 m/s. Numa segunda experiência, A é sobrecarregado com uma massa de 1 kg e empurrado de encontro a B com a velocidade de 0,5 m/s. Depois da colisão, A fica em repouso enquanto B se move para a direita à velocidade de 0,5 m/s. Determine a massa de cada carro.

9 - Dois objectos, A e B, que se movem sem fricção numa linha horizontal, colidem. A quantidade de movimento de A no instante t é $P_A = P_0 - bt$, sendo t contado a partir da colisão, e em que P_0 e b são constantes. Determine a quantidade de movimento de B em função do tempo se:

- a) B estiver inicialmente em repouso.
- b) A quantidade de movimento inicial de B for $-P_0$.

10 - Uma arma cuja massa é 0,8 kg dispara uma bala de massa 0,016 kg com uma velocidade de 700 m/s. Calcule a velocidade de recuo da arma.

11 - Um corpo de massa 1,5 kg move-se ao longo duma linha à velocidade de 0,2 m/s, até que bate numa esfera fixa no final da linha. Qual é a variação de momento linear e a força média exercida no corpo se ao fim de 0,1 s

- a) ele fica em repouso.
- b) muda de direcção com uma velocidade de 0,1 m/s. Discuta a conservação do momento linear na colisão.

12 - Um pêndulo balístico é constituído por um corpo suspenso dum fio. Um projectil de massa $m_1 = 30$ g penetra no corpo e fica nele encravado. O centro de massa do corpo eleva-se até uma altura $h = 30$ cm. A massa do corpo é $m_2 = 3,0$ kg.

- a) Deduza uma expressão para a velocidade do projectil em função destes dados.
- b) Calcule o valor numérico da velocidade do projectil quando este atinge o corpo.

13 - Um corpo de massa igual a 5,0 kg colide elasticamente com outro que se encontra inicialmente em repouso e continua a sua trajectória no mesmo sentido. Porém, o módulo da velocidade reduz-se a um quinto do módulo inicial. Calcule a massa do corpo atingido.

14 - Uma bola de aço de massa 0,5 kg é amarrada a uma corda de 70 cm de comprimento e é largada quando a corda está na horizontal. Na parte mais baixa da sua trajetória a bola atinge um bloco de aço de massa igual a 2,5 kg, inicialmente em repouso sobre uma superfície sem atrito. A colisão é elástica. Determine:

- a) A velocidade da bola antes e depois da colisão.
- b) A velocidade do bloco logo após a colisão.

15 - Duas partículas, uma com o dobro da massa da outra e tendo uma mola comprimida entre elas, são mantidas juntas. A energia armazenada na mola é de 60 J. Que energia cinética tem cada partícula após elas terem sido soltas?

16 - Um corpo de massa m_1 colide frontalmente com outro de massa m_2 , inicialmente em repouso, numa colisão perfeitamente inelástica.

- a) Qual é a energia cinética do sistema antes da colisão?
- b) Qual é a energia cinética do sistema após a colisão?
- c) Que fracção da energia cinética original foi convertida em calor?
- d) Seja v_{cm} a velocidade do centro de massa. Estude a colisão num referencial que se move com o centro de massa, tal que $v'_1 = v_1 - v_{cm}$ e $v'_2 = v_2 - v_{cm}$. Repita as alíneas a), b) e c) para um observador situado neste referencial.

17 - Duas bolas, A e B, tendo massas diferentes e desconhecidas, colidem. A está inicialmente em repouso, quando B tem uma velocidade v . Após a colisão, B passa a ter uma velocidade $v/2$ e desloca-se fazendo um ângulo recto com a direcção do seu movimento inicial.

- a) Ache a direcção em que a bola A se desloca após a colisão.
- b) Pode determinar-se a velocidade de A a partir do enunciado? Porquê?

18 - Um bloco de massa 100 g, movendo-se com uma velocidade de 20 cm/s, tem uma colisão perfeitamente elástica com um corpo de massa m , em repouso. Depois da colisão, o bloco move-se com uma velocidade de 5 cm/s na direcção inicial. Calcule m e a sua velocidade depois da colisão.

19 - Uma partícula α colide com um núcleo de oxigénio, inicialmente em repouso. A partícula α é desviada dum ângulo de 64° , em relação à direcção inicial do movimento, e o núcleo de oxigénio recua segundo uma direcção que faz um ângulo de 51° com a direcção inicial mencionada. Qual a relação das velocidades das duas partículas? A massa do núcleo de oxigénio é quatro vezes maior do que a massa da partícula α .

20 - Um núcleo radioactivo, em repouso, desintegra-se em três partículas. Duas delas têm massas e velocidades respectivamente $m_1 = 17 \times 10^{-27}$ kg, $v_1 = 6,0 \times 10^6$ m/s, e $m_2 = 8,0 \times 10^{-27}$ kg e $v_2 = 8,0 \times 10^6$ m/s. As velocidades fazem um ângulo de 90° entre si.

- a) Calcule o momento linear da terceira partícula, sabendo que ela tem uma massa de 12×10^{-27} kg.
- b) Qual é o valor da variação de energia cinética nesta reacção?

21 - Suponha que um próton movendo-se com uma velocidade de 2500 m/s segundo o eixo dos y , absorve um neutrão que se move com uma velocidade de 2500 m/s segundo o eixo dos x , formando assim um deutério. Calcule a velocidade final do deutério. (Massa do neutrão = 1,00898 u.m.a., massa do próton = 1,00759 u.m.a. e massa do deutério = 2,01410 u.m.a.).

22 - Um neutrão (massa = 1 u.m.a.) que se move com uma velocidade igual a 10^4 m/s; é deflectido segundo um ângulo de 90° , depois de colidir elasticamente com um átomo de carbono (massa = 12 u.m.a.).

- a) Calcule o ângulo de recuo do átomo de carbono.
- b) Calcule a velocidade e a energia cinética do neutrão e do átomo de carbono depois da colisão.

23 - Uma bala de 20 g, movendo-se com velocidade v , fica encravada num bloco de massa 980 g. O bloco está ligado a uma mola que sofre uma compressão de 10 cm. Sabendo que a constante da mola é 1000 N/m, calcule:

- a) A velocidade final do conjunto bloco/bala.
- b) A velocidade inicial da bala.
- c) A energia cinética perdida na colisão.

24 - Um corpo de massa m colide com um bloco inicialmente em repouso, de massa M . Supondo que a colisão se efectua a uma dimensão e que depois do choque as velocidades dos dois corpos são iguais em módulo mas de sentidos opostos, calcule a relação entre as duas massas.

25 - Um camião de 7,5 toneladas que viaja com uma velocidade de 65 km/h na direcção este-oeste, choca com um automóvel de 1100 kg que se movia de norte para sul à velocidade de 93 km/h. Devido à violência do choque, os dois veículos ficam enfaixados um no outro.

- a) Com que velocidade e em que direcção se movem os dois veículos após o choque?
- b) Qual é o valor da energia dissipada na colisão?

26 - Uma granada que se move horizontalmente com velocidade igual a 8 km/s relativamente à Terra, explode fragmentando-se em três fragmentos iguais. Um deles continua a mover-se horizontalmente com velocidade igual a 16 km/s, outro move-se para cima segundo um ângulo de 45° e o terceiro move-se segundo um ângulo de 45° para baixo da horizontal. Calcule as velocidades do segundo e terceiro fragmentos.

27 - Um foguete desloca-se no espaço sideral com a velocidade de 3×10^3 m/s. Num certo instante, os seus motores são ligados e os gases da combustão são expelidos com uma velocidade de 5×10^3 m/s em relação ao foguete.

- a) Qual a velocidade do foguete quando a sua massa se reduzir a metade.
- b) Qual a reacção sobre o foguete se a taxa de combustão for 50 kg/s.

28 - Num foguete o combustível tem a densidade de $1,4 \times 10^3$ kg/m³ e é expelido à velocidade de 3×10^3 m/s. Se a reacção é de $2,5 \times 10^3$ N, qual o volume de combustível que tem que ser queimado por segundo.

29 - Um foguete sofre uma reacção de 24 milhões de newton quando os gases são expelidos à velocidade de 3 km/s.

- a) Qual a quantidade de massa que está sendo libertada pela descarga do foguete em cada segundo.
- b) Sendo o combustível 90% da massa inicial do foguete, qual a velocidade máxima que ele pode atingir se partir do repouso, numa região livre de forças externas.

30 - Considere o pêndulo cônico (prob 9, cap 3). Usando a expressão obtida em d) demonstre que o momento angular da massa é:

$$L = ml^2 \sin^2 \theta \sqrt{\frac{g}{l \cos \theta}}.$$

Soluções

- 1 - $\vec{r}_{cm} = 2\vec{i} + 2\vec{k}$.
- 2 - $\vec{r}_{cm} = 1,77\vec{i} + 4,23\vec{j}$ (cm).
- 3 - $\vec{r}_{cm} = 4,25\vec{i} + 8,00\vec{j}$ (cm) (origem do referencial - ponto A). Qualquer ponto da recta paralela a \vec{g} e que passe pelo centro de massa.
- 4 - $\vec{r}_{cm} = 2,05\vec{i} + a/2\vec{j}$. Origem do referencial no vértice do rectângulo do lado do orifício circular.
- 5 - $\vec{r}_{cm}^{ini.} = 10\vec{i} + a/2\vec{j}$ (cm), $\vec{r}_{cm}^{fin.} = 9,8\vec{i} + a/2\vec{j}$ (cm), $\Delta x = 0,2$ cm.
- 6 - a) $v_2 = 0,19$ m/s, ângulo de $27,5^\circ$ com o eixo dos x ; b) $\Delta \vec{v}_1 = -0,25\vec{i} + 0,3\vec{j}$ (m/s); $\Delta \vec{v}_2 = 0,17\vec{i} - 0,09\vec{j}$ (m/s); $\Delta \vec{p}_1 = -0,05\vec{i} + 0,026\vec{j}$ (kg m/s); $\Delta \vec{p}_2 = -\Delta \vec{p}_1$.
- 7 - a) $p_1 = 44,1 \times 10^{-3}$ kg m/s; $p_2 = 44,1$ kg m/s; $p_3 = 44,1 \times 10^6$ kg m/s; b) $v_{T1} = 7,37 \times 10^{-27}$ m/s; $v_{T2} = 7,37 \times 10^{-24}$ m/s; $v_{T3} = 7,37 \times 10^{-18}$ m/s.
- 8 - $m_A = 1$ kg; $m_B = 2$ kg.
- 9 - a) $P_B = bt$; b) $P_B = -P_o + bt$.
- 10 - $v_I = -14$ m/s.
- 11 - a) $\Delta p = -0,3$ kg m/s, $F = -3,0$ N; b) $\Delta p = -0,45$ kgm/s, $F = -4,5$ N.
- 12 - a) $v = \frac{m_1 + m_2}{m_1} \sqrt{2gh}$ (m/s); b) $v = 245$ m/s.
- 13 - $m = 3,33$ kg.
- 14 - a) $v_i = 3,7$ m/s, $v_f = -2,5$ m/s; b) $v_b = 1,24$ m/s.
- 15 - 20 J para a partícula de maior massa e 40 J para a outra.
- 16 - a) $m_1 v_{1i}^2/2$; b) $m_1^2 v_{1i}^2 / [2(m_1 + m_2)]$; c) $m_2/(m_1 + m_2)$; d) $m_1 m_2 v_{1i}^2 / 2(m_1 + m_2)$; zero; 1.
- 17 - $63,4^\circ$ SE; Não.
- 18 - $m = 60$ g; $v = 0,25$ m/s.
- 19 - $v_a/v_o = 3,46$.
- 20 - a) $\vec{p}_3 = -1,0\vec{i} - 0,64\vec{j}$ ($\times 10^{-19}$ kg m/s); b) $\Delta E_c = 1,1 \times 10^{-12}$ kg m/s.
- 21 - $v_f = 1771$ m/s, direcção 45° NE.
- 22 - a) $42,6^\circ$; b) $9,20 \times 10^3$ m/s; $1,13 \times 10^3$ m/s; $7,02 \times 10^{-20}$ J; $1,27 \times 10^{-20}$ J.
- 23 - a) $3,16$ m/s; b) 158 m/s; c) 245 J.
- 24 - $M/m = 1 + v'/v$; $M/m = 3$ se a colisão for elástica.
- 25 - a) 58 km/h, 12° SW; b) $1,1 \times 10^6$ J.
- 26 - $v_2 = v_3 = 5,66$ km/s.
- 27 - a) $6,47 \times 10^3$ m/s; b) $2,5 \times 10^5$ N.
- 28 - $0,595$ litros/s.
- 29 - a) 8×10^3 kg/s; b) $6,91 \times 10^3$ m/s.