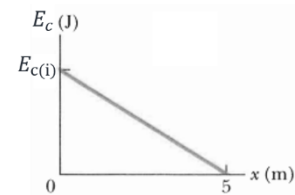




1. Num microscópio eletrónico há um canhão de eletrões com duas placas metálicas carregadas eletricamente e que estão separadas por 2.80 cm. O campo elétrico criado por estas duas placas acelera os eletrões desde o repouso até 9.60% da velocidade da luz.
- Determine a energia cinética do eletrão quando abandona a zona das placas.
 - Determine a magnitude da força elétrica que atua em cada eletrão, admitindo que ela permanece constante entre as placas. (R: 3.8×10^{-16} J; 1.3×10^{-14} N)

2. Um trenó com o seu ocupante ($m=85$ Kg) desliza ao longo de uma rampa atingindo a base com uma velocidade de valor igual a 37 ms^{-1} , continuando a deslizar ao longo de uma superfície horizontal desacelerando a uma taxa constante de 2.0 m s^{-2} . Determine:
- a intensidade da força que provoca a desaceleração. (170 N)
 - a distância percorrida na superfície horizontal até pararem. (~ 340 m)
 - o trabalho realizado pela força aplicada ao sistema que provoca a desaceleração. (-5.8×10^4 J)

3. Um objeto de massa ($m=8$ kg) move-se no sentido positivo do eixo x . A partir da posição $x = 0$, a resultante das forças aplicadas tem a mesma direção do movimento e é constante. No gráfico ilustra-se a variação da energia cinética do corpo em função da posição. Sabendo que $E_{c(i)} = 30.0$ J, caracterize:
- a aceleração a que o objeto fica sujeito ($\vec{a} = -0.75\hat{i} \text{ (ms}^{-2}\text{)}$)
 - a velocidade do objeto quando volta a passar pela posição $x = -3.0$ m. ($\vec{v} = -3.5\hat{i} \text{ (ms}^{-1}\text{)}$)



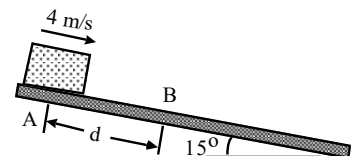
4. Considere uma força $\vec{F} = (4x\hat{i} + 3y\hat{j})$ (N) que atua numa partícula que se move na direção x entre as posições $x = 0$ e $x = 5.00$ m. Calcule o trabalho realizado por esta força neste deslocamento. (R: 50 J)

5. A velocidade inicial de uma partícula com massa 2 kg é dada por $\vec{v}_0 = (4\hat{i} - 3\hat{j}) \text{ m/s}$. Após 3 s, a velocidade é $\vec{v}_3 = (1\hat{i} + 3\hat{j}) \text{ m/s}$.

- Calcular a aceleração sofrida pela partícula (R: $(-\hat{i} + 2\hat{j}) \text{ m/s}^2$).
- Calcular a força aplicada (R: $(-2\hat{i} + 4\hat{j}) \text{ N}$).
- Calcular o trabalho realizado pela força nesse intervalo de tempo (R: -15 J).

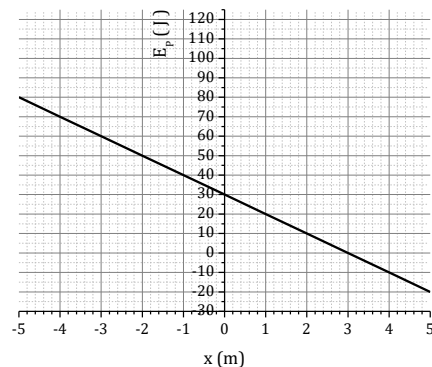
6. Uma caixa de 5 kg é arremessada para baixo num plano inclinado com velocidade inicial de 4 m/s. Sabendo que o coeficiente de atrito cinético entre a caixa e o plano é de 0.35, determine por dois métodos diferentes:

- o valor da velocidade da caixa após ter percorrido 3 m. (R: 3.4 m/s)
- a distância percorrida pela caixa até atingir o repouso. (R: 10.3 m)



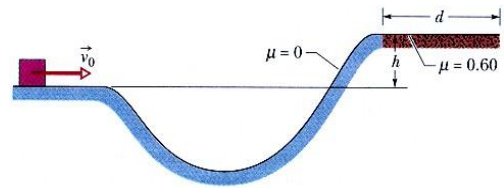


7. Uma pedra de 40 N de peso é largada de uma altura h e atinge o solo com a velocidade de 22.5 m/s. Considere que o efeito da resistência do ar é desprezável.
- Calcule a energia cinética da pedra quando atinge o solo e a altura h da qual foi largada. (R: 1033.2 J, 25.8 m)
 - Calcule o trabalho realizado pelo peso da pedra neste percurso.
 - Resolva a alínea anterior supondo que a mesma pedra foi solta na Lua (a aceleração da gravidade na Lua é de 1.593 m/s²). Compare o trabalho realizado pela força gravítica da Lua com o da alínea anterior (R: 1033.2 J, 158.9 m)
8. Um montanhista de 65 kg escala uma parede vertical de 200 m em 10 min.
- Calcule o trabalho realizado pela força gravítica sobre o montanhista.
 - Se o montanhista consumir oxigénio a uma taxa de 2 L/min, correspondentes a uma conversão em energia interna de 4×10^4 J/min, qual a fração de energia que o montanhista usou para subir a parede. (R: a) $W = -127$ kJ; b) 31.8%)
9. Uma pulga tem uma massa de 0.2 g e demora 1 ms desde o repouso até atingir uma velocidade de valor igual a 1.2 m/s, no momento em que inicia o salto. Durante o intervalo de tempo referido, as patas traseiras estão sempre em contacto com o solo. Calcule:
- O valor da aceleração média da pulga naquele intervalo de tempo.
 - A intensidade da força média exercida pela pulga.
 - A altura máxima atingida pela pulga. (R: a) $a = 1200$ m/s²; b) $F = 0.24$ N; c) $h = 7.35$ cm)
10. O Monte da Penha, em Guimarães, tem uma altura de 586 m, medida relativamente ao nível médio das águas do mar. Compare a variação de energia potencial gravítica sofrida por si, ao deslocar-se de uma posição junto da água da praia Azul, em Vila do Conde, até ao topo do Monte da Penha e compare essa energia com o conteúdo energético de um refrigerante (cerca de 140 kcal). Dados: 1 cal = 4.184 J (5.74×10^3 m (SI))
11. O gráfico mostra a variação de energia potencial total, em função da posição, de uma partícula com massa $m=1.6$ kg. Considere que a energia mecânica do sistema permanece constante e igual a 100 J
- Represente no gráfico da figura, a variação da energia cinética com a posição.
 - Indique qual o valor velocidade da partícula na posição $x=1$ m. (10 ms⁻¹)



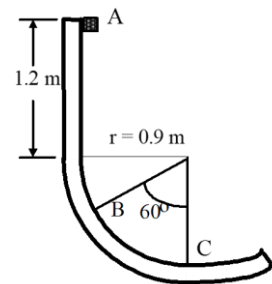


12. Um bloco desliza ao longo de uma pista desnivelada, conforme se ilustra na figura. A pista não tem atrito até ao nível superior, existindo a partir daí atrito, ao longo de uma distância d , com o intuito de reduzir a velocidade do bloco, sendo coeficiente de atrito cinético $\mu = 0.6$. Sabendo que o módulo da velocidade inicial do bloco é $v_0 = 6.0$ m/s e que a altura h é 1.0 m, determine a distância d , ao fim da qual o bloco para. ($d = 1.4$ m)



13. Uma pequena caixa de 2.5 N é libertada do repouso em A e desliza sem atrito ao longo da superfície ilustrada na figura. Determine a força exercida pela superfície sobre a caixa quando ela passa:

- a) pelo ponto B. (R: 10.4 N)
b) pelo ponto C. (R: 14.2 N)



14. Uma massa de 400 g fixa na extremidade de uma mola de constante elástica igual a 4 N/m é colocada a oscilar sobre um plano horizontal, sem atrito. No instante inicial, o corpo é largado a partir do repouso numa posição que dista 20 cm da posição de equilíbrio.

- a) Calcule o valor da velocidade do corpo quando passa na posição $x = 0$ e $x = 10$ cm.
b) Calcule o trabalho realizado pela força elástica quando o corpo se move:

(i) de $x = 0$ até $x = 10$ cm. (ii) de $x = 10$ cm até $x = -10$ cm.

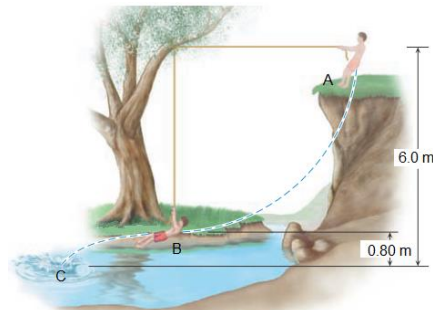
(R: a) 0.632 ms^{-1} ; 0.547 ms^{-1} b) (i) $W = -20 \text{ mJ}$; (ii) $W = 0$);

15. Um rapaz ($m = 30$ kg) serve-se de uma corda atada a um ramo de uma árvore para saltar para a água. Deixa-se cair do ponto A e segue pendurado na corda até ao ponto B, onde larga a corda e entra na água no ponto C.

Desprezando as forças dissipativas, calcule:

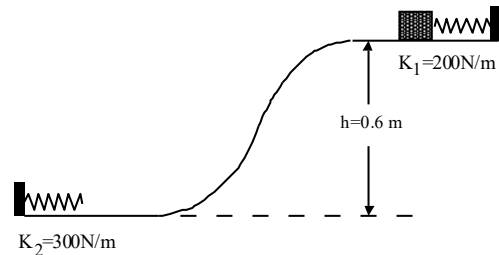
- a) A velocidade do rapaz quando entra na água.
c) O trabalho realizado pela tensão da corda no trajeto e A a B
d) O trabalho realizado pela força gravítica no trajeto de A a B

(R: a) $\vec{v}_c = 10.10\hat{i} - 4.0\hat{j} \text{ (m s}^{-1}\text{)}$; b) $W_T = 0$; c) $W_{F_g} = 1528.8 \text{ J}$);



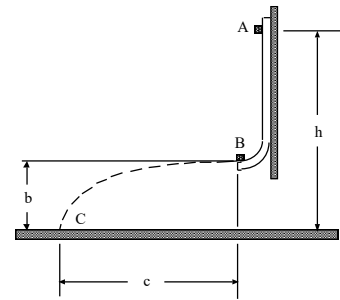


16. A mola 1 é comprimida de 0.2 m e é então largada, empurrando o corpo de massa 1 kg. Considerando desprezável o atrito, determine a deformação máxima que o corpo provoca na mola 2. (R: 0.26 m)

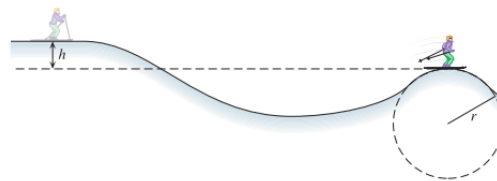


17. Um pequeno bloco é libertado em A com velocidade nula e move-se, como se mostra na figura, sem atrito, em direção ao ponto B onde abandona a guia com velocidade horizontal. Sabendo que $h = 2.40$ m e $b = 0.9$ m, determine:

- a) a velocidade do bloco ao atingir o solo em C
b) a distância horizontal percorrida até embater no solo.
(R: a) $\vec{v} = (5.4\hat{i} - 4.2\hat{j})$ ms⁻¹; b) 2.3m)



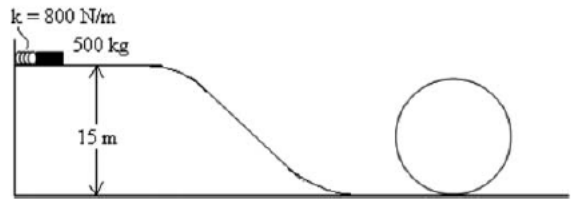
18. Um esquiador inicia o seu movimento no topo de uma montanha, desliza pela encosta e sobe uma segunda montanha (ver figura). A segunda montanha tem um perfil circular de raio $r = 36$ m. Desprezando o atrito e a resistência do ar, determine qual a altura h de onde o esquiador partiu, sabendo que o esquiador se encontra numa situação de perda de contacto iminente com o solo no topo da segunda montanha. (R: 18 m)



19. A energia total consumida por um ciclista para percorrer 10 km, numa estrada plana, a uma velocidade constante de 6 ms⁻¹ é de 3200 kJ. Admita que por cada 25 J de trabalho realizado o organismo “consome” cerca de 100 J. Dos restantes 75 J uma parte serve para manter o corpo em funcionamento, manter a temperatura, etc., e o resto é transferido para o ambiente, na forma de calor.
- a) Calcule a potência útil do ciclista. (480 W)
b) Calcule a força de atrito exercida pelo ar sobre o ciclista. (80 N)
c) Se em vez de ser plana a estrada tiver uma inclinação de 10 %, qual será a energia despendida pelo ciclista? Admita que a massa do homem é 70 kg e a da bicicleta 25 kg. (1727 kJ)
d) Debruçando-se sobre o volante o ciclista consegue reduzir a força do vento para 75 % do valor inicial. Calcule nestas condições a energia gasta pelo ciclista para fazer o percurso inicial, com a mesma velocidade. (600 kJ)



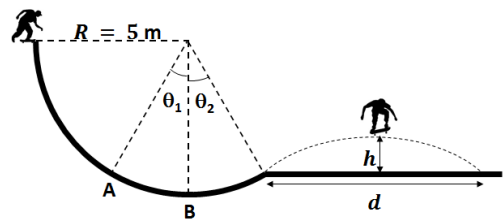
20. Num parque de diversões há uma montagem que consiste num carro de transporte que é colocado em movimento por uma mola, com constante elástica igual a 800 N/m . No seu percurso, sem atrito, há um looping de diâmetro desconhecido. Se numa viagem a massa do carro com os ocupantes for 500 kg e a mola for comprimida 3 m :



- Qual a velocidade do carro quando abandona a mola?
- Qual a velocidade do carro no final da rampa, antes do looping?
- Se a velocidade do carro no topo do looping for 8.55 m/s , qual o seu diâmetro?
- Qual o trabalho realizado pela força gravítica no percurso desde a base até ao topo do looping.
- Suponha agora que na superfície horizontal superior o coeficiente de atrito entre o carro e a superfície é 0.2 . Qual seria agora a velocidade do carro quando abandona a mola?

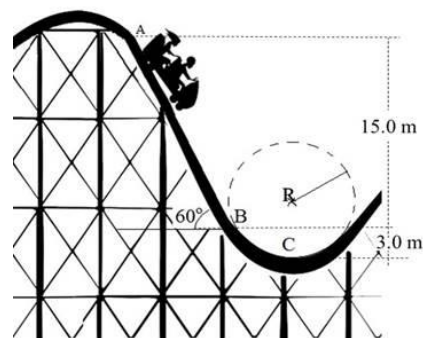
(R: a) $v = 3.8 \text{ m/s}$; b) $v = 17.6 \text{ m/s}$; c) $d = 12 \text{ m}$; d) $W = -58.8 \times 10^3 \text{ J}$; e) $v = 1.6 \text{ m/s}$)

21. Um *skater*, com uma massa de 80 kg parte do repouso para uma pista com raio de curvatura constante ($r = 5 \text{ m}$) – ver figura. Considerar o atrito desprezável. Se $\theta_1 = \theta_2 = 30^\circ$, calcular:



- O vetor aceleração do *skater* quando está nas posições A e B.
- A intensidade da força exercida pela pista sobre o *skater* nos pontos A and B.
- A altura máxima (h) e a distância máxima (d) que o *skater* atinge após abandonar a pista.
- O trabalho realizado pela força de atrito, que atuaria no *skater* quando sai da pista, se a distância máxima atingida fosse $d/2$. (R: a) $\vec{a}_A = (4.9 \hat{u}_t + 16.9 \hat{u}_n) \text{ ms}^{-2}$; $\vec{a}_B = (19.6 \hat{u}_n) \text{ ms}^{-2}$; b) A: $2.1 \times 10^3 \text{ N}$; B: $2.4 \times 10^3 \text{ N}$; c) $h = 1.1 \text{ m}$, $d = 7.5 \text{ m}$; d) -842.5 J)

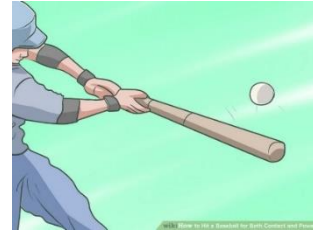
22. A figura mostra um carrinho com os seus ocupantes ($m = 500 \text{ kg}$) que percorre o trajeto de A a C numa montanha russa. O trajeto AB é retilíneo com uma inclinação de 60° ; o trajeto BC corresponde a uma trajetória circular de raio $R = 10 \text{ m}$. No ponto A o valor da velocidade do carrinho é $v_A = 13 \text{ ms}^{-1}$.



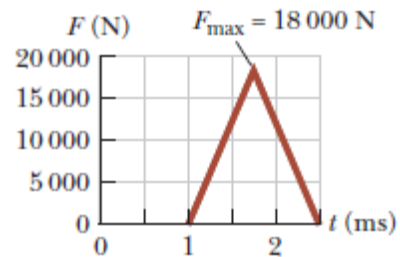
- Calcule a energia dissipada por atrito no trajeto AB, sabendo que no ponto B o valor da velocidade é $v_B = 20 \text{ ms}^{-1}$. ($-15.8 \times 10^3 \text{ J}$)
- Determine a intensidade da força de atrito e o coeficiente de atrito no trajeto AB. (912.2 N ; 0.37)
- O carrinho passa em C com velocidade de valor $v_C = 22 \text{ ms}^{-1}$. Calcule a força normal exercida pelo rail sobre o carrinho. ($29.1 \times 10^3 \text{ N}$)



23. Uma bola de baseball atinge o taco com uma velocidade horizontal de 45 m/s. O batedor acerta na bola de tal modo que após o contacto com o taco, a bola adquire uma velocidade vertical, para cima, de módulo 55 m/s. Se a massa da bola de baseball é 145 g e o contacto com o taco demorou 2 ms, calcule a força média exercida sobre a bola. ($\vec{F} = (-3260\hat{i} + 4000\hat{j})\text{N}$)



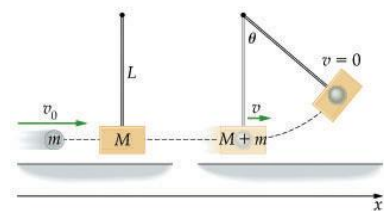
24. O gráfico da figura pode representar a intensidade da força em função do tempo quando um taco atinge uma bola de baseball. A partir do gráfico calcule:
- A magnitude do impulso aplicado à bola. (13.5 N s)
 - A magnitude da força média aplicada na bola. (9.0 kN)



25. Os tenistas profissionais conseguem imprimir às bolas de ténis velocidade de 125 milhas por hora. A observação do desempenho dos tenistas através de imagens vídeo permitem determinar que o tempo de contacto entre a bola e a raquete é cerca de 4 ms. Calcule a intensidade da força média exercida na bola. Considere que a massa da bola de ténis é 0.05 kg. (R: ~698 N)

26. Num reator nuclear um neutrão tem uma colisão elástica frontal com um núcleo de ^{12}C , inicialmente em repouso. Se a energia cinética inicial do neutrão é 1 MeV, calcule a energia cinética do neutrão e do núcleo do átomo de carbono após a colisão. Dados: $1\text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{ J}$; $m_{\text{núcleo C}} = 12.0 m_{\text{neutrão}}$ ($1.14 \times 10^{-13}\text{ J}$ e $4.43 \times 10^{-14}\text{ J}$)

27. Uma esfera de massa 50 g colide com um pêndulo balístico, em repouso, de massa 250 g. O comprimento do pêndulo é 30.5 cm. Após a colisão, a esfera fica incrustada no pêndulo. O centro de massa do sistema esfera + pêndulo eleva-se do ponto mais baixo até parar momentaneamente à altura h . Nessa posição o pêndulo faz um ângulo de $\theta = 27^\circ$ com a vertical.



- Calcule o valor da velocidade inicial da esfera. (4.8 ms^{-1})
- Calcule a fração de energia perdida na colisão. (83.3%)

28. Um projétil de 10 g é disparado e colide, com uma velocidade de 500 m/s, com um bloco de 1 kg que está numa superfície com atrito nulo. O projétil fica alojado no centro do bloco.

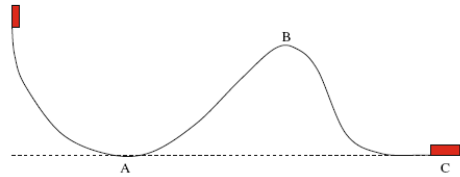
- Qual o valor da velocidade do conjunto após o choque? (5 ms^{-1})
- O conjunto bloco + projétil deslizam pela superfície, sem atrito, até uma rampa com inclinação de 60° . Qual a distância que o conjunto desliza na rampa até parar? (1.5 m)
- Se o coeficiente de atrito entre a superfície da rampa e o bloco for 0.2, qual será agora a distância percorrida pelo conjunto, na rampa, até parar? (1.3 m)



29. Uma bala de 0.01 kg é disparada horizontalmente sobre um bloco de massa $m = 10$ kg que estava em repouso sobre uma mesa. Após o choque, o conjunto bala-bloco move-se 4cm antes de parar. O coeficiente de atrito entre o bloco e a mesa é de 0.2.

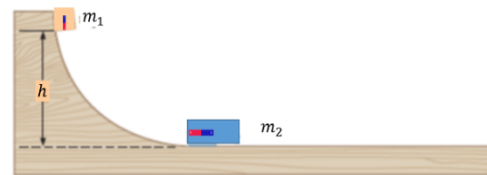
- Qual o valor da velocidade da bala imediatamente antes do choque? (396.4 m s^{-1})
- Se a bala demorar 0.002 s a imobilizar-se dentro do bloco, qual é a força média exercida pelo bloco sobre a bala? (1982 N)

30. Numa montanha russa, um carro de 200 kg é largado, do repouso, de uma altura de 10 m, numa porção circular da pista. O raio dessa porção circular de pista é também 10 m. A pista não tem atrito e o ponto B está a 8 m de altura.



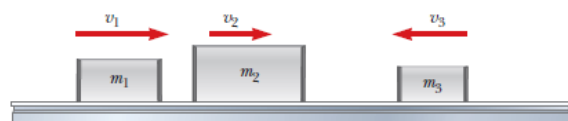
- Calcule a intensidade da força resultante no carro no ponto A. (3920 N)
- Calcule o valor da velocidade no ponto B. (6.3 ms^{-1})
- Se o carro colidir com outro carro de 300 kg, em repouso na posição C e, se após a colisão, ficarem atrelados, qual o valor da velocidade final do conjunto. (5.6 m s^{-1})
- Calcule a percentagem de energia perdida na colisão dos carros. (60 %)

31. Dois blocos podem deslizar sem atrito numa pista de madeira (ver figura). O bloco de massa $m_1 = 5.00$ kg é libertado do repouso de uma altura de $h = 5.00$ m, relativamente à zona horizontal da pista onde está o bloco



$m_2 = 10.0$ kg. Este segundo bloco está inicialmente em repouso. Ambos os blocos têm acoplados ímãs com polos iguais virados para o exterior (ver figura). Os blocos não se chegam a tocar devido aos ímãs. Calcular a altura máxima que m_1 atinge após a colisão elástica. (0.6 m)

32. Três blocos de massas $m_1 = 4.00$ kg, $m_2 = 10.0$ kg e $m_3 = 3.00$ kg deslizam sem atrito numa superfície horizontal e na mesma direção, com velocidades



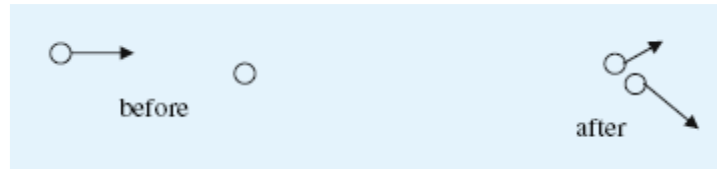
$v_1 = 5.00 \text{ m/s}$, $v_2 = 3.00 \text{ m/s}$ e $v_3 = -4.00 \text{ m/s}$. Nas faces laterais dos blocos há tiras de velcro que fazem com que os blocos fiquem juntos após contacto. Calcular o valor da velocidade final dos 3 blocos. A ordem das colisões é importante para o resultado final? (2.24 m/s)

33. Um disco A de massa $m_A = 62.1$ g está a deslizar sobre um plano horizontal, sem atrito, com uma velocidade $(\vec{v}_A)_1 = 3\hat{j}$ (m/s). O disco B de massa $m_B = 341.6$ g está originalmente em repouso. Os discos acabam por colidir. Se após o impacto o disco A tiver uma velocidade $(\vec{v}_A)_2 = 1\hat{i}$ (m/s), determine:

- a velocidade do disco B após o impacto, $(\vec{v}_B)_2$. ($(-0.18\hat{i} + 0.55\hat{j})\text{m/s}$)
- a percentagem de energia dissipada na colisão e indique de que tipo de colisão se trata. (68.3 %)

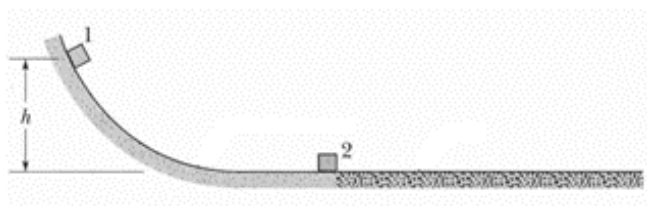


34. Um disco de hóquei no gelo, com $m = 0.5$ kg, desliza com a velocidade de 5 m/s e colide com um disco idêntico. Se o primeiro disco, após a colisão, for defletido 30° da trajetória inicial, adquirindo uma velocidade de 3 m/s, calcule:



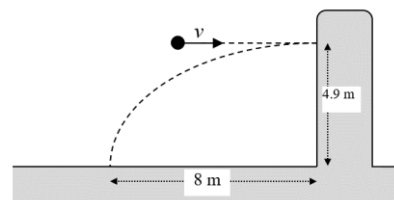
- a) o valor da velocidade do segundo disco após a colisão. (2.8 m/s)
b) a percentagem de energia perdida na colisão. (32.6 %)
35. Dois discos, A e B, de massas iguais, movem-se sem atrito, numa mesa horizontal, com velocidades $\vec{v}_A = 4.0\hat{i}$ (m/s) e $\vec{v}_B = -2.0\hat{j}$ (m/s). Num determinado instante, sofrem uma colisão, após a qual o disco B se move com a velocidade $\vec{v}_B = 2.0\hat{i}$ (m/s).
- a) Determine a velocidade do disco A após a colisão. ($\vec{v}_A = 2.0\hat{i} - 2\hat{j}$ (m/s))
b) Verifique se a colisão é elástica.

36. Um bloco de massa m_1 , localizado a uma altura $h = 2.5$ m, desliza, a partir do repouso, ao longo de uma rampa sem atrito e colide com o bloco 2, de massa $m_2 = 2m_1$, que se encontrava em repouso. Após a colisão o bloco 2 desliza numa zona onde o coeficiente de atrito cinético é igual a 0.5, parando ao fim de ter percorrido uma distância d . Qual o valor da distância percorrida se:



- a) a colisão for elástica; (2.22 m)
b) a colisão for completamente inelástica. (0.56 m)

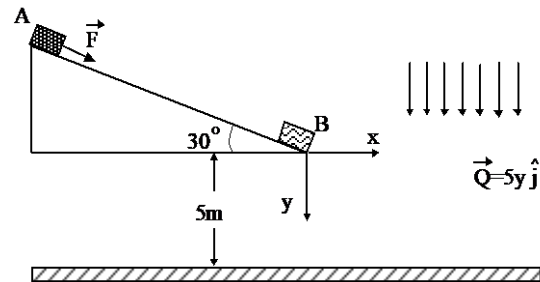
37. Uma bola de massa igual a 100g choca com uma parede, tendo no instante do choque uma velocidade horizontal de 10 m/s, como se mostra na figura. Considere o atrito desprezável.



- a) Calcule a percentagem de energia perdida no choque da bola contra a parede. (36%)
b) Calcule o coeficiente de restituição na colisão da bola com a parede. (0.8)
c) Se o mesmo choque se tivesse efetuado em Marte, a que distância da parede iria cair a bola? ($g_{\text{Marte}} = 3.7$ m/s²) (13 m)



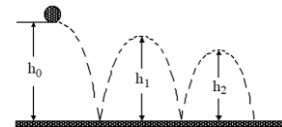
38. Considere uma pequena caixa, de massa igual a 100 g, que inicia em A, com velocidade nula, o seu movimento ao longo do plano AB. Considere que não existe atrito entre a caixa e o plano, mas que durante todo o percurso AB, que demora 2 s a ser percorrido, a caixa fica sujeita, para além do seu peso, a uma força de intensidade $F = 2t$ (N), com a direção e o sentido que se mostram na figura. Ao chegar a B, a caixa tem uma colisão totalmente inelástica com uma segunda caixa idêntica, que se encontrava aí parada. Nesse instante, a força F deixa de atuar. O conjunto cai, então, de uma altura de 5 m até atingir o solo. Durante a queda fica sujeito, para além do seu peso, a uma força vertical que se pode representar por $\vec{Q} = 5y\hat{j}$ (N). Considerando o sistema de eixos representado na figura, calcule:



- O valor da velocidade com que a primeira caixa vai chocar com a que se encontra parada em B. (49.8 m s^{-1})
- A velocidade com que o conjunto abandona o plano inclinado. ($\vec{v} = 21.56\hat{i} + 12.45\hat{j}(\text{ms}^{-1})$)
- A velocidade com que o conjunto atinge o solo. ($\vec{v} = 21.56\hat{i} + 29.63\hat{j}(\text{ms}^{-1})$)
- A aceleração do conjunto quando ele atinge o solo. ($\vec{a} = 134.8\hat{j}(\text{ms}^{-2})$)

39. Uma bola é solta da altura $h_0 = 0.90$ m sobre uma superfície lisa. Sabendo que a altura do primeiro salto é $h_1 = 0.80$ m, determine:

- o coeficiente de restituição. (0.95)
- a altura do segundo salto. (0.74 m)



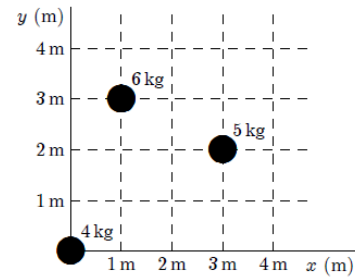
40. Um foguetão no espaço, fora da influência significativa de qualquer astro, tem uma velocidade de 3.0×10^3 m/s relativamente à Terra. Quando se ligam os motores, os gases (e partículas) de escape têm uma velocidade de 5.0×10^3 m/s relativamente ao foguetão. Calcule:

- o valor da velocidade do foguetão relativamente à Terra quando a massa do foguetão se reduz a metade da massa que ele tinha antes dos motores terem sido acionados. (6.5×10^3 m/s)
- a intensidade da força propulsora se a taxa de consumo de combustível for 50 kg/s. (2.5×10^5 N)

41. Calcule o centro de massa do sistema Terra-Lua, tendo em conta que o raio médio da Terra é 6370 km, que o raio médio da Lua é 1740 km, que a distância média entre os dois astros é 382 000 km e que $m_{\text{Terra}} = 81.5 m_{\text{Lua}}$. (4730 km do centro da Terra)



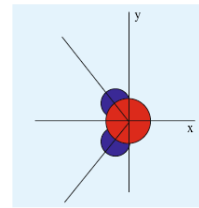
42. Calcular a posição do centro de massa do sistema de 3 partículas representadas na figura. ($\vec{r}_{CM} = 1.4\hat{i} + 1.9\hat{j}$)m)



43. Calcule o CM de uma molécula de água.

Dados: massa atômica relativa do oxigénio = 16.0; massa atômica relativa do hidrogénio = 1.0; comprimento da ligação OH = 0.96 Å; amplitude do ângulo HOH = 104.5°.

(para o sistema de eixos representado $x_{CM} = -0.06$ Å e $y_{CM} = 0$ Å)



44. Um sistema é constituído por três partículas de 3 kg, 2 kg e 5 kg. A primeira partícula tem uma velocidade $\vec{v}_1 = 6\hat{i}$ (m/s). A segunda move-se com velocidade de 8 m/s fazendo um ângulo de -30° com o eixo dos xx. Determine a velocidade da terceira partícula, de modo que o centro de massa permaneça em repouso. ($\vec{v} = -6.4\hat{i} + 1.6\hat{j}$ (ms⁻¹))

45. Considere um sistema formado por três partículas de massa $m_1 = 4$ kg, $m_2 = 4$ kg e $m_3 = 8$ kg. O vetor de posição da partícula i no instante inicial, \vec{r}_i e a força que atua sobre ela \vec{F}_i são:

$$\vec{r}_1 = -2\hat{i} + 2\hat{j} \text{ (m)} \quad \vec{F}_1 = -6\hat{i} \text{ (N)}$$

$$\vec{r}_2 = \hat{i} - 3\hat{j} \text{ (m)} \quad \vec{F}_2 = 14\hat{i} \text{ (N)}$$

$$\vec{r}_3 = 4\hat{i} + \hat{j} \text{ (m)} \quad \vec{F}_3 = 16\hat{j} \text{ (N)}$$

- a) Determine a posição do centro de massa no instante inicial. ($\vec{r}_{CM} = 1.75\hat{i} + 0.25\hat{j}$ (m))
b) No instante considerado o sistema está em repouso. Determine a posição do centro de massa do sistema 1 s depois. ($\vec{r}_{CM} = 2.0\hat{i} + 0.75\hat{j}$ (m))

46. Duas balas de canhão de 150 N cada são ligadas por uma corrente e disparadas horizontalmente com velocidade de 150 m/s do topo de um muro com 13.5 m de altura. A corrente parte-se durante a trajetória das balas e uma delas bate no solo ao fim de 1.5 s, contados a partir do momento do disparo, a uma distância de 216 m da base do muro, e 6.3 m à direita da linha de disparo. Determine a posição da outra bala nesse instante (despreze a resistência do ar). ($\vec{r}_2 = 234\hat{i} + 5\hat{j} - 6.3\hat{k}$ (m))

