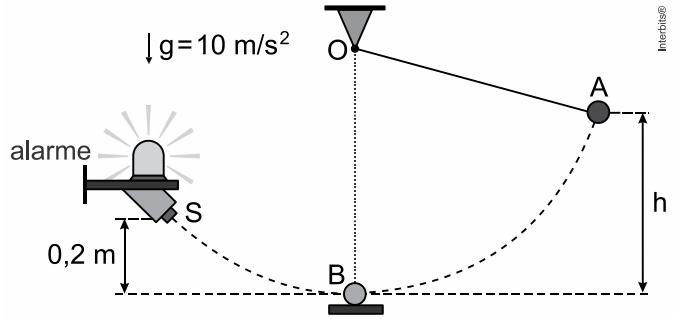
Quantidade de Movimento

1. (Unicamp 2016) Beisebol é um esporte que envolve o arremesso, com a mão, de uma bola de $140\ g$ de massa na direção de outro jogador que irá rebatê-la com um taco sólido. Considere que, em um arremesso, o módulo da velocidade da bola chegou a $162\ km/h$, imediatamente após deixar a mão do arremessador. Sabendo que o tempo de contato entre a bola e a mão do jogador foi de $0{,}07\ s$, o módulo da força média aplicada na bola foi de

a) $324{,}0\ N$.
b) $90{,}0\ N$.
c) $6{,}3\ N$.
d) $11{,}3\ N$.

2. (Unesp 2016) Duas esferas, A e B, de mesma massa e de dimensões desprezíveis, estão inicialmente em repouso nas posições indicadas na figura. Após ser abandonada de uma altura h, a esfera A, presa por um fio ideal a um ponto fixo O, desce em movimento circular acelerado e colide frontalmente com a esfera B, que está apoiada sobre um suporte fixo no ponto mais baixo da trajetória da esfera A. Após a colisão, as esferas permanecem unidas e, juntas, se aproximam de um sensor S, situado à altura $0{,}2\ m$ que, se for tocado, fará disparar um alarme sonoro e luminoso ligado a ele.



Compare as situações imediatamente antes e imediatamente depois da colisão entre as duas esferas, indicando se a energia mecânica e a quantidade de movimento do sistema formado pelas duas esferas se conservam ou não nessa colisão. Justifique sua resposta. Desprezando os atritos e a resistência do ar, calcule o menor valor da altura h, em metros, capaz de fazer o conjunto formado por ambas as esferas tocar o sensor S.

3. (Unicamp 2016) Tempestades solares são causadas por um fluxo intenso de partículas de altas energias ejetadas pelo Sol durante erupções solares. Esses jatos de partículas podem transportar bilhões de toneladas de gás eletrizado em altas velocidades, que podem trazer riscos de danos aos satélites em torno da Terra.
Considere que, em uma erupção solar em particular, um conjunto de partículas de massa total $m_p = 5\ kg$, deslocando-se com velocidade de módulo $v_p = 2 \times 10^5\ m/s$, choca-se com um satélite de massa $M_s = 95\ kg$ que se desloca com velocidade de módulo igual a

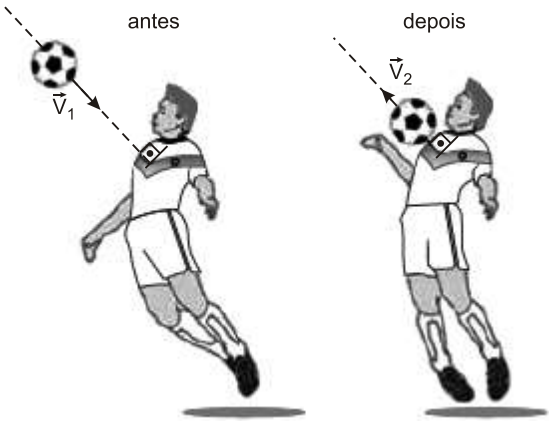
$V_S = 4 \times 10^3 m/s$ na mesma direção e em sentido contrário ao das partículas. Se a massa de partículas adere ao satélite após a colisão, o módulo da velocidade final do conjunto será de

a) $102.000\ m/s$.
b) $14.000\ m/s$.
c) $6.200\ m/s$.
d) $3.900\ m/s$.

4. (Pucrj 2015) Uma massa de $10\ g$ e velocidade inicial de $5{,}0\ m/s$ colide, de modo totalmente inelástico, com outra massa de $15\ g$ que se encontra inicialmente em repouso. O módulo da velocidade das massas, em m/s, após a colisão é:

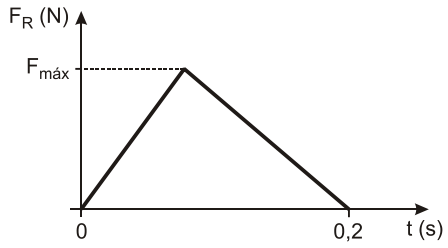
a) $0{,}20$
b) $1{,}5$
c) $3{,}3$
d) $2{,}0$
e) $5{,}0$

5. (Unesp 2015) O gol da conquista do tetracampeonato pela Alemanha na Copa do Mundo de 2014 foi feito pelo jogador Götze. Nessa jogada, ele recebeu um cruzamento, matou a bola no peito, amortecendo-a, e chutou de esquerda para fazer o gol. Considere que, imediatamente antes de tocar o jogador, a bola tinha velocidade de módulo $V_1 = 8\ m/s$ em uma direção perpendicular ao seu peito e que, imediatamente depois de tocar o jogador, sua velocidade manteve-se perpendicular ao peito do jogador, porém com módulo $V_2 = 0{,}6\ m/s$ e em sentido contrário.



(www.colorir-e-pintar.com. Adaptado.)

Admita que, nessa jogada, a bola ficou em contato com o peito do jogador por $0{,}2\ s$ e que, nesse intervalo de tempo, a intensidade da força resultante (F_R), que atuou sobre ela, variou em função do tempo, conforme o gráfico.



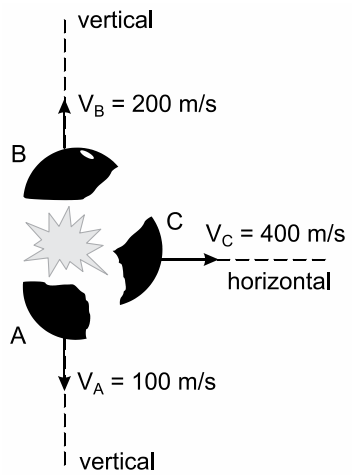
Considerando a massa da bola igual a $0,4\ \text{kg}$, é correto afirmar que, nessa jogada, o módulo da força resultante máxima que atuou sobre a bola, indicada no gráfico por $F_{máx}$, é igual, em newtons, a

a) $68,8$.
b) $34,4$.
c) $59,2$.
d) $26,4$.
e) $88,8$.

6. (Fuvest 2015) Um trabalhador de massa m está em pé, em repouso, sobre uma plataforma de massa M. O conjunto se move, sem atrito, sobre trilhos horizontais e retilíneos, com velocidade de módulo constante v. Num certo instante, o trabalhador começa a caminhar sobre a plataforma e permanece com velocidade de módulo v, em relação a ela, e com sentido oposto ao do movimento dela em relação aos trilhos. Nessa situação, o módulo da velocidade da plataforma em relação aos trilhos é

a) $(2m+M)v/(m+M)$
b) $(2m+M)v/M$
c) $(2m+M)v/m$
d) $(M-m)v/M$
e) $(m+M)v/(M-m)$

7. (Unesp 2015) Enquanto movia-se por uma trajetória parabólica depois de ter sido lançada obliquamente e livre de resistência do ar, uma bomba de $400\ \text{g}$ explodiu em três partes, A, B e C, de massas $m_A = 200\ \text{g}$ e $m_B = m_C = 100\ \text{g}$. A figura representa as três partes da bomba e suas respectivas velocidades em relação ao solo, imediatamente depois da explosão.



Analisando a figura, é correto afirmar que a bomba, imediatamente antes de explodir, tinha velocidade de módulo igual a

a) $100\ \text{m/s}$ e explodiu antes de atingir a altura máxima de sua trajetória.
b) $100\ \text{m/s}$ e explodiu exatamente na altura máxima de sua trajetória.
c) $200\ \text{m/s}$ e explodiu depois de atingir a altura máxima de sua trajetória.
d) $400\ \text{m/s}$ e explodiu exatamente na altura máxima de sua trajetória.
e) $400\ \text{m/s}$ e explodiu depois de atingir a altura máxima de sua trajetória.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:
Considere os dados abaixo para resolver a(s) questão(ões), quando for necessário.

Constantes físicas

Aceleração da gravidade próximo à superfície da Terra: $g = 10\,m/s^2$

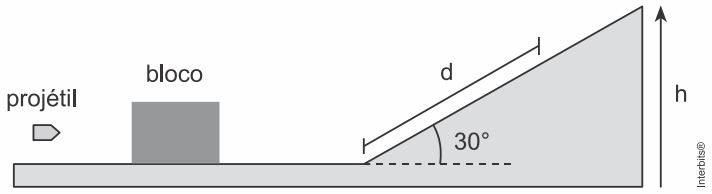
Aceleração da gravidade próximo à superfície da Lua: $g = 1{,}6\,m/s^2$

Densidade da água: $\rho = 1{,}0\,g/cm^3$

Velocidade da luz no vácuo: $c = 3{,}0 \times 108\,m/s$

Constante da lei de Coulomb: $k_0 = 9{,}0 \times 10^9\ N \cdot m^2/C^2$

8**.** (Cefet MG 2015) Um projétil de massa $m = 10{,}0\ g$ viaja a uma velocidade de $1{,}00\ km/s$ e atinge um bloco de madeira de massa $M = 2{,}00\,kg$, em repouso, sobre uma superfície sem atrito, conforme mostra a figura.



Considerando-se que a colisão entre o projétil e o bloco seja perfeitamente inelástica e desprezando-se todas as forças resistivas, o valor aproximado da distância d percorrida pelo bloco sobre a rampa, em metros, é

a) $1{,}25$.
b) $1{,}50$.
c) $2{,}00$.
d) $2{,}50$.
e) $3{,}00$.

9**.** (Mackenzie 2014) Um móvel de massa $100\ kg$, inicialmente em repouso, move-se sob a ação de uma força resultante, constante, de intensidade $500\ N$ durante $4{,}00\ s$. A energia cinética adquirida pelo móvel, no instante $t = 4{,}00\ s$, em joule (J), é

a) $2{,}00 \cdot 10^3$
b) $4{,}00 \cdot 10^3$
c) $8{,}00 \cdot 10^3$
d) $2{,}00 \cdot 10^4$
e) $4{,}00 \cdot 10^4$

10**.** (Unicamp 2014) Existem inúmeros tipos de extintores de incêndio que devem ser utilizados de acordo com a classe do fogo a se extinguir. No caso de incêndio envolvendo líquidos inflamáveis, classe B, os extintores à base de pó químico ou de dióxido de carbono (CO_2) são recomendados, enquanto extintores de água devem ser evitados, pois podem espalhar o fogo.

a) Considere um extintor de CO_2 cilíndrico de volume interno V = 1800 cm^3 que contém uma massa de CO_2 m = 6 kg. Tratando o CO_2 como um gás ideal, calcule a pressão no interior do extintor para uma temperatura T = 300 K.

   Dados: R = 8,3 J/mol K e a massa molar do CO_2 M = 44 g/mol.

b) Suponha que um extintor de CO_2 (similar ao do item a), completamente carregado, isolado e inicialmente em repouso, lance um jato de CO_2 de massa m = 50 g com velocidade v = 20 m/s. Estime a **massa total** do extintor m_{EXT} e calcule a sua velocidade de recuo provocada pelo lançamento do gás.

Despreze a variação da massa total do cilindro decorrente do lançamento do jato.

11**.** (Fuvest 2014) Um núcleo de polônio-204 (^{204}Po), em repouso, transmuta-se em um núcleo de chumbo-200 (^{200}Pb), emitindo uma partícula alfa (α) com energia cinética E_α. Nesta reação, a energia cinética do núcleo de chumbo é igual a

Note e adote:

Núcleo	**Massa (u)**
^{204}Po	204
^{200}Pb	200
α	4

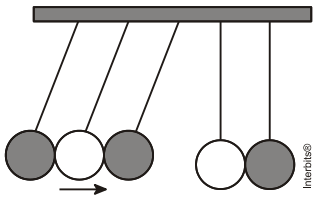
1 u = 1 unidade de massa atômica.

a) E_α.
b) E_α / 4
c) E_α / 50
d) E_α / 200
e) E_α / 204

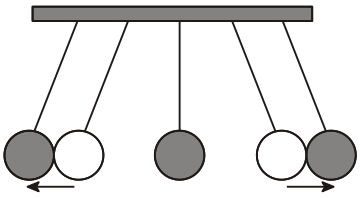
12**.** (Enem PPL 2014) Durante um reparo na estação espacial internacional, um cosmonauta, de massa $90kg$, substitui uma bomba do sistema de refrigeração, de massa $360kg$, que estava danificada. Inicialmente, o cosmonauta e a bomba estão em repouso em relação à estação. Quando ele empurra a bomba para o espaço, ele é empurrado no sentido oposto. Nesse processo, a bomba adquire uma velocidade de $0,2m/s$ em relação à estação.

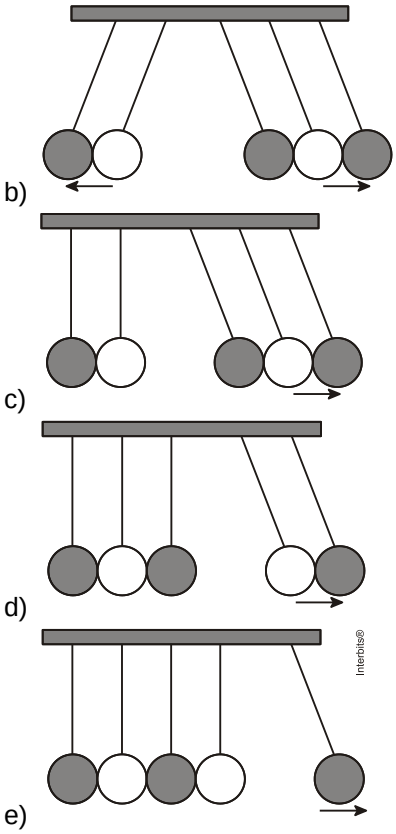
Qual é o valor da velocidade escalar adquirida pelo cosmonauta, em relação à estação, após o empurrão?
a) $0,05m/s$
b) $0,20m/s$
c) $0,40m/s$
d) $0,50m/s$
e) $0,80m/s$

13**.** (Enem 2014) O pêndulo de Newton pode ser constituído por cinco pêndulos idênticos suspensos em um mesmo suporte. Em um dado instante, as esferas de três pêndulos são deslocadas para a esquerda e liberadas, deslocando-se para a direita e colidindo elasticamente com as outras duas esferas, que inicialmente estavam paradas.



O movimento dos pêndulos após a primeira colisão está representado em:

a) 



14**.** (Unicamp 2013) As nuvens são formadas por gotículas de água que são facilmente arrastadas pelo vento. Em determinadas situações, várias gotículas se juntam para formar uma gota maior, que cai, produzindo a chuva. De forma simplificada, a queda da gota ocorre quando a força gravitacional que age sobre ela fica maior que a força do vento ascendente. A densidade da água é $\rho_{\text{água}} = 1{,}0 \times 10^3$ kg/m^3.

a) O módulo da força, que é vertical e para cima, que certo vento aplica sobre uma gota esférica de raio *r* pode ser aproximado por $F_{\text{vento}} = b\,r$, com $b = 1{,}6 \times 10^{-3}$ N/m. Calcule o raio mínimo da gota para que ela comece a cair.
b) O volume de chuva e a velocidade com que as gotas atingem o solo são fatores importantes na erosão. O volume é usualmente expresso pelo índice pluviométrico, que corresponde à altura do nível da água da chuva acumulada em um recipiente aberto e disposto horizontalmente. Calcule o impulso transferido pelas gotas da chuva para cada metro quadrado de solo horizontal, se a velocidade média das gotas ao chegar ao solo é de 2,5 m/s e o índice pluviométrico é igual a 20 mm. Considere a colisão como perfeitamente inelástica.

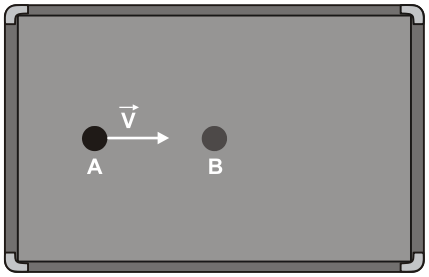
15**.** (Fuvest 2013) Compare as colisões de uma bola de vôlei e de uma bola de golfe com o tórax de uma pessoa, parada e em pé. A bola de vôlei, com massa de 270 g, tem velocidade de 30 m/s quando atinge a pessoa, e a de golfe, com 45 g, tem velocidade de 60 m/s ao atingir a mesma pessoa, nas mesmas condições. Considere ambas as colisões totalmente inelásticas. É correto apenas o que se afirma em:
(<u>Note e adote</u>: a massa da pessoa é muito maior que a massa das bolas; as colisões são frontais; o tempo de interação da bola de vôlei com o tórax da pessoa é o dobro do tempo de interação da bola de golfe; a área média de contato da bola de vôlei com o tórax é 10 vezes maior que a área média de contato da bola de golfe.)
a) Antes das colisões, a quantidade de movimento da bola de golfe é maior que a da bola de vôlei.
b) Antes das colisões, a energia cinética da bola de golfe é maior que a da bola de vôlei.
c) Após as colisões, a velocidade da bola de golfe é maior que a da bola de vôlei.

d) Durante as colisões, a força média exercida pela bola de golfe sobre o tórax da pessoa é maior que a exercida pela bola de vôlei.
e) Durante as colisões, a pressão média exercida pela bola de golfe sobre o tórax da pessoa é maior que a exercida pela bola de vôlei.

16**.** (Unicamp 2013) Muitos carros possuem um sistema de segurança para os passageiros chamado *airbag.* Este sistema consiste em uma bolsa de plástico que é rapidamente inflada quando o carro sofre uma desaceleração brusca, interpondo-se entre o passageiro e o painel do veículo. Em uma colisão, a função do *airbag* é
a) aumentar o intervalo de tempo de colisão entre o passageiro e o carro, reduzindo assim a força recebida pelo passageiro.
b) aumentar a variação de momento linear do passageiro durante a colisão, reduzindo assim a força recebida pelo passageiro.
c) diminuir o intervalo de tempo de colisão entre o passageiro e o carro, reduzindo assim a força recebida pelo passageiro.
d) diminuir o impulso recebido pelo passageiro devido ao choque, reduzindo assim a força recebida pelo passageiro.

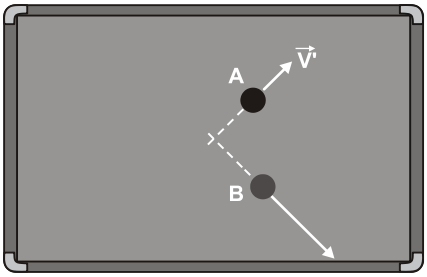
17**.** (Unesp 2013) Em um jogo de sinuca, a bola A é lançada com velocidade $\vec{V}$ de módulo constante e igual a 2 m/s em uma direção paralela às tabelas (laterais) maiores da mesa, conforme representado na figura 1. Ela choca-se de forma perfeitamente elástica com a bola B, inicialmente em repouso, e, após a colisão, elas se movem em direções distintas, conforme a figura 2.

FIGURA 1



fora de escala

FIGURA 2



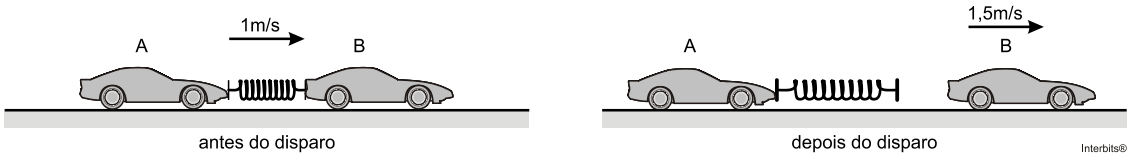
fora de escala

Interbits®

Sabe-se que as duas bolas são de mesmo material e idênticas em massa e volume. A bola A tem, imediatamente depois da colisão, velocidade $\vec{V'}$ de módulo igual a 1 m/s. Desprezando os atritos e sendo E'_B a energia cinética da bola B imediatamente depois da colisão e E_A a energia cinética da bola A antes da colisão, a razão $\frac{E'_B}{E_A}$ é igual a

a) $\frac{2}{3}$
b) $\frac{1}{2}$
c) $\frac{4}{5}$
d) $\frac{1}{5}$
e) $\frac{3}{4}$

18**.** (Unesp 2013) Um brinquedo é constituído por dois carrinhos idênticos, A e B, de massas iguais a 3kg e por uma mola de massa desprezível, comprimida entre eles e presa apenas ao carrinho A. Um pequeno dispositivo, também de massa desprezível, controla um gatilho que, quando acionado, permite que a mola se distenda.

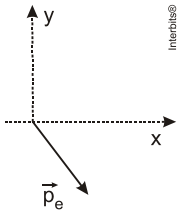


Antes de o gatilho ser acionado, os carrinhos e a mola moviam-se juntos, sobre uma superfície plana horizontal sem atrito, com energia mecânica de 3,75J e velocidade de 1m/s, em relação à superfície. Após o disparo do gatilho, e no instante em que a mola está totalmente distendida, o carrinho B perde contato com ela e sua velocidade passa a ser de 1,5m/s, também em relação a essa mesma superfície.
Nas condições descritas, calcule a energia potencial elástica inicialmente armazenada na mola antes de o gatilho ser disparado e a velocidade do carrinho A, em relação à superfície, assim que B perde contato com a mola, depois de o gatilho ser disparado.

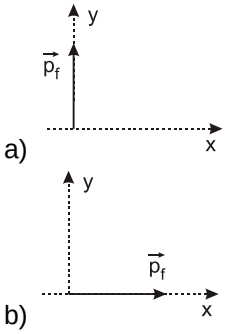
19**.** (Fuvest 2013) Uma das hipóteses para explicar a extinção dos dinossauros, ocorrida há cerca de 60 milhões de anos, foi a colisão de um grande meteoro com a Terra. Estimativas indicam que o meteoro tinha massa igual a 10^{16} kg e velocidade de 30 km/s, imediatamente antes da colisão. Supondo que esse meteoro estivesse se aproximando da Terra, numa direção radial em relação à orbita desse planeta em torno do Sol, para uma colisão frontal, determine
a) a quantidade de movimento P_i do meteoro imediatamente antes da colisão;
b) a energia cinética E_c do meteoro imediatamente antes da colisão;
c) a componente radial da velocidade da Terra, V_r, pouco depois da colisão;
d) a energia E_d, em megatons, dissipada na colisão.

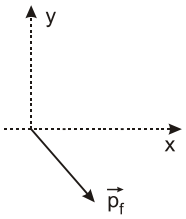
<u>Note e adote</u>: A órbita da Terra é circular; Massa da Terra = 6×10^{24} kg; 1 megaton = 4×10^{15} J é a energia liberada pela explosão de um milhão de toneladas de *trinitrotolueno.*

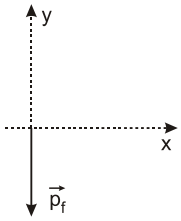
20**.** (Fuvest 2013) Um fóton, com quantidade de movimento na direção e sentido do eixo *x*, colide com um elétron em repouso. Depois da colisão, o elétron passa a se mover com quantidade de movimento $\vec{p_e}$, no plano *xy*, como ilustra a figura abaixo.

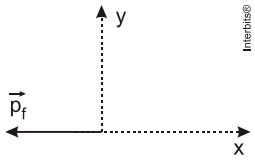


Dos vetores $\vec{p_f}$ abaixo, o único que poderia representar a direção e sentido da quantidade de movimento do fóton, após a colisão, é
(<u>Note e adote</u>: O princípio da conservação da quantidade de movimento é válido também para a interação entre fótons e elétrons.)

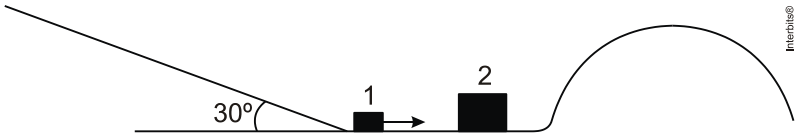


c) 

d) 

e) 

21**.** (Pucrj 2013) Na figura abaixo, o bloco 1, de massa m_1 = 1,0 kg, havendo partido do repouso, alcançou uma velocidade de 10 m/s após descer uma distância **d** no plano inclinado de 30°. Ele então colide com o bloco 2, inicialmente em repouso, de massa m_2 = 3,0 kg. O bloco 2 adquire uma velocidade de 4,0 m/s após a colisão e segue a trajetória semicircular mostrada, cujo raio é de 0,6 m. Em todo o percurso, não há atrito entre a superfície e os blocos. Considere g = 10 m/s^2.



a) <u>Ao longo da trajetória no plano inclinado</u>, faça o diagrama de corpo livre do bloco 1 e encontre o módulo da força normal sobre ele.
b) Determine a distância **d** percorrida pelo bloco 1 ao longo da rampa.
c) Determine a velocidade do bloco 1 após colidir com o bloco 2.
d) Ache o módulo da força normal sobre o bloco 2 no ponto mais alto da trajetória semicircular.

22**.** (Pucrj 2013) Uma massinha de 0,3 kg é lançada horizontalmente com velocidade de 5,0 m/s contra um bloco de 2,7 kg que se encontra em repouso sobre uma superfície sem atrito. Após a colisão, a massinha se adere ao bloco.
Determine a velocidade final do conjunto massinha-bloco em m/s imediatamente após a colisão.
a) 2,8
b) 2,5
c) 0,6
d) 0,5
e) 0,2

Gabarito:

Resposta da questão 1:
[B]

Dados: $m = 140\ g = 0{,}14\ kg;\ v_0 = 0;\ v = 162\ km/h = 45\ m/s.$

Como não há variação na direção do movimento durante o processo de aceleração, podemos usar o Teorema do Impulso na forma modular:

$$\left|\vec{I}_F\right| = \left|\Delta\vec{Q}\right| \Rightarrow F\Delta t = m\,\Delta v \Rightarrow F = \frac{m\,\Delta v}{\Delta t} = \frac{0{,}14 \times 45}{0{,}07} \Rightarrow \boxed{F = 90\ N.}$$

Resposta da questão 2:
- A energia mecânica não é conservada, pois o choque é inelástico. A parcela de energia mecânica dissipada é transformada em energia térmica, energia sonora e em trabalho mecânico nas deformações. Somente ocorre conservação da energia mecânica numa colisão quando ela é perfeitamente elástica.
Desprezando variações infinitesimais ocorridas nas direções das velocidades, a quantidade de movimento (ou momento linear) é conservada, pois o sistema formado pelas duas esferas é mecanicamente isolado.

- Após a colisão, o sistema é conservativo. Adotando como referência o plano horizontal que passa pelo ponto de colisão, utilizando a conservação da energia mecânica, vem:

$$\frac{2mv_{AB}'^2}{2} = 2mgh_S \Rightarrow v_{AB}' = \sqrt{2gh_S} = \sqrt{2 \times 10 \times 0{,}2} \Rightarrow v_{AB}' = 4m/s.$$

Aplicando a conservação da quantidade de movimento à colisão, calcula-se a velocidade da esfera A, imediatamente antes da colisão:

$$Q_{sist}^{antes} = Q_{sist}^{depois} \Rightarrow mv_A = 2mv_{AB}' \Rightarrow v_A = 2v_{AB}' = 2(2) \Rightarrow v_A = 4\ m/s.$$

Aplicando novamente a conservação da energia mecânica durante a descida da esfera A, até imediatamente antes da colisão com referencial no ponto de colisão:

$$mgh = \frac{mv_A^2}{2} \Rightarrow h = \frac{v_A^2}{2g} = \frac{4^2}{20} \Rightarrow \boxed{h = 0{,}8m.}$$

Resposta da questão 3:
[C]

Adotando como positivo o sentido do movimento do conjunto de partículas, temos os seguintes dados:

$m_p = 5\ kg;\ v_p = 2 \times 10^5\ m/s;\ M_s = 95\ kg;\ V_S = -4 \times 10^3\ m/s.$

Como se trata de um sistema mecanicamente isolado, ocorre conservação da quantidade de movimento do sistema. Então:

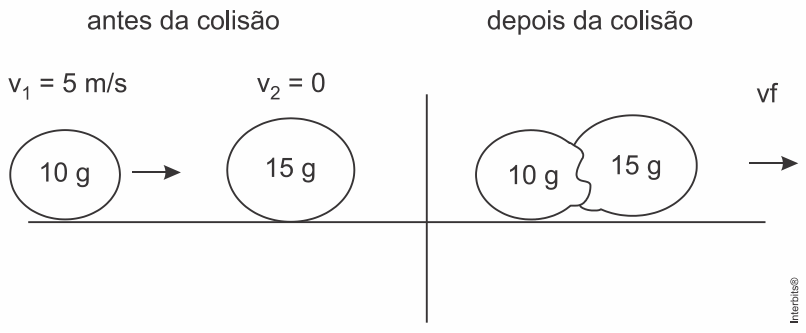
$$Q_{sist}^{antes} = Q_{sist}^{depois}\ m_p v_p + M_s V_s = (m_p + M_s)V' \Rightarrow$$

$$5 \times 2 \times 10^5 + 95 \times (-4 \times 10)^3 = (100)V' \Rightarrow V' = \frac{100 \times 10^4 - 38 \times 10^4}{100} = 62 \times 10^2 \Rightarrow$$

$$\boxed{V' = 6.200\ m/s.}$$

Resposta da questão 4:
[D]

As colisões totalmente inelásticas ocorrem quando os corpos após colidirem ficam unidos como se fosse um só corpo e suas velocidades finais são iguais entre si.



A quantidade de movimento Q se conserva, portanto a quantidade de movimento antes da colisão é a mesma após a colisão.

$$Q_{inicial} = Q_{final}$$
$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v_f$$
$$v_f = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2}$$

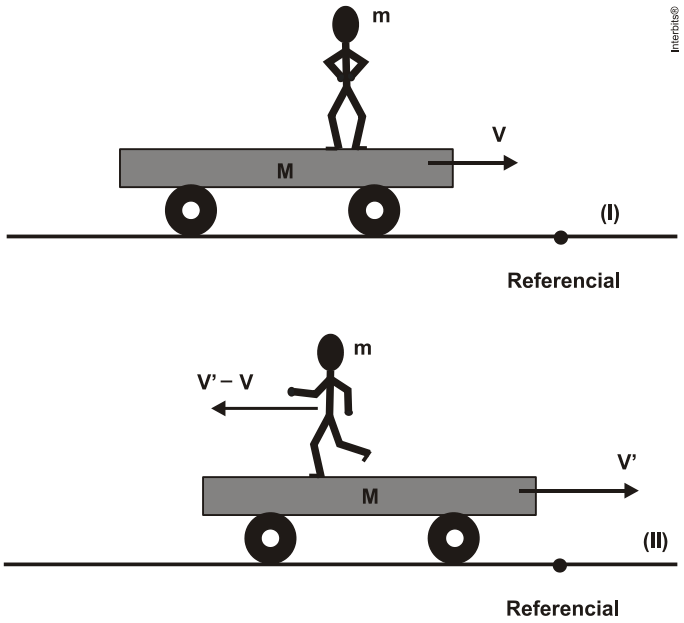
Substituindo os valores:
$$v_f = \frac{10g \cdot 5m/s + 15g \cdot 0m/s}{10g + 15g} = \frac{50g \cdot m/s}{25g} = 2\ m/s$$

Resposta da questão 5:
[B]

Orientando a trajetória no sentido da velocidade de chegada, $V_1 = 8$ m/s e $V_2 = -0,6$ m/s.
Durante a colisão, o impulso da força resultante é numericamente igual à área entre a linha do gráfico e o eixo dos tempos. Assim, aplicando o teorema do impulso:
$$\left|\vec{I}_{\vec{F}}\right| = \left|\Delta\vec{Q}\right| \Rightarrow \frac{F_{máx}\,\Delta t}{2} = m\left|\Delta\vec{v}\right| \Rightarrow F_{máx} = \frac{2\ m\left|\Delta\vec{v}\right|}{\Delta t} = \frac{2 \times 0,4 \times \left|-0,6 - 8\right|}{0,2} \Rightarrow$$
$$\boxed{F_{máx} = 34,4\ N.}$$

Resposta da questão 6:
[A]

A figura ilustra a situação, mostrando as velocidades do trabalhador e da plataforma, em relação ao referencial fixo no solo nas situações (I) e (II).



Pela conservação da Quantidade de Movimento:

$Q_{(I)} = Q_{(II)} \Rightarrow (m+M)v = M\,v' + m(v'-v) \Rightarrow m\,v + M\,v = M\,v' + m\,v' - m\,v \Rightarrow$

$2\,m\,v + M\,v = (M+m)v' \Rightarrow (2\,m+M)v = (M+m)v' \Rightarrow$

$$\boxed{v' = \frac{(2\,m+M)v}{(M+m)}.}$$

Resposta da questão 7:
[B]

Dados: $M = 400$ g; $m_A = 200$ g; $m_B = m_C = 100$ g; $v_A = 100$ m/s; $v_B = 200$ m/s e $v_C = 400$ m/s.

Empregando a conservação da Quantidade de Movimento nas duas direções, para antes e depois da explosão:

Na vertical (y):

$Q_y^{antes} = Q_y^{depois} \Rightarrow Q_y^{antes} = m_B\,v_B - m_A\,v_A = 100 \times 200 - 200 \times 100 \Rightarrow$

$Q_y^{antes} = 0 \Rightarrow$ a bomba explodiu no ponto mais alto de sua trajetória.

Na horizontal (x):

$Q_x^{antes} = Q_x^{depois} \Rightarrow M\,v_0 = m_C\,v_C \Rightarrow 400\,v_0 = 100 \times 400 \Rightarrow$

$$\boxed{v_0 = 100 \text{ m/s.}}$$

Resposta da questão 8:
[D]

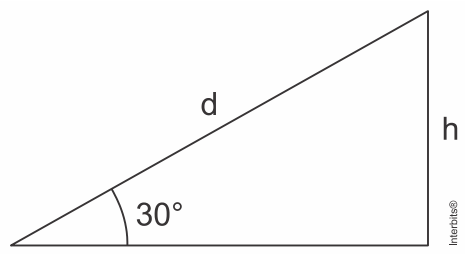
Em um sistema isolado, pode-se dizer que:
$Q_i = Q_f$

Desta forma, pode-se afirmar que a quantidade de movimento inicial é a soma da quantidade de movimento do projétil mais a quantidade de movimento do bloco e a quantidade de movimento final é o sistema projétil-bloco. Assim,

$$Q_m + Q_M = Q_{m+M}$$
$$m \cdot v_{projétil} + M \cdot v_{bloco} = m_{TOTAL} \cdot v_{final}$$
$$10 \cdot 10^{-3} + 0 = (2 + 0{,}01) \cdot v_{final}$$
$$v_{final} = \frac{10}{2{,}01}$$
$$v_{final} \square 5 \, m/s$$

Como não existem forças dissipativas, pode-se afirmar que a energia mecânica é conservada durante o movimento. Desta forma,
$$E_{m_i} = E_{m_f}$$
$$\frac{m_{TOTAL} \cdot v_i^2}{2} = m_{TOTAL} \cdot g \cdot h$$
$$\frac{25}{2} = 10 \cdot h$$
$$h = 1{,}25 m$$

Assim, do triângulo, pode-se calcular a distância d percorrida:



$$\text{sen}(30°) = \frac{h}{d} = \frac{1}{2}$$
$$d = 2h$$
$$d = 2{,}5 m$$

Resposta da questão 9:
[D]

Aplicando o teorema do impulso de uma força:
$$I = \Delta Q$$
$$F \cdot \Delta t = m \cdot v$$

Assim temos a velocidade ao final de 4 segundos:
$$v = \frac{F \cdot \Delta t}{m} \Rightarrow v = \frac{500 \text{ N} \cdot 4 \text{ s}}{100 \text{ kg}} \therefore v = 20 \text{ m/s}$$

A energia cinética será,
$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow E_c = \frac{100 \text{ kg} \cdot (20 \text{ m/s})^2}{2} \therefore E_c = 2{,}00 \cdot 10^4 \text{ J}$$

Resposta da questão 10:
a) Dados:
$$V = 1.800 \text{ cm}^3 = 1{,}8 \times 10^{-3} m^3; m = 6 \text{ kg} = 6 \times 10^3 g; M = 44 \text{ g/mol}; R = 8{,}3 \text{ J/mol} \cdot K; T = 300 \text{ K}.$$

Da equação de Clapeyron:

$$p\ V = \frac{m}{M}\ R\ T \ \Rightarrow\ p = \frac{m\ R\ T}{V\ M} = \frac{6\times10^{3}\times8{,}3\times300}{1{,}8\times10^{-3}\times44} \ \Rightarrow$$

$$\boxed{p = 1{,}89\times10^{8}\ \text{N/m}^2.}$$

b) Dados: **m =** 50 g; **v** = 20 m/s.
Estimando a massa do extintor: $\mathbf{M_{ext}}$ = 10 kg = 10.000 g.
Como se trata de um sistema mecanicamente isolado ocorre conservação do momento linear. Assim, em módulo:

$$M_{ext}\ V = m\ v \ \Rightarrow\ V = \frac{m\ v}{M_{ext}} = \frac{50\times20}{10.000} \ \Rightarrow\ \boxed{V = 0{,}1\ \text{m/s}.}$$

Resposta da questão 11:
[C]

A energia cinética da partícula α vale E_α.
Então:

$$\frac{m_\alpha\ v_\alpha^2}{2} = E_\alpha \ \Rightarrow\ \frac{4\ v_\alpha^2}{2} = E_\alpha \ \Rightarrow\ v_\alpha = \sqrt{\frac{E_\alpha}{2}}.$$

Como o sistema é mecanicamente isolado, temos:

$$m_\alpha\ v_\alpha = m_{Pb}\ v_{Pb} \ \Rightarrow\ 4\sqrt{\frac{E_\alpha}{2}} = 200\cdot v_{Pb} \ \Rightarrow\ v_{Pb} = \frac{1}{50}\sqrt{\frac{E_\alpha}{2}} \ \Rightarrow$$

$$v_{Pb}^2 = \frac{E_\alpha}{5\,000}.$$

Assim:

$$E_{Pb} = \frac{m_{Pb}\ v_{Pb}^2}{2} \ \Rightarrow\ E_{Pb} = \frac{200}{2}\cdot\frac{E_\alpha}{5\,000} \ \Rightarrow\ E_{Pb} = \frac{E_\alpha}{50}.$$

Resposta da questão 12:
[E]

Tratando de um sistema mecanicamente isolado, ocorre conservação da quantidade de movimento.
Assim:

$$|Q|_c = |Q|_b \ \Rightarrow\ m_c\,v_c = m_b\,v_b \ \Rightarrow 90\ v_c = 360(0{,}2) \ \Rightarrow\ \boxed{v_c = 0{,}8\ \text{m/s}.}$$

Resposta da questão 13:
[C]

Como se trata de sistema mecanicamente isolado, ocorre conservação da quantidade de movimento.

$$Q_{final} = Q_{incial} \ \Rightarrow\ Q_{final} = 3\ m\,v.$$

Portanto, após as colisões, devemos ter três esferas bolas com velocidade **v** como mostra a alternativa [C].

Podemos também pensar da seguinte maneira: as esferas têm massas iguais e os choques são frontais e praticamente elásticos. Assim, a cada choque, uma esfera para, passando sua velocidade para a seguinte. Enumerando as esferas da esquerda para a direita de 1 a 5, temos:

- A esfera 3 choca-se com a 4, que se choca com a 5. As esferas 3 e 4 param e a 5 sai com velocidade **v**;
- A esfera 2 choca-se com a 3, que se choca com a 4. As esferas 2 e 3 param e a 4 sai com velocidade **v;**
- A esfera 1 choca-se com a 2, que se choca com a 3. As esferas 1 e 2 param e a 3 sai com velocidade **v.**

Resposta da questão 14:

a) Dados: $\pi = 3$; **g** = 10 m/s²; $\rho_{água} = 1{,}0 \times 10^3$ kg/m³; **b** = $1{,}6 \times 10^{-3}$ N.m.

Na iminência de começar a cair, a força exercida pelo vento ascendente tem mesma intensidade que o peso. Lembrando que o volume de uma esfera de raio **r** é

$V = \frac{4}{3}\pi\ r^3$, vem:

$$P = F_{vento} \Rightarrow m\ g = b\ r \quad \Rightarrow \quad \rho_{água}\ V\ g = b\ r \quad \Rightarrow \quad \rho_{água}\ \frac{4}{3}\pi\ r^3 = b\ r \quad \Rightarrow$$

$$r = \sqrt{\frac{b}{\rho_{água}\frac{4}{3}\pi\ g}} = \sqrt{\frac{1{,}6 \times 10^{-3}}{10^3 \cdot \frac{4}{3} \cdot 3 \cdot 10}} = \sqrt{4 \times 10^{-8}} \quad \Rightarrow$$

$r = 2 \times 10^{-4}$ m.

b) Dados: **A** = 1 m²; **h** = 20 mm = 20×10^{-3} m; $\rho_{água} = 1{,}0 \times 10^3$ kg/m³; $\mathbf{v_0}$ = 2,5 m/s; **v** = 0.

O volume de água despejado nessa área é:

$V = A\ h = 1 \cdot 20 \times 10^{-3}\ m^3$.

Calculando a massa correspondente:

$m = \rho_{água}\ V = 10^3 \cdot 20 \times 10^{-3} \quad \Rightarrow \quad m = 20$ kg.

Pelo Teorema do Impulso:

$$I = \Delta Q \quad \Rightarrow \quad I = m|v - v_0| = 20|0 - 2{,}5| \quad \Rightarrow$$

$$I = 50\ N \cdot s.$$

Resposta da questão 15:

[E]

Pelo Teorema do Impulso, a intensidade da força média (**F_m**) é dada pela razão entre o módulo da variação da quantidade de movimento (**|Δv|**) e o tempo de interação (**Δt**). A pressão média (**p_m**) é dada pela razão entre intensidade da força média e a área de contato (**A**). Assim:

$$\left\{\begin{array}{ll} F_m = \frac{m|\Delta v|}{\Delta t} & (I) \\ p_m = \frac{F_m}{A} & (II) \end{array}\right\rangle \ (I) \text{ em } (II): p_m = \frac{m|\Delta v|}{\Delta t\ A}.$$

Dados: $\mathbf{m_V}$ = 270 g; $\mathbf{m_G}$ = 45 g; $\mathbf{v_{0V}}$ = 30 m/s; $\mathbf{v_V}$ = 0; $\mathbf{v_{0G}}$ = 60 m/s; $\mathbf{v_G}$ = 0; $\Delta t_V = 2\,\Delta t_G$; $A_V = 10\ A_G$.

Então, fazendo a razão entre as pressões exercidas pela bola de golfe (**p_{mG}**) e pela bola de vôlei (**p_{mV}**):

$$\frac{p_{mG}}{p_{mV}} = \frac{m_G|\Delta v_G|}{\Delta t_G\ A_G} \times \frac{\Delta t_V\ A_V}{m_V|\Delta v_V|} \quad \Rightarrow \quad \frac{p_{mG}}{p_{mV}} = \frac{45|0 - 60|}{\Delta t_G\ A_G} \times \frac{2\ \Delta t_G\ 10\ A_G}{270|0 - 30|} \quad \Rightarrow \quad \frac{p_{mG}}{p_{mV}} = \frac{20}{3} \Rightarrow$$

$$p_{mG} = 6{,}7\ p_{mV} \quad \Rightarrow \quad p_{mG} > p_{mV}.$$

Resposta da questão 16:

[A]

Utilizando o teorema do impulso temos:

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{V}$$

De forma escalar temos:

$$I = F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$
$$F = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t}$$

Analisando esta última expressão, podemos concluir que para a frenagem do veículo a força é inversamente proporcional ao tempo da colisão. A colisão direta da cabeça do motorista no volante ocorre em um intervalo de tempo muito pequeno, o que resulta em uma grande força de impacto. Entretanto, o *airbag* aumenta o tempo de colisão (frenagem da cabeça do motorista), o que diminui a força do impacto.

Resposta da questão 17:
[E]

Como o choque é perfeitamente elástico, a energia cinética se conserva.

Então:

$$E_{Cin}^{antes} = E_{Cin}^{depois} \Rightarrow E_A = E_A^{'} + E_B^{'} \Rightarrow \frac{m\ 2^2}{2} = \frac{m\ 1^2}{2} + E_B^{'} \Rightarrow E_B^{'} = \frac{3\ m}{2}.$$

Como: $E_A = \frac{m\ 2^2}{2} \Rightarrow E_A = \frac{4\ m}{2}.$

Então:

$$\frac{E_B^{'}}{E_A} = \frac{3\ m/2}{4\ m/2} \Rightarrow \frac{E_B^{'}}{E_A} = \frac{3}{4}.$$

Resposta da questão 18:
Dados: $\mathbf{m_A} = \mathbf{m_B} = 3$ kg; $\mathbf{E_{Mec}} = 3{,}75$ J; $\mathbf{v_0} = 1$ m/s; $\mathbf{v_B} = 1{,}5$ m/s.

A energia mecânica do sistema é igual à energia potencial elástica da mola mais a energia cinética dos dois carrinhos.

$$E_{Mec} = E_{pot}^{mola} + E_{Cin}^{carros} \Rightarrow E_{Mec} = E_{pot}^{mola} + \frac{2\ m\ v_0^2}{2} \Rightarrow E_{pot}^{mola} = E_{Mec} - m\ v_0^2 \Rightarrow$$
$$E_{pot}^{mola} = 3{,}75 - 3 \cdot 1^2 \Rightarrow E_{pot}^{mola} = 3{,}75 - 3 \Rightarrow$$
$$E_{pot}^{mola} = 0{,}75\ \text{J}.$$

O sistema é mecanicamente isolado, logo ocorre conservação da quantidade de movimento durante o disparo.

$$Q_{sist}^{antes} = Q_{sist}^{depois} \Rightarrow 2\ m\ v_0 = m\ v_A + m\ v_B \Rightarrow 2 \cdot 1 = v_A + 1{,}5 \Rightarrow$$
$$v_A = 0{,}5\ \text{m/s}.$$

Obs.: Como o sistema é também conservativo, a velocidade final do carrinho A pode ser calculada pela conservação da energia mecânica.

Resposta da questão 19:
Dados: $\mathbf{M} = 6 \times 10^{24}$ kg; $\mathbf{m} = 10^{16}$ kg; $\mathbf{v_0} = 30$ km/s $= 3 \times 10^4$ m/s; 1 megaton $= 4 \times 10^{15}$ J.

a) $P_i = m\ v_0 = 10^{16} \cdot 3 \times 10^4 \ \Rightarrow\ P_i = 3 \times 10^{20}\ \text{kg} \cdot \text{m/s}.$

b) $E_c = \dfrac{m\ v_0^2}{2} = \dfrac{10^{16} \cdot \left(3 \times 10^4\right)^2}{2} \ \Rightarrow\ E_c = 4{,}5 \times 10^{24}\ \text{J}.$

c) Trata-se de um choque inelástico. A massa do meteoro é desprezível em relação à massa da Terra, por isso, depois do choque, a massa do sistema é apenas a massa da Terra, pois:
$6 \times 10^{24} + 10^{16} = 6{,}00000001 \times 10^{24} = 6 \times 10^{24}.$
Pela Conservação da Quantidade de movimento:

$$Q_{Sist}^{Antes} = Q_{Sist}^{Depois} \ \Rightarrow\ m\ v_o = (M + \cancel{m})v \ \Rightarrow\ v = \frac{m\ v_0}{M} = \frac{3 \times 10^{20}}{6 \times 10^{24}} = 5 \times 10^{-5}\,\text{m/s} \ \Rightarrow$$

$v \approx 0.$
O choque do meteoro com a Terra praticamente não altera a velocidade da Terra.

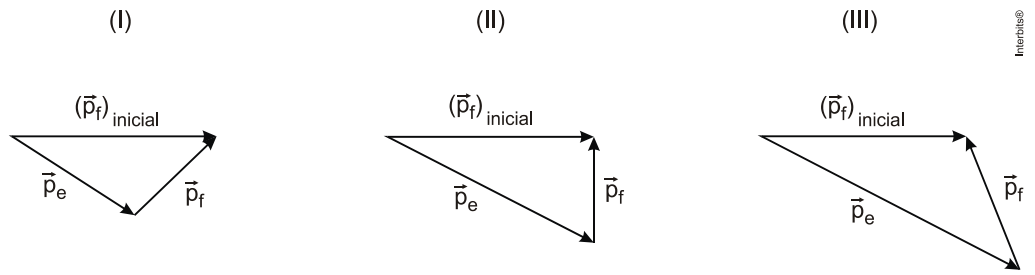
d) Pela resposta do item anterior, conclui-se que toda energia cinética do meteoro é dissipada na colisão. Passando para megaton:

$$\left.\begin{cases} 4 \times 10^{15}\ \text{J} \ \rightarrow\ 1\ \text{megaton} \\ 4{,}5 \times 10^{24} \ \rightarrow\ E_{dissip} \end{cases}\right\rangle \ \Rightarrow\ E_{dissip} = \frac{4{,}5 \times 10^{24}}{4 \times 10^{15}} \ \Rightarrow$$

$E_{dissip} = 1{,}125 \times 10^9$ megaton.

Resposta da questão 20:
[A]

Pela conservação da quantidade de movimento:
$(\vec{p}_e + \vec{p}_f)_{final} = (\vec{p}_e + \vec{p}_f)_{inicial}.$
Mas, antes da colisão, apenas o fóton apresenta quantidade de movimento, que tem direção e sentido do eixo x. Então:
$(\vec{p}_e + \vec{p}_f)_{final} = (\vec{p}_f)_{inicial}.$
A figura mostra três possibilidades.



Nota-se que a figura (II) está de acordo com a opção [A].

Resposta da questão 21:
Em toda a questão o atrito será desprezado

a) Observando a figura abaixo podemos concluir que $N = P\cos 30° = 10\dfrac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3}\text{N}.$

b) Pela conservação da energia.

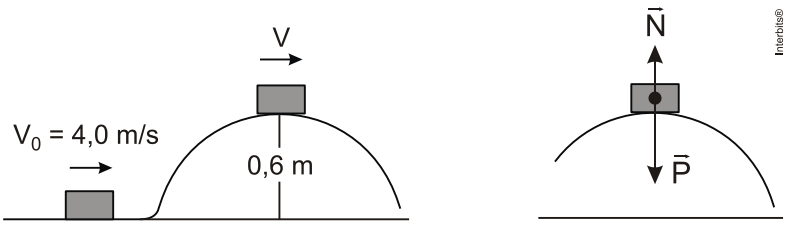
$$mgdsen30° = \frac{1}{2}mV^2 \rightarrow 10xdx0{,}5 = 0{,}5x10^2 \rightarrow d = 10\ \text{m}$$

c) Pela conservação da quantidade de movimento na colisão, vem:

$$m_1V_1 + m_2V_2 = m_1(V_0)_1 + m_2(V_0)_2$$

$1xV_1 + 3x4 = 1x10 + 3x0 \rightarrow V_1 = 10 - 12 = -2{,}0 m/s$

d) As figuras abaixo mostram as posições inicial e final do bloco 2 e as forças que agem sobre ele no topo da lombada.



Podemos determinar V pela Conservação da energia.

$$\frac{1}{2}mV^2 + mgH = \frac{1}{2}mV_0^2 \rightarrow V^2 + 2gH = V_0^2$$

$$\frac{1}{2}V^2 + 10x0{,}6 = \frac{1}{2}x4^2 \rightarrow V^2 = 4$$

A força centrípeta no topo da trajetória vale:

$$P - N = m\frac{V^2}{R} \rightarrow 30 - N = 3x\frac{4}{0{,}6} \rightarrow 30 - N = 20 \rightarrow N = 10N$$

Resposta da questão 22:
[D]

O sistema é isolado. Há conservação da quantidade de movimento total do sistema.

$$\vec{Q} = \vec{Q}_0 \rightarrow (M + m).V = mV_0 \rightarrow 3V = 0{,}3x5 \rightarrow V = 0{,}5 \text{ m/s}$$