

**Folha 4 – Sistemas de partículas (dinâmica e estática)****Dinâmica de sistemas de partículas**

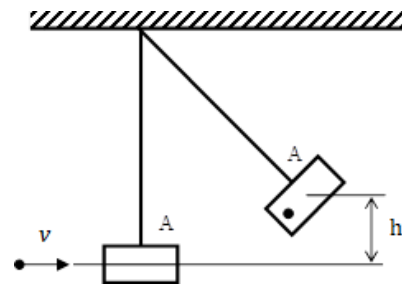
1. Qual a força resultante média exercida sobre uma bola com 100 g de massa, se ela bater no chão com velocidade de 2 m/s, se o choque durar 0,02 segundos e se depois do choque a bola subir à mesma altura de que foi largada? E qual a força média exercida pelo solo sobre a bola durante a colisão?
2. Um corpo com 1 kg de massa cai de uma altura de 3 m sobre um monte de areia. Se o corpo penetrar 3 cm na areia antes de parar, qual a força resultante média exercida sobre o corpo enquanto ele penetra na areia? E qual a força média exercida pela areia sobre o corpo? Quanto tempo dura o movimento do corpo? No cálculo da força média exercida pela areia sobre o corpo será razoável desprezar o peso do corpo?
3. Uma lula com massa de 400 g possui uma bolsa com 100 g de tinta. Quando pretende fugir, a lula expulsa rapidamente essa tinta, que sai a uma velocidade de 5 m/s no sentido contrário ao do seu movimento.
  - (a) A que velocidade foge a lula?
  - (b) Se a lula já se deslocasse à velocidade de 2 m/s relativamente ao fundo do mar quando expulsa a tinta, qual seria a sua velocidade de fuga? Considere que a lula mantém a direção e sentido originais.
4. O lúcio move-se através de acelerações rápidas e curtas. Suponhamos que um lúcio com 1 kg de massa se desloca ao fazer com que a sua barbatana traseira mova 3 litros de água em 0,5 s, com uma velocidade de 5 m/s. O movimento da barbatana dá-se no plano  $XY$  horizontal, formando um ângulo de  $60^\circ$  com a direção do movimento (ver figura). Despreze a componente do movimento da barbatana segundo a direção  $x$ .
  - (a) Se o lúcio partir do repouso, qual a sua velocidade depois de dar à barbatana?
  - (b) Que energia terá consumido para o fazer?
  - (c) Que potência desenvolveu?
5. Dois patinadores com 50 e 70 kg de massa estão no gelo e empurram-se mutuamente com forças de 10 N durante 0,8 s. Considerando que ambos estavam inicialmente em repouso, quais as velocidades de cada um dos patinadores depois do empurrão?
6. Uma bola com massa de 250 g e uma velocidade de 10 m/s é pontapeada por um jogador. Após o pontapé, a bola segue com a mesma direção, mas em sentido contrário, com uma velocidade de 15 m/s. Sabendo que a duração do pontapé foi de 0,01 s, determine a força média exercida pelo jogador sobre a bola.



7. Uma bola de 0,1 kg cai de uma altura de 2 m. Depois de bater no solo, volta a subir a uma altura de 1,8 m. Determine o impulso da força da gravidade durante o tempo de queda e o impulso que a bola recebeu do solo.
8. Um projétil é lançado verticalmente, de baixo para cima, com uma velocidade de módulo  $v$ , explodindo a meia distância da altura máxima que devia atingir. Os dois fragmentos, com massas  $m_1$  e  $m_2$ , caem, no mesmo instante, a distâncias  $d_1$  e  $d_2$  do ponto de lançamento, medidas na horizontal. Calcule a relação  $m_1/m_2$ .
9. Uma partícula de massa  $m_1$  e velocidade  $v_1$  colide com uma outra partícula de massa  $m_2$  que estava em repouso. O choque é perfeitamente elástico e, depois do choque, as partículas têm velocidades com o mesmo módulo e sentidos opostos.
- (a) Obtenha a relação  $m_1/m_2$ .
- (b) Determine as velocidades do centro de massa antes e depois da colisão e verifique que são iguais.
10. Uma partícula de massa  $m$ , que se move com velocidade  $\vec{v}$ , choca com uma partícula em repouso de massa  $2m$ . A partícula de massa  $m$  é desviada de  $60^\circ$ , ficando com uma velocidade final de módulo  $v/2$ .
- (a) Calcule a velocidade da partícula de massa  $2m$  depois da colisão.
- (b) Verifique se a colisão é elástica.

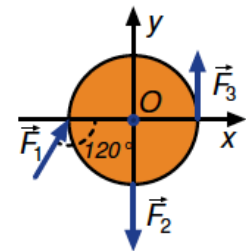
11. O dispositivo da figura, conhecido como pêndulo balístico, é utilizado para determinar a velocidade duma bala. A bala é disparada na direção de um bloco que pende na vertical, medindo-se a altura  $h$  atingida pelo bloco A depois da bala se ter alojado nele. Sendo  $m$  a massa da bala e  $M$  a massa do bloco, verifique que a velocidade da bala é dada por:

$$v = \sqrt{2gh} (1 + M/m)$$

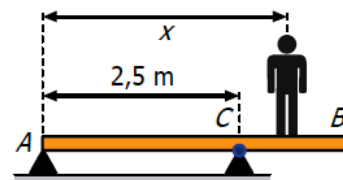


### Equilíbrio estático de um corpo rígido

12. Considere o disco da figura, que tem um raio de 4 cm, sobre o qual atuam as três forças representadas, todas no plano do disco e com intensidade de 20 N. Determine o momento resultante deste sistema de forças relativamente ao centro do disco.

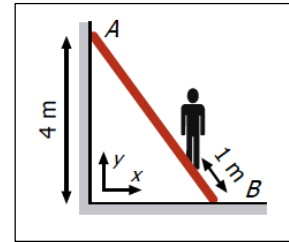


13. A barra uniforme representada na figura tem massa  $M = 100$  kg e comprimento  $L = 4$  m, está apoiada no ponto A e pode girar livremente em torno do ponto fixo C. Um homem com massa  $m = 75$  kg parte do ponto A e caminha sobre a barra.



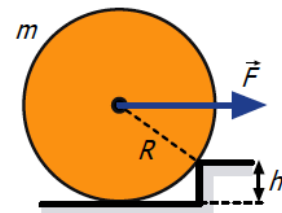
- (a) Determine a distância máxima que ele se pode afastar do ponto A, mantendo o equilíbrio da barra.  
 (b) Represente graficamente a reação no ponto A em função da distância do homem a este ponto ( $x$ ).

14. Uma escada com 5 m de comprimento e 10 kg de massa está encostada a uma parede vertical, sem atrito, ficando o ponto de apoio a 4 m de altura relativamente ao solo. Quando um homem com 60 kg de massa sobe 1 m ao longo da escada, verifica-se que a escada não escorrega. Determine:

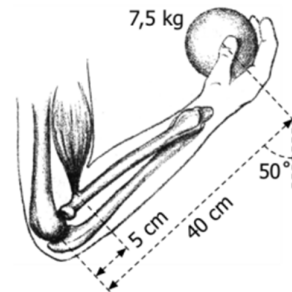


- (a) as forças exercidas na escada pela parede e pelo solo;  
 (b) o valor mínimo do coeficiente de atrito estático entre a escada e o solo.

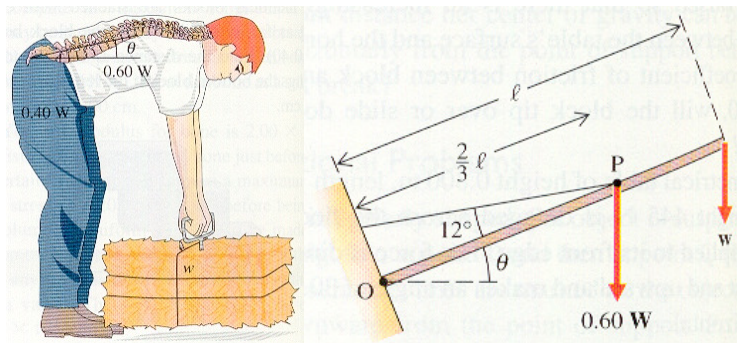
15. Considere o cilindro representado na figura, com massa de  $m = 50$  kg e raio  $R = 30$  cm. Sendo a altura do degrau  $h = 10$  cm, determine a intensidade máxima da força horizontal que pode ser aplicada no centro do cilindro, no sentido indicado, sem que ele suba o degrau.



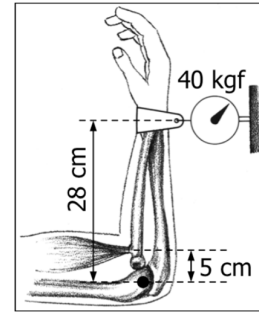
16. Um homem suporta uma massa de 7,5 kg na mão, como representa a figura. Considere que o antebraço e a mão têm uma massa conjunta de 3 kg e que o seu centro de massa se encontra a 20 cm do cotovelo. O músculo bíceps faz um ângulo de  $5^\circ$  com a vertical e dista 5 cm do cotovelo. Determine a intensidade da força exercida pelo músculo bíceps no antebraço, bem como a intensidade e a direção da força exercida pela articulação do cotovelo no antebraço.



17. Quando uma pessoa se inclina de um ângulo  $\theta$  para levantar um peso  $w$  são estabelecidas forças consideráveis na base da coluna vertebral (ponto O da figura). As costas são suportadas por um sistema de músculos e ligamentos cujo efeito é equivalente ao de uma corda que faz  $12^\circ$  com a coluna vertebral, ligada a esta no ponto P. A parte superior do corpo, suportada pela coluna vertebral, pesa tipicamente 60% do peso total da pessoa ( $W$ ) e tem o seu centro de massa no ponto P. Considerando que  $w = 400$  N,  $W = 800$  N e  $\theta = 30^\circ$ , calcule a tensão nos músculos e ligamentos das costas (equivalente à corda) e a grandeza e direção da força exercida na base da coluna vertebral (ponto O).



18. Uma pessoa consegue exercer uma força máxima de 40 kgf sobre o dinamómetro indicado na figura. A braçadeira do aparelho está colocada no pulso, a 28 cm da articulação do cotovelo, e o ponto de ligação do músculo bíceps ao antebraço encontra-se a 5 cm da articulação do cotovelo. Determine a intensidade da força máxima exercida pelo músculo e da correspondente reação exercida pela articulação do cotovelo no antebraço.



### Soluções

1.  $F_{res,media} = m|\Delta v|/\Delta t = 20 \text{ N}$ ;  $F_{N,media} = F_{res,media} + mg \approx 21 \text{ N}$
2.  $F_{res,media} = 980 \text{ N}$ ;  $F_{areia,media} \approx 990 \text{ N}$ ;  $\Delta t \approx 0,7825 + 0,0078 \approx 0,79 \text{ s}$ ; sim, o peso do corpo é apenas 1% da força média exercida sobre o corpo
3. (a) 1,25 m/s; (b) 3,75 m/s
4. (a) 7,5 m/s; (b) 65,6 J; (c) 131,2 W
5. 0,11 m/s e 0,16 m/s, com a mesma direção e sentidos contrários
6.  $F_m = 625 \text{ N}$
7.  $\vec{I}_p = -0,63 \hat{j} \text{ (kg m/s)}$ ;  $\vec{I}_s = +1,22 \hat{j} \text{ (kg m/s)}$
8.  $m_1/m_2 = d_2/d_1$
9. (a)  $m_1/m_2 = 1/3$ ; (b)  $\vec{v}_{CM} = \frac{1}{4} \vec{v}_1$
10. (a) admitindo que  $\vec{v} = v\hat{i}$ , então  $\vec{v}_{2m} = \frac{1}{8}v(3\hat{i} + \sqrt{3}\hat{j})$ ; (b) a colisão é inelástica
11. usamos a conservação da energia mecânica para obter a velocidade inicial do sistema bloco/bala,  $v' = \sqrt{2gh}$ , e usamos a conservação do momento linear na colisão perfeitamente inelástica para obter a velocidade da bala,  $mv = (M + m)v'$
12.  $\vec{M}_O = rF(1 - \sin 60^\circ) = 0,107 \hat{k} \text{ (Nm)}$
13. (a)  $x_{max} = 3,17 \text{ m}$ ; (b)  $N_A = 931 - 294x$  para  $0 \leq x \leq 3,17 \text{ m}$
14. (a)  $\vec{N}_A = 125 \hat{i} \text{ (N)}$ ;  $\vec{N}_B = 686 \hat{j} \text{ (N)}$ ;  $\vec{F}_a = -125 \hat{i} \text{ (N)}$ ; (b)  $\mu_e \geq 0,18$
15.  $F_{max} = 548 \text{ N}$
16.  $F_{bic} = 660 \text{ N}$ ;  $F_{cot} = 557 \text{ N}$  fazendo um ângulo de  $124^\circ$  com a direção do antebraço, para baixo
17.  $T = 4498 \text{ N}$ ;  $F_O = 4844 \text{ N}$  fazendo um ângulo de  $2,05^\circ$  com a coluna
18.  $F_b = 224 \text{ kgf}$ ,  $R = 184 \text{ kgf}$