UNIVERSIDADE
FEDERAL
DO AMAPÁ

Apostila

MECÂNICA
SEXTA PARTE: MOMENTO LINEAR E IMPULSO

PET FÍSICA UNIFAP

PREFÁCIO

O projeto de confecções de apostilas foi criado para contribuir com a Educação Básica no cenário de pandemia no começo do ano de 2020. Atualmente, após o período de pandemia, notou-se que este projeto deve permanecer em vigencia, pois assim como almejado, as apostilas confeccionadas pelo grupo PET-FÍSICA - UNIFAP vem cumprindo o objetivo de dar suporte prático aos estudantes do Ensino médio e Pré-Enem. Além disso, desde o inicio do projeto, esses documentos servem como um manual de exercícios para ser usado como apoio teórico-prático nas aulas pelos professores da rede pública de ensino.

Neste trabalho, apresentamos definições básicas e trazemos de uma forma didática, sem esquecer o caráter formativo que todo texto deve oferecer ao leitor, uma quantidade expressiva de resoluções de exercícios por cada temática.

O estudo da Física integra uma parte importante da preparação dos estudantes do Ensino Médio. Ela é uma Ciência de grande importância que se encontra presente em diversos âmbitos de nossa sociedade, com múltiplas aplicações em outras áreas cientificas.

Esperamos que este material seja de grande ajuda para docentes e discentes, de maneira que fortaleça os conteúdos teóricos abordados nas aulas de Física.

Autores
Bolsistas do Pet-Física / Unifap:
Andrey Pinheiro de Freitas; Éverton Leal Pinheiro; João Maciel Dos santos; Karla Miranda Barata; Odemar Julião do Nascimento Neto; Victor Silva da Silva

Colaborador:
Prof. Dr. Robert R. M. Zamora

Tutor do Pet- Física / Unifap:
Prof. Dr. Marcelo Ricardo Souza Siqueira

"A nova forma de ***Ensinar Ciência*** consiste também em Ensinar aos Professores como ***Ensinar Ciência***".
Leon Lederman (Prêmio Nobel de Física, 1988)

SUMÁRIO

ÍNDICES

SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO
m	MASSA DE UM CORPO
a	ACELERAÇÃO
v ou V	VELOCIDADE LINEAR OU ESCALAR
Q ou p	QUANTIDADE DE MOVIMENTO/MOMENTO LINEAR
I	IMPULSO
E_m	ENERGIA MECÂNICA
E_c	ENERGIA CINÉTICA
E_{pg}	ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL
E_{pe}	ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA
W	TRABALHO
F_{at}	FORÇA DE ATRITO

Nota ao leitor

Caro leitor, ao decorrer da sua leitura com relação a teoria presente nessa apostila você pode notar a falta de alguns tópicos ou detalhes referentes ao assunto momento linear e impulso.

A justificativa para tal ausência é o destaque dessa apostila na solução dos problemas, pois focamos em apresentar **soluções didáticas para diversos exercícios sobre o referido tema**.

Desse modo, a teoria apresentada nesse trabalho está mais adequada para uma "Revisão", então, para estudar de maneira mais completa e detalhada esse assunto recomedamos que busque outras referências bibliográficas que tratem do assunto referido nesta apostila.

TEORIA DE MOMENTO LINEAR E IMPULSO

Definição de impulso

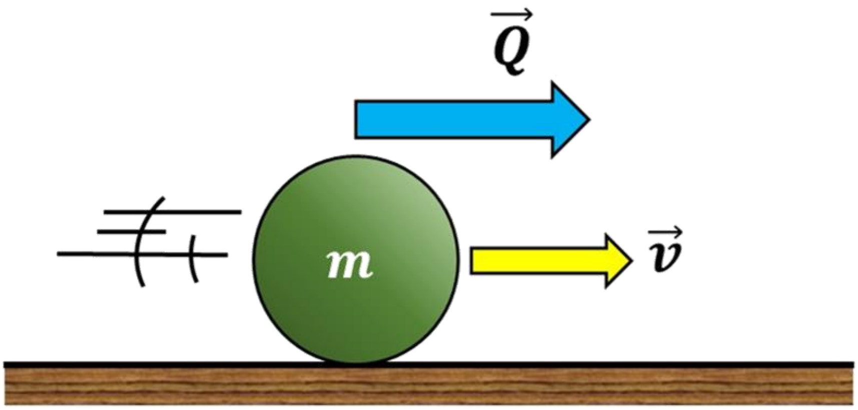
Força ($\vec{F}$) que atua sobre um corpo ou partícula por um determinado intervalo de tempo (Δt). Além disso, é uma grandeza vetorial definida matematicamente por:

$$\vec{I} = \vec{F}.\Delta t$$

Em módulo, tem-se: $I = F.\Delta t$

Definição de Quantidade de Movimento (Momento linear)

Grandeza vetorial definida pelo produto entre a massa (m) de uma partícula e sua velocidade ($\vec{v}$).

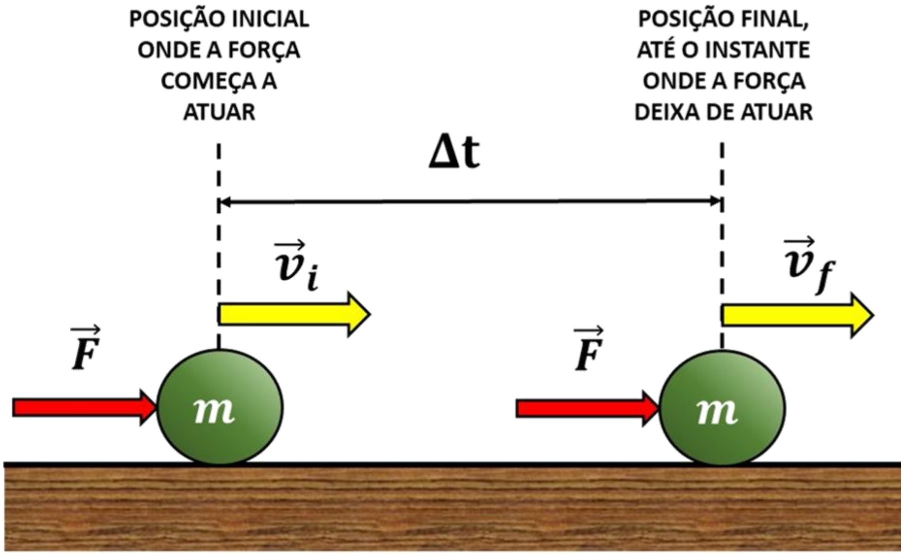


$$\vec{Q} = m.\vec{v}$$

Em módulo, tem-se: Q = m.v

Relação entre o impulso e momento linear

Impulso é numericamente igual a variação do momento linear. Veja a ilustração abaixo.



$$\vec{I} = \Delta\vec{Q} = \overrightarrow{Q_f} - \overrightarrow{Q_\iota}$$

$$\overrightarrow{Q_f} = m.\overrightarrow{v_f} \equiv Quantidade\ de\ momento\ final$$

$$\overrightarrow{Q_\iota} = m.\overrightarrow{v_\iota} \equiv Quantidade\ de\ momento\ inicial$$

Conservação da quantidade de movimento

Como apresentado anteriormente, tem-se:

$$\vec{I} = \vec{F}.\Delta\text{t} = \Delta\vec{Q}$$

Se $|\vec{F}| = 0$, isto é, se não atuam forças externas sobre o corpo ou a partícula, então:

$$0 = \left|\Delta\vec{Q}\right| = |\overrightarrow{Q_f} - \overrightarrow{Q_\iota}|$$

$$0 = mv_f - mv_i$$

$$mv_f = mv_i$$

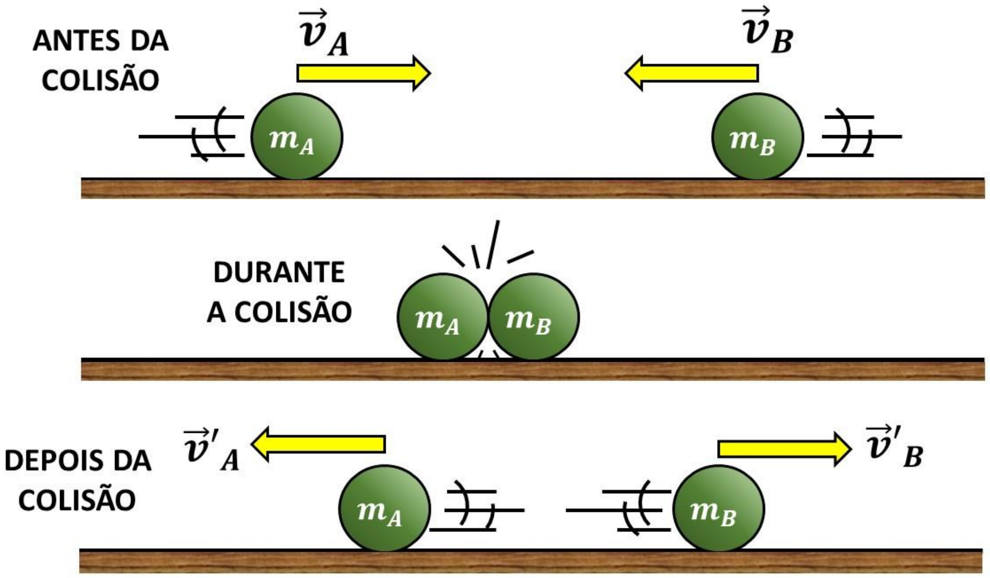
$$Q_f = Q_i$$

O resultado acima indica a conservação do momento linear (quantidade de movimento). Sendo a massa constante e diferente de zero, então:

$$v_f = v_i$$

Colisões

Supondo a seguinte colisão entre duas partículas, apresentada na figura abaixo:



Supondo que as partículas da colisão acima estão isoladas de interações externas, isto é, $|\vec{F}| = 0$, então é correto afirmar que, nesse contexto, vale a conservação de movimento, então tem-se:

$$Q_{antes} = Q_{depois}$$

Assumindo que a velocidade individual das partículas é diferente antes e depois da colisão, isto é, $v_A \neq v'_A$ e $v_B \neq v'_B$.

$$Q_A + Q_B = Q'_A + Q'_B$$

Em módulo, tem-se:

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v'_A + m_B v'_B$$

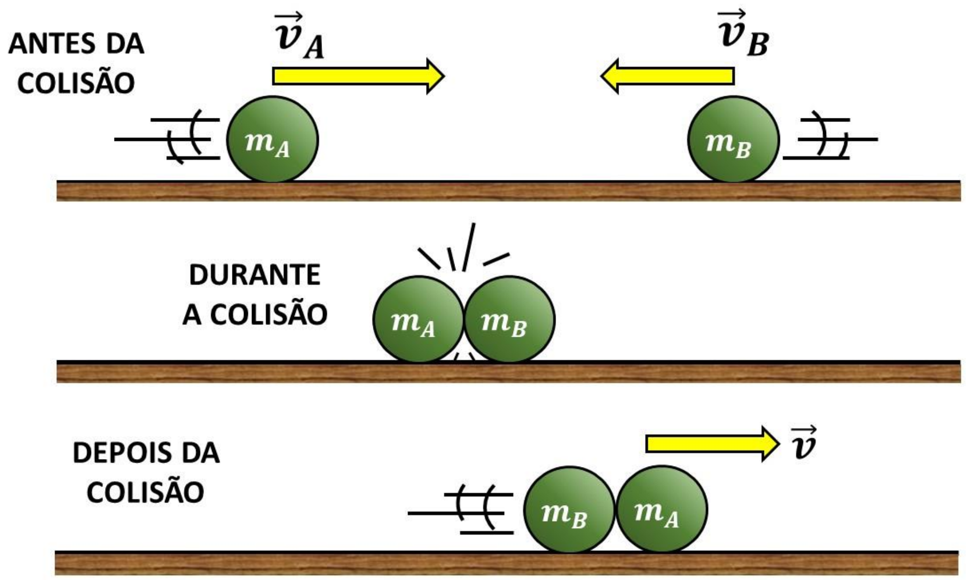
Caso a colisão acima seja do tipo perfeitamente elástica, isto é, não ocorra perda de energia cinética, então, além da conservação de quantidade de movimento, tem-se também, nesses casos, conservação da energia cinética. Desse modo:

$$E_{c(antes)} = E_{c(depois)}$$

$$E_{cA} + E_{cB} = E'_{cA} + E'_{cB}$$

$$\frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}\, m_B v_B^2 = \frac{1}{2}m_A v'^2_A + \frac{1}{2}\, m_B v'^2_B$$

Para o caso de uma colisão inelástica, como apresentado na figura abaixo, tem-se:



Isto é, quando os corpos colidem e seguem em uma mesma direção com mesma velocidade, tem-se uma colisão inelástica. Neste tipo de colisão a energia cinética não se conserva, mas o momento linear sim. Da figura, pela conservação do momento linear, em módulo, tem-se:

$$Q_{antes} = Q_{depois}$$

$$m_A v_A + m_B v_B = (m_A + m_B)v$$

Coeficiente de restituição

Em uma colisão entre corpos na física clássica tem-se duas etapas, a primeira é a etapa da deformação. A segunda etapa é a da restituição, nesta etapa tem-se uma grandeza definida por **"e"** denominada de **Coeficiente de restituição.** Essa grandeza fornece informação sobre o tipo de colisão baseado na conservação ou não conservação da energia cinética. Matematicamente, **"e"** é definido por:

$$\boldsymbol{e} = \frac{velocidade\ relativa\ de\ afastamento}{velocidade\ relativa\ de\ aproximação}$$

Para um choque frontal entre dois corpos que se movem somente em uma dimensão, supõe-se que antes da colisão os corpos possuam velocidades v_A e v_B, após a colisão os corpos passa a ter velocidades v'_A e v'_B. Então, o coeficiente de restituição será dado por:

$$\boldsymbol{e} = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B}$$

Lembrando que, na equação acima estamos trabalhando com os módulos das respectivas velocidades, isto é, seus valores algébricos.

Então, a classificação das colisões com respeito ao coeficiente de restituição, tem-se:

- Se $e = 1$ → Colisão perfeitamente elástica
- Se $e = 0$ → Colisão perfeitamente inelástica
- Se $0 < e < 1$ → Colisão parcialmente elástica

Aprofundando a classificação de colisões baseado no coeficiente de restituição, é possível construir os seguintes tópicos:

i) Perfeitamente elásticas: Quando ocorre restituição, isto é, toda a energia cinética antes da colisão é a mesma energia cinética após a colisão.

$$E_{c(antes)} = E_{c(depois)}$$

ii) Perfeitamente inelástico: Não ocorre a restituição e ocorre uma grande dissipação de energia cinética. Isto é, a energia cinética antes da colisão é maior que a energia cinética após a colisão.

$$E_{c(antes)} > E_{c(depois)}$$

iii) Parcialmente elástico: Ocorre restituição, mas com dissipação de energia cinética. Isto é, a energia cinética antes da colisão é maior que a energia cinética após a colisão.

$$E_{c(antes)} > E_{c(depois)}$$

QUESTÕES DE MOMENTO LINEAR E IMPULSO

1. (ITA – 2010) Uma massa m_1 com velocidade inicial V_0 colide com um sistema massa – mola m_2 e constante elástica k, inicialmente em repouso sobre uma superfície sem atrito, conforme ilustra a figura. Determine o máximo comprimento de compressão da mola, considerando desprezível a sua massa.

a) $x = v_0\sqrt{\frac{m_1 m_2}{k(m_1+m_2)}}$

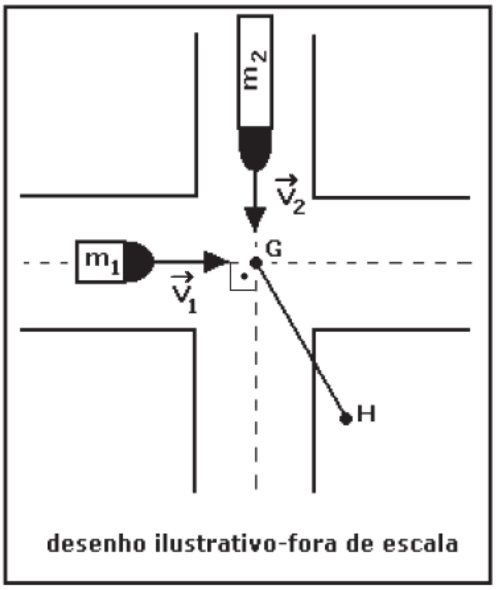
b) $x = \frac{m_1 m_2}{k(m_1+m_2)} v_0$

c) $x = v_0 \frac{k}{m_1 m_2}$

d) $x = \sqrt{\frac{v_0}{m_1+m_2} - k}$

e) $x = \sqrt{v_0 \frac{m_1 m_2}{(m_1+m_2)}}$

2. (ESPCEX – 2015) Dois caminhões de massa $m_1 2{,}0\ ton$ e $m_2 = 4{,}0\ ton$, com velocidades $v_1 = 30\ m/s$ e $v_2 = 20\ m/s$, respectivamente, e trajetórias perpendiculares entre si, colidem em um cruzamento no ponto G e passam a se movimentar unidos até o ponto H, conforme a figura abaixo. Considerando o choque perfeitamente inelástico, o módulo da velocidade dos veículos imediatamente após a colisão é:



a) $30\ km/h$

b) $40\ km/h$

c) $60\ km/h$

d) $70\ km/h$

e) $75\ km/h$

3. Um boneco de massa m se move sobre um barco de massa M $(M = 2m)$. Sabendo que o barco pode se mover livremente sem atrito com a água, determine o deslocamento do boneco em relação a terra quando ele se move de ponta a ponta do barco de comprimento de $2m$.

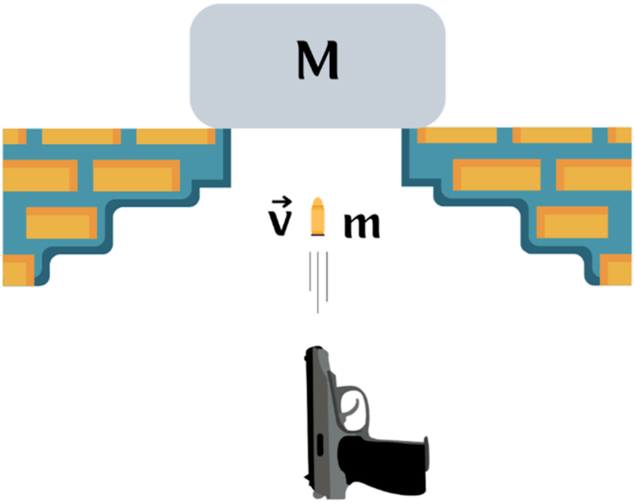
a) $x = 6{,}6m$

b) $x = 0{,}66m$

c) $x = 0{,}60m$

d) $x = 6{,}0m$

e) $x = 0{,}066m$



4. Na figura abaixo, temos um bloco de gelatina muito resistente, abaixo do bloco é disparado um projetil de massa m e com velocidade v. Depois do projétil atingir o bloco, qual altura o bloco irá alcançar?

a) $H = \frac{1}{g} v_0^2 (\frac{m}{M+m})^2$;

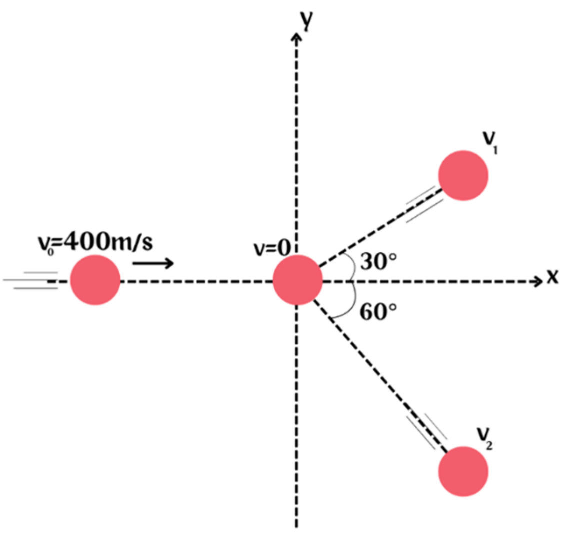
b) $H = v_0^2 (\frac{m}{M+m})^2$;

c) $H = \frac{1}{g} v_0^2 (\frac{m}{M})^2$;

d) $H = \frac{1}{2g} v_0^2 (\frac{m}{M+m})^2$;

e $H = \frac{1}{2g} v_0^2 (\frac{M}{M+m})^2$.

5. Uma molécula de um certo gás ideal a uma pressão de $1atm$ e com velocidade de $400m/s$, colide elasticamente com outra molécula de mesma massa $m = 4\mu g$. Sabendo que imediatamente depois da colisão, as moléculas se movem nas direções mostrada na figura, determine a velocidade das moléculas.



a) $v_1 = 150m/s\ e\ v_2 = 150\sqrt{3}m/s$;

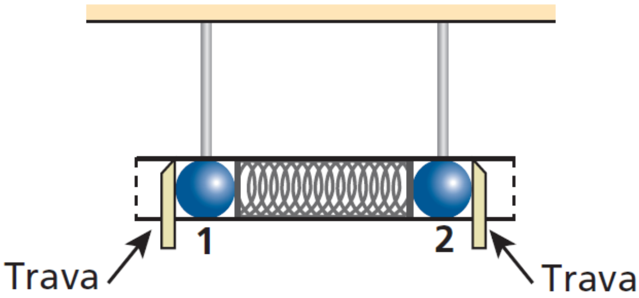
b) $v_1 = 200m/s\ e\ v_2 = 200m/s$;

c) $v_1 = 100m/s\ v_2 = 100m/s$;

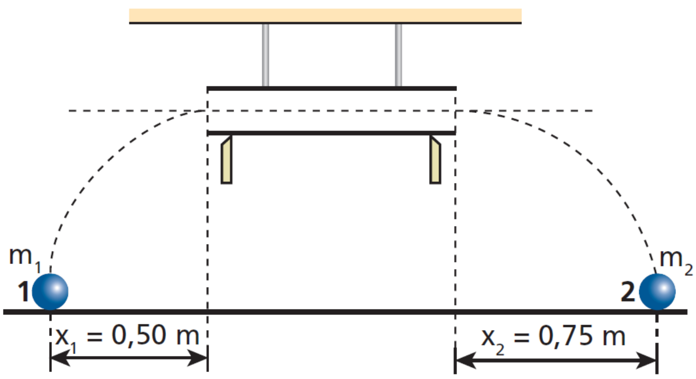
d) $v_1 = 50m/s\ e\ v_2 = 350m/s$;

e) $v_1 = 200\sqrt{3}m/s \; e \; v_2 = 200m/s.$

6. (UNESP-SP) A figura representa duas esferas, **1** e **2**, de massa m_1 e m_2, respectivamente, comprimido por uma mola e sendo mantidas por duas travas dentro de um tubo horizontal



Quando as duas travas são retiradas simultaneamente, as esferas **1** e **2** são ejetadas do tubo, com velocidades de módulo v_1 e v_2, respectivamente, e caem sob a ação da gravidade. A esfera **1** atinge o solo num ponto situado à distância $x_1 = 0{,}50m$, t_1 segundo depois de abandonar o tubo, e a esfera **2**, à distância $x_2 = 0{,}75m$, t_2 segundo depois de abandonar o tubo, conforme indicado pela seguinte figura.



Desprezando a massa da mola e quaisquer atritos, determine as razões $\frac{t_2}{t_1}$, $\frac{v_2}{v_1}$ e $\frac{m_2}{m_1}$ respectivamente.

a) 1, $\frac{3}{2}$ e $\frac{2}{3}$

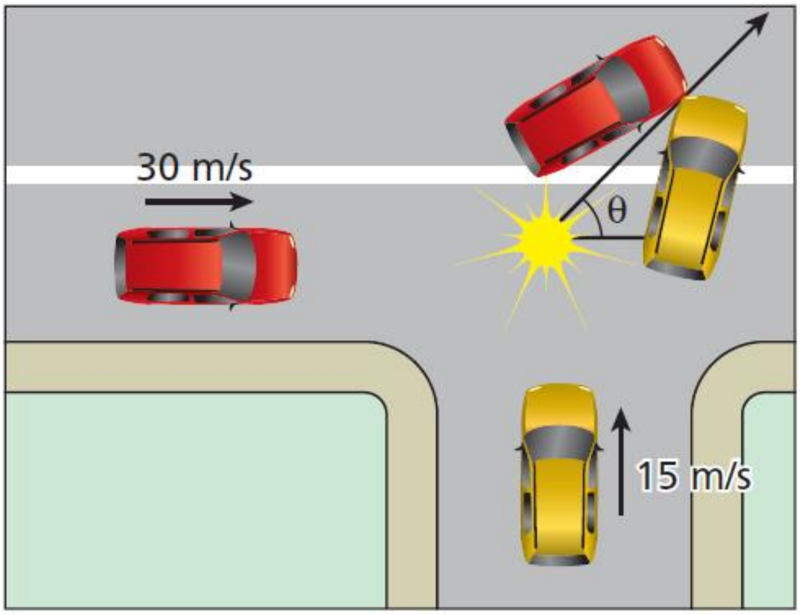
b) 1, $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{2}$

c) 2, $\frac{2}{3}$ e $\frac{3}{2}$

d) 2, $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{2}$

e) 1,5, $\frac{3}{2}$ e $\frac{3}{2}$

7. (UEPB) Em um cruzamento da cidade de Campina Grande, durante uma manhã de muita chuva, um automóvel compacto com massa de 1 600 kg que se deslocava de Oeste para Leste, com uma velocidade de módulo 30 m/s, colidiu com uma picape (camionete) com massa de 2400kg que se deslocava do Sul para o Norte, avançando o sinal vermelho, com uma velocidade de módulo 15 m/s, conforme a figura abaixo. Felizmente, todas as pessoas, nesses veículos, usavam cintos de segurança e ninguém se feriu. Porém, os dois veículos se engavetaram e passaram



a se mover, após a colisão, como um único corpo, numa direção entre Leste e Norte. Desprezando-se o atrito entre os veículos e a pista, o módulo da velocidade dos carros unidos após a colisão, em m/s, foi de:

a) 15

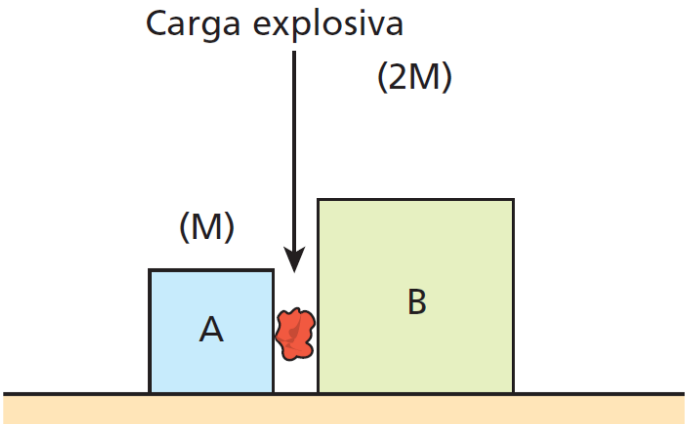
b) 16

c) 18

d) 20

e) 22

8. **(UFV-MG)** Dois blocos, **A** e **B**, feitos de materiais idênticos, um com massa **M** e o outro com massa **2M**, encontram -se inicialmente em repouso sobre uma superfície plana e com atrito, separados por uma carga explosiva de massa



desprezível. A situação inicial do sistema está ilustrada na figura abaixo.

Após a explosão da carga, o bloco **A** percorre uma distância **L**, deslizando pela superfície até parar. É **correto** afirmar que a distância percorrida pelo bloco **B** será:

a) 4L

b) 2L

c) L

d) $\frac{L}{2}$

e) $\frac{L}{4}$

9. Um barco de massa **M**, pilotado por um homem de massa **m**, atravessa um lago de águas tranquilas com velocidade constante $\vec{v}_0$. Em dado instante, pressentindo perigo, o homem atira -se à água, desligando -se do barco com velocidade -2$\vec{v}_0$, medida em relação às margens do lago. Nessas condições, a velocidade do barco imediatamente após o homem ter -se atirado à água é mais bem expressada por:

a) $\frac{2m}{M}\vec{v}_0$

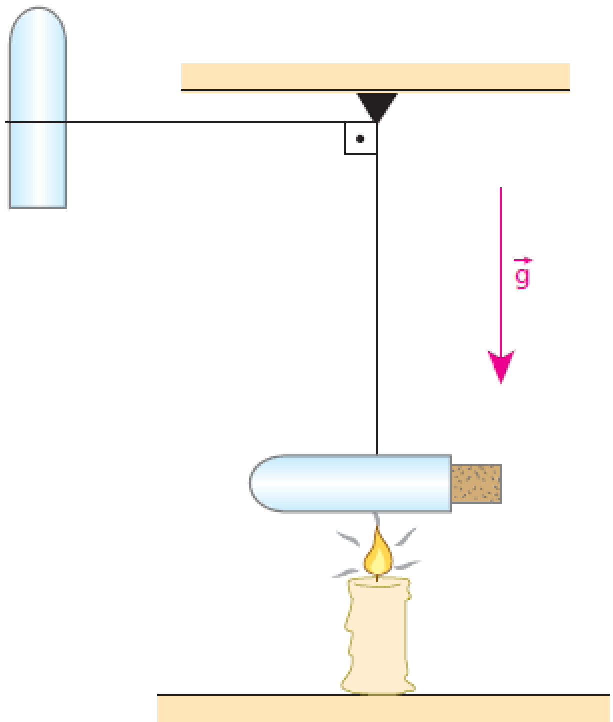
b) $\frac{m}{M}\vec{v}_0$

c) $\frac{(M + 3m)}{M}\vec{v}_0$

d) $\frac{(M - m)}{M}\vec{v}_0$

e) $\frac{(M + 2m)}{M}\vec{v}_0$

10. (VUNESP–SP adaptada) Um tubo de massa **M** contendo uma gota de éter de massa desprezível é suspenso por meio de um fio leve, de comprimento L, conforme ilustrado na figura. No local, despreza -se a influência do ar sobre os movimentos e adota –se para o módulo da aceleração da gravidade o valor g. O módulo da velocidade horizontal mínima com que a rolha de massa **m** deve sair



do tubo aquecido para que ele atinja a altura do seu ponto de suspensão será:

a) $\frac{m}{M}\sqrt{2gL}$

b) $\frac{m}{M}\sqrt{\frac{gL}{2}}$

c) $2\frac{M}{m}\sqrt{gL}$

d) $\frac{m}{M}\sqrt{gL}$

e) $\frac{M}{m}\sqrt{2gL}$

11. (ENEM-2019) Em qualquer obra de construção civil é fundamental a utilização de equipamentos de proteção individual, tal como capacetes. Por exemplo, a queda livre de um tijolo de massa 2,5 kg de uma altura de 5 m, cujo impacto contra um capacete pode durar até 0,5 s, resulta em uma força impulsiva média maior do que o peso do tijolo. Suponha que a aceleração gravitacional seja 10m s^{-2} e que o efeito de resistência do ar seja desprezível.

A força impulsiva média gerada por esse impacto equivale ao peso de quantos tijolos iguais?

a) 2

b) 5

c) 10

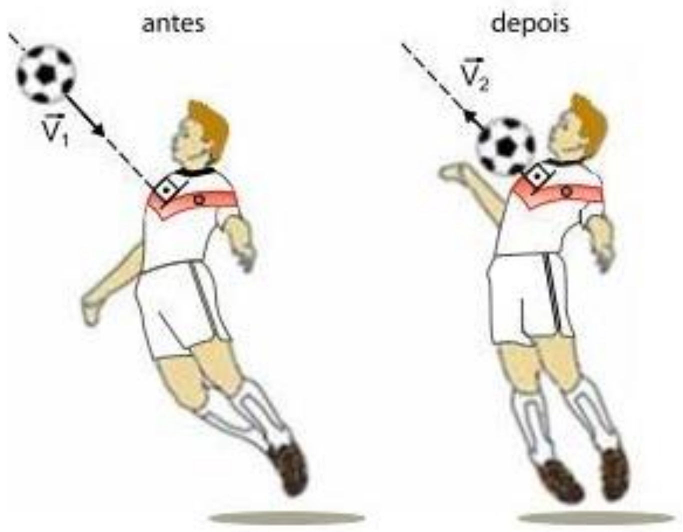
d) 20

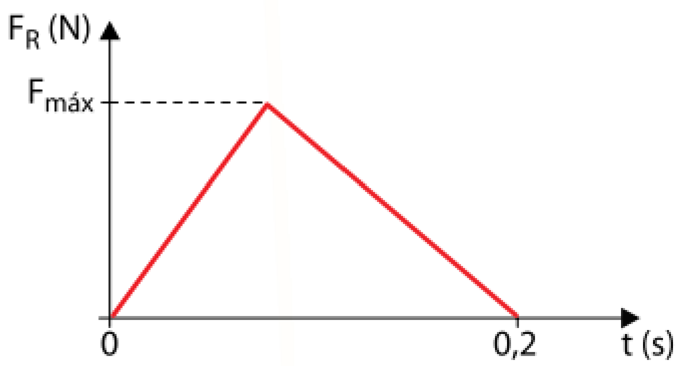
e) 50

12. (MACKENZIE) Em uma competição de tênis, a raquete do jogador é atingida por uma bola de massa 60 g, com velocidade horizontal de 40 m/s. A bola é rebatida na mesma direção e sentido contrário com velocidade de 30 m/s. Se o tempo de contato da bola com a raquete é de 0,01 s, a intensidade da força aplicada pela raquete à bola é

a) 60 N b) 120 N c) 240 N d) 420 44 N e) 640 N

13. (UNESP-2015) O gol da conquista do tetracampeonato pela Alemanha na Copa do Mundo de 2014 foi feito pelo jogador Gôtze. 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, = 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 = 0,6 m/s e em sentido contrário.





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 (Fp) que atuou sobre ela, variou em função do tempo, conforme o gráfico.

Considerando a massa da bola igual a 0,4 kg, é correto afirmar que, nessa jogada, o módulo da força resultante máxima que atuou sobre a bola, indicada no gráfico por F é igual, em newtons, a

a) 68,8.

b) 34,4.

c) 59,2.

d) 26,4.

e) 88,8.

14. (PUCRJ 2017) Um jogador de tênis, durante o saque, lança a bola verticalmente para cima. Ao atingir sua altura máxima, a bola é golpeada pela raquete de tênis, e sai com velocidade de 108 km/ h na direção horizontal. Calcule, em kg m/s, o módulo da variação de momento linear da bola entre os instantes logo após e logo antes de ser golpeada pela raquete.

Dado: Considere a massa da bola de tênis igual a 50 g.

a) 1,5

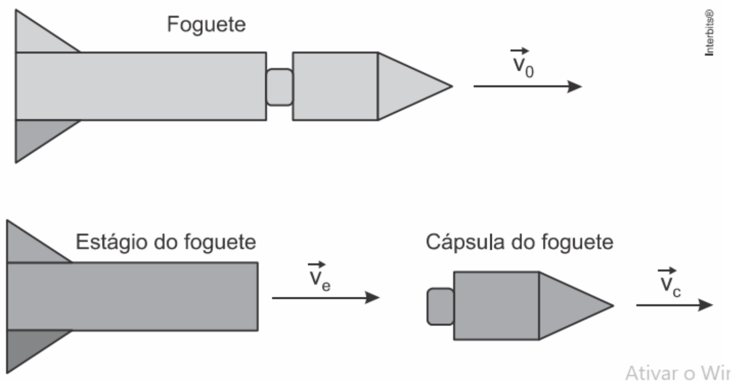
b) 5,4

c) 54

d) 1.500

e) 5.400

15. (PUCPR 2016) Um foguete, de massa M, encontra-se no espaço e na ausência de gravidade com uma velocidade (Vo) de 3000 km/h em relação a um observador na Terra, conforme ilustra a figura a seguir.



Num dado momento da viagem, o estágio, cuja massa representa 75% da massa do foguete, é desacoplado da cápsula. Devido a essa separação, a cápsula do foguete passa a viajar 800 km h mais rápido que o estágio. Qual a velocidade da cápsula do foguete, em relação a um observador na Terra, após a separação do estágio?

a) 3000 km h.

b) 3200 km h.

c) 3400 km h.

d) 3600 km h.

e) 3800 km h;

16. Um garoto estava com intenção de ajudar seus pais na mudança de casa ao levar algumas caixas para fora, quando se deparou com uma caixa cheia de roupas, ao qual pesa 5 kg, na sala de estar, que está inicialmente em repouso sobre uma superfície horizontal de madeira conforme a figura.

O garoto, ao se aproximar da caixa, a empurrou com uma força constante, de módulo de 6 N, durante um período de 5 segundos, assim o bloco se movimenta adquirindo velocidade e aceleração. Ao final desses cinco segundos, o garoto para de empurrar a caixa por ter cansado, contudo a caixa continua se movimentando com uma velocidade de 6 m/s. Assim, a variação da quantidade de movimento, o impulso da força durante os 5 segundos de atuação sobre a caixa, a aceleração adquirida e a distância percorrida pela caixa serão, respectivamente:

a) 10 $kg.m/s$; 10 $kg.m/s$; 1,0 m/s^2; 13 m;

b) 10 $kg.m/s$; 20 $kg.m/s$; 2,4 m/s^2; 14 m;

c) 20 $kg.m/s$; 10 $kg.m/s$; 2,4 m/s^2; 14 m;

d) 30 $kg.m/s$; 30 $kg.m/s$; 1,2 m/s^2; 15 m;

e) 30 $kg.m/s$; 25 $kg.m/s$; 1,2 m/s^2; 15 m.

17. Um acidente reportado pela polícia em um determinado dia relata a seguinte história: um caminhão trafegava em uma rodovia a uma determinada velocidade v_C por volta das 09:30 da manhã quando, ao se aproximar de um semáforo, o motorista descuidado deixou seu celular cair entre seus pés. Ao se abaixar para pegá-lo, acabou colidindo com um carro, de massa de $1750\ kg$, que estava parado no semáforo esperando o sinal ficar verde para poder prosseguir seu caminho. Após a colisão, os dois veículos saíram a $7\ m/s$, com o caminhão arrastando o carro. A massa do caminhão, reportada pela polícia, era de 5750 kg. Um professor de Física que presenciou toda situação, notou que a colisão durou 0,4 segundos e, assim, resolveu coletar esses dados para realizar alguns cálculos. Com isso, o professor determinou a velocidade com que o caminhão trafegava antes da colisão e a força que o caminhão exerceu sobre o carro, juntamente com a força que o carro exerceu sobre o caminhão. São elas, respectivamente:

a) $9{,}13\ m/s; 26250N;\ 26250N;$

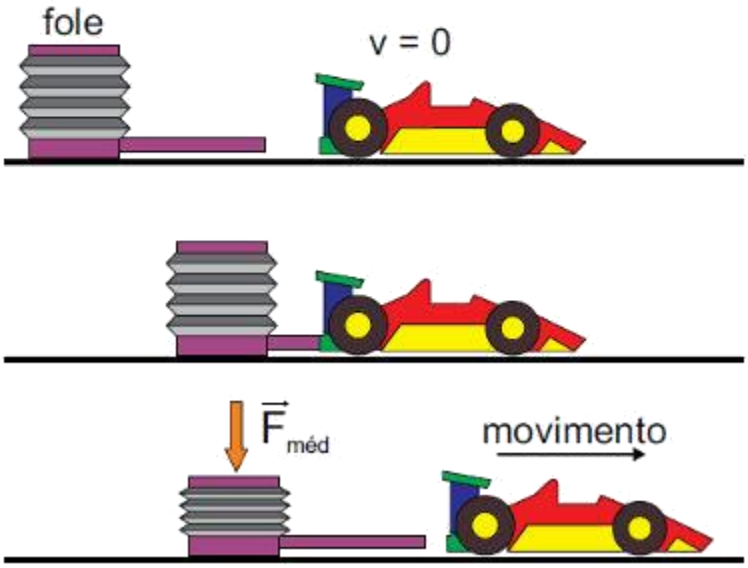
b) $7{,}18\ m/s; 32750N;\ 26250N;$

c) $6{,}25\ m/s; 37500N;\ 37500N;$

d) $5{,}09\ m/s; 31940N;\ 31940N;$

e) $4{,}19\ m/s; 25652N;\ 25652N.$

18. **(FAMEMA-SP).** Um brinquedo consiste em um fole acoplado a um tubo plástico horizontal que se encaixa na traseira de um carrinho, inicialmente em repouso. Quando uma criança pisa no fole, comprimindo-o até o final, o ar expelido impulsiona o carrinho.



Considere que a massa do carrinho seja de 300 g, que o tempo necessário para que a criança comprima completamente o fole seja de 0,2 s e que, ao final desse intervalo de tempo, o carrinho adquira uma velocidade de 8 m/s. Admitindo desprezíveis todas as forças de resistência ao movimento do carrinho, o módulo da força média ($F_{méd}$) aplicada pelo ar expelido pelo tubo sobre o carrinho, nesse intervalo de tempo, é igual a

a) 10 N;

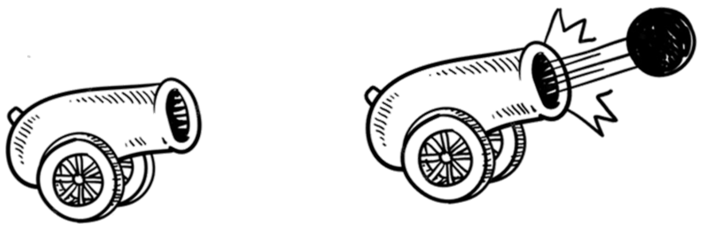
b) 14 N;

c) 12 N;

d) 8 N;

e) 16 N.

19. Canhões geralmente eram usados para derrubar navios, assim como os de fortes das cidades, em que as protegiam, como por exemplo, a Fortaleza de São José de Macapá, localizada na cidade de Macapá no estado do Amapá. Seu principal objetivo era defender a Amazônia diante da possibilidade de uma suposta invasão francesa durante o século XVIII. Um professor de Física, ao analisar um canhão carregado, cujo seu conjunto de massa é composto pela massa do canhão (M_C) somada a massa da bala de canhão (m_B) que está dentro dele, onde esse conjunto vale $M_T = 380\ kg$ e está inicialmente em repouso, decide determinar a velocidade de recuo do canhão quando disparado.



Sabendo que o projétil tem $25kg$, a velocidade na boca do canhão é de $250m/s$ e que não há presença de forças externas, ele descobriu que a velocidade de recuo do canhão é de

a) $10{,}44\ m/s$;

b) $12{,}04\ m/s$;

c) $14{,}08\ m/s$;

d) $16{,}06\ m/s$;

e) $20{,}02\ m/s$.

20. (PUC-RJ) Um garoto de massa $30\ kg$ está parado sobre uma grande plataforma de massa $120\ kg$ também em repouso em uma superfície de gelo. Ele começa a correr horizontalmente para a direita, e um observador, fora da plataforma, mede que sua velocidade é de $2{,}0\ m/s$. Sabendo que não há atrito entre a plataforma e a superfície de gelo, a velocidade com que a plataforma se desloca para a esquerda, para esse observador, é, em m/s:

a) 1,0;

b) 2,0;

c) 0,5;

d) 8,0;

e) 4,0.

21. (FURG) Um vagão de trem encontra-se em repouso sobre uma ferrovia. Um segundo vagão, animado com uma velocidade **V**, colide como primeiro, e os dois permanecem engatados após o choque. A lei da física que você aplicaria para determinar a velocidade do conjunto após a colisão é a:

a) da Conservação das Forças de colisão

b) da Conservação da Energia Mecânica

c) da Inércia

d) da Conservação da Quantidade de Movimento

e) da Conservação da Energia Cinética

22. (UFRGS) Sobre uma partícula, inicialmente em movimento retilíneo uniforme, é exercida, a partir de um certo instante “t”, uma força resultante cujo módulo permanece constante e cuja direção se mantem sempre perpendicular à direção da velocidade da partícula. Nessas condições, após o instante “t”:

a) a energia cinética da partícula não varia.

b) o vetor quantidade de movimento da partícula permanece constante.

c) o vetor aceleração da partícula permanece constante.

d) o trabalho realizado sobre a partícula é não nulo.

e) o vetor impulso exercido sobre a partícula é nulo.

23. Em uma partida de bolinhas de gude em um plano sem atrito, uma criança lança uma bolinha de acrílico com uma velocidade “v” e com massa m=0,1 Kg de modo que essa bolinha colide com uma outra bolinha feita de aço que possui o triplo da massa da bolinha de acrílico. Sabendo que, a bolinha de aço encontrava-se incialmente em repouso e que, após a colisão, as duas bolinhas se movem juntas com uma velocidade “V”, determine a velocidade após a colisão em termos da velocidade da bolinha de acrílico antes da colisão.

a) V = 0

b) V = v

c) V = 2v

d) V = v/2

e) V = v/4

24. Em um laboratório de perícia criminal, os peritos criminais passam por um teste que consistes no seguinte problema: calcular o ângulo θ_0 que um pêndulo balístico faz com a vertical após um projétil de massa “m” e velocidade inicial “Vo” atingir o bloco de massa “M” que está incialmente em repouso e pendurado por um fio de comprimento “L”. Além disso, após a colisão, o projétil fica preso no bloco após até que o sistema alcance uma altura máxima “h” ao formar o ângulo θ_0 com a vertical. Considerando a aceleração local da gravidade igual a “g”.

Ao resolver o problema corretamente, qual expressão algébrica para o ângulo θ_0 os peritos deveriam ter encontrado?

a) $\theta_0 = \arccos\left(1 - \frac{m^2.V_0^2}{2.g.L(m+M)^2}\right)$

b) $\theta_0 = \frac{m^2.V_0^2}{2.g.L(m+M)^2}$

c) $\theta_0 = \arccos\left(2 - \frac{m^2.V_0^2}{2.g.L(m+M)^2}\right)$

d) $\theta_0 = \arccos\left(3 - \frac{m^2.V_0^2}{2.g.L(m+M)^2}\right)$

e) $\theta_0 = \arccos\left(\sqrt{2} - \frac{m^2.V_0^2}{2.g.L(m+M)^2}\right)$

25. (UFSM-adaptada) Dois corpos sofrem um choque perfeitamente elástico. Considerando o sistema isolado, é correto afirmar que:

a) a quantidade de movimento, antes do choque, é maior que a quantidade de movimento depois do choque.

b) a energia cinética, antes do choque, é maior que a energia cinética após o choque.

c) a quantidade de movimento, antes do choque, é menor que a quantidade de movimento após o choque.

d) a energia cinética, antes do choque, é menor que a energia cinética após o choque.

e) a quantidade de movimento, antes do choque, é igual a quantidade de movimento após o choque.

26. (UFF 2019) Lulas e polvos se impulsionam expelindo água. Eles fazem isso armazenando água em uma cavidade e repentinamente contraindo essa cavidade para expelir a água através de um orifício. Uma lula de 6,5 kg (incluindo a água na cavidade) está em repouso quando de repente avista um perigoso predador. Se a lula possui 1,7 kg de água em sua cavidade, com qual módulo da velocidade ela deve expelir essa água para subitamente atingir uma velocidade com módulo de 2,5 m/s e assim conseguir escapar do predador? Despreze qualquer efeito da força de arraste da água circundante.

a) 5,98 m/s

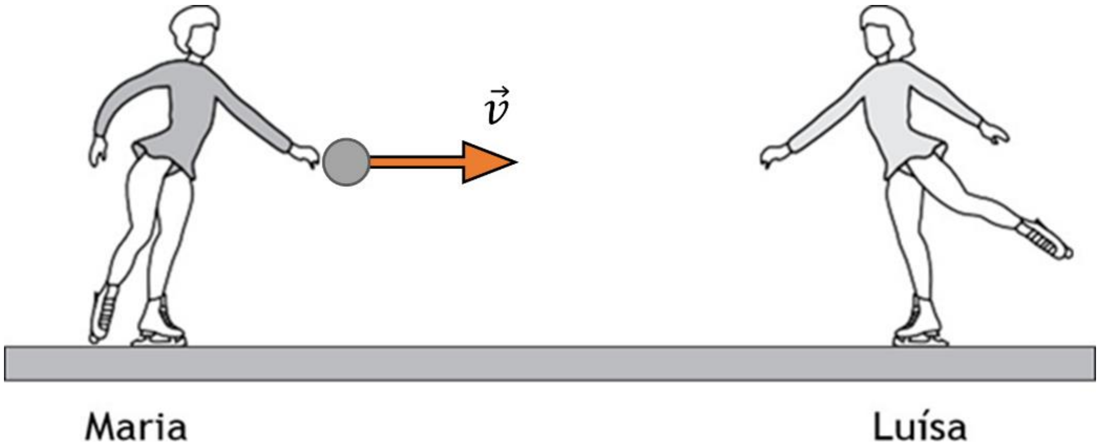
b) 6,78 m/s

c) 7,06 m/s

d) 5,53 m/s

e) 8,01 m/s

27. (FUVEST 2012) Maria e Luísa, ambas de massa M, patinam no gelo. Luísa vai ao encontro de Maria com velocidade de módulo V. Maria, parada na pista, segura uma bola de massa m e, num certo instante, joga a bola para Luísa. A bola tem velocidade de módulo v, na mesma direção de $\vec{V}$. Depois que Luísa agarra a bola, as velocidades de Maria e Luísa, em relação ao solo, são, respectivamente,



Em que V e v são velocidades em relação ao solo. Considere positivas as velocidades para a direita. Desconsidere efeitos dissipativos.

a) 0; $v - V$

b) $-v$; $v + V/2$

c) $-mv/M$; MV/m

d) – mv/M; $(mv - MV)/(M + m)$

e) $(MV/2 - mv)/M$; $(mv - MV/2)/(M + m)$

28. **(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 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) $(m + M)v/(M - m)$

29. Você está em pé, parado sobre uma camada de gelo de uma quadra de hóquei (desprezando o atrito entre os pés e o gelo). Um amigo joga para você uma bola de $0{,}4\ kg$ que se desloca horizontalmente com velocidade de $10{,}0\ m/s$. Sua massa é igual a $70{,}0\ kg$. Se a bola colide com você e rebate em seu peito, passando a adquirir uma velocidade horizontal de $8{,}0\ m/s$ em sentido oposto ao inicial, com que velocidade você se desloca após a colisão?

a) $0{,}057\ m/s$

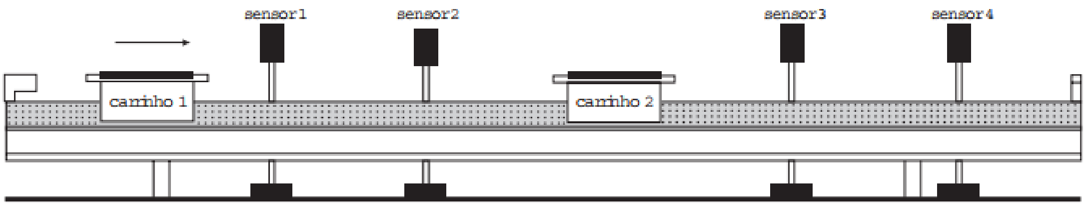
b) $0{,}103\ m/s$

c) $4\ m/s$

d) $7{,}2\ m/s$

e) $70{,}4\ m/s$

30. (ENEM - 2016) O trilho de ar é um dispositivo utilizado em laboratórios de física para analisar movimentos em que corpos de prova (carrinhos) podem se mover com atrito desprezível. A figura ilustra um trilho horizontal com dois carrinhos (1 e 2) em que se realiza um experimento para obter a massa do carrinho 2. No instante em que o carrinho 1, de massa 150,0 g, passa a se mover com velocidade escalar constante, o carrinho 2 está em repouso. No momento em que o carrinho 1 se choca com o carrinho 2, ambos passam a se movimentar juntos com velocidade escalar constante. Os sensores eletrônicos distribuídos ao longo do trilho determinam as posições e registram os instantes associados à passagem de cada carrinho, gerando os dados do quadro.



Carrinho 1		Carrinho 2	
Posição (cm)	Instante (s)	Posição (cm)	Instante (s)
15,0	0,0	45,0	0,0
30,0	1,0	45,0	1,0
75,0	8,0	75,0	8,0
90,0	11,0	90,0	11,0

a) 50,0 g

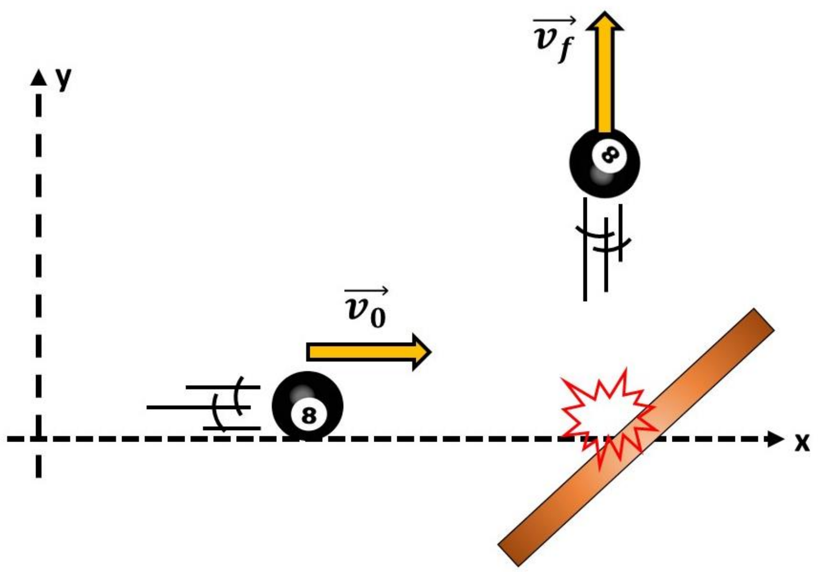
b) 250,0 g

c) 300,0 g

d) 450,0 g

e) 600,0 g

31. Uma bola de bilhar de 0,5 Kg bate contra uma mureta, como é mostrado na figura abaixo. Como consequência da colisão, a rapidez da bola muda de 8 m/s (antes da colisão) para 6 m/s (após a colisão). Qual a intensidade do impulso resultante deste sistema devido choque com a mureta?



a) 5 N.s

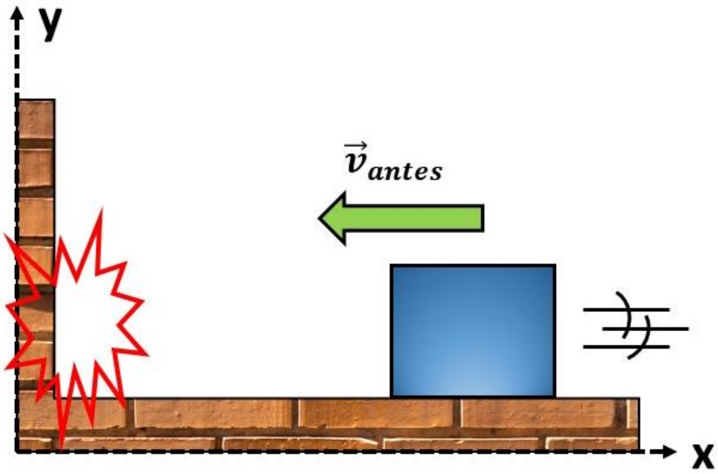
b) 4 N.s

c) 6 N.s

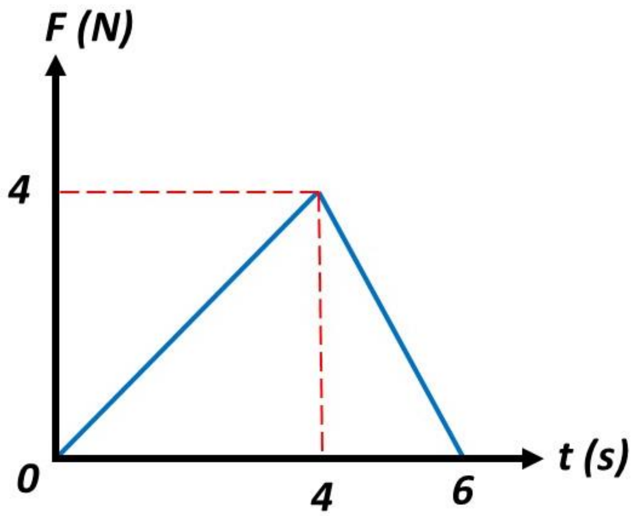
d) 9 N.s

e) 7 N.s

32. Um bloco de 1 Kg se aproxima de uma parede com rapidez 8 m/s, esse bloco irá colidir com a parede.



Durante a colisão com a parede, a força exercida no bloco pela parede varia linearmente com o tempo, essa variação é apresentada no gráfico $F\ vs\ t$ na figura abaixo.



Qual a rapidez do bloco após a colisão com a parede?

a) 4,4 m/s

b) 4 m/s

c) 5 m/s

d) 8,3 m/s

e) 8 m/s

33. Uma granada de massa 5m se desloca com rapidez 10 m/s sobre uma superfície lisa horizontal e em um certo instante a granada explode se partindo em dois fragmentos, um fragmento de massa 2m e outro fragmento com massa 3m.
O fragmento de massa 2m se desloca com rapidez 20 m/s e sua velocidade é perpendicular a velocidade do fragmento de massa 3m. Qual a rapidez do fragmento de massa 3m?

a) 9 m/s

b) 20 m/s

c) 15 m/s

d) 10,5 m/s

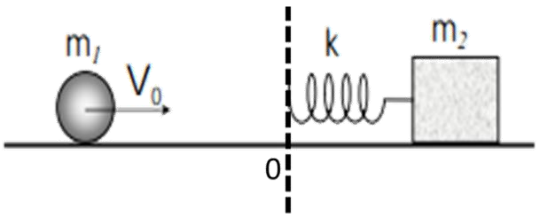
e) 10 m/s

GABARITO

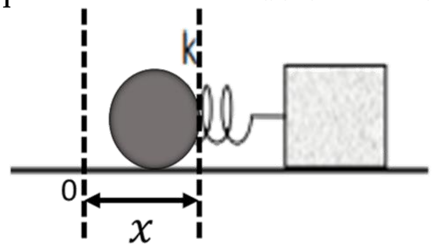
1	A	12	D	23	E
2	C	13	B	24	A
3	B	14	A	25	E
4	D	15	D	26	C
5	E	16	D	27	D
6	A	17	A	28	A
7	A	18	C	29	B
8	E	19	C	30	C
9	C	20	C	31	A
10	E	21	D	32	B
11	A	22	A	33	E

SOLUÇÕES DAS QUESTÕES DE TRABALHO E ENERGIA

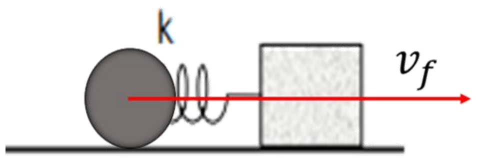
1. No momento antes da colisão a mola não está deformada como vemos na imagem, traçando uma origem na mola para analisarmos melhor o sistema.



Temos que durante a colisão a bolinha de massa m_1 irá deformar a mola até uma distância máxima que determinaremos por 'x'.



Se considerarmos a colisão como perfeitamente inelástica, quando a distância 'x' for máxima os corpos iram se mover juntos com uma única velocidade.



Pela conservação da quantidade de movimento, temos que a quantidade de movimento antes vai ser igual a quantidade de movimento após a colisão, logo:
Quantidade de movimento é dado pela formula $p = mv$

$$p_{inicial} = p_{final} \quad \rightarrow \quad m_1 v_0 = (m_1 + m_2) v_f$$

No membro direito da expressão acima não temos a quantidade de movimento do bloco – mola porque está em repouso ($v = 0$).
Da expressão a cima temos:

$$v_f = \frac{m_1 v_0}{(m_1 + m_2)}$$

Temos pela conservação da energia mecânica:

$$E_i = E_f$$

A energia mecânica antes (inicial) é somente cinética da bolinha, a energia mecânica final (após) é potencial elástica mais cinética.

$$\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} k x^2 + \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_f^2$$

Multiplicando a expressão acima por 2, tem-se

$$m_1 v_0^2 = k x^2 + (m_1 + m_2) v_f^2$$

Substituindo a expressão de v_f na expressão acima

$$m_1 v_0^2 = kx^2 + (m_1 + m_2)\left[\frac{m_1 v_0}{(m_1 + m_2)}\right]^2$$

$$m_1 v_0^2 = kx^2 + \frac{m_1^2 v_0^2}{(m_1 + m_2)}$$

Isolando ‘x’ com algumas manipulações algébricas

$$kx^2 = m_1 v_0^2 - \frac{m_1^2 v_0^2}{(m_1 + m_2)} \quad \rightarrow \quad kx^2 = m_1 v_0^2 \left(1 - \frac{m_1}{(m_1 + m_2)}\right)$$

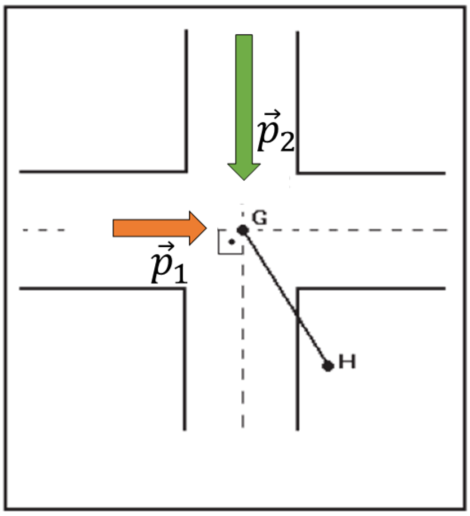
$$kx^2 = m_1 v_0^2 \left(\frac{m_1 + m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right) \quad \rightarrow \quad kx^2 = \frac{v_0^2 m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

$$x^2 = \frac{v_0^2 m_1 m_2}{k(m_1 + m_2)} \quad \rightarrow \quad x = \sqrt{\frac{v_0^2 m_1 m_2}{k(m_1 + m_2)}}$$

$$\therefore x = v_0 \sqrt{\frac{m_1 m_2}{k(m_1 + m_2)}}$$

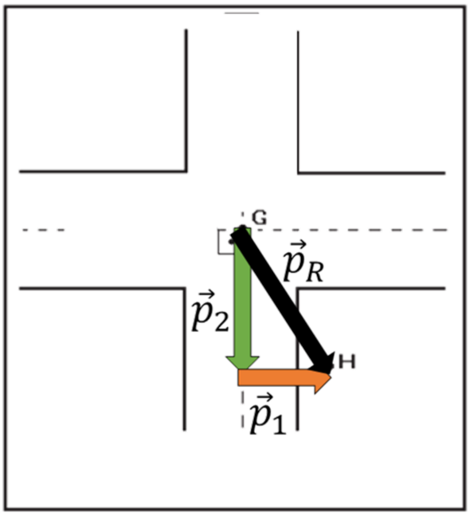
Resposta: (c)

2. Note que a quantidade de movimento é uma grandeza vetorial $\vec{p}$, então temos a seguinte representação:



Onde as setas representam os vetores de quantidade de movimento com respeito cada corpo:

Temos que pelas propriedades de vetores podemos transladados de forme que:



O vetor $\vec{p}_R$ representa o momento resultante, se quisermos o módulo desse vetor devemos utilizar o teorema de Pitágoras:

$$|\overrightarrow{p}|_R^2 = |\overrightarrow{p}|_1^2 + |\overrightarrow{p}|_2^2$$

Dessa forma temos

$$p_R^2 = p_1^2 + p_2^2 \quad \rightarrow \quad p_R^2 = (m_1 v_1)^2 + (m_2 v_2)^2$$

Convertendo as massas de ton para kg, temos:

$$m_1 = 2000kg \quad e \quad m_2 = 4000kg$$

Substituindo as massas e velocidades na expressão acima, tem-se:

$$p_R^2 = (2000 \times 30)^2 + (4000 \times 20)^2 \quad \rightarrow \quad p_R^2 = 10^{10}$$

$$p_R = 10^5 kg.m/s$$

Mas como a colisão é perfeitamente inelástico temos que:

$$p_R = (m_1 + m_2)v_f \quad \rightarrow \quad v_f = \frac{p_R}{m_1 + m_2}$$

Substituindo p_R na expressão acima e resolvendo-a:

$$v_f = \frac{10^5}{2000 + 4000} \quad \rightarrow \quad v_f = 16{,}6\, m/s$$

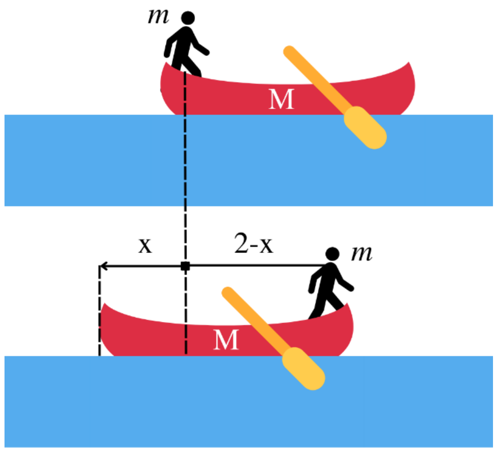
Multiplicando por 3,6 para converter de m/s para km/h.

$$v_f = 16{,}6 \times 3{,}6 = 59{,}76$$

$$v_f \approx 60\ km/h$$

Resposta: (c)

3. Primeiramente vamos ver e analisar a ilustração do que ocorreu.



Quando o boneco se movimenta para a direita, o barco de move para a esquerda, ao longo da direção X, pela conservação do movimento, temos:

$$p_{inicial} = p_{final}$$

Quando o boneco está no extremo esquerdo do barco, consideramos que ambos estejam em repouso.

$$p_{inicial} = 0 \quad \rightarrow \quad 0 = p_{final}$$

$$p_{final} = mv_{boneco} - Mv_{barco}$$

A velocidade do barco tem o sinal negativo porque está se movendo para a esquerda, sentido negativo do referencial convencional.

$$0 = mv_{boneco} - Mv_{barco} \quad \rightarrow \quad mv_{boneco} = Mv_{barco}$$

Lembrando da definição de velocidade média

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Com essa definição conseguimos encontrar a velocidade dos corpos, então substituindo os devidos deslocamentos na expressão acima e em seguida substituindo na expressão dos momentos, sendo que $M = 2m$. Obtemos:

$$m\frac{(2-x)}{t} = M\frac{x}{t} \quad \rightarrow \quad m\frac{(2-x)}{t} = 2m\frac{x}{t}$$

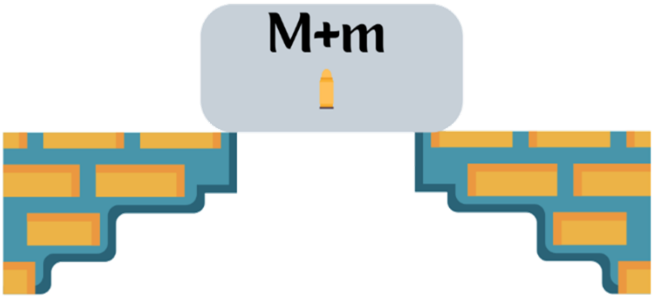
$$2 - x = 2x \quad \rightarrow \quad 3x = 2$$

$$\therefore \quad x = \frac{2}{3} \approx 0{,}66m$$

Resposta: (b)

4. Pelo teorema da conservação do momento linear temos

$$\vec{p}(antes) = \vec{p}(depois)$$



Como o bloco está em repouso, então sua velocidade em relação ao referencial terrestre é zero, logo

$$p_0 = p'$$

Onde p_0 é o momento do projetil e p' é o momento do conjunto. Segue que:

$$mv_0 = (M+m)v' \quad \rightarrow \quad v' = \frac{mv_0}{(M+m)}$$

Agora, usando o teorema da conservação da energia mecânica, temos

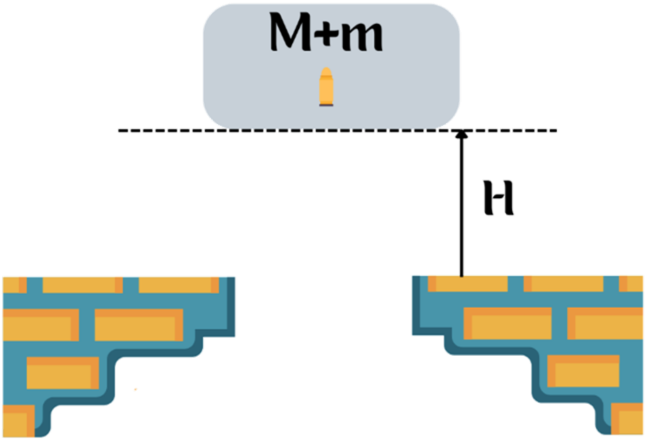
$$E_m(antes) = E_m(depois)$$

(antes de subir, e depois de atingir a altura máxima)

Antes do conjunto subir, a única energia que há no sistema é a cinética

$$E_c(antes) = \frac{1}{2}mv'^2$$

Definido o nível zero de energia potencial no piso, quando o conjunto atingir a altura máxima sua energia cinética será transferida totalmente para energia potencial.



$$E_{pg}(depois) = mgH$$

Igualando as energias temos:

$$\frac{1}{2}mv'^2 = mgH \quad \rightarrow \quad H = \frac{1}{2g}v'^2$$

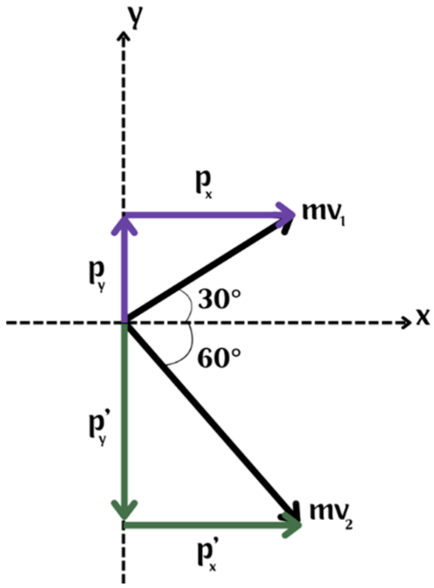
Substituindo v' na expressão acima

$$H = \frac{1}{2g}\left(\frac{v_0 m}{M+m}\right)^2$$

$$\therefore H = \frac{1}{2g}v_0^2\left(\frac{m}{M+m}\right)^2$$

Resposta: (d)

5. Analisaremos a colisão pelo diagrama de força[1]



Analisaremos os momentos na direção *Y:*

$$p_{0y}(antes) = p_{0y}(depois)$$

$$0 = p_y - p'_y$$

Pela decomposição retangular temos:

$$0 = mv_1 sen30° - mv_2 sen60° \quad \rightarrow \quad mv_2 sen60° = mv_1 sen30°$$

Substituindo os valores seno

$$v_2 \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{2} v_1 \rightarrow \quad v_1 = \sqrt{3} v_2$$

Agora para a direção *X*:

$$p_{0x}(antes) = p_{0x}(depois)$$

$$mv_0 = p_x + p'_x$$

Pela decomposição retangular obtemos:

$$mv_0 = mv_1 cos30° + mv_2 cos60° \quad \rightarrow \quad v_0 = v_1 cos30° + v_2 cos60°$$

Substituindo os valores de cosseno

$$v_0 = \sqrt{3} v_1 + \frac{1}{2} v_2 \quad \rightarrow \quad 2 \times 400 = \sqrt{3} v_1 + \frac{1}{2} v_2$$

Substituindo $v_1 = \sqrt{3} v_2$ na expressão acima, temos

---

[1] Veja nossa apostila de *estática* caso desconheça o diagrama de forças

$$2 \times 400 = \sqrt{3}\sqrt{3}v_2 + \frac{1}{2}v_2 \quad \rightarrow \quad 800 = (3+1)v_2$$

$$\rightarrow \frac{800}{4} = v_2 \quad \rightarrow \quad v_2 = 200m/s$$

Com isso obtemos também:

$$v_1 = 200\sqrt{3}m/s$$

Resposta: (e)

6. Primeiramente iremos analisar o tempo de queda de ambas as esferas, por se trata de um M.U.V. (movimento uniformemente variado) vamos utilizar a equação horaria da posição para a coordenada Y

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

Sendo o solo como referencial zero temos que $y_0 = 0$ e como as esferas partem do repouso $v_0 = 0$, logo:

$$y = \cancel{y_0} + \cancel{v_0 t} + \frac{g{t_q}^2}{2}$$

$$y = \frac{g{t_q}^2}{2}$$

$$2y = g{t_q}^2$$

$$\frac{2y}{g} = {t_q}^2$$

$$t_q = \sqrt{\frac{2y}{g}}$$

Assim obtemos o tempo de que para as duas esferas, fazendo agora a razão $\frac{t_2}{t_1}$ obtemos:

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{\sqrt{\frac{2y}{g}}}{\sqrt{\frac{2y}{g}}}$$

$$\frac{t_2}{t_1} = 1$$

(II) sabemos que a velocidade média é dada por:

$$v = \frac{x}{t}$$

Logo fazendo a razão das velocidades $\frac{v_2}{v_1}$, temos:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\frac{x_2}{t_2}}{\frac{x_1}{t_1}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{x_2}{t_2}\frac{t_1}{x_1}$$

Sabemos que $t_1 = t_2$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{x_2}{\cancel{t_2}}\frac{\cancel{t_1}}{x_1}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{x_2}{x_1}$$

Pelos dados da questão temos $x_1 = 0{,}50$ e $x_2 = 0{,}75$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{x_2}{x_1} = \frac{0{,}75}{0{,}50}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{3}{2}$$

(III) usando o princípio da conservação da quantidade de movimento

$$\Delta\vec{Q} = \vec{0}$$

$$\vec{Q}_{final} - \vec{Q}_{inicial} = \vec{0}$$

$$\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial}$$

Como inicialmente as esferas estavam em repouso temos $\vec{Q}_{inicial} = 0$, assim temos

$$\vec{Q}_{final} = \vec{0}$$

-$\vec{Q}_1 - \vec{Q}_2 = \vec{0}$

$$-\vec{Q}_2 = \vec{Q}_1$$

Em módulo, temos:

$$Q_2 = Q_1$$

Sabemos que a $Q = m\,v$, logo:

$$m_2 v_2 = m_1 v_1$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

Pelos dados anteriores sabemos que $\frac{v_2}{v_1} = \frac{x_2}{x_1}$ e temos $x_1 = 0{,}50$ e $x_2 = 0{,}75$, logo:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{x_1}{x_2}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{0{,}50}{0{,}75}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{2}{3}$$

Resposta: (a)

7. Pelo princípio da conservação da quantidade de movimento

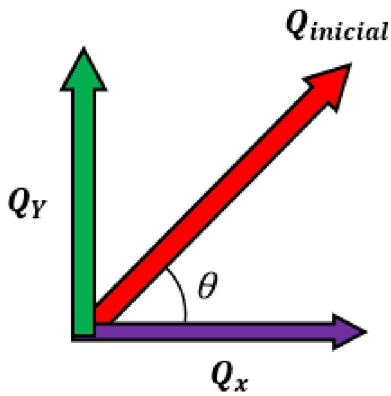
$$Q_{final} = Q_{inicial} \qquad (I)$$

Após o impacto temos que quantidade de movimento

$$Q_{final} = m_A V + m_c V$$

$$Q_{final} = (m_A + m_c)V \qquad (II)$$

Pois vão se mover com a mesma velocidade, já inicialmente temos



Pelo teorema de Pitágoras, obtemos:

$$(Q_{inicial})^2 = (Q_x)^2 + (Q_y)^2$$

$$Q_{inicial} = \sqrt{(Q_x)^2 + (Q_y)^2}$$

$$Q_{inicial} = \sqrt{(m_A \cdot v_A)^2 + (m_c \cdot v_c)^2} \qquad (III)$$

Substituindo II e III em I, temos:

$$Q_{final} = Q_{inicial}$$

$$(m_A + m_c)V = \sqrt{(m_A \cdot v_A)^2 + (m_c \cdot v_c)^2}$$

$$(1600 + 2400)V = \sqrt{(1600 \cdot 30)^2 + (2400 \cdot 15)^2}$$

$$4000 \cdot V = \sqrt{(48000)^2 + (36000)^2}$$

$$4000 \cdot V = \sqrt{3{,}6 * 10^9}$$

$$4000 \cdot V = 60000$$

$$V = \frac{60\cancel{000}}{4\cancel{000}}$$

$$V = \frac{60\cancel{000}}{4\cancel{000}}$$

$$V = 15\, m/s$$

Resposta: (a)

8. (I) pelo princípio da conservação da quantidade de movimento

$$\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial}$$

Como inicialmente o sistema estava em repouso, temos $\vec{Q}_{inicial} = 0$, assim

$$\vec{Q}_{final} = \vec{0}$$

$$\vec{Q}_A + \vec{Q}_B = \vec{0}$$

$$\vec{Q}_A = -\vec{Q}_B$$

Em módulo, temos:

$$Q_A = Q_B$$

Sabemos que a $Q = m\ v$, logo:

$$m_A v_A = m_B v_B$$

Temos a massa do bloco A é M e do bloco B é 2M

$$Mv_A = 2Mv_B$$

$$v_A = 2v_B$$

(II) usando o teorema da energia cinética para obtermos a distância

$$\tau_{F_{at}} = \frac{mv^2}{2} - \frac{m{v_0}^2}{2}$$

Depois de um tempo os blocos começam a para, logo $\frac{mv^2}{2} = 0$

$$-F_{at} \cdot d = 0 - \frac{m{v_0}^2}{2}$$

Multiplicando por menos um

$$(-F_{at} \cdot d) * -1 = \left(-\frac{m{v_0}^2}{2}\right) * -1$$

$$F_{at} \cdot d = \frac{m{v_0}^2}{2}$$

$$\mu\ \cancel{m}\ g\ d = \frac{\cancel{m}{v_0}^2}{2}$$

$$d = \frac{{v_0}^2}{2\mu\ g}$$

(III) para o bloco A

$$L = \frac{{v_A}^2}{2\mu\ g}$$

Sabendo que $v_A = 2v_B$

$$L = \frac{(2v_B)^2}{2\mu\ g}$$

$$L = 4\frac{{v_B}^2}{2\mu\ g} \qquad (1)$$

Para o bloco B

$$D_B = \frac{{v_B}^2}{2\mu\ g} \qquad (2)$$

Dividindo 2 por 1

$$\frac{D_B}{L} = \frac{\frac{{v_B}^2}{2\mu\ g}}{\frac{4{v_B}^2}{2\mu\ g}}$$

$$\frac{D_B}{L} = \frac{\cancel{{v_B}^2}}{\cancel{2\mu\ g}} \cdot \frac{\cancel{2\mu\ g}}{4\cancel{{v_B}^2}}$$

$$\frac{D_B}{L} = \frac{1}{4}$$

$$D_B = \frac{L}{4}$$

Resposta: (e)

9. Pelo princípio da conservação da quantidade de movimento

$$|\vec{Q}_{final}| = |\vec{Q}_{inicial}|$$

Substituindo os dados na equação e isolando a velocidade $\vec{v}$

$$-2m\vec{v}_0 + M\vec{v} = (M + m)\vec{v}_0$$

$$M\vec{v} = (M + m)\vec{v}_0 + 2m\vec{v}_0$$

$$\vec{v} = \frac{(M + m)\vec{v}_0 + 2m\vec{v}_0}{M}$$

$$\vec{v} = \frac{(M + m + 2m)\vec{v}_0}{M}$$

$$\vec{v} = \frac{(M + 3m)\vec{v}_0}{M}$$

Resposta: (c)

10. Para primeiro iremos usar a princípio da conservação da quantidade de movimento para determinar a velocidade do tubo

$$|\vec{Q}_f| = |\vec{Q}_i|$$

Por estar inicialmente em repouso temos $Q_i = 0$ e depois de ejetado, temos que $Q_f = mv - MV$, substituindo na equação acima

$$Q_f = Q_i$$

$$mv - MV = 0$$

$$mv = MV$$

$$V = \frac{m}{M}v$$

Sabendo que a energia do sistema e conservado, logo pela conservação da energia mecânica do pêndulo, temos:

$$E = E_p + E_c$$

Sabendo que a energia potencial é dada por $E_p = mgh$ e a energia cinética é dada por $E_c = \frac{mv^2}{2}$, assim temos a equação da energia mecânica

$$E = mgh + \frac{mv^2}{2}$$

Substituindo os dados na equação e sabendo que a energia e conservada, temos que a energia mecânica igual zero

$$0 = -MgL + \frac{MV^2}{2}$$

$$\cancel{M}gL = \frac{\cancel{M}V^2}{2}$$

$$gL = \frac{V^2}{2}$$

$$gL = \frac{1}{2}\mathrm{V}^2$$

Encontramos anteriormente que $\mathrm{V} = \frac{m}{\mathrm{M}}v$, substituindo na equação acima:

$$gL = \frac{1}{2}\left(\frac{m}{\mathrm{M}}v\right)^2$$

$$gL = \frac{1}{2}\frac{m^2}{\mathrm{M}^2}v^2$$

$$2gL = \frac{m^2}{\mathrm{M}^2}v^2$$

$$\frac{2gL}{\frac{m^2}{\mathrm{M}^2}} = v^2$$

$$2gL\frac{\mathrm{M}^2}{m^2} = v^2$$

$$v = \sqrt{2gL\frac{\mathrm{M}^2}{m^2}}$$

$$v = \frac{\mathrm{M}}{m}\sqrt{2gL}$$

Resposta: (e)

11. Tem-se que os dados da questão, a partir do enunciado desta, são:

$$t = 0{,}5\ s;\ m_t = 2{,}5\ kg\ (massa\ do\ tijolo)\ ; h_i = 5\ m\ (altura\ inicial); g = 10m/s^2$$

Para ser encontrado quanto a força impulsiva média gerada por esse impacto equivale ao peso de certa quantidade de tijolos iguais utilizaremos o teorema do impulso, o qual, em módulo, é determinado por:

$$I = \Delta Q\ (1)$$

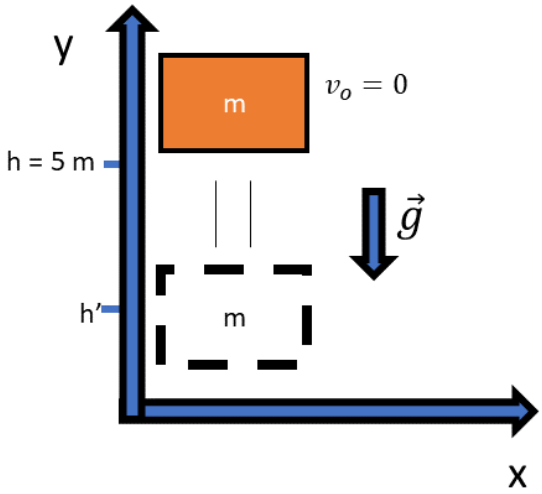
Sabendo que o módulo do impulso também pode ser expresso por

$$I = F * \Delta t\ \ e\ Q = m * v\ (2)$$

Pode-se substituir (2) em (1), assim feito, tem-se

$$F * \Delta t = m * \Delta V = m(v - v_o)(3)$$

Dado que o tijolo está em queda livre, como representado na figura a seguir:



Tem-se que $v_{iy} = 0\,m/s$ e $t_o = 0s$, dado que o movimento parte do repouso, desse modo (3) pode ser escrita como:

$$F * t = m * v \ (4)$$

Onde $v = v_y$, dado que, por se tratar de um movimento de queda livre, o tijolo se movimenta apenas na direção y, vertical, logo, para determinarmos a velocidade do objeto iremos utilizar o teorema da conservação de energia mecânica, assim sendo se obtém que:

$$E_{m_i} = E_{m_f}$$

$$E_{pg,i} + E_{c,i} = E_{pg,f} + E_{c,f} \ (5)$$

Sabendo que $E_{pg} = mgh, E_c = \frac{1}{2}mv^2$ e que $v_o = 0\,m/s$ e altura final do tijolo é nula, então (5) fica

$$m * g * h = \frac{1}{2} * m * {v_y}^2 \ (5)$$

Isolando v_y em (5), obtém-se que

$$g * h = \frac{1}{2}v_y^2$$

$$v_y^2 = 2 * g * h$$

$$v_y = \sqrt{2 * g * h}$$

Dos dados da questão, tem-se

$$v_y = \sqrt{2 * 10 * 5} = \sqrt{100} = 10m/s \ (6)$$

Logo, substituindo (6) e os valores fornecidos na questão em (4), obtêm-se que:

$$F * t = m * v$$

$$F = \frac{m * v}{t} = \frac{2,5 * 10}{0,5} = \frac{25 * 10}{5}$$

$$F = 50 \ N \ (7)$$

Logo, temos que a força impulsiva equivale a:

$$\frac{F}{P} = \frac{F}{m * g} = \frac{50}{2,5 * 10} = \frac{50}{25} = 2 \ tijolos$$

Resposta: (a)

12. Os dados fornecidos no enunciado da questão são:

$$\Delta t = 0,01 \ s(intervalo \text{ tempo de contato da bola com a raquete});$$

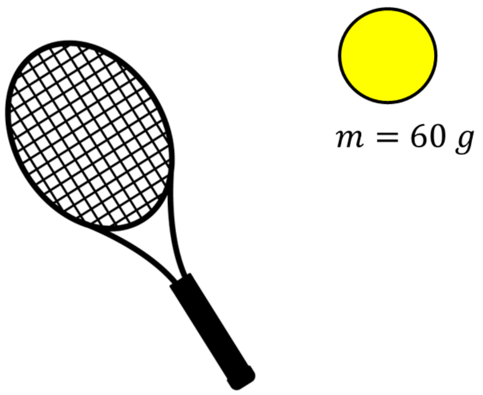
$$m = 60g \ (massa \ da \ bola) \ ;$$

$$v_a = 40 \text{ m/s(velocidade da bola antes de atingir a raquete)}$$

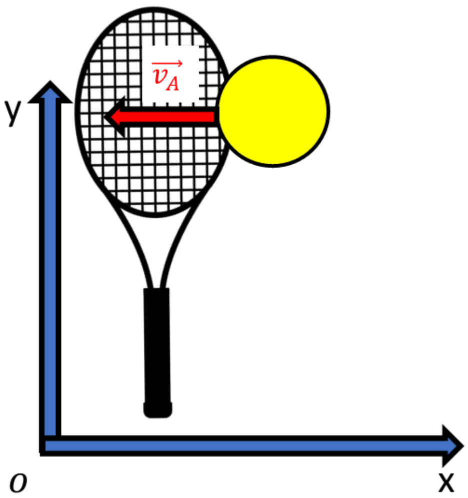
$$v_R = 30 \text{ m/s(velocidade da bola depois de rebatida)}$$

O movimento da bola que atinge a raquete é representado na figura a seguir:

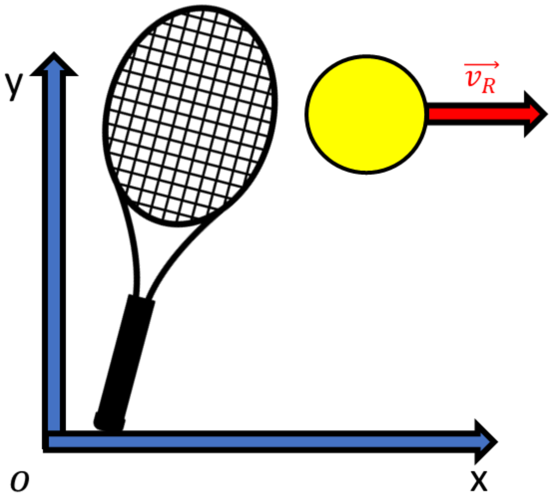
Bola indo em direção a raquete:



Bola atingindo a raquete com uma velocidade $\overrightarrow{v_a}$



Bola rebatida com velocidade $\overrightarrow{v_R}$



O movimento da bola é unidimensional, apenas da direção x, assim o teorema do impulso, fica:

$$I = \Delta Q = Q_R - Q_A \ (1)$$

Que se trata da variação do momento linear da bola antes e depois de ser rebatida, assim, sabendo que no caso unidimensional pode-se considerar o módulo do momento linear, tem-se que

$$Q = mv$$

Logo (1) pode ser reescrita como

$$I = mv_R - mv_A \ (2)$$

Como v_a está no sentido contrário a direção x, então (2) fica

$$I = mv_R - m(-v_A)$$

Substituindo os valores dados, temos

$$I = 0{,}06 * (40 - (-30) = 0{,}06 * 70$$

$I = 4{,}2\ N/s$ (3)

Sabendo que o impulso também é dado por

$$I = F * \Delta t$$

Então, isolando F:

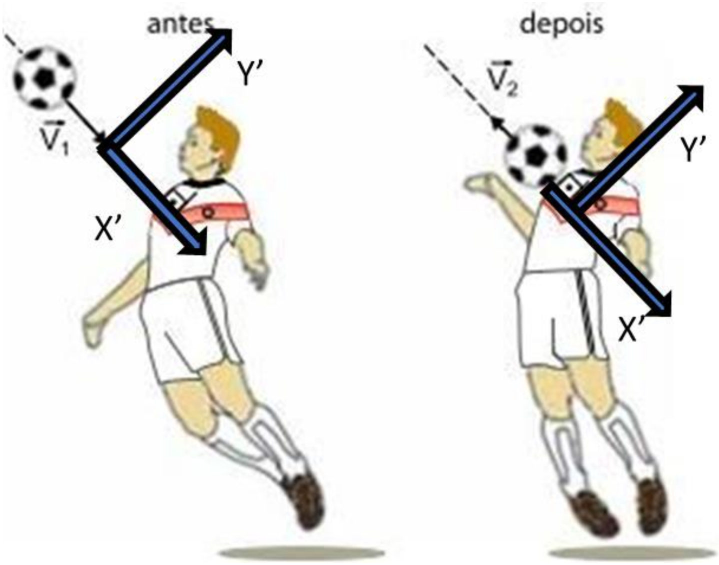
$$F = \frac{I}{\Delta t}$$

Utilizando (3) e os dados da questão, temos que

$$F = \frac{I}{\Delta t} = \frac{4{,}2}{0{,}01} = 42 * 10 = 420\ N$$

Resposta: (d)

13. A partir da figura abaixo, temos que



Tem-se que os dados da questão, a partir do enunciado desta, são:

$$v_2 = 8\frac{m}{s}(velocidade\ antes\ do\ contato\ com\ \ jogador);$$

$$v_1 = 0{,}6\frac{m}{s}(velocidade\ depois\ do\ contato\ com\ \ jogador)$$

$$t = 0{,}2\ s\ tempo\ de\ contato\ da\ bola\ com\ o\ jogador$$

$$m = 0{,}4\ kg\ (massa\ da\ bola)$$

O módulo do impulso é dado por:

$$I = \Delta Q = Q_2 - Q_1\ (1)$$

Onde $Q_2\ e\ Q_1$ são, respectivamente, o momento linear da bola depois de atingir o peito do jogador e o momento linear da bola antes de atingir o jogador. Sabendo que a intensidade do momento linear

$$Q = mv\ (2)$$

Dado que o movimento da bola é unidimensional, utiliza-se apenas os módulos das grandezas. Logo, substituindo (2) em (1) obtemos que

$$I = \Delta Q = mv_2 - mv_1 = m(v_2 - v_1)\quad (3)$$

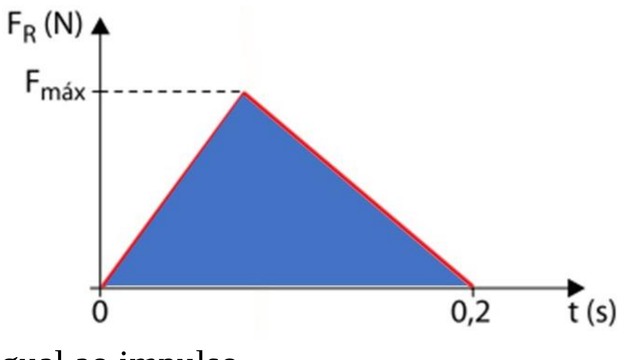
A partir da figura, podemos observar que v_2 está em sentido contrário ao sentido positivo da direção x’, logo (3) fica

$$I = m(v_2 + v_1)$$

Substituindo os respectivos valores na equação acima, emos

$$I = 0{,}4 * (8 + 0{,}6) = 3{,}44\frac{N}{s}\ (4)$$

A partir do valor do impulso encontrado acima, pode-se determinar o módulo da força resultante máxima que atuou na bola, para isso também é necessário analisar o gráfico F x t, apresentado na questão, dá onde pode-se determinar que a área



presente neste é igual ao impulso.

Como a área do triângulo é dada por:

$$A = \frac{a * h}{2}$$

Onde a = t = 0,2 s (base do triângulo) e $h = F_{máx}$ (altura do triângulo), assim obtemos:

$$A = \frac{t * F_{máx}}{2}$$

Como A = I, então

$$I = \frac{t * F_{máx}}{2}$$

A partir de (4) e dos dados obtidos a partir do gráfico, temos que

$$3{,}44 = \frac{0{,}2 * F_{máx}}{2} = 0{,}1 * F_{máx}$$

Logo

$$F_{máx} = \frac{3{,}44}{0{,}1} = 3{,}44 * 10 = 34{,}4N$$

Resposta: (b)

14. Dados da questão:

$v_{após} = 108\ km/h$ (velocidade na horizontal da bola após ser rebatida);

$m = 50\ g$ (massa da bola);

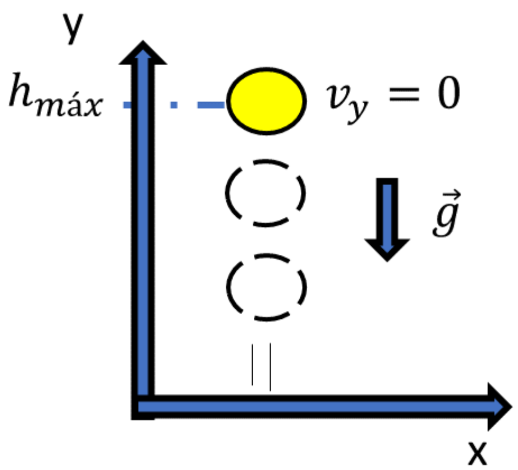
Tem-se que o módulo do momento linear da bola é dado por:

$$\Delta Q = Q_{APÓS} - Q_{ANTES}\ (1)$$

Sabendo que, em módulo $Q = mv$, então (1) fica:

$$\Delta Q = m(v_{APÓS} - v_{ANTES})\ (2)$$

Na figura abaixo, é apresentado o movimento da bola antes de ser rebatida e após ser rebatida:

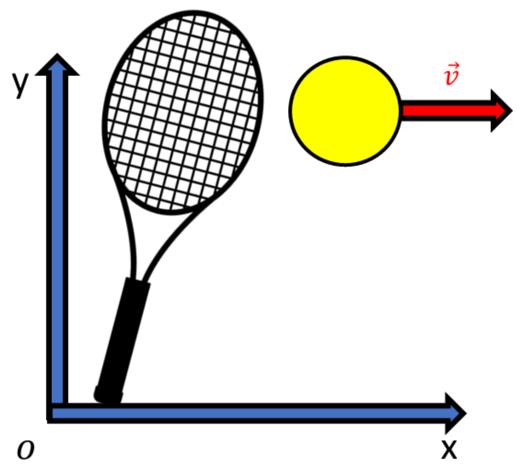


Movimento unidimensional na direção y (antes):

Como a bola atinge a sua altura máxima logo antes de ser rebatida, então a velocidade da bola antes, ou seja, sua velocidade inicial é nula.

$$v_{ANTES} = v_y = 0 \ (3)$$

Movimento horizontal, na direção x, da bola após ser rebatida:



A partir de (3) tem-se que (2) fica:

$$\Delta Q = \Delta Q = m * v_{APÓS}(4)$$

Substituindo os respectivos valores, é possível calcular, em kg m/s, o módulo da variação de momento linear da bola entre os instantes logo após e logo antes de ser golpeada pela raquete, entretanto, antes disso deve-se transformar os valores que não estão na unidade de medida solicitada dados no enunciado da questão, logo

$$v_{APÓS} = 108\frac{km}{h} = \frac{108}{3{,}6} = 30m/s$$

$$m = 50g = 5 * 10^{-2}kg$$

Para transformarmos o valor da massa em g para kg, basta dividirmos por 1000, e no caso da velocidade, que está em km/h basta dividirmos por 3,6. Portanto, substituindo os valores acima em (4), tem-se que

$$\Delta Q = 0{,}05 * 30 = \frac{5}{100} * 30 = \frac{15}{10} = 1{,}5\ kgm/s$$

Resposta: (a)

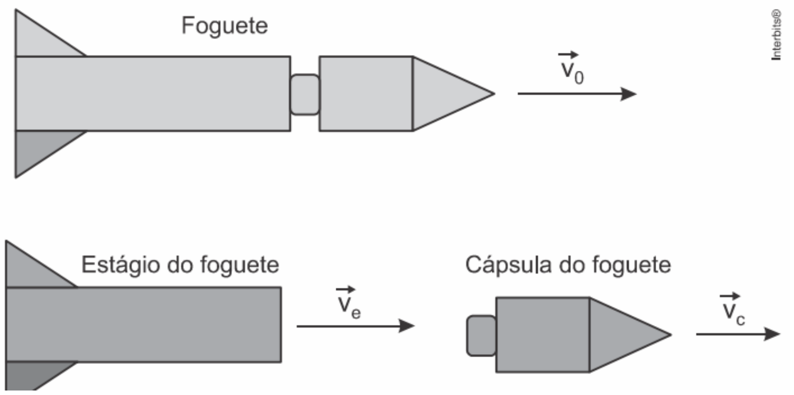
15. Dados da questão:

$$massa\ do\ foguete = M; m = 75\%\ de\ M\ (massa\ do\ estágio\ do\ foguete)$$

$$v_o = 3000\ km/h(módulo\ da\ velocidade\ inicial\ do\ foguete$$
$$em\ relação\ a\ um\ observador\ na\ Terra)$$

$$v_c = velocidade\ da\ capsula\ do\ foguete$$

A seguir, temos a seguinte imagem da questão:



Tem-se que o movimento do foguete é unidimensional, na direção x, de modo que a conservação do momento linear $\overrightarrow{Q_A} = \overrightarrow{Q_D}$ pode ser escrito em módulo, como

$$Q_{ANTES} = Q_{DEPOIS}\ (1)$$

Logo, o módulo do momento linear do foguete antes de se separar é igual ao momento linear do foguete depois de se separar. Sabendo que o momento linear é definido por, em módulo

$$Q = mv$$

Então (1) pode ser reescrita como

$$Mv_o = mv_e + m_c v_c (2)$$

Onde m_c é a massa da cápsula do foguete. Sabendo que $m = 75\%\ de\ M$, então pode-se dizer que $m_c = 25\%M$. Desse modo, (2) pode ser reescrita como

$$Mv_o = \frac{75}{100} M * v_e + \frac{25}{100} M v_c$$

Assim

$$v_o = \frac{75}{100} * v_e + \frac{25}{100} * v_c \ (3)$$

Sabendo que devido a separação, a cápsula do foguete passa a viajar 800 km/h mais rápido que o estágio, então podemos dizer que

$$v_c = 800 + v_e \ (4)$$

Substituindo (4) em (3), temos

$$v_o = \frac{75}{100} * v_e + \frac{25}{100} * (800 + v_e)$$

Resolvendo para a velocidade do estágio e substituindo os respectivos valores dados, temos que

$$3000 = \frac{75}{100} * v_e + \frac{25}{100} * 800 + \frac{25}{100} v_e \ (realizado\ a\ distributiva)$$

$$3000 = \frac{75}{100} * v_e + 280 + \frac{25}{100} v_e$$

Isolando v_e

$$3000 - 200 = \frac{75}{100} * v_e + \frac{25}{100} v_e$$

$$v_e * \left(\frac{75 + 25}{100}\right) = 2800$$

$$v_e * \left(\frac{100}{100}\right) = 2800$$

$$v_e = 2800\ km/h (5)$$

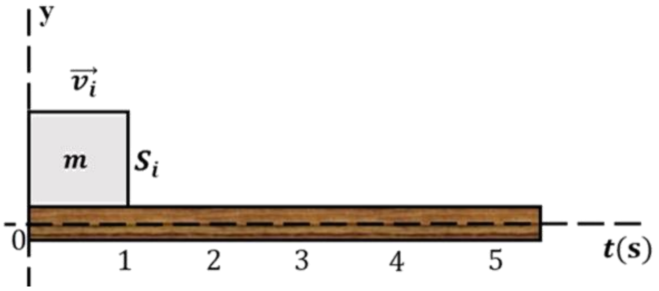
Finalmente, substituindo (5) em (4), temos

$$v_c = 800 + 2800$$

$$v_c = 3600 \frac{km}{h}$$

Resposta: (d)

16. Inicialmente começaremos com a determinação da variação da quantidade de movimento $(\Delta Q = Q_F - Q_i)$. Para isso, temos que analisar a situação do problema para extrairmos os dados da quantidade de movimento inicial (Q_i) e a quantidade de movimento final (Q_F). Para todos os cálculos desse problema, iremos considerar apenas seus módulos. Observamos que, inicialmente, como o corpo está em repouso, sua velocidade inicial v_i é zero e, ao determinar um referencial inercial entre a caixa e o solo, temos a seguinte situação, com a posição inicial S_i



De acordo com a teoria, temos que a quantidade de movimento é dada pela fórmula

$$Q = mv$$

Assim, a quantidade de movimento inicial é dada por

$$Q_i = mv_i = 5 * 0 = 0\ kg.m/s$$

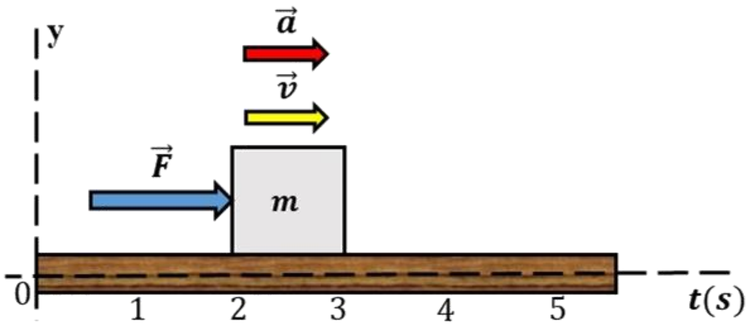
Para a quantidade de movimento final, do enunciado, sua velocidade final é de $6\ m/s$, logo

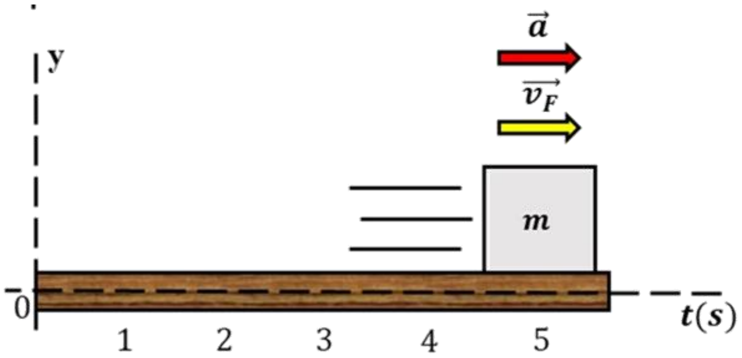
$$Q_F = mv_F = 5 * 6 = 30\ kg.m/s$$

Logo, a variação da quantidade de movimento é

$$\Delta Q = 30 - 0 = 30\ kg.m/s$$

Dando continuidade, para analisar o impulso, temos que ao aplicar uma força F em qualquer objeto, que está inicialmente em repouso, este vai começar a se movimentar e assim ganhar velocidade e aceleração durante o processo, como o garoto aplica força na caixa durante 5 segundos, então o impulso será dado nesse intervalo. Ao ilustrar a situação





Da teoria, temos que o impulso é dado por

$$I = F\Delta t = F(t_F - t_i)$$

Assim, para o problema em questão, temos que

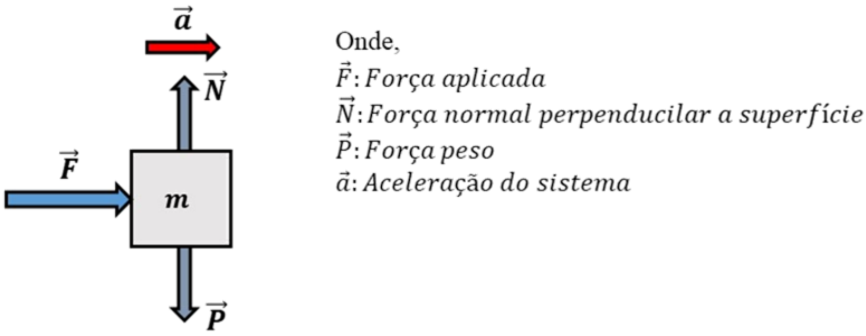
$$I = 6 * (5 - 0) = 6 * 5 = 30\ N.s = 30\ kg.m/s$$

Para determinar a aceleração do sistema, recorremos aos conteúdos de cinemática, aos quais foram trabalhados na nossa primeira apostila intitulada “MECÂNICA: CINEMÁTICA”. Recomendamos que a revisem para aprofundar seus conhecimentos.

Sabendo que a aceleração do sistema é dada pela razão entre a variação da velocidade do objeto pela variação do tempo, temos

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_F - v_i}{t_F - t_i} = \frac{6 - 0}{5 - 0} = \frac{6}{5} m/s^2 = 1{,}2\ m/s^2$$

Também podemos determinar a através da segunda lei de Newton, conteúdo ao qual trabalhamos na nossa terceira apostila intitulada “MECÂNICA: DINÂMICA LINEAR”. Recomendamos que a revisem para aprofundar seus conhecimentos. Ao fazer o diagrama de corpo livre da caixa, temos



Assim, como $N = P$, o somatório das forças atuantes no bloco resulta

$$\sum F = F = ma \Rightarrow 6 = 5 * a$$

Isolando a aceleração

$$a = \frac{6}{5} = 1{,}2\ m/s^2$$

Por último, para determinar a distância percorrida, também recorremos ao conteúdo de cinemática que envolve o movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), já que temos um movimento em linha reta, em que a velocidade do objeto varia de maneira constante, logo teremos uma aceleração constante. Assim, ao utilizar a seguinte fórmula

$$S_F = S_i + v_i t_F + \frac{a{t_F}^2}{2} \Longrightarrow S_F = 0 + 0 * 5 + \frac{1{,}2 * 5^2}{2} = 15\ m$$

Também podemos determinar, ainda da cinemática, a distância percorrida através da equação de Torricelli, ao qual não precisamos utilizar o tempo para encontrá-la, onde

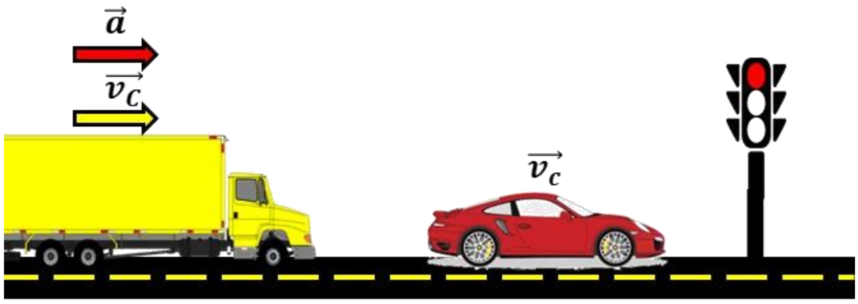
$$v_F^2 = v_i^2 + 2a\Delta S \Longrightarrow 6^2 = 0^2 + 2 * 1{,}2(S_F - S_i) = 36 = 2{,}4 S_F$$

Isolando S_F

$$S_F = \frac{36}{2{,}4} = 15\ m$$

Resposta: (d)

17. Para melhor compreensão, podemos ilustrar a situação, onde antes da colisão, temos



Durante

Após a colisão

Primeiramente, iremos impor que o sistema $caminhão + carro$ é um sistema isolado, onde nenhuma outra força externa está atuando entre eles. Há apenas as forças de interação entre o caminhão e o carro. Assim, temos que a quantidade de movimento será conservada. Logo, a quantidade de movimento antes da colisão, Q_{antes}, será a mesma que a quantidade de movimento depois da colisão, Q_{depois}. Para todos os cálculos desse problema, iremos considerar apenas seus módulos. Da teoria, temos

$$Q_{antes} = Q_{depois}$$

Assim, com $Q_{antes} = M * v_C + m * v_c$, onde Mé a massa do caminhão, v_C é a velocidade do caminhão antes da colisão, m é a massa do carro e v_c é velocidade do carro antes da colisão. Como o carro estava parado no semáforo, logo estava em repouso, então sua velocidade antes da colisão é zero. Assim, a quantidade de movimento ANTES da colisão é

$$Q_{antes} = 5750 * v_C + 1750 * 0 = 5750 * v_C$$

A quantidade de movimento DEPOIS da colisão, onde a velocidade de ambos é a mesma, por se tratar de uma colisão inelástica, $\left|\overrightarrow{v'_C}\right| = \left|\overrightarrow{v'_c}\right| = \left|\overrightarrow{v'_{Cc}}\right| = 7\ m/s$, é dada por

$$Q_{depois} = M * v'_{Cc} + m * v'_{Cc} = 5750 * 7 + 1750 * 7 = 52500\ kg.m/s$$

Assim, ao fazer $Q_{antes} = Q_{depois}$, obtemos

$$5750 * v_C = 52500$$

Ao isolar v_C, obtemos a velocidade do caminhão antes da colisão

$$v_C = \frac{52500}{5750} = 9{,}13 m/s$$

Para determinar a força que o caminhão exerce no carro, podemos partir da segunda Lei de Newton, conteúdo ao qual trabalhamos na nossa terceira apostila intitulada “MECÂNICA: DINÂMICA LINEAR”. Recomendamos que a revisem para aprofundar seus conhecimentos. Ao analisar a força exercida sobre o carro, pois o caminhão a está exercendo, temos que $F_{Cc} = ma$, onde F_{Cc} é a força que o caminhão exerce sobre o carro em um sistema isolado, sem ação de outras forças externas. Já vimos na nossa primeira apostila, intitulada “MECÂNICA: CINEMÁTICA”, que

$$a = \frac{\Delta v_c}{\Delta t}$$

Assim

$$F_{Cc} = m * \frac{\Delta v_c}{\Delta t} \Rightarrow F * \Delta t = m * \Delta v_c$$

Onde, pelo teorema do impulso, $I = F_{Cc} * \Delta t = m\Delta v_c = \Delta Q$ e a variação do tempo é de 0,4 s. Assim, substituindo os valores, temos

$$F_{Cc} * 0{,}4 = 1500 * (7 - 0) \Rightarrow F_{Cc} = \frac{1500 * 7}{0{,}4} = 26250\ N$$

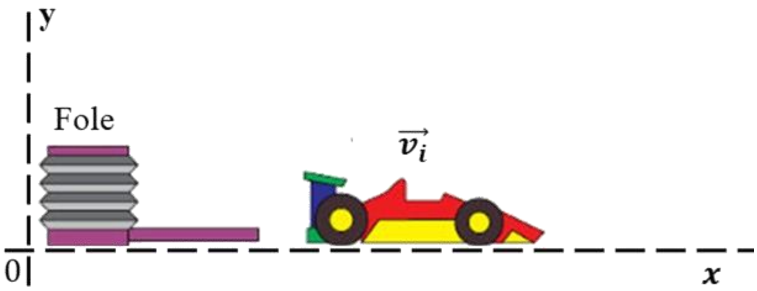
Por fim, para determinar a força que o carro exerce sobre o caminhão, basta apenas recorrermos a terceira lei de Newton, conteúdo ao qual trabalhamos na nossa terceira apostila intitulada “MECÂNICA: DINÂMICA LINEAR”. Recomendamos que a revisem para aprofundar seus conhecimentos.

Assim, a força que o carro exerce no caminhão é igual, em módulo, a força que o caminhão exerce no carro

$$F_{Cc} = 26250\ N$$

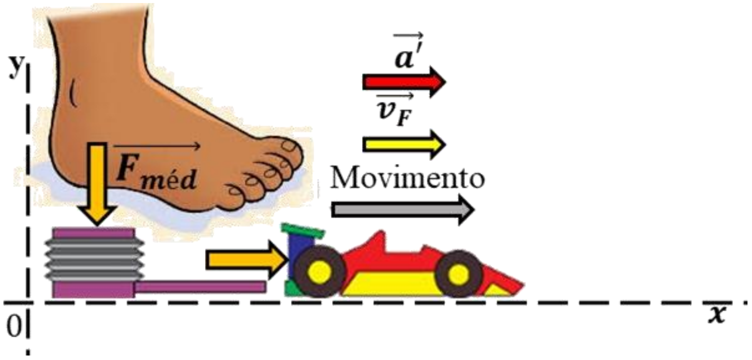
Resposta: (a)

18. Ao partir da análise do problema, iniciaremos a solução ao traçar um referencial x, y quando o carinho está em repouso, onde a velocidade inicial é nula ($\vec{v_i} = 0$) ao qual seguiremos com ele para analisar todos os casos do problema. Admitindo que a trajetória que o carrinho percorrerá na direção de coordenada em x seja positiva, temos



Ao ser empurrado para trás com uma determinada força, para que assim o carrinho seja acoplado ao fole, ele adquire uma certa velocidade e aceleração contrárias ao sentido positivo da trajetória. Contudo, ao ser acoplado ao fole, o carrinho perde sua velocidade e aceleração, voltando a ficar em repouso.

Ao ser comprimido pelo pé da criança e em seguida expelindo o ar, o carrinho se movimenta na direção positiva da trajetória, adquirindo velocidade e aceleração.



Assim, ao partir do teorema do impulso, da teoria, admitindo apenas os valores de seus módulos para os cálculos, temos que:

$$I = \Delta Q = F.\Delta t = Q_F - Q_i = m * v_F - m * v_i$$

Como inicialmente o carrinho está em repouso, a quantidade de movimento inicial é zero. Logo o módulo da força média aplicada pelo ar expelido pelo tubo sobre o carrinho no intervalo de tempo de 0,2 s é

$$F_{méd} * \Delta t = Q_F$$

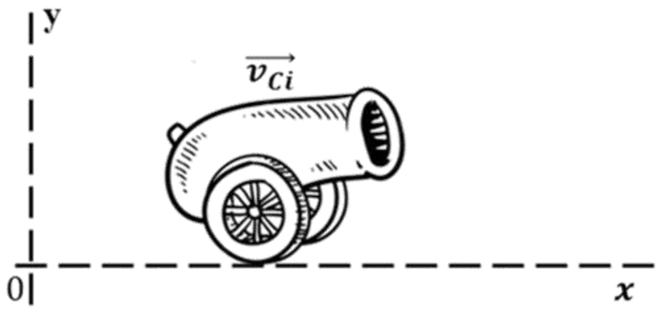
$$F_{méd} * 0{,}2 = 0{,}3 \,.\, 8$$

$$F_{méd} = \frac{2{,}4}{0{,}2}$$

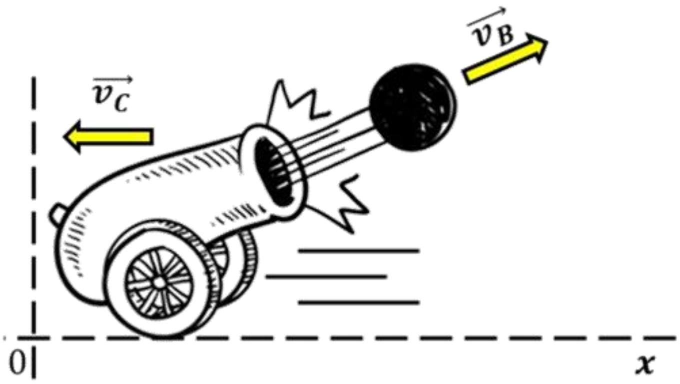
$$F_{méd} = 12\ N$$

Resposta: (c)

19. Para iniciar a solução do problema, deve-se traçar um referencial inercial x, y para analisar as os dois momentos. Inicialmente, o conjunto $canhão + bala$ estão em repouso, logo o conjunto terá velocidade inicial nula, $\overrightarrow{v_{Ci}}$. Assim, a quantidade de movimento inicial, $\overrightarrow{Q_i}$, também será nula. Para os cálculos do problema, considerara-se apenas seus módulos. Com isso, $Q_i = 0$.



Quando disparado, o canhão recua para trás, enquanto a bala de canhão é lançada para frente na direção positiva da trajetória do referencial inercial definido por nós



Como a velocidade de recuo do canhão é contrária ao sentido positivo da trajetória, ela será negativa. Assim, a quantidade de movimento final será

$$Q_F = m * v_{BF} - M * v_{CF}$$

Onde M é a massa do canhão. Como esse dado não é disponibilizado no enunciado, deve-se calcular. Temos apenas a massa total e a massa da bala de canhão, assim

$$M_T = M + m$$

$$380 = M + 25$$

$$\Rightarrow M = 380 - 25 = 355\,kg$$

Assim

$$Q_F = m * v_{BF} - M * v_{CF}$$

$$Q_F = 25 * 200 - 355 * v_{CF}$$

Como não há forças externas, a quantidade de movimento será conservada. Assim

$$Q_i = Q_F$$

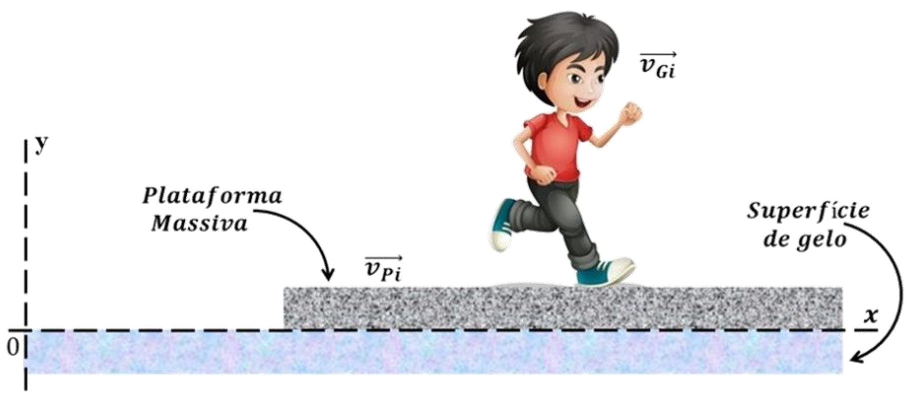
$$0 = 25 * 200 - 355 * v_{CF}$$

Ao isolar a velocidade do canhão, obtêm-se

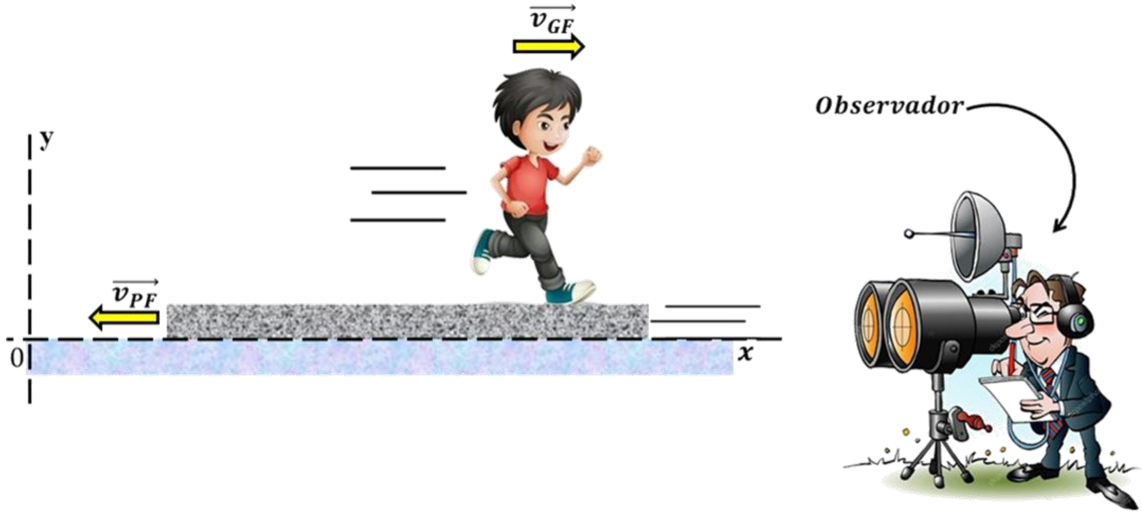
$$v_{CF} = \frac{25 * 200}{355} = 14{,}08\,m/s$$

Resposta: (c)

20. Para determinar a velocidade com que a plataforma se desloca para a esquerda, para esse observador, deve-se iniciar a solução do problema ao traçar um referencial inercial x, y e ilustrar da seguinte maneira, para o primeiro momento



Onde, $\overrightarrow{v_{Gi}}$ e $\overrightarrow{v_{Pi}}$ são as velocidades iniciais do garoto e da plataforma respectivamente. De acordo com o enunciado, inicialmente eles estão em repouso. Logo, suas velocidades serão nulas. Assim, a quantidade de movimento inicial, $\overrightarrow{Q_i}$, também será nula. Para os cálculos do problema, iremos considerar apenas seus módulos. Com isso, $Q_i = 0$. Ao dar continuidade, temos para o segundo momento a seguinte situação



Onde $\overrightarrow{v_{GF}}$ e $\overrightarrow{v_{PF}}$ são as velocidades finais do garoto e da plataforma respectivamente. Como o garoto se desloca no sentido positivo da trajetória, sua velocidade é positiva. Como a plataforma se desloca no sentido contrário ao sentido positivo da trajetória, sua velocidade é negativa. Assim, com os cálculos trata-se apenas dos seus módulos, temos que a quantidade de movimento final do sistema será

$$Q_F = m * v_{GF} - M * v_{PF}$$

Onde M é a massa da plataforma e m a massa do garoto. Como não há forças de atrito, tem-se que a quantidade de movimento é conservada. Assim

$$Q_i = Q_F$$

$$0 = m * v_{GF} - M * v_{PF}$$

$$m * v_{GF} = M * v_{PF}$$

Ao isolar a velocidade da plataforma, que é o que queremos encontrar, tem-se

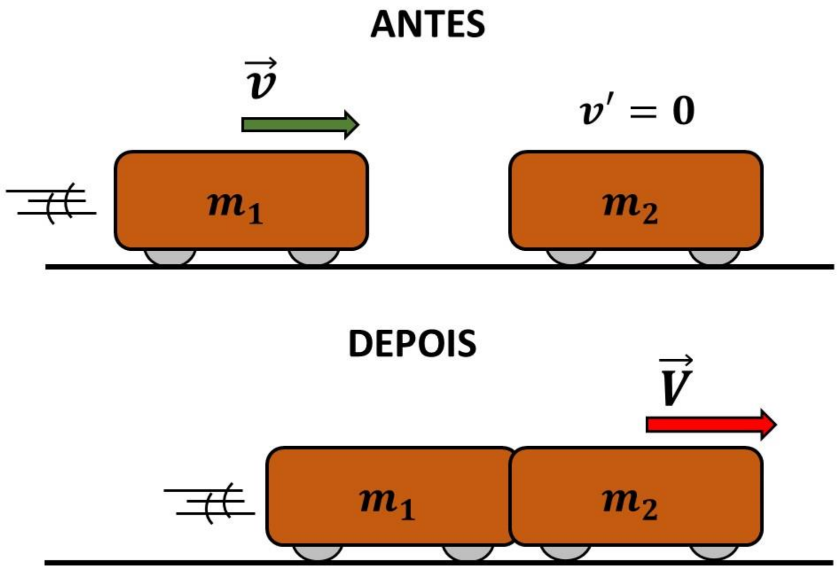
$$\frac{m * v_{GF}}{M} = v_{PF}$$

Ao substituir os valores, tem-se

$$v_{PF} = \frac{30 * 2}{120} = \frac{60}{120} = \frac{1}{2} = 0{,}5m/s$$

Resposta: (c)

21. Para ilustrar a situação analisada, segue a figura abaixo:



A colisão que ocorre entre os vagões é um exemplo perfeito de colisão inelástica, onde os vagões colidem e se movem juntos com mesma velocidade em uma mesma direção. Em uma colisão inelástica sabe-se que não existe conservação da energia cinética, então o item **e** está incorreto. No entanto, sabe-se que em uma colisão inelástica o momento linear é conservado, então o princípio mais adequado para encontrar a velocidade do sistema após a colisão é o princípio da conservação do momento linear. Para encontrar a velocidade tem-se:

$$p_{ANTES} = p_{DEPOIS}$$

Para facilitar, identifiquemos o vagão em movimento como vagão 2 e o vagão inicialmente em repouso como vagão 1 e a velocidade do sistema após a colisão como V. Então:

$$p_1 + p_2 = p_{Sistema}$$

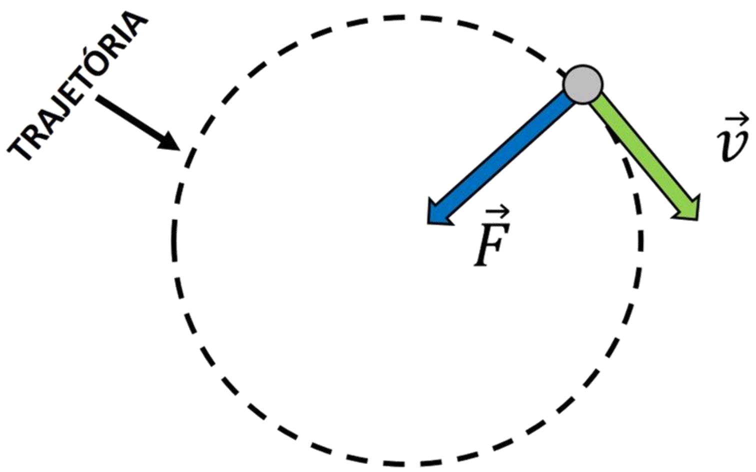
$$m_1 . v + m_2 . v' = (m_1 + m_2) . V$$

Se o vagão 1 está em repouso inicialmente, então v’ = 0, consequentemente, tem-se:

$$m_1.v = (m_1 + m_2).V \ \rightarrow V = \frac{m_1.v}{(m_1 + m_2)}$$

Resposta: (d)

22. Sendo a força sempre perpendicular à velocidade, então conclui-se que se trata de um movimento circular uniforme, onde o módulo da velocidade linear “v” é constante. (**CASO TENHA DÚVIDAS SOBRE ESSE ASSUNTO, CONSULTE O VOLUME TRÊS DAS APOSTILAS DO PET-FÍSICA UNIFAP, POIS ESSA APOSTILA TRATA DO ASSUNTO “DINÂMICA CIRCULAR”).** Para ilustrar essa ideia, segue a figura abaixo:



Sabendo que a energia cinética é dada por:

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

E sabendo que “v” é constante e a massa da partícula não muda ao decorrer do tempo, então Ec não varia ao passar do tempo, ou seja, a energia cinética da partícula é constante.

- O item **b** está incorreto pois afirma que o vetor quantidade de movimento é constante, e isso é falso, pois o vetor $\vec{P}$ coincide com a direção do vetor velocidade linear $\vec{v}$, e como sabemos que se trata de um movimento circular uniforme, então a direção da velocidade está sempre variando e consequentemente a direção de $\vec{P}$ também varia, logo, $\vec{P}$ não é um vetor constante.

- O item **c** está incorreto, pois no movimento circular uniforme sabe-se que o vetor aceleração também varia sua direção constantemente, logo, $\vec{a}$ não é um vetor constante.

- O item **d** está incorreto, pois a força que passa a atuar na partícula é perpendicular ao deslocamento da partícula, desse modo, o trabalho realizado pela força constante é nulo. Pois, sabe-se que o trabalho realizado (W) por uma força constante (F) que desloca um móvel uma distância “d” é dada por:

$$W = F.d.cos\theta$$

Onde θ é o ângulo entre a força e o deslocamento, e para $\theta = 90°$, W=0

- O item **e** está incorreto, pois o impulso é proporcional a força resultante que atua na partícula, se a força que atua na partícula é diferente de zero então o impulso que atua sobre a partícula será não nulo.

Resposta: (a)

23. Assumindo que as bolinhas de gude formam um sistema livre de influências externas, então é possível utilizar o princípio da conservação do momento linear, ou seja:

$$p_{ANTES} = p_{DEPOIS}$$

$$p_{acrílico} + p_{aço} = p_{Sistema}$$

$$m_{acrilico}.v + m_{aço}.v' = (m_{acrilico} + m_{aço}).V$$

Sabendo que a bolinha de aço se encontrava inicialmente em repouso, então v' = 0 e sabendo que $m_{aço} = 3.m_{acrilico}$, então:

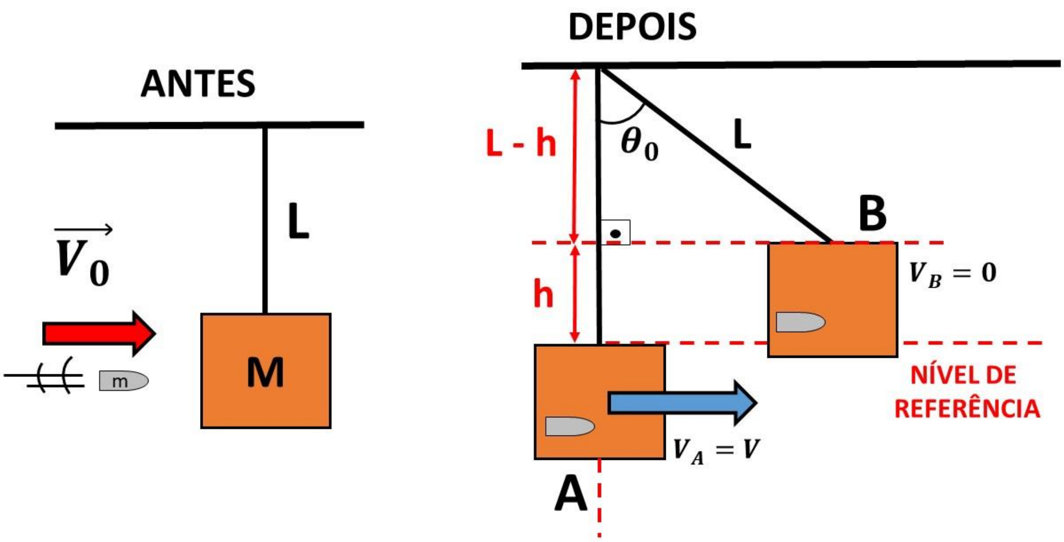
$$m_{acrilico}.v = (m_{acrilico} + 3.m_{acrilico}).V$$

$$m_{acrilico}.v = 4.m_{acrilico}.V$$

$$v = 4V \rightarrow V = \frac{1}{4}v$$

Resposta: (e)

24. Para uma melhor compreensão do problema, faremos a seguinte figura:



Considerando que o sistema projétil-bloco está isolado, isto é, não está sujeito a interações externas (situação idealizada) então é possível assumir a conservação do momento linear nesse sistema, desse modo temos:

$$p_{ANTES} = p_{DEPOIS}$$

$$p_{Projétil} + p_{Bloco} = p_{Sistema}$$

$$m.v + M.v' = (m + M).V$$

Sabe-se que a velocidade do projétil antes da colisão é $v = V_0$, além disso, sabe-se que o bloco M estava incialmente em repouso antes da colisão, isto é, $v' = 0$. Então:

$$m.V_0 = (m + M).V$$

$$\frac{m.V_0}{(m + M)} = V$$

Da figura, por geometria do triângulo retângulo formado entre o fio L e reta vertical tem-se:

$$\cos\theta_0 = \frac{L - h}{L}$$

Onde “h” é a altura máxima alcançada pelo bloco. Podemos expressar essa altura através da velocidade “V” do sistema após a colisão.

Para isso, consideramos que não existem forças dissipativas atuando no sistema e podemos aplicar o princípio da conservação de energia mecânica na situação observada exatamente após a colisão. (**CASO TENHA DÚVIDAS SOBRE**

ESSE ASSUNTO, CONSULTE O VOLUME CINCO DAS APOSTILAS DO PET-FÍSICA UNIFAP, POIS ESSA APOSTILA TRATA DOS ASSUNTOS "TRABALHO E ENERGIA")

Analisando a figura inicial desta resolução, no ponto "A", tem-se o sistema exatamente em cima do nível de referência, isto é, não há energia potencial gravitacional neste ponto, no entanto, em "A" o sistema já possui uma certa velocidade "V", a qual já calculamos pela conservação do momento linear.

Analisando a energia no ponto "B", podemos afirmar que não existe energia cinética nesse ponto, pois é o ponto onde o pêndulo alcança a sua altura máxima e sua velocidade nesse ponto é nula, por outro lado, em "B", o sistema projétil-bloco está a uma certa altura "h" do nível de referência, então tem-se:

$$E_{cA} = E_{pgB}$$

$$\frac{(m+M).V^2}{2} = (m+M).g.h$$

$$\frac{V^2}{2} = g.h$$

$$\frac{V^2}{2.g} = h$$

No entanto, sabemos que $\frac{m.V_0}{(m+M)} = V$, então:

$$\frac{\frac{m^2.V_0^2}{(m+M)^2}}{2.g} = h$$

$$\frac{m^2.V_0^2}{2.g.(m+M)^2} = h$$

Substituindo o resultado acima em $\cos\theta_0 = \frac{L-h}{L}$, tem-se:

$$\cos\theta_0 = \frac{L - \frac{m^2.V_0^2}{2.g.(m+M)^2}}{L}$$

$$\cos\theta_0 = \frac{L}{L} - \frac{\frac{m^2.V_0^2}{2.g.(m+M)^2}}{L}$$

$$\cos\theta_0 = 1 - \frac{m^2.V_0^2}{2.g.L(m+M)^2}$$

Utilizando técnicas de funções inversas, tem-se:

$$\theta_0 = \arccos\left(1 - \frac{m^2.V_0^2}{2.g.L(m+M)^2}\right)$$

Resposta (a)

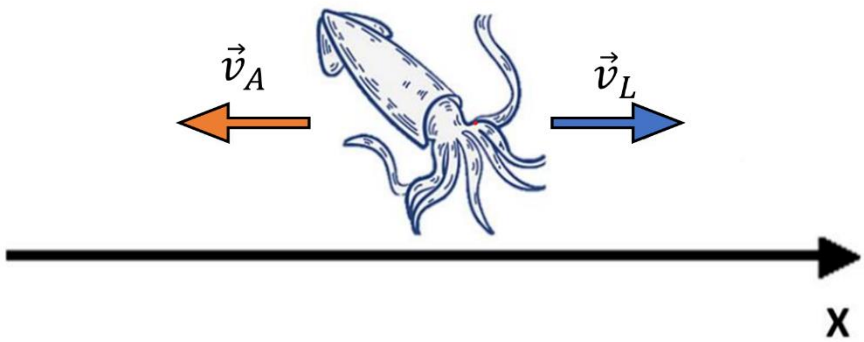
25. Admitindo que o sistema que colidiu está isolado de interações externas e sabendo que a colisão é perfeitamente elástica, então, de acordo com o que sabemos da teoria presente na apostila, não existe perda de energia cinética neste choque e a conservação da quantidade de movimento é válida.

Desse modo, a alternativa correta é a que afirma que: a quantidade de movimento antes da colisão é a mesma quantidade de movimento após a colisão.

Resposta: (e)

26. O primeiro dado apresentado trata-se da massa inicial/total da lula, que é de $m_i = 6{,}5\ kg$ ou $m_T = 6{,}5\ kg$ (estamos tratando das duas formas, pois será indispensável para o entendimento da questão).

Em seguida, informa-nos que a lula possui uma quantidade relativa de água na cavidade, igual a $m_A = 1{,}7\ kg$. Nesta situação, observamos o seguinte:



Temos, portanto, duas situações: a inicial, onde a lula encontra-se em repouso, sem se movimentar, com velocidade $v_L = 0$ e, consequentemente, sem expelir água com uma velocidade $v_A = 0$; e a final, onde a lula avista o predador e se movimenta com velocidade $v_L = 2{,}5\ m/s$ e, consequentemente, expelindo água com uma velocidade v_A.

Na questão, há um imperativo para desprezar qualquer efeito da força de arraste da água circundante, significa que a quantidade de movimento ou momento linear se conserva. Ou seja:

$$p_i = p_f$$

Analisemos, primeiramente, momento linear inicial: a massa inicial é de $m_i = 6{,}5\ kg$ e sua velocidade inicial é igual a $v_i = 0$, visto que esta encontra-se em repouso antes de avistar o predador. Portanto:

$$p_i = m_i \cdot v_i$$

$$p_i = 6{,}5 \cdot 0$$

$$p_i = 0$$

Isto significa que:

$$p_f = 0$$

Isso ocorre porque a quantidade de movimento ou momento linear se conserva.

Para o momento linear final, temos que atentar-nos às duas ocorrências simultâneas: a lula se movendo à velocidade $v_L = 2{,}5\, m/s$ e a mesma expelindo água com uma velocidade v_A. Assim:

$$p_f = p_L + p_A = 0$$

Onde p_L é o momento linear da lula e p_A é o momento linear da água.

A equação deve ficar da forma:

$$m_L \cdot v_L + m_A \cdot v_A = 0$$

Assim, queremos encontrar o módulo da velocidade que a lula deve expelir essa água para subitamente atingir uma velocidade com módulo de $v_L = 2{,}5\, m/s$. Basta, portanto, isolar o termo "v_A":

$$m_L \cdot v_L + m_A \cdot v_A = 0$$

$$m_A \cdot v_A = -m_L \cdot v_L$$

$$v_A = -\frac{m_L \cdot v_L}{m_A}$$

Sabemos, até agora, que a velocidade da lula é $v_L = 2{,}5\, m/s$ e que a água na cavidade é igual a $m_A = 1{,}7\ kg$. Então, precisamos calcular m_L, a massa apenas da lula, pois já temos os valores de v_L e m_A:

$$m_L = m_T - m_A$$

A massa apenas da lula é igual à massa total da lula (com água na cavidade) menos a massa da água (que se encontra na cavidade). Calculando:

$$m_L = 6{,}5 - 1{,}7$$

$$m_L = 4{,}8$$

Com os valores já encontrados, substituímos:

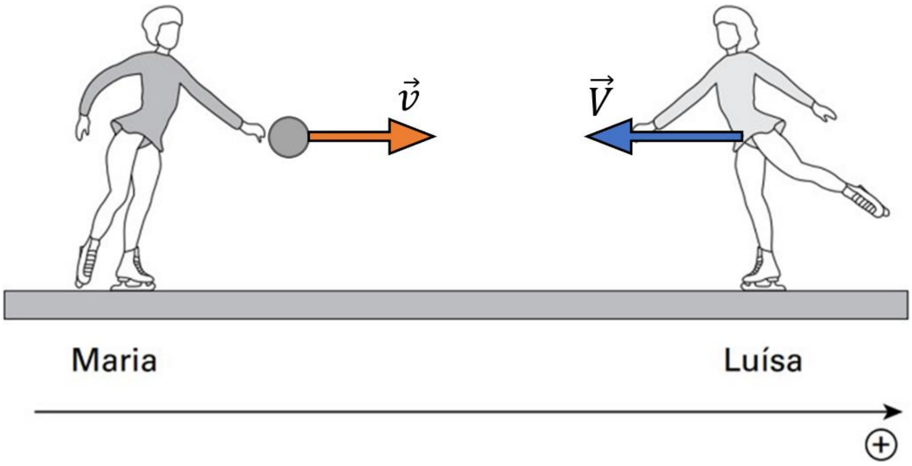
$$v_A = -\frac{4{,}8 \cdot 2{,}5}{1{,}7}$$

$$v_A \cong -7{,}06\, m/s$$

Como visto na figura, a velocidade da água aponta para a esquerda, o que explica o sinal negativo. Porém, como estamos falando do módulo da velocidade, a resposta correta $7{,}06\ m/s$.

Resposta: (c)

27. Como devemos desconsiderar os efeitos dissipativos, a quantidade de movimento ou momento linear se conserva.



Analisemos, primeiramente, com a Maria:

$$p_{depois} = p_{antes}$$

O momento linear depois do arremesso é igual ao momento linear antes do arremesso.

Depois do arremesso, teremos a bola indo para a direita (velocidade positiva) e Maria indo para a esquerda (velocidade negativa). Antes do arremesso, teremos tanto Maria quanto a bola em repouso (velocidade igual a 0, para ambas). Dessa forma:

$$p_{depois} = p_{antes}$$

$$m_M \cdot v_M + m_B \cdot v_B = m_M \cdot 0 + m_B \cdot 0$$

Chamaremos para a massa de Maria de M; para a velocidade de Maria, de x (pois é a uma das nossas incógnitas); para a massa da bola, de m; e para a velocidade da bola, de v. Assim, a equação fica:

$$M \cdot x + m \cdot v = 0$$

$$x = -\frac{m \cdot v}{M}$$

Onde x é a velocidade de Maria – importante observar o sinal de menos, indicando que Maria está indo para a esquerda.

Agora, com Luíza:

$$p_{depois} = p_{antes}$$

Depois do arremesso, teremos a bola em conjunto com Luíza, apresentando uma velocidade até então desconhecida. Antes do arremesso, teremos Luíza indo para a esquerda (velocidade negativa) e a bola indo para a direita. Dessa forma:

$$p_{depois} = p_{antes}$$

$$m_L \cdot y + m_B \cdot y = m_L \cdot v_L + m_B \cdot v_B$$

Chamemos de y o módulo da velocidade do conjunto formado por Luíza e a bola; a massa de Luíza é igual a de Maria, portanto será M também; a massa da bola, também m; o módulo da velocidade de Luíza (antes) é V, negativa; o módulo da velocidade da bola (antes) é v, positiva. Assim, a equação fica:

$$M \cdot y + m \cdot y = M(-V) + m \cdot v$$

$$(M + m)y = mv - MV$$

$$y = \frac{mv - MV}{M + m}$$

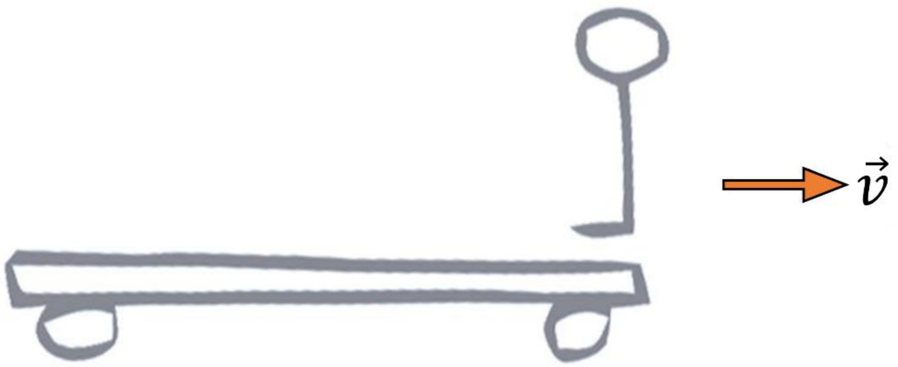
Onde y é a velocidade do conjunto $Luíza + bola$.

Para fins de estudo, é bastante importante notar que $M \gg m$ (M é muito maior que m), pois M se trata da massa de um corpo humano e m se trata da massa de uma bola, fazendo com que, após a interação, o termo negativo seja predominante e tudo indica que o conjunto representado por y ($Luíza + bola$) esteja em direção à esquerda.

Resposta: (d)

28. É útil definirmos a orientação da trajetória, na qual é positivo para a direita e negativo para a esquerda.

No primeiro instante:

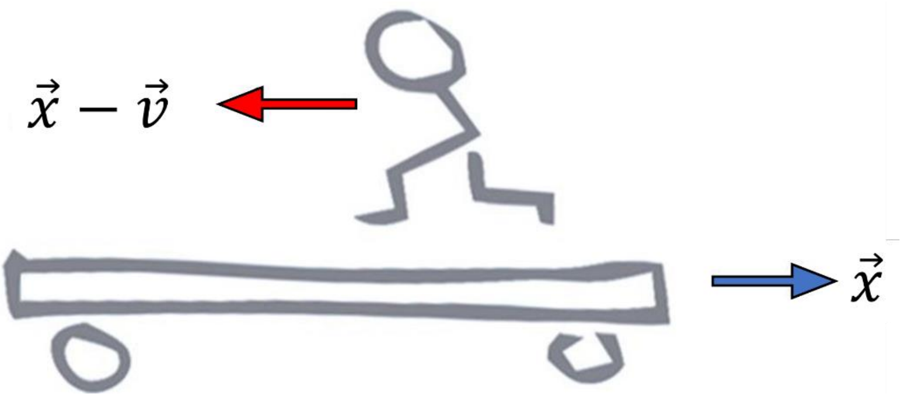


Primeiro temos que nos atentar aos detalhes. O trabalhador está em repouso, em relação à plataforma; e o conjunto (trabalhador e plataforma) se move, em relação aos trilhos. Dessa forma:

$$p_{antes} = (m + M)v$$

O momento linear inicial é igual à soma das massas do trabalhador e plataforma, vezes a velocidade que eles têm em conjunto.

No segundo instante:



Agora, o trabalhador começa a se mover em cima da plataforma com a velocidade de módulo igual a v, porém em sentido oposto, fazendo com que a plataforma se movimenta numa velocidade que não é mais v, e que chamaremos de x. Com isso, a velocidade em que o trabalhador se movimenta em relação aos trilhos é a combinação de tais velocidades, sendo $x - v$. Dessa forma:

$$p_{depois} = Mx + m(x - v)$$

Como ocorre a conservação na quantidade de movimento ou momento linear:

$$p_{antes} = p_{depois}$$

$$(m + M)v = Mx + m(x - v)$$

$$mv + Mv = Mx + mx$$

$$mv + mv + Mv = Mx + mx$$

$$2mv + Mv = Mx + mx$$

$$(2m + M)v = (M + m)x$$

$$x = \frac{(2m + M)v}{(M + m)}$$

Portanto, o módulo da velocidade da plataforma em relação aos trilhos é dado por esta expressão.

Resposta: (a)

29. Estamos tratando de um caso de conservação de momento linear, dado que o atrito entre os pés e o gelo deve ser desprezado. Portanto, inicialmente, temos os seguintes dados:

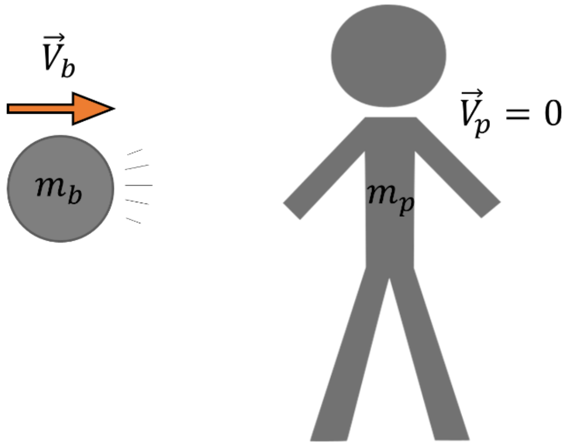
$$Vi_{bola} = 10{,}0\ m/s$$

$$m_{bola} = 0{,}4\ kg$$

$$Vi_{pessoa} = 0$$

$$m_{você} = 70{,}0\ kg$$

Primeiro, vamos calcular o momento linear antes da colisão entre a você e a bola:

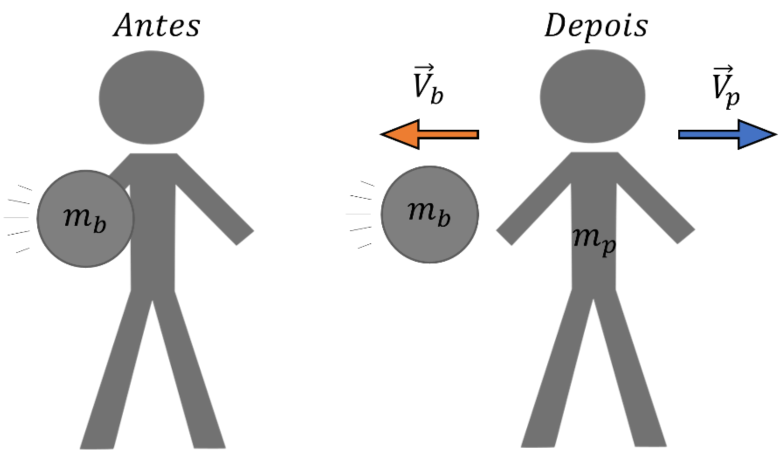


$$p_{inicial} = m_{bola} \cdot Vi_{bola} + m_{pessoa} \cdot Vi_{pessoa}$$

$$p_{inicial} = 0.4 \cdot 10 + 70 \cdot 0$$

$$p_{inicial} = 4\ kgm/s$$

Após isso, vamos calcular o momento linear após a bola colidir com você e rebater em seu peito. Portanto, após a colisão, observamos os seguintes dados:



$$Vf_{bola} = -8{,}0\ m/s$$

Importante discorrer do sinal negativo que a bola adquire ao colidir com você, já que esta é rebatida em sentido oposto ao inicial.

$$m_{bola} = 0{,}4\ kg$$

$$Vf_{pessoa} = ?$$

$$m_{pessoa} = 70{,}0\ kg$$

Agora, basta substituir os valores na equação da conservação do momento linear:

$$p_{inicial} = p_{final}$$

$$4 = m_{bola} \cdot Vf_{bola} + m_{pessoa} \cdot Vf_{pessoa}$$

$$4 = 0{,}4 \cdot (-8) + 70 \cdot Vf_{pessoa}$$

$$4 = -3{,}2 + 70 \cdot Vf_{pessoa}$$

$$4 + 3{,}2 = 70 \cdot Vf_{pessoa}$$

$$\frac{7{,}2}{70} = Vf_{pessoa}$$

$$Vf_{pessoa} \approx 0{,}103\, m/s$$

Esse resultado implica que, ao arremessar a bola (com velocidade inicial de $10{,}0\, m/s$), rebatendo em você, esta adquire uma velocidade em sentido oposto ao inicial e de menor intensidade (agora, de $8{,}0\, m/s$), pois pela conservação de momento linear é transmitido para você, gerando ao seu corpo uma velocidade aproximada de $0{,}103\, m/s$.

Resposta: (b)

30. Pela tabela, podemos observar que o Carrinho 1 leva 1,0 segundo (do instante 0,0 até 1,0 segundo) para percorrer 15 cm (de 15 cm até 30 cm). Portanto:

$$Vi_1 = \frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{15\ cm}{1\ s}$$

$$Vi_1 = 15\ cm/s$$

Em contrapartida, o Carrinho 2 continua na mesma posição ($45\ cm$) do instante 0,0 até 1,0 segundo. Portanto:

$$Vi_2 = \frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{0}{1\ s} = 0$$

Ainda com auxílio da tabela, observa-se que, após o choque entre os carrinhos, o Carrinho 1 leva 3,0 segundos (do instante 8,0 até 11,0 segundos) para percorrer $15\ cm$ (de $75\ cm$ até 90 cm). Assim:

$$Vf_1 = \frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{15\ cm}{3\ s}$$

$$Vf_1 = 5\ cm/s$$

O mesmo ocorre com o Carrinho 2, pois ambos passam a se movimentar juntos com velocidade escalar constante, devido à colisão mútua. E também é mostrado pela tabela que o Carrinho 2 leva os mesmos 3,0 segundos (do instante 8,0 até 11,0 segundos) para percorrer 15 cm (de 75 cm até 90 cm). Ou seja:

$$Vf_2 = \frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{15\ cm}{3\ s}$$

$$Vf_2 = 5\ cm/s$$

Como estamos tratando de um caso de conservação de momento linear:

$$p_{inicial} = p_{final}$$

$$m_1 \cdot Vi_1 + m_2 \cdot Vi_2 = m_1 \cdot Vf_1 + m_2 \cdot Vf_2$$

Abrindo parênteses, temos que Vf_1 e Vf_2 possuem o mesmo valor, utilizaremos a notação V' para definir a velocidade dos carrinhos após à colisão, que é a mesma.

$$Vf_1 = Vf_2 = V'$$

Seguindo o raciocínio:

$$m_1 \cdot Vi_1 + m_2 \cdot Vi_2 = m_1 \cdot V' + m_2 \cdot V'$$

$$m_1 \cdot Vi_1 + m_2 \cdot Vi_2 = (m_1 + m_2)V'$$

$$150 \cdot 15 + m_2 \cdot 0 = (150 + m_2)5$$

$$2250 + 0 = (150 + m_2)5$$

$$\frac{2250}{5} = 150 + m_2$$

$$450 = 150 + m_2$$

$$450 - 150 = m_2$$

$$m_2 = 300\ g$$

O objetivo as questão é calcular o valor da massa do Carrinho 2, e m_2 representa justamente isso. Portanto, a massa do Carrinho 2 é igual a $300\ g$.

Resposta: (c)

31. Através da figura da questão, utilizando álgebra vetorial, é possível afirmar que:

$$\vec{v_0} = 8\,\hat{\imath}$$

$$\vec{v_f} = 6\,\hat{\jmath}$$

Por outro lado, sabe-se que:

$$\vec{I} = \Delta\vec{Q} = m.\vec{v_f} - m.\vec{v_0}$$

Então:

$$\vec{I} = m.8\,\hat{\imath} - m.6\,\hat{\jmath}$$

Substituindo o valor da massa da bola de bilhar na equação acima, tem-se:

$$\vec{I} = 0{,}5.8\,\hat{\imath} - 0{,}5.6\,\hat{\jmath}$$

$$\vec{I} = 4\,\hat{\imath} - 3\,\hat{\jmath}$$

Se desejamos saber a intensidade do impulso resultante, então basta encontrar o módulo do vetor $\vec{I}$.

$$|\vec{I}| = \sqrt{4^2 + (-3)^2} = \sqrt{25} = 5$$

Resposta: (a)

32. Primeiramente, é possível encontrar o impulso resultante da colisão através do gráfico $F\ vs\ t$ calculando a área sob a curva do gráfico. Então:

$$I = Área\ sob\ o\ gráfico$$

É possível identificar que a figura abaixo da curva do gráfico é um triangulo, então, basta calcular a área do triangulo. Desse modo, tem-se:

$$I = \frac{Base\ x\ Altura}{2}$$

Pela figura do gráfico, identifica-se $Base = 6$ e $Altura = 4$, então:

$$I = \frac{6\,.\,4}{2} = 12\ N.s$$

Assumindo que o impulso atua no bloco na mesma direção em que ele se move, então, vetorialmente, tem-se:

$$\vec{I} = 12\,\hat{\imath}$$

No entanto, sabe-se da relação:

$$\vec{I} = \Delta\vec{Q} = m.\vec{v}_{depois} - m.\vec{v}_{antes}$$

De acordo com o referencial adotado, nota-se que a velocidade antes da colisão está na direção negativa de X, então, é possível reescrever a equação acima como:

$$12\,\hat{\imath} = m.\vec{v}_{depois} - m.8\,(-\hat{\imath})$$

Substituindo a massa do bloco na equação acima, tem-se:

$$12\,\hat{\imath} = 1.\vec{v}_{depois} + 1\,.\,8\,\hat{\imath}$$

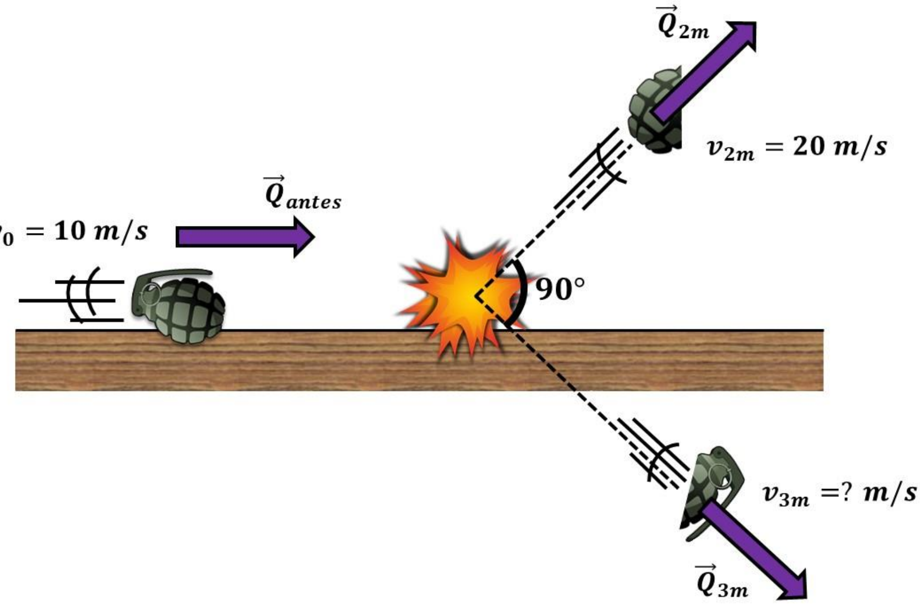
$$\vec{v}_{depois} = 12\,\hat{\imath} - 8\,\hat{\imath} = 4\,\hat{\imath}$$

Se queremos a rapidez do bloco, então basta encontrar o módulo de $\vec{v}_{depois}$, então:

$$\left|\vec{v}_{depois}\right| = 4\,m/s$$

Resposta: (b)

33. Primeiramente, para ilustrar o problema, apresentamos a seguinte figura:



De acordo com a figura acima, nota-se que o módulo do momento linear antes da explosão é dado por:

$$Q_{antes} = 5m\,.\,10 = 50m$$

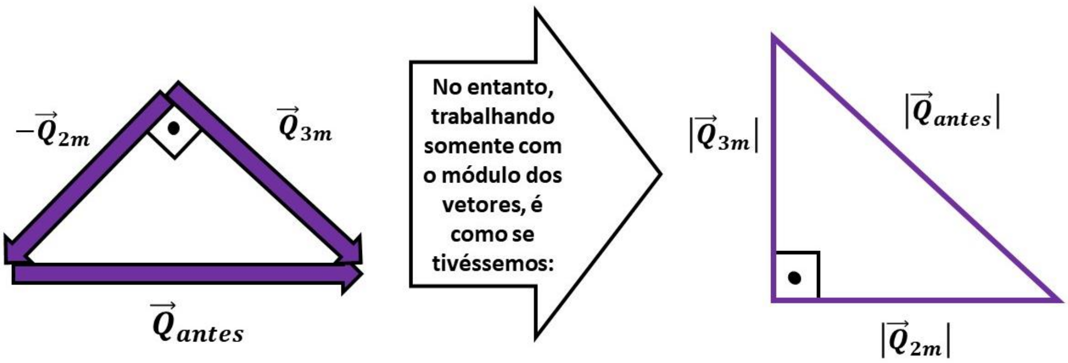
O módulo do momento linear do fragmento de massa 2m é:

$$Q_{2m} = 2m\,.\,20 = 40m$$

O módulo do momento linear do fragmento de massa 3m é:

$$Q_{3m} = 3m\,.\,v_{3m} = 3mv_{3m}$$

Ainda de acordo com a figura, é possível fazer o seguinte diagrama vetorial invertendo a direção de $\vec{Q}_{2m}$ e ligando os vetores:



Sendo o triangulo acima retângulo, então é possível aplicar o teorema de Pitágoras no memos:

$$|\vec{Q}_{antes}|^2 = |\vec{Q}_{2m}|^2 + |\vec{Q}_{3m}|^2$$

$$50^2m^2 = 40^2m^2 + 3^2m^2(v_{3m})^2$$

$$50^2 = 40^2 + 3^2(v_{3m})^2$$

$$50^2 - 40^2 = 3^2(v_{3m})^2$$

$$(50 + 40)(50 - 40) = 3^2(v_{3m})^2$$

$$\frac{90\,.\,10}{9} = (v_{3m})^2$$

$$v_{3m} = \pm\sqrt{100} = \pm 10\ m/s$$

No entanto, somente nos interessa o resultado positivo da expressão acima. Então, a velocidade do fragmento de massa 3m é 10 m/s

Resposta: (e)