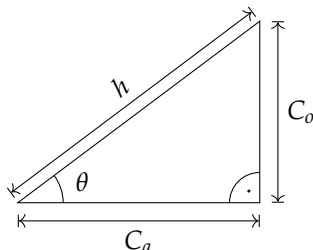


LISTA 3, ENERGIA E MOMENTO LINEAR

FORMULÁRIO

Relações Trigonométricas



$$\begin{aligned}\sin \theta &= C_o/h & \cos \theta &= C_a/h \\ \tan \theta &= C_o/C_a & h^2 &= C_o^2 + C_a^2\end{aligned}$$

Cinemática unidimensional

Fórmulas para aceleração constante:

$$\begin{aligned}v &= v_0 + at & (1) \\ x - x_0 &= v_0 t + at^2/2 & (2) \\ v^2 &= v_0^2 + 2a\Delta x & (3) \\ x - x_0 &= (v_0 + v)t/2 & (4) \\ x - x_0 &= vt - at^2/2 & (5)\end{aligned}$$

Vetores

Dado um referencial com dois eixos perpendiculares x e y e dois vetores unitários \hat{i} e \hat{j} , cujas direções são as dos eixos coordenados, temos:

$$\begin{aligned}a_x &= a \cos \theta & (6) \\ a_y &= a \sin \theta & (7) \\ a &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2} & (8) \\ \tan \theta &= a_y/a_x & (9)\end{aligned}$$

onde θ é o ângulo entre o vetor e o semi-

eixo x positivo. Se

$$\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} \quad (10)$$

$$\vec{b} = b_x \hat{i} + b_y \hat{j} \quad (11)$$

então

$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b} \quad (12)$$

$$= (a_x + b_x)\hat{i} + (a_y + b_y)\hat{j} \quad (13)$$

Leis de Newton

$$\vec{F}_R^{\text{Ext}} = \frac{d\vec{P}_{\text{CM}}}{dt} \quad (14)$$

$$\vec{F}_{A \rightarrow B} = -\vec{F}_{B \rightarrow A} \quad (15)$$

Trabalho, Energia Potencial e Energia Cinética

$$\Delta K = W \quad (16)$$

$$\Delta U = -W \quad (17)$$

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} \quad (18)$$

$$= Fd \cos \theta \quad (19)$$

$$= \int F(x)dx \quad (20)$$

$$W_g = -mg\Delta y \quad (21)$$

$$W_m = -k(x_f^2 - x_i^2)/2 \quad (22)$$

onde k é a constante da mola.

$$K = mv^2/2 \quad (23)$$

$$U_g = mgh + C \quad (24)$$

$$U_e = kx^2/2 + C \quad (25)$$

$$E_{\text{Mec}} = K + U \quad (26)$$

$$\Delta E_{\text{Mec}} = W_{\text{ext}} \quad (27)$$

$$F(x) = -dU(x)/dx \quad (28)$$

Geralmente, podemos escolher $C=0$.

Centro de Massa

$$\vec{r}_{\text{CM}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (29)$$

Momento Linear

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (30)$$

$$\vec{P}_{\text{CM}} = M\vec{v}_{\text{CM}} \quad (31)$$

$$= \sum_{i=1}^n \vec{p}_i \quad (32)$$

Se $F_R^{\text{Ext}} = 0$, então

$$\vec{P}_{\text{CM}}^i = \vec{P}_{\text{CM}}^f \quad (33)$$

$$\Delta \vec{p} = \vec{J} \quad (34)$$

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t)dt \quad (35)$$

$$= F_{\text{Med}}\Delta t. \quad (36)$$

Colisões

$$\vec{p}_1^i + \vec{p}_2^i = \vec{p}_1^f + \vec{p}_2^f \quad (37)$$

Colisões elásticas:

$$K_1^i + K_2^i = K_1^f + K_2^f \quad (38)$$

$$v_1^f = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1^i + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_2^i \quad (39)$$

$$v_2^f = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1^i + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_2^i \quad (40)$$

TRABALHO E ENERGIA CINÉTICA

1. **Discursiva:** Uma esfera balança preza a um fio de massa desprezível. Nessa situação, três forças agem sobre a esfera: a força gravitacional, a tensão no fio e a força de arrasto devida ao ar. Qual dessas forças realiza trabalho

- igual a zero?
- sempre negativo?
- ora positivo, ora negativo?

2. Você atira uma pedra cujo peso é $P = 20,0\text{ N}$ verticalmente para cima. Você observa que quando ela atinge uma altura $h = 15,0\text{ m}$ acima do ponto de lançamento, ela tem velocidade $v = 25,0\text{ m/s}$ para cima. Use o teorema trabalho-energia ($\Delta K = W$) para determinar

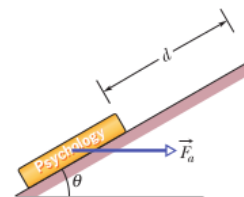
- A velocidade inicial da pedra. [R.: $v_i = 30,3\text{ m/s}$.]
- A altura máxima que a pedra atinge a partir do ponto inicial. [R.: $\Delta y = 46,9\text{ m}$.]

3. Um bloco de $6,0\text{ kg}$ escorrega $1,5\text{ m}$ rampa abaixo sobre um plano inclinado que forma um ângulo de 60° com a horizontal. O coeficiente de atrito cinético entre as duas superfícies é $\mu_c = 0,030$.

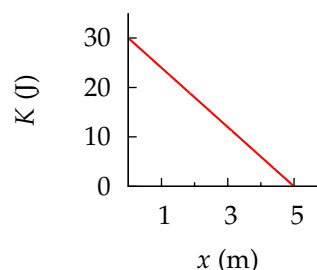
- Desenhe o diagrama de corpo livre e encontre o trabalho realizado por cada força. [R.: $W_N = 0$, $W_{fat} = -2,3\text{ J}$, $W_P = 76\text{ J}$.]
- Qual é o trabalho total realizado sobre o bloco? Se ele tem velocidade de 3 m/s no ponto onde começamos a medir o deslocamento, qual é a velocidade do bloco ao final do deslocamento? [R.: $W_T = 74\text{ J}$, $v_f = 5,8\text{ m/s}$.]

4. Na figura abaixo, uma força horizontal \vec{F}_a de magnitude $200,0\text{ N}$ é aplicada a um livro de Psicologia cuja massa é de $3,0\text{ kg}$, fazendo-o subir uma distância $d = 0,500\text{ m}$ sobre uma rampa sem atrito cujo ângulo com a horizontal é de $30,0^\circ$.

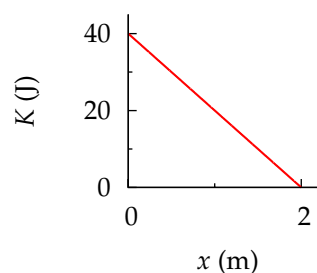
- Durante o deslocamento, quais são os trabalhos realizados pelas forças \vec{F}_a , gravitacional, e normal? [R.: $W_N = 0\text{ J}$, $W_P = -7,35\text{ J}$, $W_{F_a} = 86,6\text{ J}$.]
- Se o livro tem energia cinética nula no início do deslocamento, qual é a sua velocidade ao terminar de subir a rampa? [R.: $v = 7,27\text{ m/s}$.]



5. Um objeto de $8,00\text{ kg}$ está se movendo no sentido positivo de um eixo x . Quando ele passa por $x = 0$, uma força constante dirigida ao longo do eixo passa a atuar sobre ele. A figura abaixo mostra a energia cinética K em função da posição x quando o objeto se desloca de $x = 0$ até $x = 5,0\text{ m}$. A força continua a agir. Qual é a velocidade do objeto quando ele passa de volta por $x = -3,00\text{ m}$? [R.: $v = 3,5\text{ m/s}^2$.]



6. Um bloco é lançado para cima em uma rampa sem atrito, ao longo de um eixo x paralelo ao plano inclinado e que aponta para cima. O gráfico abaixo mostra a energia cinética do bloco em função da posição x . Se a velocidade do bloco em $x_i = 0$ é de $4,00\text{ m/s}$, qual é a força normal que age sobre o bloco? [R.: $N = 45\text{ N}$.]



TRABALHO COMO A ÁREA DE UM GRÁFICO E
TRABALHO DE UMA FORÇA VARIÁVEL

7. Um bloco de $1,5\text{ kg}$ está em repouso sobre uma superfície horizontal sem atrito quando uma força ao longo do eixo x é nele exercida. A força é dada por $\vec{F}(x) = (2,5 - x^2)\hat{i}\text{ N}$, onde x está em metros e a posição inicial do bloco é $x_0 = 0$.

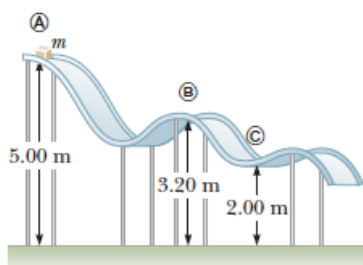
- (a) Qual é a energia cinética do bloco ao passar pelo ponto $x = 2,0\text{ m}$? [R.: $K = 2,3\text{ J}$.]
 (b) Qual é a energia cinética máxima do bloco entre $x = 0$ e $x = 2,0\text{ m}$? *Dica: use uma derivada para determinar o máximo da função que dá o valor da energia cinética.* [R.: $K = 2,6\text{ J}$.]

POTÊNCIA

8. (20 pontos) Uma bomba hidráulica precisa elevar 800 L de água por minuto a partir de um poço cuja profundidade é de 14,0 m e ejetá-la com uma velocidade de 18,0 m/s. Qual é o trabalho por unidade de massa realizado por pela bomba nessa tarefa? Qual deve ser a potência da bomba? [R.: $P = 3,99\text{ kW}$.]

ENERGIA POTENCIAL

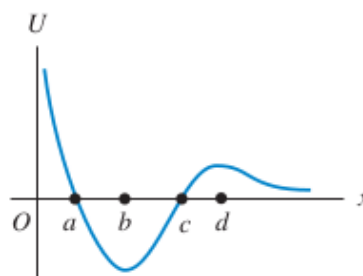
9. (20 pontos) **Discursiva:** Um canhão dispara um projétil sempre com a mesma energia cinética, independentemente do ângulo de lançamento. Do ponto de vista energético, por que o projétil não sobe sempre até a mesma altura?
10. Um bloco de massa $m = 5,0\text{ kg}$ é solto a partir do repouso no ponto A e desliza ao longo do escorregador sem atrito, conforme a figura abaixo.
- (a) Determine o trabalho realizado pela força da gravidade nos deslocamentos de A até B e de A até C. [R.: $W_{AB} = 88\text{ J}$, $W_{AC} = 0,15\text{ kJ}$.]
 (b) Determine a velocidade nos pontos B e C. [R.: $v_B = 5,9\text{ m/s}$, $v_C = 7,7\text{ m/s}$.]



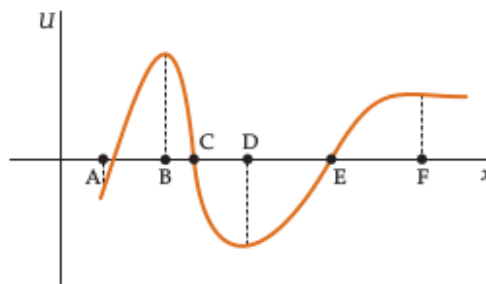
ANÁLISE DE GRÁFICOS DE POTENCIAL

11. Uma partícula se move ao longo de um eixo x . A energia potencial associada a uma força F que age sobre ela é mostrada na figura abaixo.

- (a) Determine os pontos de equilíbrio e os classifique como estáveis e instáveis. [R.: b é de equilíbrio estável e d instável.]
 (b) Determine a direção da força que passa a agir sobre a partícula se ela for deslocada um pouco para a esquerda e um pouco para a direita de cada um dos pontos do item anterior. Os resultados obtidos explicam a classificação usada no item anterior? Justifique.



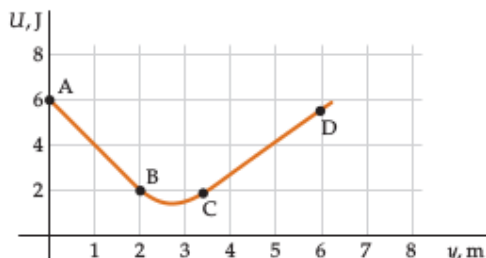
12. A figura abaixo mostra o gráfico do potencial associado a uma força unidimensional conservativa.
- (a) Para cada um dos pontos indicados, verifique se a força é positiva, negativa ou nula. Indique quais são os pontos de equilíbrio, se houver algum. Justifique suas respostas. [R.: $F_A < 0$, $F_B = 0$, $F_C > 0$, $F_D \approx 0$, $F_E < 0$, $F_F \approx 0$.]
 (b) Ordene os pontos em ordem decrescente de intensidade da força. [R.: $|F_C| > |F_A| > |F_E| > |F_D| \geq |F_F| \geq |F_B|$.]



13. A figura abaixo mostra o gráfico da energia potencial para uma força conservativa unidimensional $F_y(y)$. Os segmentos \overline{AB} e \overline{CD} são retas.
- (a) Determine o módulo e a direção da força F_y no segmento \overline{AB} , considerando que o potencial é dado por uma reta. [R.: $|\vec{F}| = 2\text{ N}$, no sentido positivo do eixo y .]
 (b) Se no intervalo compreendido entre os pontos B e C o potencial é dado por

$$U(y) = 0,476 y^2 - 2,524 y + 5,143,$$

qual é a posição em y do ponto de equilíbrio estável que aparece no potencial (ponto mais baixo no intervalo entre B e C)? [R.: $y = 2,651$ m]

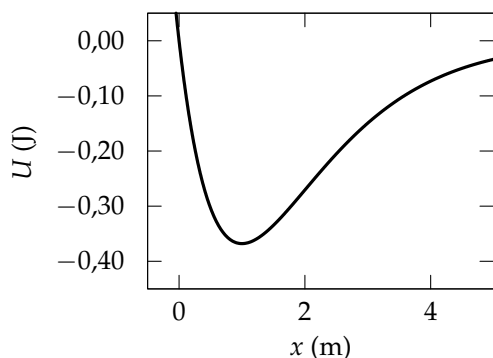


14. Uma partícula pode se mover ao longo de um eixo x sujeita a uma força conservativa $F(x)$. O potencial associado a tal força é dado por

$$U(x) = -\alpha x e^{-\beta x}, \quad (41)$$

onde $\alpha = 1 \text{ J/m}$ e $\beta = 1 \text{ m}^{-1}$.

- (a) Determine a expressão para a força $F(x)$. [R.: $F = \alpha(1 - \beta x)e^{-\beta x}$.]
(b) Determine a posição do ponto de equilíbrio mostrado na figura. [R.: $x_{eq} = \beta^{-1} = 1 \text{ m}$.]

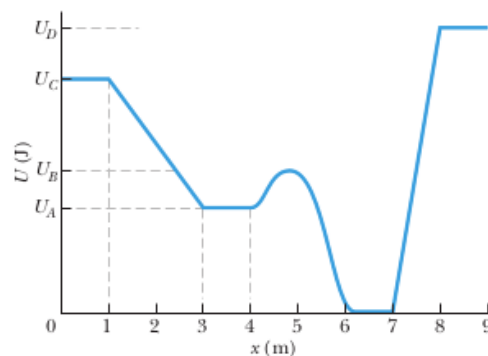


ENERGIA MECÂNICA

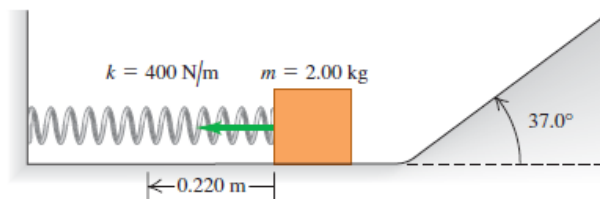
15. A figura abaixo mostra um gráfico da energia potencial U em função da posição para uma partícula sujeita a uma força conservativa unidimensional.

- (a) Descreva quais são os pontos e regiões de equilíbrio presentes no gráfico. [R.: $x \approx 4,8 \text{ m}$ (pico), intervalos $[0; 1]$, $[3; 4]$, $[\approx 6,2; 7]$, $[8; \text{final}]$.]
(b) Se o objeto é solto a partir do repouso no ponto $x = 2 \text{ m}$, indique no gráfico qual é a energia mecânica do sistema e verifique quais são os pontos de retorno (aproximadamente). [R.: $x = 2 \text{ m}$ e $x \approx 7,5 \text{ m}$.]

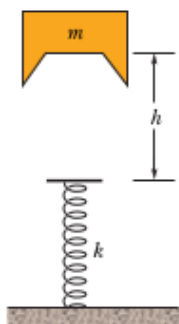
- (c) Sabendo que $U_A = 9,00 \text{ J}$ e $U_C = 20,00 \text{ J}$, determine o módulo e a direção da força que age sobre a partícula no intervalo $x = [1,0 \text{ m}; 3,0 \text{ m}]$. [R.: $F = 5,5 \text{ N}$.]



16. Na figura abaixo, um bloco de 2 kg é empurrado contra uma mola de massa desprezível e constante $k = 400 \text{ N/m}$, comprimindo-a por 22 cm . Ao liberarmos o bloco (com velocidade nula), ele é empurrado pela mola em uma superfície sem atrito horizontal e após se deslocar uma distância suficientemente grande para que não houvesse mais contato com a mola, começa a subir uma rampa – também sem atrito – com inclinação de 37° . Qual é a distância máxima que o bloco sobe ao longo da rampa. Despreze a força de arrasto oferecida pelo ar. [R.: $d_{\text{máx.}} = 0,82 \text{ m}$.]

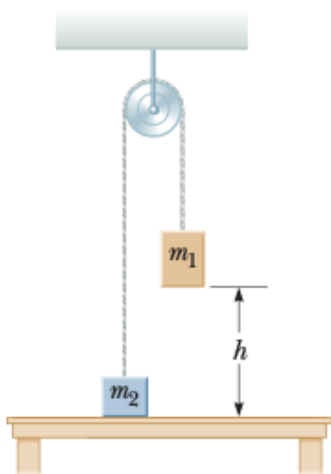


17. Um bloco de massa $m = 4,00 \text{ kg}$ parte do repouso e, percorrendo uma altura h , cai sobre uma mola de constante elástica $k = 1040,0 \text{ N/m}$, causando uma compressão da mola (veja a figura abaixo). Em um dado instante — antes de a mola ser comprimida completamente —, verifica-se que a mola teve uma variação de 20 cm e que a velocidade do bloco neste momento é de $1,0 \text{ m/s}$. Determine a altura h . [R.: $h = 0,38 \text{ m}$.]



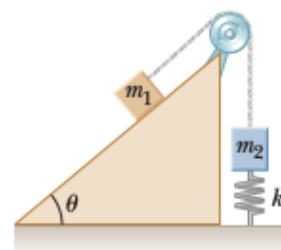
18. Dois objetos estão conectados entre si por uma corda de massa desprezível que passa por uma polia, também de massa desprezível, conforme mostrado na figura abaixo. O bloco da direita possui massa $m_1 = 5,00 \text{ kg}$ e está a uma altura $h = 4,0 \text{ m}$ acima da mesa, enquanto o bloco da esquerda tem massa $m_2 = 3,00 \text{ kg}$ e repousa sobre a mesa.

- (a) Ao permitir que o sistema se movimente, o bloco da esquerda subirá. Utilize a conservação da energia mecânica para determinar qual será sua velocidade quando o bloco da direita estiver na iminência de atingir a mesa. *Dica: a velocidade dos dois blocos é sempre a mesma, pois eles estão ligados através da corda.* [R.: $v = 4,4 \text{ m/s}$.]
- (b) Determine a altura máxima que o bloco da esquerda atinge acima da mesa. [R.: $h' = 5,0 \text{ m}$.]



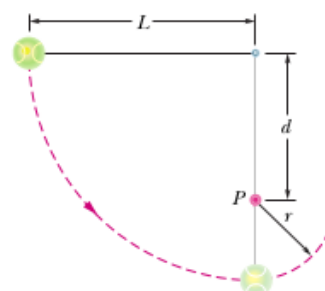
19. Um bloco de massa $m_1 = 20,0 \text{ kg}$ está conectado a um bloco de massa $m_2 = 30,0 \text{ kg}$ por uma corda leve que passa sobre uma polia leve e sem atrito, conforme mostra a figura. O bloco de massa m_2 está conectado a uma mola de massa negligível e com constante $k = 250,0 \text{ N/m}$.

Inicialmente, a mola está relaxada, além disso, a superfície do plano inclinado tem coeficiente de atrito nulo. O bloco de massa m_1 é puxado por uma distância $L = 20,0 \text{ cm}$ para baixo, ao longo da rampa — cujo ângulo com a horizontal é $\theta = 40,0^\circ$ — e solto a partir do repouso. Encontre a velocidade dos blocos quando a mola voltar a ficar relaxada. [R.: $v_f = 1,24 \text{ m/s}$.]



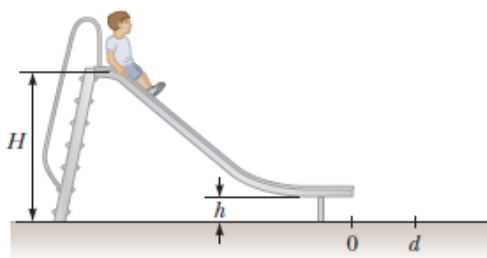
20. A figura abaixo mostra uma pequena bola presa a uma extremidade de um fio de massa desprezível, cujo comprimento é $L = 120 \text{ cm}$, enquanto a outra extremidade do fio está presa a um prego fixado na parede. A bola pode percorrer a trajetória circular de raio L , mostrada na figura, desde a posição inicial até que o fio colida com um prego localizado no ponto P , distante $75,0 \text{ cm}$ abaixo do primeiro. A partir de então, a bola segue uma trajetória circular de raio r . Se a bola for solta a partir do repouso, determine:

- (a) A velocidade da bola no ponto da trajetória circular de raio r que está a direita do ponto P (na mesma linha horizontal). [R.: $v_f = 3,83 \text{ m/s}$.]
- (b) A altura mínima em relação ao ponto mais baixo da trajetória que a bola precisa ter para que chegue ao ponto mais alto da trajetória circular de raio r , isto é, ao ponto dessa trajetória que está acima do ponto P , na mesma linha vertical. [R.: $h = 5(L - d)/2 = 1,13 \text{ m}$.]



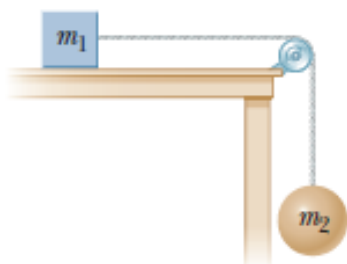
21. Uma criança desce a partir do repouso por um escorregador sem atrito, conforme a figura abaixo. Ao final da

rampa (em 0), ela deixa o escorregador com velocidade v e atinge o solo em d . Usando a conservação da energia, determine a altura H inicial da criança em termos de h e d . [R.: $H = \frac{d^2}{4h} + h$.]



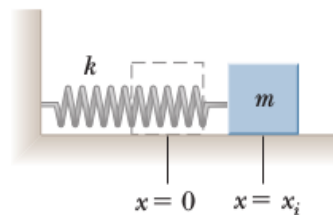
TRABALHO DE FORÇAS NÃO-CONSERVATIVAS

22. Na figura abaixo, a massa $m_2 = 5,0$ kg está presa a um bloco de massa $m_1 = 3,0$ kg de forma que o sistema pode se mover. Há, no entanto, uma força de atrito cinético entre o bloco e a mesa, com $\mu_c = 0,40$. Calcule a velocidade do bloco quando a massa m_2 tiver caído uma distância $h = 1,5$ m, assumindo que o sistema partiu do repouso. [R.: $v = 3,7$ m/s.]

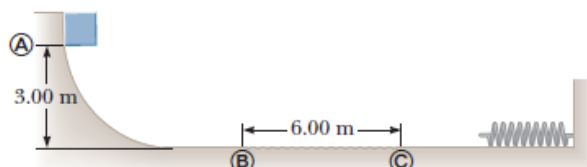


23. Um bloco de massa $m = 2,00$ kg está conectado a uma mola de constante k desconhecida, conforme mostra a figura abaixo. O bloco é deslocado até uma posição $x_i = 5,00$ cm à direita da posição de equilíbrio e solto a partir do repouso.

- (a) Se a velocidade com que o bloco passa pela posição de equilíbrio ($x = 0$) é $v = 0,79$ m/s, determine a constante elástica da mola. Desconsidere o atrito entre o bloco e piso. [R.: $k = 5,0 \cdot 10^2$ N/m.]
- (b) Se o coeficiente de atrito entre o bloco e o piso é $\mu = 0,350$, qual será a velocidade ao passar pelo ponto de equilíbrio se ele for solto a partir de x_i . Assuma que a constante da mola é a mesma do item anterior. [R.: $v_f = 0,53$ m/s.]



24. Um bloco é liberado a partir do repouso na posição A mostrada na figura abaixo. A pista tem atrito desprezível, exceto no trecho entre B e C, cujo comprimento é de 6,0 m. Se o bloco tem massa de 10 kg, $\mu_c = 0,30$ e $k = 2000$ N/m, qual será a máxima compressão da mola? [R.: $\Delta x = 0,34$ m.]

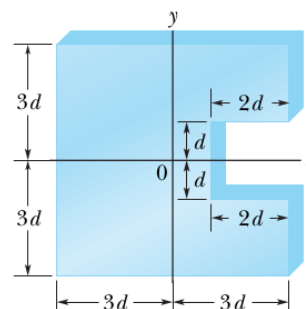


PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

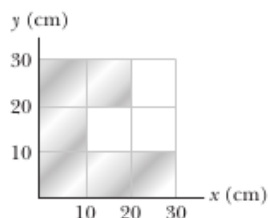
25. **Discursiva:** Quando as pessoas estão com frio, elas em geral esfregam as mãos para se aquecer. Como esse gesto produz um aumento de temperatura? De onde vem a energia necessária?

CENTRO DE MASSA

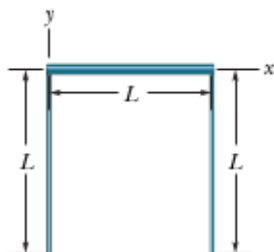
26. **Discursiva:** Um pesquisador tranquiliza um urso polar sobre a superfície plana e sem atrito de uma geleira. Discuta como seria possível que ele estimasse a massa do urso utilizando somente uma corda, um ponto de referência e uma trena, sabendo sua própria massa.
27. Considere a placa da figura abaixo, cuja densidade é uniforme. Calcule a posição do centro de massa da placa. [R.: $\vec{r}_{CM} = -0,25d\hat{i} + 0\hat{j}$.]



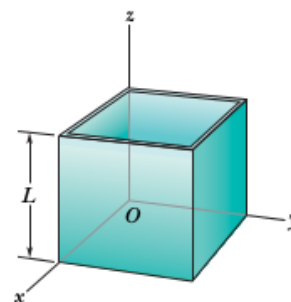
28. Uma placa metálica tem a forma mostrada na figura abaixo. Determine as coordenadas x e y do centro de massa da placa. [R.: $\vec{r}_{CM} = 11,7 \text{ cm } \hat{i} + 13,3 \text{ cm } \hat{j}$.]



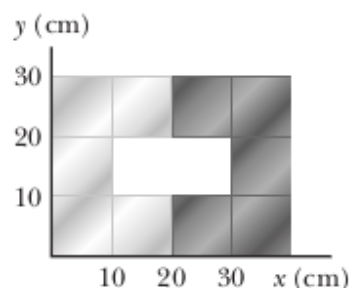
29. Na figura abaixo, três barras metálicas uniformes compõem um objeto cujo centro de massa estamos interessados em calcular. A barra da esquerda tem massa m , enquanto a da direita tem massa $3m$. A barra central é feita de um material mais leve e tem massa $0,700m$. Os comprimentos das barras são $L = 33,0 \text{ cm}$ e a massa total do objeto é de $400,0 \text{ g}$. Determine as coordenadas x e y do centro de massa. [R.: $\vec{r}_{CM} = 23,5 \text{ cm } \hat{i} - 14,0 \text{ cm } \hat{j}$.]



30. O diâmetro de Plutão é de aproximadamente 2370 km , enquanto o diâmetro de seu maior satélite, Caronte, é de 1250 km . A distância entre seus centros é de aproximadamente 19700 km . Assumindo que ambos tem a mesma densidade e que são aproximadamente esféricos, determine a posição do centro de massa do sistema em relação ao centro de Plutão. [R.: $x_{CM} = 2521 \text{ km}$.]
31. A figura abaixo mostra uma caixa cúbica que foi construída com placas metálicas uniformes de espessura desprezível. A caixa não tem tampa e tem uma aresta $L = 40,0 \text{ cm}$. Determine as coordenadas x , y e z do centro de massa da caixa. [R.: $\vec{r}_{CM} = L/2 \hat{i} + L/2 \hat{j} + 2L/5 \hat{k}$.]



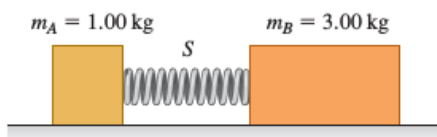
32. (20 pontos) A placa metálica mostrada na figura abaixo é composta de pequenas placas de dimensão $10,0 \text{ cm} \times 10,0 \text{ cm}$. A metade da esquerda é composta de uma lâmina cuja densidade superficial de massa é $\sigma_1 = 5,00 \text{ kg/m}^2$ e a da direita é composta por uma lâmina de mesma espessura, porém com densidade superficial de massa $\sigma_2 = 21,00 \text{ kg/m}^2$. Determine as coordenadas x e y do centro de massa. [R.: Por simetria $y_{CM} = 15,0 \text{ cm}$, $x_{CM} = 26,8 \text{ cm}$.]



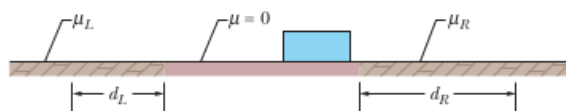
CONSERVAÇÃO DO MOMENTO LINEAR

33. **Discursiva:** Uma senhora segurando uma pedra grande está em pé sobre uma camada de gelo horizontal sem atrito. Ela lança a pedra com uma velocidade v_0 formando um ângulo acima da horizontal. Considere o sistema constituído pela mulher juntamente com a pedra. Existe conservação do momento linear do sistema? Alguma componente do momento linear se conserva?
34. Os blocos A e B na figura abaixo têm massas $m_A = 1,00 \text{ kg}$ e $m_B = 3,00 \text{ kg}$. Ambos são forçados contra uma mola (S) de forma a comprimi-la. O sistema é liberado a partir do repouso sobre uma superfície sem atrito, o que permite que a mola se expanda empurrando os blocos. A mola tem massa desprezível.
- (a) Se o bloco B adquire uma velocidade de $1,20 \text{ m/s}$, qual é a velocidade final do bloco A? [R.: $v = 3,6 \text{ m/s}$.]

- (b) Utilizando o princípio da conservação da energia, determine a energia potencial inicialmente armazenada na mola? [R.: $U_e = 8,64$ J.]



35. Na figura abaixo, um bloco estacionário explode em duas partes que então escorregam por uma superfície sem atrito. A parte esquerda, cuja massa é $m_L = 2,0$ kg, chega ao final da superfície sem atrito e encontra uma superfície com coeficiente de atrito cinético $\mu_L = 0,40$, sobre a qual desliza 15,0 cm até parar. A parte direita encontra uma superfície com coeficiente de atrito $\mu_R = 0,50$ e desliza 25,0 cm. Qual é a massa total do bloco? [R.: $m_R = 1,38$ kg, $m_{Total} = 3,39$ kg.]



IMPULSO E FORÇA MÉDIA

36. **Discursiva:** Para rachar um tronco de lenha usando um martelo e uma cunha, um martelo pesado é mais eficiente que um leve? por quê?
37. **Discursiva:** Uma bola é pendurada ao teto através de uma corda, formando um pêndulo. A bola é deslocada fazendo com que o fio esticado forme um ângulo θ com a vertical. Neste momento um bloco de comprimento $4L$, largura $2L$ e profundidade $L/4$ é colocado perpendicularmente no caminho de oscilação do pêndulo, de forma que quando este for solto, ele colida com a face de dimensões $4L \times 2L$. Ao soltarmos o pêndulo em um primeiro teste, ele colide com o bloco e volta, sem derrubá-lo. Em um segundo teste, colocamos fitas adesivas que manterão o pêndulo preso ao bloco após a colisão. Nesse caso, o bloco cairá? Explique.
38. Tarzan está no caminho de uma manada de elefantes enfurecidos, quando Jane resolve intervir bravamente para salvá-lo. Estando sobre uma árvore alta, ela toma a ponta de um cipó disposto horizontalmente, sendo que a outra extremidade está presa ao galho de outra árvore,

e salta com velocidade inicial nula. O comprimento do cipó é $L = 25,0$ m. Quando chega ao ponto mais baixo da trajetória circular, ela segura Tarzan e ambos continuam na trajetória circular, chegando a um ponto mais alto e seguro. A massa de Jane é de 54,0 kg e a de Tarzan de 82,0 kg.

- (a) Qual é a velocidade máxima que Jane atinge (em km/h)? [R.: $v_{Max} = 22,1$ m/s = 79,7 km/h.]
- (b) Qual é a altura máxima que ambos atingirão no movimento de subida? [R.: 13,94 m.]
- (c) Se o tempo necessário para que Jane segure Tarzan é de 0,1 s (isto é, o tempo que dura a “colisão” entre eles), qual será o módulo da força média a que ambos estarão sujeitos? [R.: $7,21 \cdot 10^3$ N]

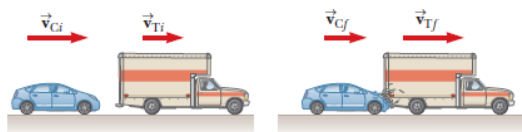
Suponha heróis ideais que suportem a colisão no ponto mais baixo.

COLISÕES

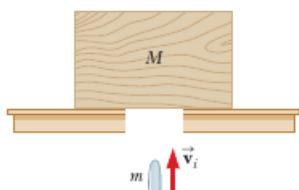
39. **Discursiva:** A probabilidade de um copo quebrar quando ele cai sobre um piso de concreto é maior do que quando ele cai sobre um piso de madeira. Por quê?
40. **Discursiva:** Uma metralhadora dispara sobre uma placa de aço. A força média oriunda do impacto é maior se a bala é refletida ou se ela amassa e fica grudada na placa? Explique.
41. **Discursiva:** Em uma colisão completamente inelástica entre dois corpos, quando eles permanecem unidos após a colisão, podemos achar um valor igual a zero para a energia cinética final do sistema? Caso sua resposta seja afirmativa, forneça um exemplo em que isso ocorre. Quando a energia cinética final do sistema for igual a zero, qual deverá ser o momento linear inicial do sistema?
42. Um carro com massa de 1 200 kg e velocidade $v_{Ci} = 25,0$ m/s, viajando para a direita, colide atrás de uma camionete de 9 000 kg (veja a figura abaixo). A velocidade do camionete inicialmente era $v_{Ti} = 20,0$ m/s, também para a direita. A velocidade do carro imediatamente após a colisão é $v_{Cf} = 18,0$ m/s para a direita.
- (a) Qual é a velocidade da camionete após a colisão? [R.: $v = 20,9$ m/s.]

(b) Qual é a energia cinética antes e depois da colisão?

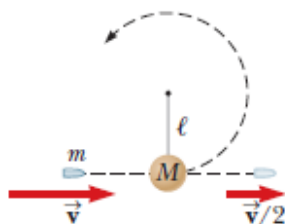
A colisão é elástica? [R.: $K_i = 2,18 \cdot 10^6 \text{ J}$, $K_f = 2,17 \cdot 10^6 \text{ J}$.
Não é elástica.]



43. Um bloco de madeira de massa $M = 1,250 \text{ kg}$ repousa sobre uma mesa, de acordo com a figura abaixo. Um projétil de massa $m = 5,00 \text{ g}$ com uma velocidade inicial v_i é lançado de baixo para cima contra o bloco e fica alojado após a colisão. O sistema projétil-bloco salta a uma altura de $22,0 \text{ cm}$ acima da mesa. Encontre a velocidade inicial do projétil. [R.: $v_i = 521 \text{ m/s}$.]

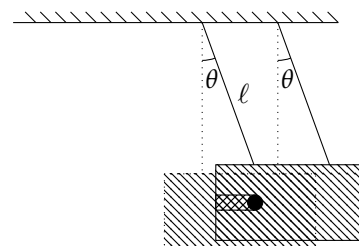
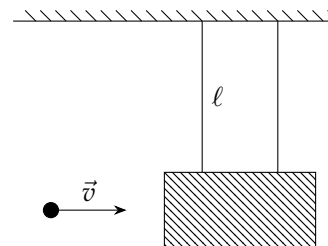


44. A figura abaixo mostra uma colisão entre um projétil de massa $m = 20,0 \text{ g}$ e velocidade v e um pêndulo formado por uma massa $M = 1,00 \text{ kg}$ e uma haste rígida de comprimento $\ell = 35,0 \text{ cm}$. O projétil emerge com velocidade $v/2$ após a colisão. Qual é o menor valor de velocidade para que a massa M chegue ao ponto mais alto da trajetória circular? Despreze a massa da haste. Como a haste é rígida, a massa terá velocidade zero no alto da trajetória. [R.: $v = 370 \text{ m/s}$.]



45. Na figura abaixo, temos um pêndulo balístico. O projétil com massa m_p e velocidade v_p atinge o pêndulo de massa m_b , ficando alojado no bloco após a colisão. Prove que a razão entre a energia cinética final e a energia cinética inicial do sistema (imediatamente após a colisão) é dada por

$$\frac{K_{\text{sis}}^{\text{dc}}}{K_{\text{sis}}^{\text{ac}}} = \frac{m_p}{m_p + m_b}. \quad (42)$$



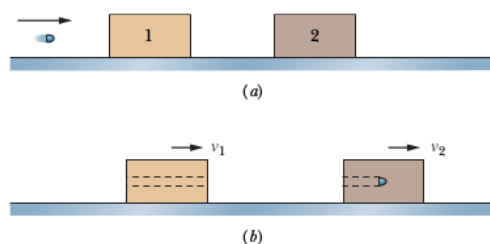
46. Na figura abaixo, parte (a), um projétil de $3,50 \text{ g}$ é disparado horizontalmente contra dois blocos inicialmente em repouso sobre uma mesa sem atrito. O projétil atravessa o bloco 1 (com $1,200 \text{ kg}$ de massa) e fica alojada no bloco 2 (com $1,800 \text{ kg}$ de massa). Os blocos terminam com velocidades $v_1 = 0,630 \text{ m/s}$ e $v_2 = 1,40 \text{ m/s}$ (parte (b) da figura). Desprezando o material removido do bloco 1 pelo projétil,

(a) encontre a velocidade do projétil ao sair do bloco 1.

[R.: $v_p^{\text{AC1}} = 937 \text{ m/s}$.]

(b) encontre a velocidade do projétil ao entrar no bloco 1.

1. [R.: $v_p^{\text{AC2}} = 721 \text{ m/s}$.]



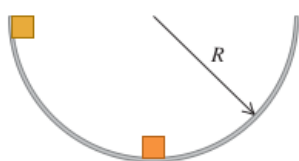
47. Dois blocos, de massas $m_A = 2,00 \text{ kg}$ e $m_B = 10,00 \text{ kg}$ podem se mover em um trilho retilíneo sem atrito. Inicialmente o bloco B está parado e o bloco A se move em sua direção a uma velocidade $v_A^{\text{AC}} = 2,00 \text{ m/s}$. Os blocos são equipados com molas ideais que atuam como “para-choques”.

(a) Qual é a energia máxima armazenada nas molas?

Dica: no instante em que a mola armazena a energia máxima, os blocos se movem momentaneamente com a mesma velocidade. [R.: $U_e = 3,33 \text{ J}$.]

- (b) Se a colisão é elástica, quais são as velocidades dos blocos após a colisão? [R.: $v_A^f = -1,33 \text{ m/s}$ e $v_B^f = 0,666 \text{ m/s}$, em sentidos opostos.]

48. Duas caixas idênticas de massa m estão dispostas em uma pista semi-circular de raio $R = 10 \text{ m}$ como mostra a figura abaixo. A caixa que está no topo é liberada a partir do repouso, sofrendo uma colisão completamente inelástica com a caixa que está na parte inferior, cuja velocidade é nula. Desconsiderando o atrito, calcule qual será a altura máxima em relação ao ponto mais baixo que as duas caixas atingirão após colidir. [R.: $h = R/4$.]



49. (25 pontos) Na figura, o bloco 2 (com massa de $1,0 \text{ kg}$) está em repouso sobre uma superfície sem atrito e em contato com uma extremidade de uma mola relaxada de constante elástica 200 N/m . A outra extremidade da mola está presa em uma parede. O bloco 1 (com massa de $2,0 \text{ kg}$), que se move com uma velocidade $v_1 = 4,00 \text{ m/s}$, colide com o bloco 2 e os dois blocos permanecem juntos. No instante em que os blocos param momentaneamente, qual é a compressão da mola? [R.: $v_1 = 4,0 \text{ m/s}$, $x_f = 0,16 \text{ m}$.]

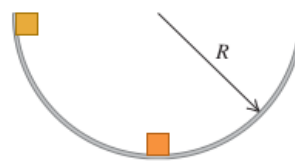


50. Suponha que um acelerador de partículas produz um feixe de partículas α (de massa m_α) cuja velocidade é de $1,50 \cdot 10^7 \text{ m/s}$. O feixe é direcionado a um alvo e algumas partículas que incidem são defletidas por 180° devido a colisões com os núcleos dos átomos que compõem o alvo. Se elas retornarem com uma velocidade de $1,20 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ e a colisão puder ser considerada elástica, com a velocidade inicial do alvo sendo zero,

- (a) Qual é a massa do núcleo do alvo em termos da massa das partículas α ? [R.: $h = 9m_\alpha$.]

- (b) Qual é a velocidade do núcleo do alvo após a colisão? [R.: $v_n = \frac{2}{10}v_\alpha$.]

51. Duas caixas, uma de massa $m = 1,0 \text{ kg}$ (topo) e outra de massa $M = 2m$ (fundo) estão dispostas em uma pista semi-circular de raio $R = 1,0 \text{ m}$ como mostra a figura abaixo. Se a caixa que está no topo da pista for liberada a partir do repouso e a caixa que está na parte mais baixa tem velocidade zero, determine a altura máxima – em relação ao ponto mais baixo – que ambas as caixas atingem após a colisão. Considere que a colisão é elástica. [R.: $h'_1 = R/9$, $h'_2 = 4R/9$.]



52. Uma bola de tênis e uma de basquete — com massas m_t e m_b , respectivamente — são soltas de uma altura h , de forma que seus centros estão perfeitamente alinhados com a vertical (veja a figura abaixo). Elas descem juntas até colidirem com o chão. Calcule a altura máxima H que a bola de tênis atinge no movimento de subida, após a colisão. Assuma que há uma pequena separação entre as duas bolas e que as colisões com o chão e entre as bolas são elásticas. As massas das bolas de tênis e de basquete são $m_t = 56,0 \text{ g}$ e $m_b = 623,7 \text{ g}$, respectivamente, enquanto a distância que percorrem é $h = 1,0 \text{ m}$. [R.: $H = h[(m_t - 3m_b)/(m_t + m_b)]^2 = 7,13 \text{ m}$.]



53. Um bloco de madeira e uma arma de fogo são afixados firmemente a lados opostos de um grande “carrinho” posto sobre um trilho de ar. A arma e o bloco estão a uma distância L um do outro. O sistema está inicialmente em repouso. A arma é disparada e o projétil deixa o cano com velocidade inicial v_0 , colidindo com o bloco, onde fica preso. A massa do projétil é m_p e a massa do sistema arma-carrinho-bloco m_s .

- (a) Qual é a velocidade do carrinho imediatamente após a arma ser disparada? [R.: $v_s = -m_p v_p / m_s$.]
- (b) Qual é a velocidade do carrinho após o projétil colidir com o bloco? [R.: $v_s^F = 0$.]
- (c) Qual é o recuo que o carrinho sofre enquanto o projétil está em trânsito entre a arma e o bloco? [R.:

$$R = -L / (1 + m_s / m_p).]$$

