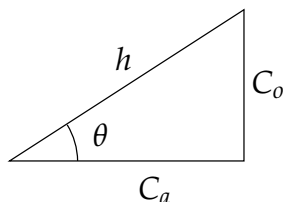


FÍSICA 1

LISTA 3

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:

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

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

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

PROBLEMAS DO LIVRO TEXTO

*Problemas recomendados do livro-texto.***Capítulo 7, Halliday, Resnick, Walker; Oitava edição:** 5, 11, 15, 19, 21, 27, 29.**Capítulo 8, Halliday, Resnick, Walker; Oitava edição:** 1, 4, 5, 7, 8, 10, 15, 17, 18, 21, 24, 27, 29, 36, 40, 49, 53.**Capítulo 9, Halliday, Resnick, Walker; Oitava edição:** 1, 3, 6, 7, 21, 23, 25, 30, 31, 33, 36, 40, 43, 45, 46, 47, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 61, 62, 63, 66, 67, 68.

QUESTÕES DISCURSIVAS

Exemplos de questões discursivas.

1. A energia cinética de um carro varia mais quando ele acelera de 10 a 15 m/s ou quando acelera de 15 a 20 m/s? Explique.
2. Uma força resultante atua sobre um objeto e o acelera a partir do repouso até uma velocidade v_1 . Ao fazer isso, a força realiza um trabalho igual a W_1 . Qual deve ser o fator do aumento do trabalho para que o objeto atinja uma velocidade final três vezes maior, novamente partindo do repouso?
3. Uma bola é lançada verticalmente de baixo para cima com velocidade inicial v_0 . Caso a resistência do ar não seja desprezada, quando a bola retorna para sua altura inicial, sua velocidade é menor do que v_0 . Usando o conceito de energia, explique por quê.
4. Quando as pessoas estão com frio, elas em geral esfregam as mãos para se aquecer. Como esse gesto produz calor? De onde vem a energia necessária?
5. Tendo em mente os conceitos de trabalho realizado por uma força, a variação da energia potencial e a variação da energia cinética, analise a seguinte situação: Um bloco pode descer de uma plataforma (cuja altura em relação ao solo é H) por duas rampas, ambas oferecendo uma força de atrito constante f que se opõe ao movimento (a força é a mesma nos dois casos). As inclinações das rampas são diferentes. A velocidade final ao descer pela rampa com maior inclinação é maior do que se o bloco descer pela rampa com menor inclinação. Como você pode explicar essa diferença? Nesse caso, a energia mecânica não é constante. Por quê?
6. Para rachar um tronco de lenha usando um martelo e uma cunha, um martelo pesado é mais eficiente que um leve? por quê?
7. 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?
8. 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?
9. 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?
 10. 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?
 11. Um jogador de tênis bate em uma bola com uma raquete. Considere o sistema bola e raquete. O momento linear total desse sistema é o mesmo imediatamente antes e imediatamente depois da batida? O momento linear total do sistema imediatamente depois da batida é o mesmo que instantes depois, quando a bola está no auge da trajetória?

QUESTÕES DE PROVAS ANTERIORES

Algumas questões são do livro-texto, outras da lista de exemplos de questões discursivas acima.

1. **Discursiva:** Um estudante acredita que o trabalho total realizado sobre um objeto é igual a sua energia cinética final. Isso é verdade sempre, nunca ou às vezes? Se for verdadeiro às vezes, em que circunstâncias? Se for sempre verdade ou nunca for verdade, explique por que.
2. **Discursiva:** Para os casos mostrados na Figura 1 abaixo, o objeto é liberado do repouso no topo e não sofre resistência do ar. As rampas b e c têm o mesmo comprimento.
 - (a) Os objetos terão velocidades iguais ou diferentes? Se forem diferentes, ordene os casos em ordem crescente de velocidade final. Justifique sua resposta.
 - (b) Se houvesse atrito, sua resposta ao item anterior mudaria? Qual seria a ordem de velocidade final dos objetos?

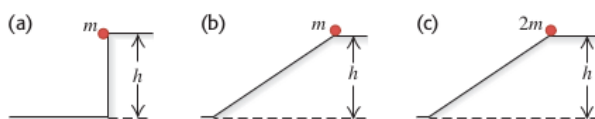


Figura 1: Questão 2

3. **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
 - (a) igual a zero?
 - (b) sempre negativo?
 - (c) ora positivo, ora negativo?
 Explique.

4. **Discursiva**

- (a) Considere a seguinte afirmação: “Em uma prova olímpica de salto com vara, o centro de massa do atleta passa pela parte inferior à barra.”. Esta afirmação é verdadeira ou falsa? Discuta.
- (b) 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 e uma trena, sabendo sua própria massa.

5. **Discursiva:** Considere as seguintes afirmações:

- (a) *A melhor teoria sobre o movimento é a de que forças causam aceleração.*
- (b) *A verdadeira medida da efetividade de uma força é o trabalho que ela realiza e a melhor teoria sobre o movimento é a de que o trabalho realizado sobre um objeto altera a sua energia.*
- (c) *A verdadeira medida do efeito de uma força é o impulso e a melhor teoria sobre o movimento é que o impulso transmitido a um objeto muda o seu momento.*

Discuta a validade dessas afirmações e argumente de forma a ratificá-las ou retificá-las.

- 6. **Discursiva:** A quantidade de energia que um osso pode absorver antes de se quebrar varia conforme sua área de seção reta e sua elasticidade. Para os ossos das pernas, esse valor é de aproximadamente 200 J. De que altura uma pessoa de 60 kg pode cair de forma que sua energia potencial gravitacional seja absorvida pelos ossos das pernas (200 J por perna)? Considerando o resultado encontrado, explique como o ato de flexionar as pernas durante o impacto é capaz de ajudar a absorver choques maiores. *Imagine o seguinte processo: Energia é transferida do potencial gravitacional para Energia cinética e desta para a Energia elástica associada à deformação do osso. Ao flexionarmos as pernas, adicionamos algum elemento capaz de se deformar e absorver parte da energia?*
- 7. **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.
- 8. 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.
- 9. **Discursiva:** Para rachar um tronco de lenha usando um martelo e uma cunha, um martelo pesado é mais eficiente que um leve? Por quê?
- 10. **Discursiva:** Um foguete encontra-se no espaço, longe de qualquer planeta ou estrela, sendo que sua velocidade é nula. Subitamente, ele explode em vários pedaços.
 - (a) O momento linear do sistema antes e depois da explosão se mantém o mesmo? Justifique sua resposta.
 - (b) A energia cinética do sistema antes e depois da explosão se mantém a mesma? Justifique sua resposta.

11. **Discursiva:** Um foguete de brinquedo é lançado a um ângulo com a horizontal. Em certo momento, ele se parte em dois pedaços.

- Descreva a trajetória percorrida pelo centro de massa do sistema (conjunto de partes do foguete). O que acontece com o momento linear do sistema? Justifique sua resposta.
- Existe alguma componente do momento linear que se conserva? Justifique.

TRABALHO E ENERGIA CINÉTICA

12. Um projétil cuja massa m é de 3 kg é lançado e atinge um morro com uma velocidade $v = 480$ m/s, perpendicular à superfície. O projétil penetra 30 cm no chão.

- Use o teorema trabalho-energia para encontrar a força média que para o projétil. **R.:** $F_{\text{Med}} = 1,152 \cdot 10^6$ N.
- Assumindo que a força seja constante, determine quanto tempo transcorreu entre o momento em que o projétil atingiu a superfície e o momento em que ele para. **R.:** $t = 1,25$ ms.
- Se o projétil atingisse uma mola de $k = 1,3 \times 10^3$ N/m, qual seria o deslocamento máximo da mola? **R.:** $\Delta x = 23,06$ m.
- Se ele atingisse uma mola e o deslocamento correspondente fosse, novamente, de 30 cm, qual seria o valor da constante da mola? **R.:** $k = 7,68 \cdot 10^6$ N/m.

13. Um objeto de 8,0 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 2 mostra a energia cinética K em função da posição x quando o objeto se desloca de $x = 0$ até $x = 5$ m. A força continua a agir. Qual é a velocidade do objeto quando ele passa de volta por $x = -3,0$ m? **R.:** $v = 3,46$ m/s².

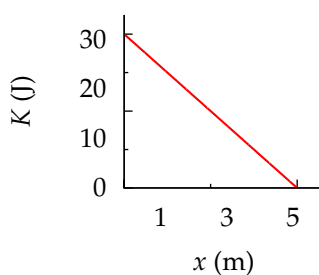


Figura 2: Questão 13.

14. Um bloco é lançado para cima em uma rampa sem atrito, ao longo do eixo x paralelo ao plano inclinado e que aponta para cima. A Figura 3 mostra a energia cinética do bloco em função da posição x . Se a velocidade inicial do bloco é de 4 m/s, qual é a força normal que age sobre o bloco? **R.:** $N = 44,73$ N.

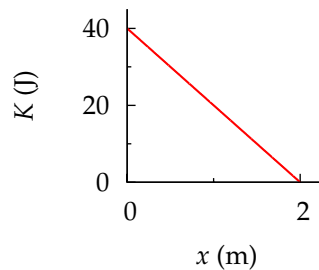


Figura 3: Questão 14.

15. Um cliente de um supermercado empurra um carrinho com uma força de 35 N de cima para baixo, formando um ângulo de 35° com a horizontal. A força é suficiente para equilibrar as diversas forças de atrito que atuam sobre o carrinho, mantendo-o com velocidade constante.
 - (a) Encontre o trabalho realizado pelo cliente quando ele se desloca ao longo de um corredor de 50 m. **R.:** $W_c = 1\,433,5\text{ J}$.
 - (b) Qual é o trabalho total realizado pelas diversas forças que atuam sobre o carrinho? **R.:** $W_{at} = -1\,433,5\text{ J}$.
16. Um bloco de 6,0 kg escorrega 1,5 m abaixo sobre um plano inclinado que forma um ângulo de 60° com a horizontal. O coeficiente de atrito cinético entre as duas superfícies é $\mu_c = 0,03$.
 - (a) Desenhe o diagrama de corpo livre e encontre o trabalho realizado por cada força. **R.:** $W_N = 0\text{ J}$, $W_{at} = -1,32\text{ J}$ e $W_P = 76,38\text{ J}$.
 - (b) 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.:** $W_T = 75,06\text{ J}$, $v_f = 5,83\text{ m/s}$.
17. Dois blocos estão conectados por uma corda de massa desprezível e que passa por uma polia conforme mostra a Figura 4. Os blocos se deslocam em 0,75 m, com velocidade constante. Durante este processo, qual é o trabalho realizado
 - (a) Pela força peso do bloco de 12,0 N. **R.:** $W_P = 9\text{ J}$.
 - (b) Pela tensão sobre o bloco de 12,0 N. **R.:** $W_T = -9\text{ J}$.
 - (c) Pela força de atrito. **R.:** $W_{at} = -9\text{ J}$.
 - (d) Mostre que o trabalho total realizado sobre o bloco de 20,0 N é zero, e que isso é consistente com o teorema trabalho-energia ($\Delta K = W$). **R.:** $W_P = 0\text{ J}$, $W_N = 0\text{ J}$, $W_{at} = -9\text{ J}$, $W_T = 9\text{ J}$, $W_{Tot} = 0 = \Delta K$.
18. 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) A velocidade inicial da pedra. **R.:** $v = 30,31\text{ m/s}$.
 - (b) A altura máxima que a pedra atinge a partir do ponto inicial. **R.:** $h = 46,87\text{ m}$.

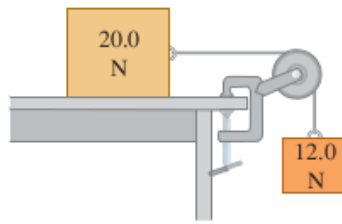


Figura 4: Questão 17

19. Na Figura 5, uma força horizontal \vec{F}_a de magnitude 200,0 N é aplicada a um livro de Psicologia cuja massa é de 3,0 kg, fazendo-o subir uma distância $d = 0,5$ m sobre uma rampa sem atrito cujo ângulo com a horizontal é de $30,0^\circ$.
- (a) Durante o deslocamento, quais são os trabalhos realizados pelas forças \vec{F}_a , gravitacional, e normal? **R.:** $W_N = 0$ J, $W_P = -7,35$ J, $W_{F_a} = 86,60$ J.
- (b) Se o livro tem energia cinética nula no início do deslocamento, qual é a sua velocidade ao terminar de subir a rampa? **R.:** $v = 7,27$ m/s.

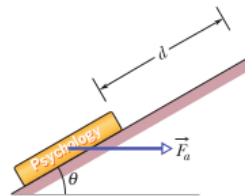


Figura 5: Questão 19

20. Uma caixa de 10,0 kg é erguida por uma esteira que desliza sobre um plano inclinado cujo ângulo acima da horizontal é de $36,9^\circ$, percorrendo uma distância de 5,5 m ao longo do plano inclinado. Se a velocidade com que a caixa sobe é constante, qual é o trabalho realizado nesse deslocamento pelas forças
- (a) gravitacional? **R.:** $W_P = -323,63$ J.
- (b) de atrito (que atua na caixa)? **R.:** $W_{at} = 323,63$ J.
21. Um pequeno bloco com massa de 0,120 kg está ligado a um fio que passa através de um buraco em uma superfície horizontal sem atrito, conforme mostra a Figura 6. Inicialmente, o bloco gira a uma distância de 0,4 m do buraco, com uma velocidade de 0,7 m/s. A seguir, o fio é puxado por baixo, fazendo o raio do círculo encurtar para 0,1 m. Nessa nova distância, verifica-se que sua velocidade passa a ser 2,8 m/s.
- (a) (10 pontos) Qual foi o trabalho realizado pela pessoa que puxou o fio? **R.:** $W_T = 0,441$ J.
- (b) (10 pontos) Quais são os valores de tensão no fio para manter o sistema nas configurações inicial e final? **R.:** $T_f = 9,408$ N.

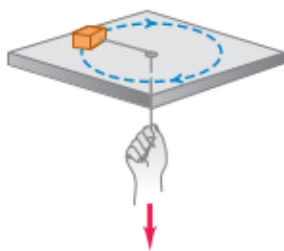


Figura 6: Questão 21.

ENERGIA POTENCIAL E ENERGIA MECÂNICA

22. Um bloco de massa $m = 5 \text{ kg}$ é solto a partir do repouso no ponto A e desliza ao longo do escorregador sem atrito, conforme a Figura 7.
- (a) Determine o trabalho realizado pela força da gravidade nos deslocamentos de A até B e de A até C. **R.:** $W_{AB} = 88,2 \text{ J}$, $W_{AC} = 147 \text{ J}$.
- (b) Determine a velocidade nos pontos B e C. **R.:** $v_B = 5,94 \text{ m/s}$, $v_C = 7,67 \text{ m/s}$.

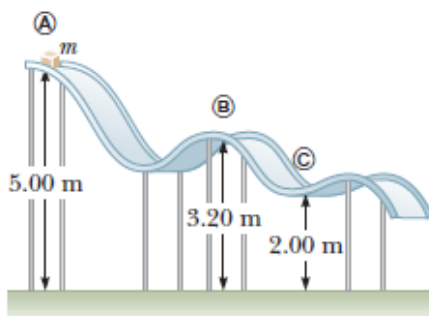


Figura 7: Questão 22.

23. Na Figura 8, 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.:** $d_{\text{máx.}} = 0,82 \text{ m}$.

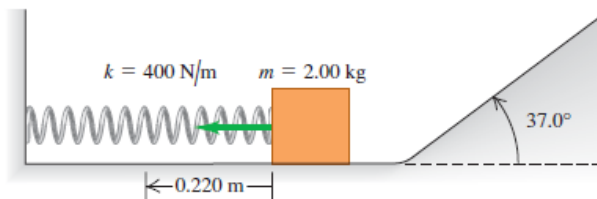


Figura 8: Questão 23.

24. Uma conta é solta a partir do repouso na posição mostrada na Figura 9. Se $h = 3R$, onde $R = 10\text{ cm}$, qual é a velocidade da conta no ponto A mostrado na figura? Considere que o atrito entre a conta e o fio seja nulo. **R.:** $v_f = 1,4\text{ m/s}$.

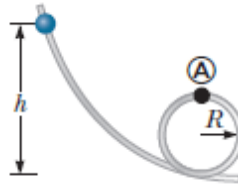


Figura 9: Questão 24.

25. Um bloco de massa $m = 4,00\text{ kg}$ é deixado cair de uma altura h sobre uma mola de constante elástica $k = 1040,0\text{ N/m}$, causando uma compressão da mola (Figura 10). 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.:** $h = 0,38\text{ m}$.

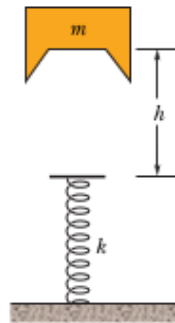


Figura 10: Questão 25.

26. Um carro de montanha-russa com massa de $350,0\text{ kg}$ e velocidade inicial zero começa a descer a partir do ponto A mostrado na Figura 11. A altura dos trilhos neste ponto é de $25,0\text{ m}$ em relação ao solo. Despreze as forças de arrasto e de atrito.
- Qual será a velocidade do carro no cume intermediário, cuja altura é de $16,0\text{ m}$ em relação ao solo? **R.:** $v = 13,28\text{ m/s}$.
 - Qual é a altura mínima da qual o carro deve partir (com velocidade inicial zero) para poder percorrer a parte circular da pista sem perder contato com os trilhos no ponto B? Se o carro for solto no ponto adequado da rampa inicial, ele conseguirá passar pelo cume intermediário? **R.:** $h = 15\text{ m}$; não.
27. Um bloco de massa $m = 2,00\text{ kg}$ está conectado a uma mola de constante k desconhecida, conforme mostra a Figura 12. O bloco é deslocado até uma posição $x_i = 5,00\text{ cm}$ à direita da posição de equilíbrio e solto a partir do repouso.

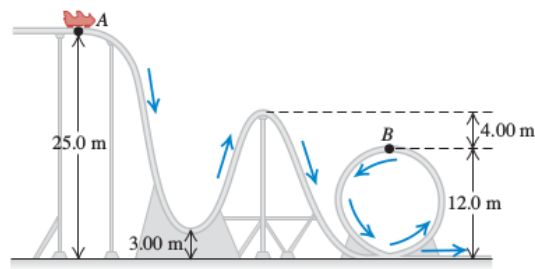


Figura 11: Questão 26.

- (a) Se a velocidade com que o bloco passa pela posição de equilíbrio ($x = 0$) é $v = 0,79 \text{ m/s}$, determine a constante elástica da mola. Desconsidere o atrito entre o bloco e piso. **R.:** $k = 499,28 \text{ N/m}$.
- (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.:** $v_f = 0,53 \text{ m/s}$.

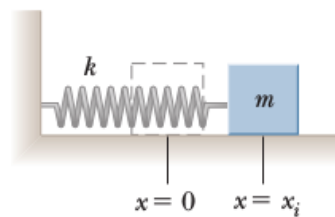


Figura 12: Questão 27.

28. 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 13. 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.:** $v = 4,427 \text{ m/s}$.
- (b) Determine a altura máxima que o bloco da esquerda atinge acima da mesa. **R.:** $h' = 5 \text{ m}$.

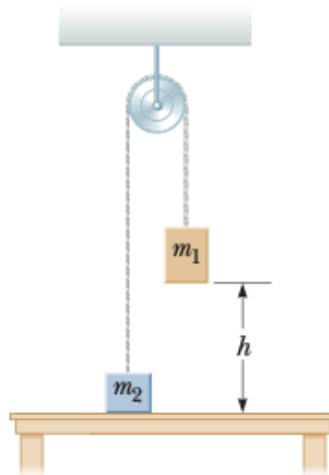


Figura 13: Questão 28.

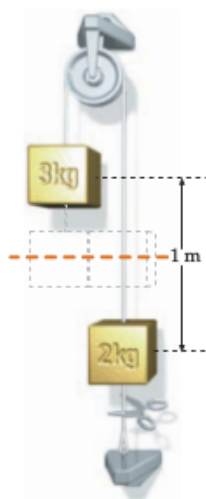


Figura 14: Questão 29.

29. O sistema mostrado na Figura 14 consiste de dois blocos de mesmas dimensões, um com massa $m_1 = 3,0 \text{ kg}$ (topo) e outro com massa $m_2 = 2,0 \text{ kg}$, ligados por uma corda de massa desprezível e que passa por uma polia – também de massa desprezível – presa ao teto de uma sala. Um objeto com $1,0 \text{ kg}$ de massa está preso ao bloco de massa m_2 por outra corda de massa desprezível, mantendo o sistema em equilíbrio. A distância inicial entre os centros dos dois blocos é de $1,0 \text{ m}$. Após a corda que liga o objeto ao segundo bloco ser cortada, o sistema passará a acelerar. Utilize a conservação da energia mecânica para calcular a velocidade dos blocos no momento em que ambos estão lado a lado, à mesma altura em relação ao solo. **R.:** $v_f = 1,4 \text{ m/s}$.
30. A Figura 15 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 velocidade da bola no ponto da trajetória circular de raio r que está a direita do ponto P (na mesma linha horizontal). **R.:** $v_f = 3,8 \text{ m/s}$.
 - 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.:** $h = 1,125 \text{ m}$.

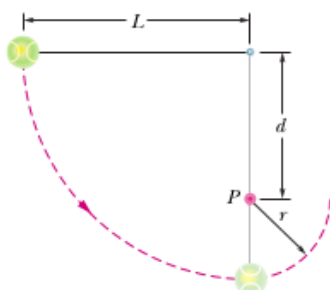


Figura 15: Questão 30.

31. Uma criança desce a partir do repouso por um escorregador sem atrito, conforme a Figura 16. 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.:** $H = \frac{d^2}{4h} + h$.
32. Um pêndulo, consistindo de uma corda leve de comprimento L e de uma pequena esfera, está livre para oscilar em um plano vertical, conforme a Figura 17. A uma distância d , abaixo do ponto de fixação, o fio bate em um eixo fino que impede a sua passagem.
- Mostre que se a esfera for solta a partir de uma altura h inferior àquela do eixo, a altura máxima que ela atingirá na oscilação à direita do eixo será também dada por h .

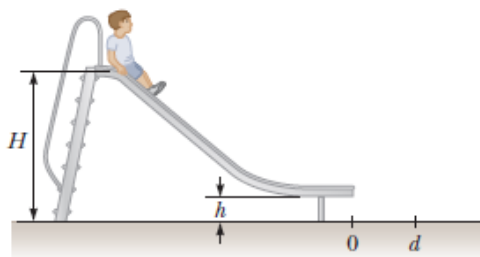


Figura 16: Questão 31.

- (b) Mostre que se o pêndulo for solto com um ângulo $\theta = 90^\circ$, a distância d mínima para que a esfera possa executar uma volta completa em torno do eixo é dada por

$$d = \frac{3L}{5} \quad (41)$$

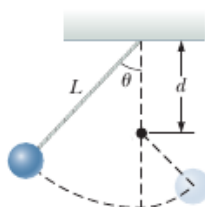


Figura 17: Questão 32.

GRÁFICOS DE ENERGIA POTENCIAL E CÁLCULO DA FORÇA A PARTIR DE UM POTENCIAL

33. 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 18.
- Determine os pontos de equilíbrio e os classifique como estáveis e instáveis. **R.:** b é de equilíbrio estável e d instável.
 - 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.
34. A Figura 19 mostra o gráfico do potencial associado a uma força unidimensional conservativa.
- 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.:** $F_A < 0$, $F_B = 0$, $F_C > 0$, $F_D < 0$, $F_E < 0$, $F_F \approx 0$
 - Ordene os pontos em ordem decrescente de intensidade da força. **R.:** $|F_C| > |F_A| > |F_E| > |F_D| > |F_F| > |F_B|$.
35. A Figura 20 mostra um gráfico da energia potencial U em função da posição para uma partícula sujeita a uma força conservativa unidimensional.

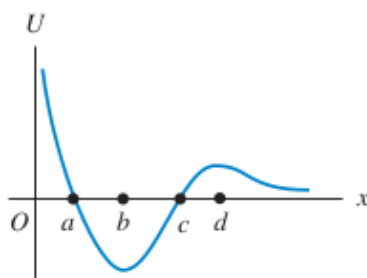


Figura 18: Questão 33.

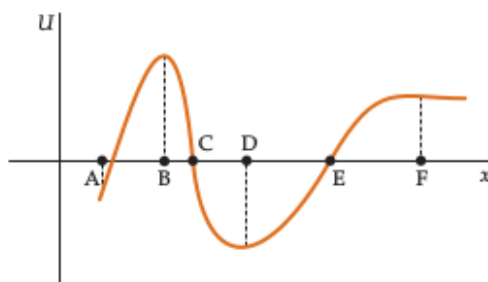


Figura 19: Questão 34.

- (a) Descreva quais são os pontos e regiões de equilíbrio presentes no gráfico. **R.:** $x \approx 4,8$ 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 $x = 2$ m, indique no gráfico qual é a energia mecânica do sistema e verifique quais são os pontos de retorno (aproximadamente). **R.:** $x = 2$ m e $x \approx 7,5$ m.
- (c) Sabendo que $U_A = 9,00$ J e $U_C = 20,00$ 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.:** $F = 5,5$ N.

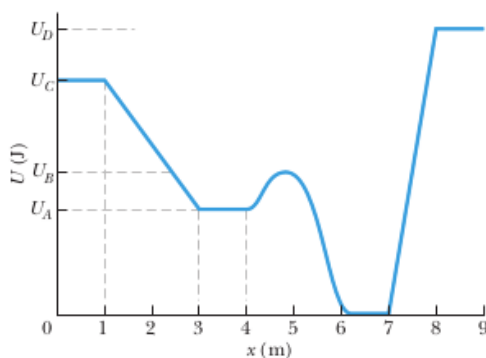


Figura 20: Questão 35.

36. A Figura 21 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

$$U(y) = 0.476y^2 - 2.524y + 5.143,$$

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.:** $y = 2,65 \text{ m}$

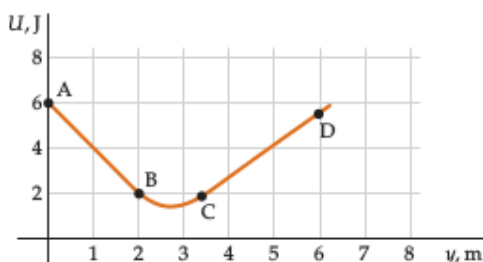


Figura 21: Questão 36.

37. A uma força F_x que atua sobre uma partícula, está associada a uma energia potencial $U(x) = C_1x - C_2x^4$, onde C_1 e C_2 são constantes positiva cujos módulos são 8 J/m e $2,5 \text{ J/m}^4$, respectivamente.
- (a) Determine o ponto de equilíbrio (ou os pontos de equilíbrio) para o potencial acima. **R.:** Só há um ponto, $x = 0,928 \text{ m}$.
- (b) Calcule a força que atua sobre a partícula em um ponto um pouco à esquerda e em um ponto um pouco à direita do ponto (ou pontos) de equilíbrio e determine se o ponto é de equilíbrio estável ou instável. **R.:** Instável.

VARIAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA E TRABALHO DE FORÇAS EXTERNAS

38. Na Figura 22, a massa $m_2 = 5 \text{ kg}$ está presa a um bloco de massa $m_1 = 3 \text{ kg}$ de forma que o sistema pode se mover. Há, no entanto, uma força de atrito cinético entre o bloco e a mesa, com $\mu_c = 0,4$. Calcule a velocidade do bloco quando a massa m_2 tiver caído uma distância $h = 1,5 \text{ m}$, assumindo que o sistema partiu do repouso. **R.:** $v = 3,74 \text{ m/s}$.
39. Um bloco é liberado a partir do repouso na posição A mostrada na Figura 39. A pista tem atrito desprezível, exceto no trecho entre B e C , cujo comprimento é de 6 m . Se o bloco tem massa de 10 kg , $\mu_c = 0,3$ e $k = 2000 \text{ N/m}$, qual será a máxima compressão da mola? *Divida o problema em três partes: O deslocamento de A até B , de B até C e de C até colidir com a mola.* **R.:** $\Delta x = 0,343 \text{ m}$.
40. Um bloco de massa $m = 0,5 \text{ kg}$ é empurrado contra uma mola horizontal de massa negligível até que a mola seja comprimida de uma distância x em relação à posição relaxada (Figura 24). A constante k da mola é de 450 N/m . Quando o bloco é solto, ele anda por uma superfície

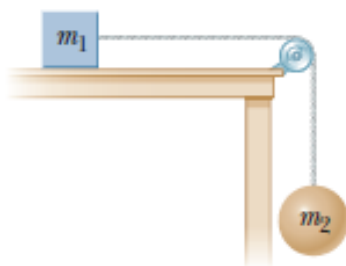


Figura 22: Questão 38.

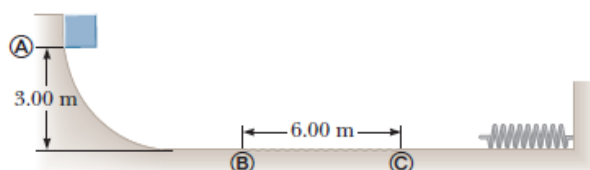


Figura 23: Questão 39.

horizontal sem atrito até o ponto A, onde ele começa a subir uma rampa circular de raio $R = 1$ m. Na rampa, o atrito não é nulo, e sua intensidade é $f_{at} = 7$ N (constante).

- Calcule o deslocamento x mínimo necessário para que o bloco consiga chegar ao ponto mais alto da rampa. **R.:** $x = 39$ cm.
- Se o deslocamento inicial da mola for de 1 m, qual será a velocidade do bloco ao terminar de percorrer a rampa circular? **R.:** $v = 26,9$ m/s.

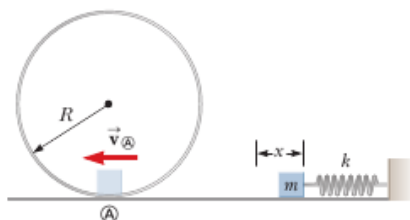


Figura 24: Questão 40.

CENTRO DE MASSA

- Considere a placa da Figura 25, cuja densidade é uniforme. Calcule a posição do centro de massa da placa. **R.:** $\vec{r}_{CM} = -0,25d\hat{i} + 0\hat{j}$.
- Uma placa metálica tem a forma mostrada na Figura 26. Determine as coordenadas x e y do centro de massa da placa. **R.:** $\vec{r}_{CM} = 11,67$ cm $\hat{i} + 13,33$ cm \hat{j} .
- Escolha um sistema de coordenadas conveniente (defina a origem e a direção dos eixos) e calcule as coordenadas x e y do centro de massa da placa da Figura 27. A densidade de massa

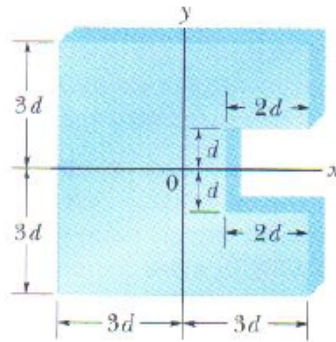


Figura 25: Questão 41.

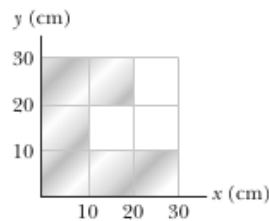


Figura 26: Questão 42.

por unidade de área σ é constante. As medidas da figura estão em centímetros. *Lembre-se que* $m = \sigma \cdot A$. **R.:** $\vec{r}_{CM} = 40 \text{ cm } \hat{i} - 35 \text{ cm } \hat{j}$.

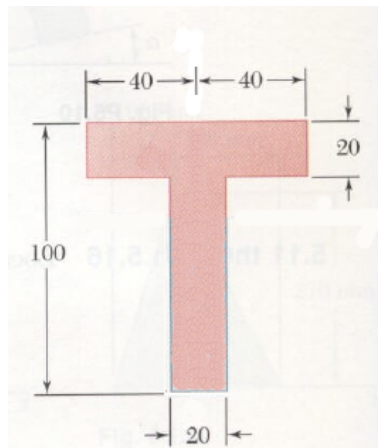


Figura 27: Questão 43.

44. Calcule as coordenadas x e y do centro de massa da placa da Figura 28. A densidade de massa por unidade de área σ é constante. *Lembre-se que* $m = \sigma \cdot A$. **R.:** $\vec{r}_{CM} = 14 \text{ cm } \hat{i} + 16,5 \text{ cm } \hat{j}$.
45. Na Figura 29, 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 $0,7m$. 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

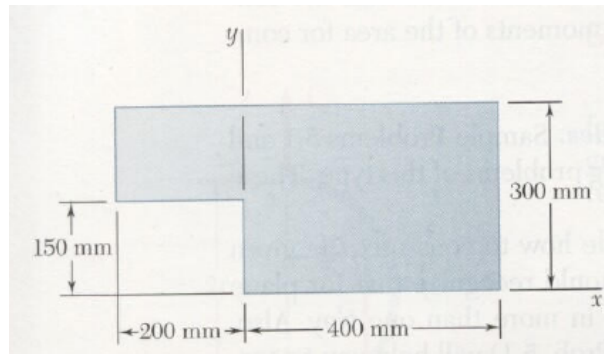


Figura 28: Questão 44.

do centro de massa. **R.:** $\vec{r}_{CM} = 23,52 \text{ cm } \hat{i} - 14,04 \text{ cm } \hat{j}$.

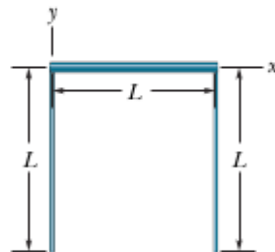


Figura 29: Questão 45.

46. Duas hastes cilíndricas de dimensões idênticas (com comprimento L e diâmetro $D \ll L$ (D muito menor que L)) são soldadas uma a outra pelas extremidades, formando um ângulo de 90° . Uma das hastes tem densidade volumétrica de massa três vezes maior que a outra. Encontre a posição do centro de massa em termos de L , assumindo que a origem se encontra no ponto de junção entre as hastes e que a de maior densidade aponta na direção positiva do eixo x , enquanto a outra aponta na direção positiva do eixo y . **R.:** $\vec{r} = 3/8L \hat{i} + 1/8L \hat{j}$
47. **Plutão e Caronte:** O diâmetro de Plutão é de aproximadamente 2 370 km, enquanto o diâmetro de seu maior satélite – Caronte – é de 1 250 km. A distância entre seus centros é de aproximadamente 19 700 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.:** $x_{CM} = 2 520 \text{ km}$.

MOMENTO LINEAR E CONSERVAÇÃO DO MOMENTO LINEAR

48. Os blocos A e B na Figura 30 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) Qual era a energia potencial armazenada na mola? **R.:** $U_e = 8,64 \text{ J}$.

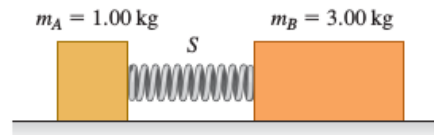


Figura 30: Questão 48.

49. Na Figura 31, temos um pêndulo balístico. O projétil com massa m_1 e velocidade v_1 atinge o pêndulo de massa m_2 , ficando alojado no bloco após a colisão.
- (a) Prove que a razão entre a energia cinética final e a energia cinética inicial do sistema (imediatamente após a colisão) é dada por $m_1 / (m_1 + m_2)$.
- (b) Calcule a razão entre o momento linear final e o momento linear inicial do sistema (imediatamente após a colisão). **R.:** $P_f / P_i = 1$.

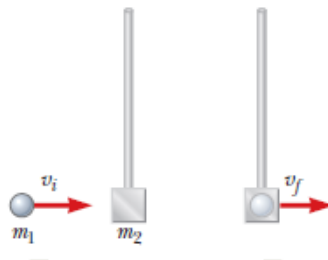


Figura 31: Questão 49.

50. A Figura 32 mostra três blocos que se deslocam sobre uma superfície sem atrito. Suas massas são $m_1 = 4 \text{ kg}$, $m_2 = 10 \text{ kg}$ e $m_3 = 3 \text{ kg}$, enquanto suas velocidades são $v_1 = 5 \text{ m/s}$, $v_2 = 3 \text{ m/s}$ e $v_3 = -4 \text{ m/s}$, considerando o eixo x horizontal para a direita. As superfícies laterais dos blocos são cobertas por velcro, por isso os blocos permanecem ligados após colidirem.
- (a) Encontre a velocidade final do conjunto de blocos após os três colidirem. **R.:** $v = 2,24 \text{ m/s}$.
- (b) A resposta do item (a) depende da ordem de colisão dos blocos? Justifique sua resposta.
R.: Não.

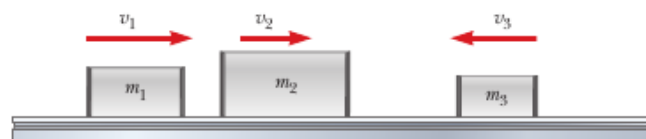


Figura 32: Questão 50.

51. Um bloco de madeira de massa $M = 1,25 \text{ kg}$ repousa sobre uma mesa, de acordo com a Figura 33. Um projétil de massa $m = 5 \text{ g}$ 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.
- (a) Descreva como seria possível encontrar a velocidade inicial do projétil usando conservação do momento linear e conservação da energia mecânica.
- (b) Encontre a velocidade inicial do projétil. **R.:** $v_i = 521,21 \text{ m/s}$.

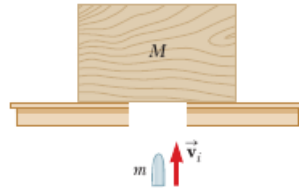


Figura 33: Questões 51 e 54.

52. A Figura 34 abaixo mostra uma colisão entre um projétil de massa $m = 20 \text{ g}$ e velocidade v e um pêndulo formado por uma massa $M = 1 \text{ kg}$ e uma haste rígida de comprimento $\ell = 35 \text{ cm}$. 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.:** $v = 370,41 \text{ m/s}$.

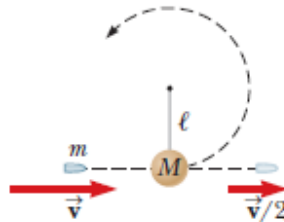


Figura 34: Questão 52.

53. Na Figura 35, parte (a), uma bala de $3,50 \text{ g}$ é disparada horizontalmente contra dois blocos inicialmente em repouso sobre uma mesa sem atrito. A bala atravessa o bloco 1 (com $1,20 \text{ kg}$ de massa) e fica alojada no bloco 2 (com $1,80 \text{ kg}$ de massa). Os blocos terminam com velocidades $v_1 = 0,630 \text{ m/s}$ e $v_2 = 1,40 \text{ m/s}$ (Figura 35, parte (b)). Desprezando o material removido do bloco 1 pela bala, encontre a velocidade da bala ao sair do bloco 1 e ao entrar no bloco 1. **R.:** $v_p^{AC1} = 937,4 \text{ m/s}$, $v_p^{AC2} = 721,4 \text{ m/s}$.
54. Na Figura 33, uma bala de 10 g que se move verticalmente para cima a 1000 m/s se choca com um bloco de $5,0 \text{ kg}$ inicialmente em repouso, passando pelo seu centro de massa. A bala deixa o bloco movendo-se verticalmente para cima a 400 m/s . Que altura máxima o bloco atinge em relação à posição inicial? **R.:** $h = 7,3 \text{ cm}$.

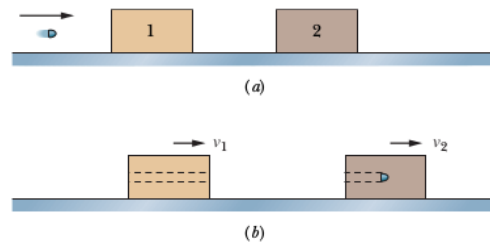


Figura 35: Questão 53.

55. 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.
56. Na Figura 36, um bloco estacionário explode em duas partes que então escorregam por uma superfície sem atrito. A parte esquerda, cuja massa é $m_L = 2,0 \text{ kg}$, chega ao final da superfície sem atrito e encontra uma superfície com coeficiente de atrito cinético $\mu_L = 0,40$, sobre a qual desliza $15,0 \text{ cm}$ até parar. A parte direita encontra uma superfície com coeficiente de atrito $\mu_R = 0,50$ e desliza $25,0 \text{ cm}$. Qual é a massa total do bloco? **R.:** $m_R = 1,38 \text{ kg}$, $m_{\text{Total}} = 3,38 \text{ kg}$.

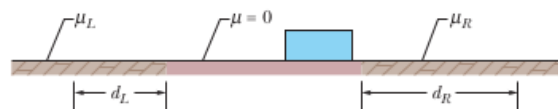


Figura 36: Questão 56.

IMPULSO

57. 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.

- Qual é a velocidade máxima que Jane atinge (em km/h)? **R.:** 79,69 km/h
- Qual é a altura máxima que ambos atingirão no movimento de subida? **R.:** 3,94 m
- 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.:** 7 206,84 N

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

COLISÕES ELÁSTICAS E INELÁSTICAS

58. Um carro com massa de 1200 kg e velocidade $v_{Ci} = 25$ m/s, viajando para a direita, colide atrás de um caminhão de 9000 kg (Figura 37). A velocidade do caminhão inicialmente era $v_{Ti} = 20$ m/s, também para a direita. A velocidade do carro imediatamente após a colisão é $v_{Cf} = 18$ m/s para a direita.

- Qual é a velocidade do caminhão após a colisão? **R.:** $v = 20,93$ m/s.
- Qual é a energia cinética antes e depois da colisão? A colisão é elástica? **R.:** $K_i = 2,175 \cdot 10^6$ J, $K_f = 2,166 \cdot 10^6$ J. Não é elástica.

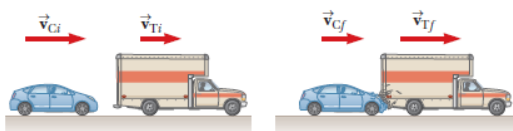


Figura 37: Questão 58.

59. Em testes para avaliar a segurança de automóveis, são realizadas colisões contra barreiras fixas deformáveis a uma velocidade de $64,0$ km/h. No entanto, tal simulação só descreve bem o cenário de dois carros de massas similares colidindo frontalmente. No caso de um dos carros ter uma massa maior que outro, os resultados podem ser muito piores que o esperado para o automóvel com a menor massa.

- Na Figura 38, dois carros estão prestes a colidir. Assumindo que a colisão é completamente inelástica, calcule qual será a velocidade dos carros após a colisão. Calcule a variação da velocidade de cada um deles e, assumindo que o tempo de colisão seja de $0,1$ s, determine a aceleração média a que cada carro estará sujeito. **R.:** $v_{1,2}^{DC} = 16,8$ m/s, $\bar{a}_1 = 288$ m/s², $\bar{a}_2 = 32$ m/s².

- (b) Assuma agora que ambos os carros colidem com barreiras fixas e que permaneçam parados após a colisão. Determine a aceleração a que cada um estará sujeito. **R.:** $\bar{a}_1 = 120 \text{ m/s}^2$, $\bar{a}_2 = 200 \text{ m/s}^2$. Verificar as respostas, estão incorretas.
- (c) Se uma mola longa e de massa desprezível, com constante elástica 2500 N/M fosse afixada a um dos carros, de maneira a amortecer a colisão, qual seria sua compressão máxima durante a colisão e qual seria a força máxima que ela exerceria sobre os carros? **R.:** $K_i = 446,4 \cdot 10^3 \text{ J}$, $K_f = 423,36 \cdot 10^3 \text{ J}$, $\Delta x = 4,29 \text{ m}$. Verificar as respostas, estão incorretas



Figura 38: Questão 59.

60. 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 39. 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.:** $h'_1 = 0,11 \text{ m}$, $h'_2 = 0,444 \text{ m}$.

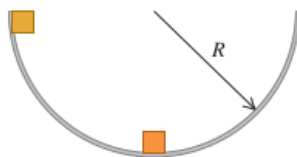


Figura 39: Questões 60 e 61.

61. Duas caixas idênticas de massa m estão dispostas em uma pista semi-circular de raio $R = 10 \text{ m}$ como mostra a Figura 39. 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.:** $h = R/4$.
62. Dois blocos podem deslizar ao longo da superfície sem atrito da Figura 40. O bloco de massa $m_1 = 5 \text{ kg}$ é solto da posição mostrada na figura, com $h = 5 \text{ m}$. Na frente do bloco 1 há um ímã que repele outro ímã fixado no bloco 2, cuja massa é $m_2 = 10 \text{ kg}$ e cuja velocidade inicial é zero. Os dois ímãs nunca se tocam, mas podemos considerar que os dois blocos colidem elasticamente.
- (a) Calcule a velocidade final do bloco 2. **R.:** $v = 6,6 \text{ m/s}$.
- (b) Calcule a que altura o bloco 1 é capaz de voltar. **R.:** $h' = 0,56 \text{ m}$.

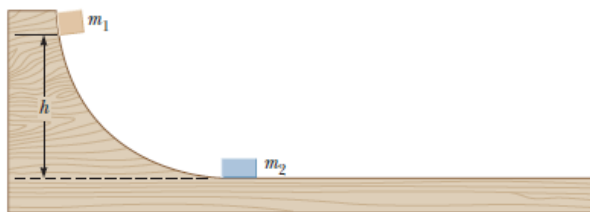


Figura 40: Questão 62.

63. 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 (Figura 41). 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.:** $H = 7,13\text{ m}$.



Figura 41: Questão 63.

64. **A descoberta do núcleo atômico.** Em 1909, Hans Geiger e Ernest Marsden, sob a supervisão de Ernest Rutherford, realizaram um experimento com a intenção de estudar a estrutura dos átomos. Segundo o modelo de Thompson, os átomos seriam esferas de carga positiva dentro da qual cargas negativas estariam imersas. Para testar tal hipótese, Geiger e Marsden realizaram um experimento de espalhamento de partículas α por uma fina folha de ouro (uma partícula α é um núcleo de hélio, ou seja, é composta de dois prótons e dois nêutrons).

De acordo com o modelo de Thompson, se observaria que todas as partículas α seriam defletidas por pequenos ângulos, já que elas são muito massivas e colidiriam com os elétrons, cuja massa é pequena, e passariam sem sofrer influência significativa da “núvem” positiva. Os resultados do experimento mostraram que para a grande maioria das partículas, não haviam nenhum desvio apreciável, mas para algumas o desvio podia chegar a 180° , ou seja, elas voltavam pela direção em que incidiam. Levando-se em consideração as propriedades das colisões, tais resultados não são compatíveis com o modelo de Thompson.

Para explicar tal resultado, Rutherford elaborou um novo modelo para o átomo: quase toda a massa do átomo se concentra em um núcleo positivo no centro e os elétrons “orbitam” tal núcleo.

Considerando o texto acima, suponhamos 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 defletidos por 180° . Se elas retornarem com

uma velocidade de $1,20 \cdot 10^7$ 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.:** $v_n = \frac{2}{10}v_\alpha^i$.

65. Um próton, cuja massa é m_p , colide elasticamente com o núcleo de um átomo de carbono. Inicialmente, a velocidade do próton é de 300 m/s, sendo que o núcleo se encontra em repouso. Após a colisão, ele volta pela mesma direção em que incidiu.

(a) Se a velocidade de recuo do núcleo, isto é, a velocidade que ele adquire depois da colisão é de 46,15 m/s, qual é a sua massa em termos da massa do próton? **R.:** $m_N = 12m_p$

(b) Qual é a velocidade do próton após a colisão? **R.:** $v_p^{DC} = -253,85$ m/s

COLISÕES BIDIMENSIONAIS

66. As esferas A, B e C – de massas $m_A = 0,200$ kg, $m_B = 0,300$ kg e $m_C = 0,500$ kg – se aproximam da origem de um sistema de coordenadas desenhado em uma mesa sem atrito (Figura 42). As velocidades iniciais de A e B são dadas na figura. Todas as esferas chegam à origem ao mesmo tempo e colidem de forma perfeitamente inelástica.

(a) Qual é a velocidade inicial de C – em termos dos vetores unitários – para que após a colisão o objeto composto pelas três esferas viaje com velocidade $v = 0,5$ m/s na direção positiva de x ? **R.:** $\vec{v}_C^{AC} = 1,75 \text{ m/s}\hat{i} + 0,26 \text{ m/s}$.

(b) Qual é a razão entre as energias cinéticas antes e depois da colisão? **R.:** $K_i = 1,045$ J, $K_f = 0,125$ J.

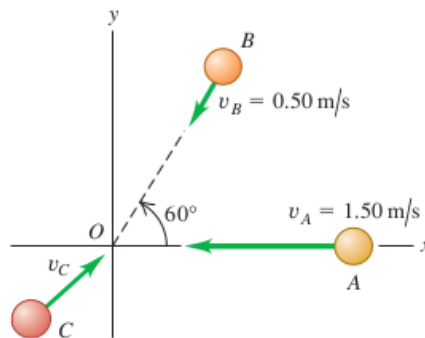


Figura 42: Questão 66.