IMPULSO DE UMA FORÇA CONSTANTE

Define-se impulso ($\vec{I}$) de uma força de módulo constante como sendo o produto da força ($\vec{F}$) pelo intervalo de tempo (Δt) durante o qual ela agiu sobre o corpo.

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

O módulo do impulso ou impulsão de uma força constante é obtido pelo produto do módulo da força pelo valor do intervalo de tempo. Como Δt é sempre positivo, a direção e o sentido do impulso serão os mesmos da força.

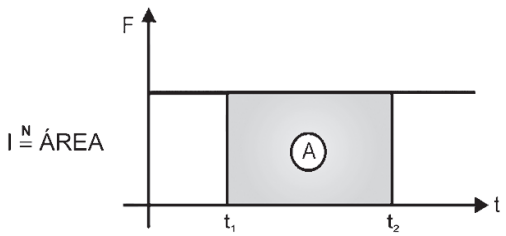
Unidade de impulso no SI:

$$[\,I\,] = N \cdot s$$

GRÁFICO F × T

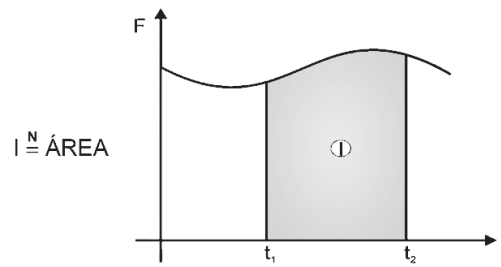
Através do gráfico da força em função do tempo, podemos calcular o impulso aplicado através do cálculo da área abaixo da curva.

- **Força constante**



Para o cálculo do impulso aplicado por forças de intensidade variáveis, devemos utilizar a propriedade do gráfico da força em função do tempo.

- **Força variável**



QUANTIDADE DE MOVIMENTO

QUANTIDADE DE MOVIMENTO DE UM PONTO MATERIAL

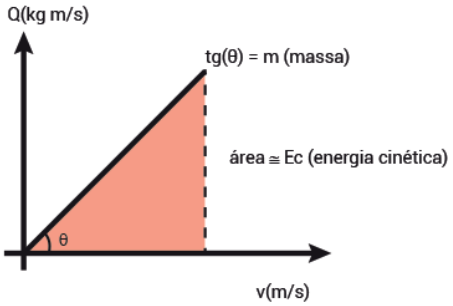
Quando um ponto material de massa m possui velocidade $\vec{V}$ dizemos que ele possui uma quantidade de movimento ou momento linear ($\vec{Q}$) dada pelo produto de sua massa (m) pela sua velocidade ($\vec{V}$).

Sua direção e seu sentido são os mesmos de sua velocidade.

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{V}$$

A unidade da quantidade de movimento é:

$$[\,Q\,] = kg \cdot m/s$$



TEOREMA DO IMPULSO

Quando um corpo tem sua velocidade alterada, tem também sua quantidade de movimento alterada. Para que a velocidade seja alterada, é necessária a atuação de uma força resultante diferente de zero durante um certo intervalo de tempo, dessa forma, podemos afirmar que aplicou-se um impulso ao corpo.

Através do Teorema do Impulso, sabemos que a variação da quantidade de movimento é igual ao impulso aplicado.

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

$$\vec{I} = m \cdot \vec{a} \cdot \Delta t$$

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

$$\vec{I} = m\vec{V} - m\vec{V_0}$$

$$\vec{I} = \Delta\vec{Q} = \vec{Q}_{FINAL} - \vec{Q}_{INICIAL}$$

EXERCÍCIO RESOLVIDO

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

a) 324,0 N
b) 90,0 N
c) 6,3 N
d) 11,3 N
e) 4,8 N

Resolução: B

Dados: m = 140g = 0,14 kg; $V_0 = 0$; V 162km/h = 45m/s

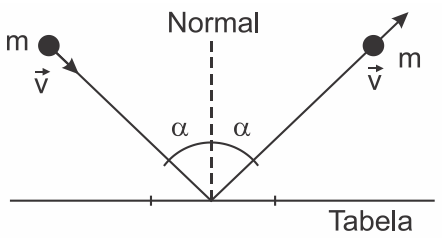
Como não há variação na direção do movimento durante o processo de aceleração, podemos usar o Teorema do Impulso na forma modular:

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

$$\boxed{F = 90\ N.}$$

EXERCÍCIO RESOLVIDO

02. (PUC-PR) A figura a seguir ilustra uma visão superior de uma mesa de sinuca, onde uma bola de massa 400 g atinge a tabela com um ângulo de 60º com a normal e ricocheteia formando o mesmo ângulo com a normal. A velocidade da bola, de 9 m/s, altera apenas a direção do movimento durante o choque, que tem uma duração de 10 ms.



Fonte: <http://dc599.4shared.com/doc/6ORRNU8T/preview_html_maca52f2.png> [adaptado]

A partir da situação descrita acima, a bola exerce uma força média na tabela da mesa de:

a) 360 N
b) 5400 N
c) 3600 N
d) 4000 N
e) 600 N

Resolução: A

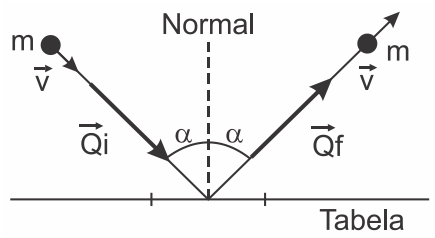
Para a resolução da questão usaremos o teorema do Impulso

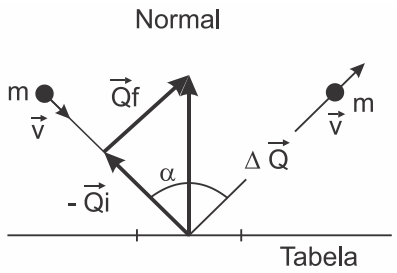
$$\vec{I} = \Delta\vec{Q} \quad (1)$$

$\vec{I}$ = impulso da força média em N/s;

$\Delta\vec{Q}$ = variação da quantidade de movimento em kg m/s que é calculada vetorialmente, como vemos nas figuras:

$$\Delta\vec{Q} = \vec{Q}_f - \vec{Q}_i \quad (2)$$





Nota-se que o triângulo formado é equilátero, pois todos os ângulos internos são iguais entre si, sendo assim, a variação da quantidade de movimento $\Delta\vec{Q}$ é exatamente igual à quantidade de movimento inicial $\vec{Q}_i$ e final $\vec{Q}_f$, isto é, em módulo

$$\Delta Q = Q_i = m \cdot v = 0{,}4kg \cdot 9\frac{m}{s} = 3{,}6kg\frac{m}{s}$$

Sabendo que o módulo do Impulso é dado por:

$$I = F_m \cdot t \quad (3)$$

Juntando as equações (3) e (1), temos:

$$F_m \cdot t = \Delta\vec{Q} \quad (4)$$

De onde sai a força média da colisão da bola com a tabela, em módulo:

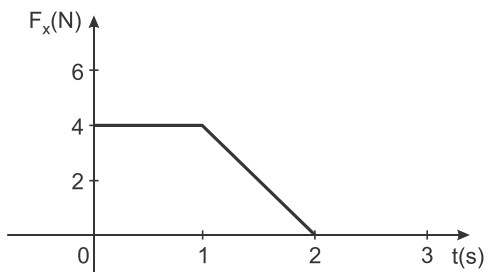
$$F_m = \frac{\Delta Q}{t} = \frac{3{,}6Ns}{10 \cdot 10^{-3}s} = 360N$$

$$\downarrow$$

10 ms = $10 \cdot 10^{-3}$ segundos

03. (UFRGS) Um bloco de massa 1 kg move-se retilineamente com velocidade de módulo constante igual a 3 m/s, sobre urna superfície horizontal sem atrito. A partir de dado instante, o bloco recebe o impulso de sua força externa aplicada na mesma direção e sentido de seu movimento. A intensidade dessa força, em função do tempo, é dada pelo gráfico abaixo.

A partir desse gráfico, pode-se afirmar que o módulo da velocidade do bloco após o impulso recebido é, em m/s, de



a) -6.
b) 1.
c) 5.
d) 7.
e) 9.

Resolução: E

O Impulso recebido é numericamente igual à "área" entre a linha do gráfico e o eixo t.

$$I_{\vec{F}} = \frac{2+1}{2} \times 4 \Rightarrow I_{\vec{F}} = 6\ N \cdot s.$$

Se a referida força é a resultante, podemos aplicar o Teorema do Impulso.

$$I_{\vec{R}} = \Delta Q \Rightarrow I_{\vec{R}} = m(v - v_0) \Rightarrow 6 = 1(v - 3) \Rightarrow$$

$$\boxed{v = 9\ m/s.}$$

O aluno não deve esquecer que, como a quantidade de movimento é uma grandeza vetorial, a subtração ($\Delta Q = Q_F - Q_I$) deverá ser feita vetorialmente.

PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Num sistema isolado, a quantidade de movimento permanece constante.

$$\vec{Q}_{ANTES} = \vec{Q}_{DEPOIS}$$

Um sistema mecânico é considerado isolado de forças externas quando a resultante das forças externas que atuam sobre ele for igual a zero, portanto:

$$\vec{F}_R = 0 \rightarrow \vec{I} = 0 \rightarrow \overrightarrow{\Delta Q} = 0$$

Vale mais uma vez lembrar que a quantidade de movimento se trata de grandeza vetorial, e por isso o seu módulo, direção e sentido devem permanecer constantes.

PROEXPLICA

Sistemas Mecanicamente Isolados e Sistemas Conservativos

Sistema Isolado: a quantidade de movimento do sistema é constante. Sistema cujas forças externas são nulas.

Sistema Conservativo: a energia mecânica do sistema é constante, não há trabalho de forças dissipativas.

Um sistema pode ser isolado e conservativo, isolado e não conservativo, não isolado e conservativo, não isolado e não conservativo. Perceba que ser isolado e ser conservativo são casos independentes.

QUANTIDADE DE MOVIMENTO DE UM SISTEMA DE PONTOS MATERIAIS

Para se obter a quantidade de movimento de um sistema, devemos somar vetorialmente a quantidade de movimento de cada corpo que constitui o sistema.

$$\vec{Q}_{SIST} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + m_3\vec{v}_3 + ... + m_n \cdot \vec{v}_n$$

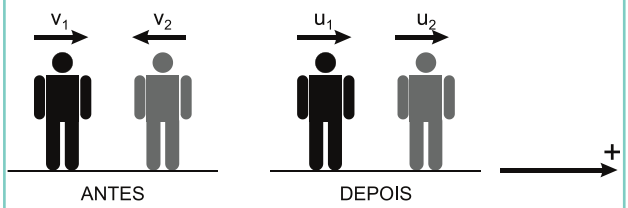
Em um sistema, é comum utilizarmos o conceito de centro de massa; e utilizando o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento, podemos afirmar que em um sistema isolado, a quantidade de movimento do centro de massa se mantém constante.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

04. (FGV-RJ) Leonardo, de 75 kg, e sua filha Beatriz, de 25 kg, estavam patinando em uma pista horizontal de gelo, na mesma direção e em sentidos opostos, ambos com velocidade de módulo ***v*** = 1,5 m/s. Por estarem distraídos, colidiram frontalmente, e Beatriz passou a se mover com velocidade de módulo ***u*** = 3,0 m/s, na mesma direção, mas em sentido contrário ao de seu movimento inicial. Após a colisão, a velocidade de Leonardo é

a) nula.
b) 1,5 m/s no mesmo sentido de seu movimento inicial.
c) 1,5 m/s em sentido oposto ao de seu movimento inicial.
d) 3,0 m/s no mesmo sentido de seu movimento inicial.
e) 3,0 m/s em sentido oposto ao de seu movimento inicial.

Resolução: A



Como o sistema é isolado de forças externas, podemos aplicar a conservação da quantidade de movimento:

$$\vec{Q}_{TF} = \vec{Q}_{TI} \rightarrow m_1V_1 - m_2V_2 = m_1u_1 + m_2u_2$$

$$75 \times 1{,}5 - 25 \times 1{,}5 = 75u_1 + 25 \times 3 \rightarrow u_1 = 0$$

PROEXPLICA

Como choques de automóveis pode cair no Enem?

O excesso de velocidade e as freadas repentinas são as principais causas de acidentes de trânsito. Ao analisar uma colisão entre dois veículos, um perito deve ser capaz de determinar as velocidades dos automóveis antes e depois da colisão, baseado nas evidências que serão encontradas no local.

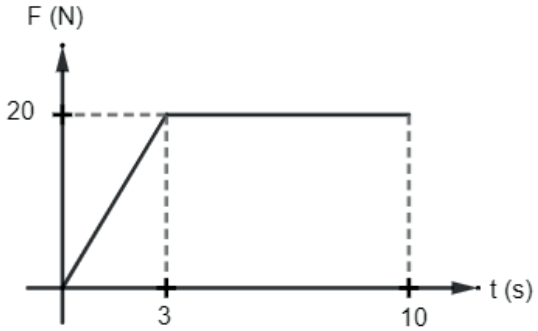
EXERCÍCIOS PROTREINO

01. Uma força horizontal, constante e de intensidade 10 N atua sobre um corpo que desliza do ponto A até o ponto B em 4 segundos.



Calcule o impulso da força $\vec{F}$ aplicado no corpo nesse intervalo de tempo.

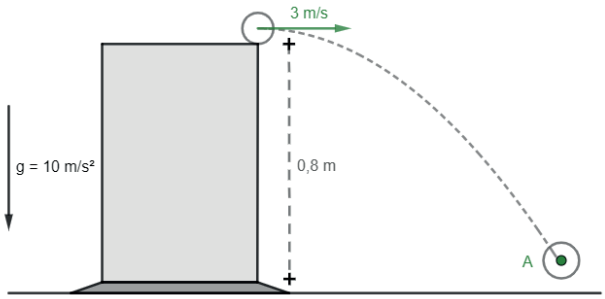
02. Uma força de intensidade variável atua por 10 segundos em um corpo de massa 400 g.



Calcule o módulo do impulso no objeto nesse intervalo de tempo.

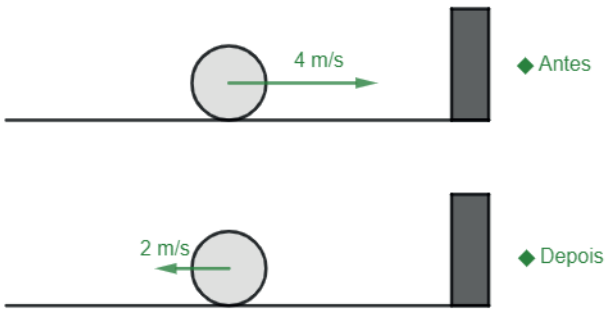
Considere que a força é paralela ao movimento durante todo intervalo.

03. Uma esfera de 250 gramas desliza sobre uma base plana e horizontal até cair da mesa. No instante em que a esfera deixa a mesa sua velocidade é de 3 m/s.



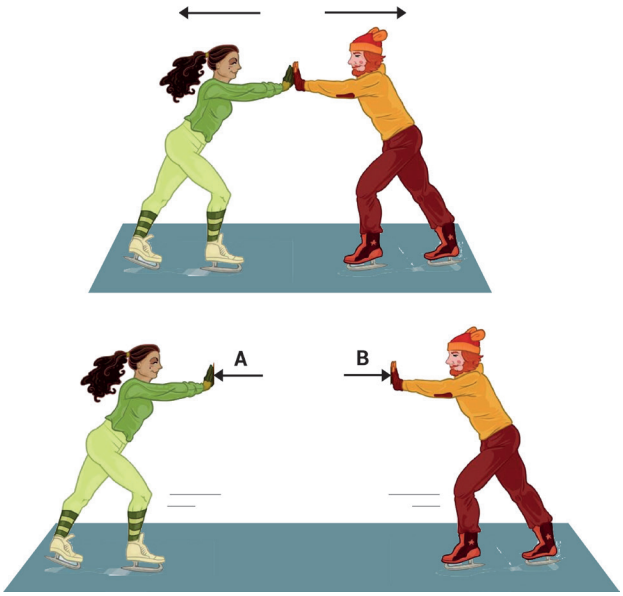
Após cair por 0,8 metros chega ao ponto A. Calcule o módulo da quantidade de movimento da esfera, em Kg·m/s, da esfera no ponto A.

04. Uma esfera de 200 g desliza em um plano horizontal sem atrito e colide com uma parede fixa.



As velocidades antes e depois da esfera estão representadas na imagem acima. Calcule o módulo do impulso dado na pela parede na esfera durante a colisão.

05. Sobre um plano horizontal sem atrito repousam dois patinadores A e B, de massas 80 Kg e 60 Kg, respectivamente.



Em um dado instante eles se empurram, após o empurrão o patinador B se desloca com velocidade de 8 m/s.

Calcule a velocidade relativa de afastamento dos patinadores após o empurrão.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UECE) Considerando-se o módulo do momento linear, p, de um carro de massa m, a energia cinética do carro pode ser corretamente escrita como

a) $\frac{p^2}{2m}$.
c) $\frac{p}{2m}$
b) $\frac{p}{m}$.
d) $\frac{m}{2p^2}$.

02. (UFPE) Um casal participa de uma competição de patinação sobre o gelo. Em dado instante, o rapaz, de massa igual a 60 kg, e a garota, de massa igual a 40 kg, estão parados e abraçados frente a frente. Subitamente, o rapaz dá um empurrão na garota, que sai patinando para trás com uma velocidade de módulo igual a 0,60 m/s. Qual o módulo da velocidade do rapaz ao recuar, como consequência desse empurrão? Despreze o atrito com o chão e o efeito de ar.



a) 0,2 m/s
b) 0,4 m/s
c) 0,6 m/s
d) 0,8 m/s
e) 1,2 m/s

03. (PUC-RJ) 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.

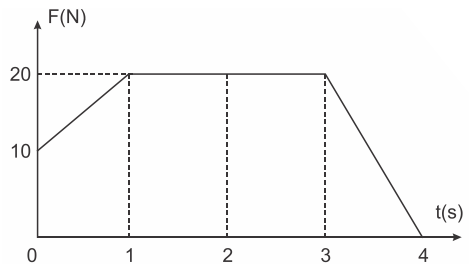
a) 1,5 b) 5,4 c) 54 d) 1.500 e) 5.400

04. (PUC-RJ) Um objeto de massa m escorrega com velocidade V sobre uma superfície horizontal sem atrito e colide com um objeto de massa M que estava em repouso. Após a colisão, os dois objetos saem grudados com uma velocidade horizontal igual a V/4.

Calcule a razão M/m.

a) 1/3 b) 1/2 c) 1 d) 2 e) 3

05. (CFTMG) O gráfico abaixo mostra a intensidade de uma força aplicada a um corpo no intervalo de tempo de 0 a 4 s.



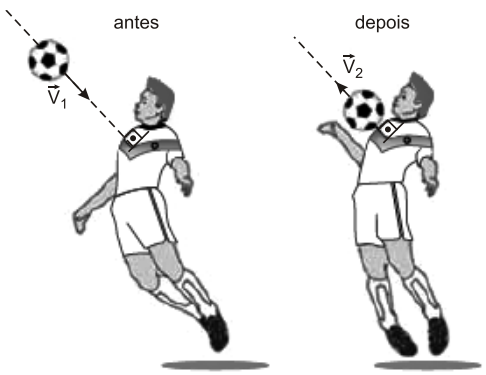
O impulso da força, no intervalo especificado, vale

a) 95 kg·m/s b) 85 kg·m/s c) 65 kg·m/s d) 60 kg·m/s

06. (IFSP) Os Jogos Olímpicos de 2016 (Rio 2016) é um evento multiesportivo que acontecerá no Rio de Janeiro. O jogo de tênis é uma das diversas modalidades que compõem as Olímpiadas. Se em uma partida de tênis um jogador recebe uma bola com velocidade de 18,0 m/s e rebate na mesma direção e em sentido contrário com velocidade de 32 m/s, assinale a alternativa que apresenta qual o módulo da sua aceleração média, em m/s2, sabendo que a bola permaneceu 0,10 s em contato com a raquete.

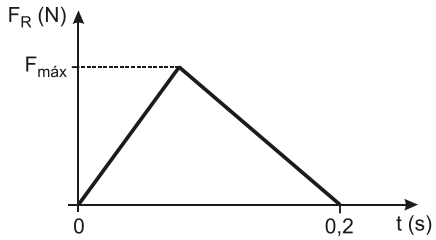
a) 450 b) 600 c) 500 d) 475 e) 200

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



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

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

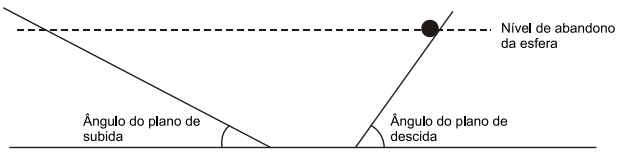


Considerando a massa da bola igual a 0,4 kg, é correto afirmar que, nessa jogada, o módulo da força resultante máxima que atuou sobre a bola, indicada no gráfico por $F_{máx}$, é igual, em newtons, a

a) 68,8 c) 59,2 e) 88,8

b) 34,4 d) 26,4

08. (ENEM) Para entender os movimentos dos corpos, Galileu discutiu o movimento de uma esfera de metal em dois planos inclinados sem atritos e com a possibilidade de se alterarem os ângulos de inclinação, conforme mostra a figura. Na descrição do experimento, quando a esfera de metal é abandonada para descer um plano inclinado de um determinado nível, ela sempre atinge, no plano ascendente, no máximo, um nível igual àquele em que foi abandonada.



Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido a zero, a esfera

a) manterá sua velocidade constante, pois o impulso resultante sobre ela será nulo.

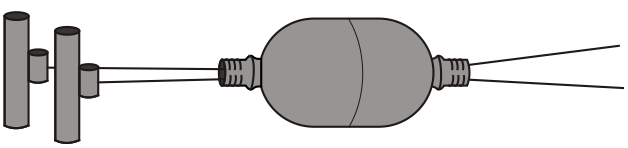
b) manterá sua velocidade constante, pois o impulso da descida continuará a empurrá-la.

c) diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois não haverá mais impulso para empurrá-la.

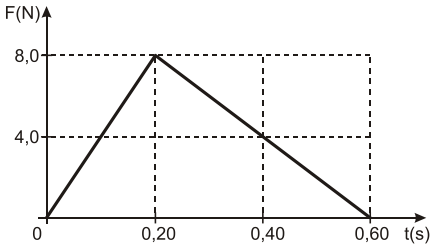
d) diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois o impulso resultante será contrário ao seu movimento.

e) aumentará gradativamente a sua velocidade, pois não haverá nenhum impulso contrário ao seu movimento.

09. (FGV) Um brinquedo muito simples de construir, e que vai ao encontro dos ideais de redução, reutilização e reciclagem de lixo, é retratado na figura.



A brincadeira, em dupla, consiste em mandar o bólido de 100 g, feito de garrafas plásticas, um para o outro. Quem recebe o bólido, mantém suas mãos juntas, tornando os fios paralelos, enquanto que, aquele que o manda, abre com vigor os braços, imprimindo uma força variável, conforme o gráfico.



Considere que:

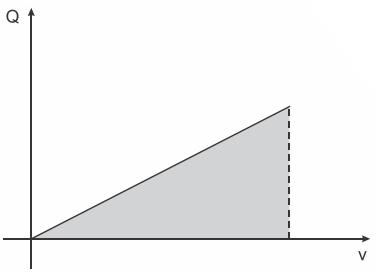
- a resistência ao movimento causada pelo ar e o atrito entre as garrafas com os fios sejam desprezíveis;
- o tempo que o bólido necessita para deslocar-se de um extremo ao outro do brinquedo seja igual ou superior a 0,60 s.

Dessa forma, iniciando a brincadeira com o bólido em um dos extremos do brinquedo, com velocidade nula, a velocidade de chegada do bólido ao outro extremo, em m/s, é de

a) 16. b) 20. c) 24. d) 28. e) 32.

10. (PUC-RS) Considere o campo gravitacional uniforme.

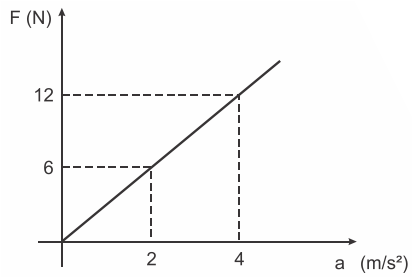
O gráfico abaixo representa a quantidade de movimento Q em função da velocidade v para uma partícula de massa m.



A área hachurada no gráfico é numericamente igual a qual grandeza física?

a) Impulso.
b) Deslocamento.
c) Energia cinética.
d) Força resultante.
e) Torque.

11. (UERJ) O gráfico abaixo indica a variação da aceleração a de um corpo, inicialmente em repouso, e da força F que atua sobre ele.



Quando a velocidade do corpo é de 10 m/s, sua quantidade de movimento, em kg × m/s, corresponde a:

a) 50 b) 30 c) 25 d) 15

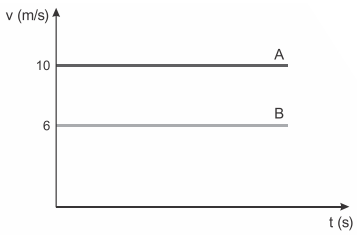
12. (UECE) Considere duas massas iguais penduradas por uma corda flexível e inextensível que passa por uma polia presa ao teto. Desconsiderando-se todos os atritos, de modo que as massas possam subir ou descer livremente, e considerando, nesse arranjo, a situação em que uma das massas está subindo com velocidade constante, é correto afirmar que o módulo da soma vetorial dos momentos lineares das massas é

a) o dobro do módulo do momento linear de uma das massas.
b) o triplo do módulo do momento linear de uma das massas.
c) zero.
d) igual ao módulo do momento linear de uma das massas.

13. (UECE) Em 20 de julho de 1969, passados 50 anos, o homem pôs os pés em solo lunar. A movimentação de naves espaciais como a Apolo 11, que fez o transporte rumo à lua, é feita pela expulsão de gases do foguete em uma direção e movimento da nave na direção oposta. Há uma lei de conservação envolvida nesse modo de deslocamento que é denominada lei de conservação

a) da energia potencial.
b) da energia elástica.
c) do momento de inércia.
d) do momento linear.

14. (UERJ) Em uma mesa de sinuca, as bolas A e B, ambas com massa igual a 140 g, deslocam-se com velocidades V_A e V_B, na mesma direção e sentido. O gráfico abaixo representa essas velocidades ao longo do tempo.

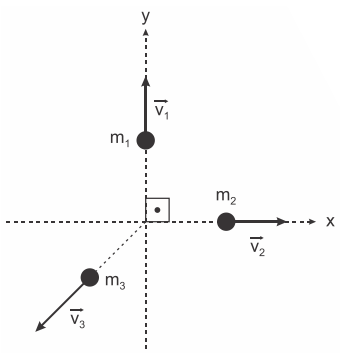


Após uma colisão entre as bolas, a quantidade de movimento total, em kg·m/s, é igual a:

a) 0,56 b) 0,84 c) 1,60 d) 2,24

15. (ESPCEX (AMAN)) Uma granada de mão, inicialmente em repouso, explode sobre uma mesa indestrutível, de superfície horizontal e sem atrito, e fragmenta-se em três pedaços de massas m_1, m_2 e m_3 que adquirem velocidades coplanares entre si e paralelas ao plano da mesa.

Os valores das massas são $m_1 = m_2 = m$ e $m_3 = \frac{m}{2}$. Imediatamente após a explosão, as massas m_1 e m_2 adquirem as velocidades $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$, respectivamente, cujos módulos são iguais a v, conforme o desenho abaixo.



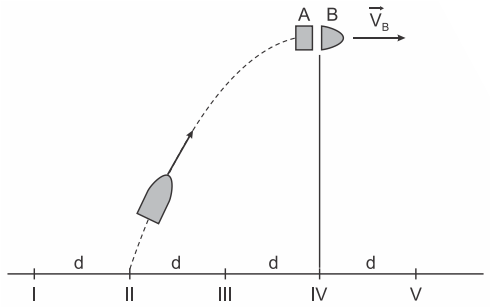
MESA VISTA DE CIMA

Desenho ilustrativo fora de escala

Desprezando todas as forças externas, o módulo da velocidade $\vec{v}_3$, imediatamente após a explosão é

a) $\frac{\sqrt{2}}{4}v$ b) $\frac{\sqrt{2}}{2}v$ c) $\sqrt{2}v$ d) $\frac{3}{2}\cdot\sqrt{2}v$ e) $2\cdot\sqrt{2}v$

16. (UNESP) A figura mostra a trajetória de um projétil lançado obliquamente e cinco pontos equidistantes entre si e localizados sobre o solo horizontal. Os pontos e a trajetória do projétil estão em um mesmo plano vertical.



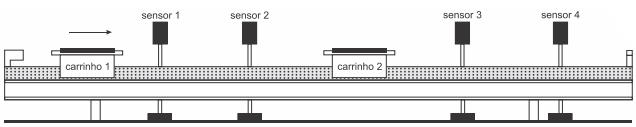
No instante em que atingiu o ponto mais alto da trajetória, o projétil explodiu, dividindo-se em dois fragmentos, A e B, de massas M_A e M_B, respectivamente, tal que $M_A = 2M_B$. Desprezando a resistência do ar e considerando que a velocidade do projétil imediatamente antes da explosão era V_H e que, imediatamente após a explosão, o fragmento B adquiriu velocidade $V_B = 5V_H$, com mesma direção e sentido de V_H, o fragmento A atingiu o solo no ponto

a) IV. b) III. c) V. d) I. e) II.

17. (UECE) Considere uma esfera muito pequena, de massa 1 kg, deslocando-se a uma velocidade de 2 m/s, sem girar, durante 3 s. Nesse intervalo de tempo, o momento linear dessa partícula é

a) 2 kg·m/s b) 3 s c) 6 kg·m/s d) 6 m

18. (ENEM) 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

Com base nos dados experimentais, o valor da massa do carrinho 2 é igual a:

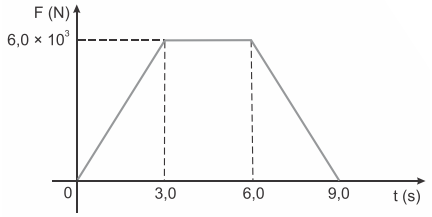
a) 50,0 g
b) 250,0 g
c) 300,0 g
d) 450,0 g
e) 600,0 g

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

Qual é o valor da velocidade escalar adquirida pelo cosmonauta, em relação à estação, após o empurrão?

a) 0,05 m/s
b) 0,20 m/s
c) 0,40 m/s
d) 0,50 m/s
e) 0,80 m/s

20. (UERJ) Observe no gráfico a variação, em newtons, da intensidade da força F aplicada pelos motores de um veículo em seus primeiros 9 s de deslocamento.



Nesse contexto, a intensidade do impulso da força, em N·s, equivale a:

a) $1,8 \times 10^4$ b) $2,7 \times 10^4$ c) $3,6 \times 10^4$ d) $4,5 \times 10^4$

EXERCÍCIOS DE APROFUNDAMENTO

01. (UNIFESP) Um foguete de massa M partiu do repouso da posição A, no solo horizontal, e subiu verticalmente, monitorado por um radar que o seguiu durante determinado trecho de seu percurso, mantendo-se sempre apontado para ele. A figura 1 mostra o foguete na posição B, a 8.500 m de altura, com a linha que liga o radar a ele inclinada de um ângulo $\alpha = 1$ rad em relação à horizontal. Para acompanhar o foguete no trecho AB, o radar girou ao redor de um eixo horizontal que passa por ele, com velocidade angular média $\omega_{méd} = 0,02$ rad/s. Um pouco mais tarde, ao passar pela posição C, com velocidade de 4.600 km/h, o primeiro estágio do foguete (de cor azul, nas figuras), de massa $\frac{M}{3}$, desacoplou-se do restante do veículo. Imediatamente após o desacoplamento, devido à ação de forças internas, a velocidade escalar do primeiro estágio foi reduzida a 3.000 km/h, na mesma direção e sentido da velocidade do foguete no trecho AB, conforme mostra a figura 2.

FIGURA 1

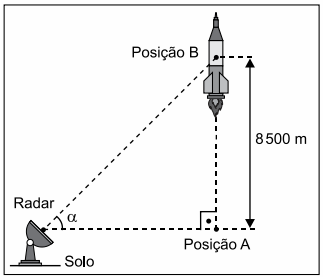
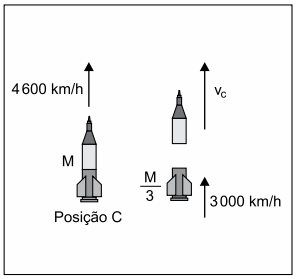


FIGURA 2

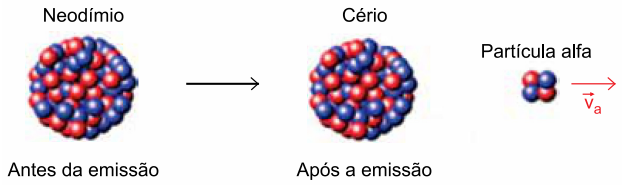


Considerando a massa total do foguete (M) constante, calcule:

a) a velocidade escalar média do foguete, em m/s, no trecho AB de sua subida vertical.

b) a velocidade escalar instantânea v_c do foguete, em m/s, sem o primeiro estágio, imediatamente após o desacoplamento ocorrido na posição C.

02. (FAMERP) Um núcleo de neodímio, inicialmente em repouso, emite uma partícula alfa com velocidade $v_a = 7{,}0 \times 10^6$ m/s e se transforma em um núcleo de cério.



a) Sabendo que a massa do núcleo de cério é 35 vezes maior que a massa da partícula alfa, calcule o módulo da velocidade, em m/s, do núcleo de cério após a emissão da partícula alfa. Represente a direção e o sentido dessa velocidade, em relação à $\vec{v}_a$, por meio de um vetor.

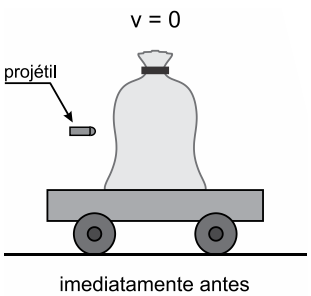
b) Considerando que a massa de um próton e a massa de um nêutron tenham, cada uma delas, valor igual a $1{,}7 \times 10^{-27}$ kg e sabendo que a partícula alfa é formada por dois prótons e dois nêutrons, calcule a intensidade do impulso, em N·s, recebido pela partícula alfa durante sua emissão pelo núcleo de neodímio.

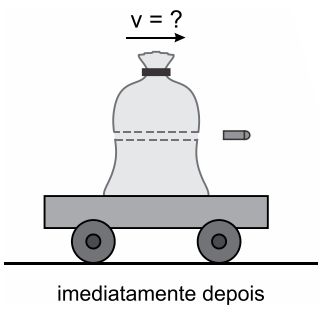
03. (UERJ) Em uma reportagem sobre as savanas africanas, foram apresentadas informações acerca da massa e da velocidade de elefantes e leões, destacadas na tabela abaixo.

	Massa (kg)	Velocidade (km/h)
elefante	4.860	40,0
leão	200	81,0

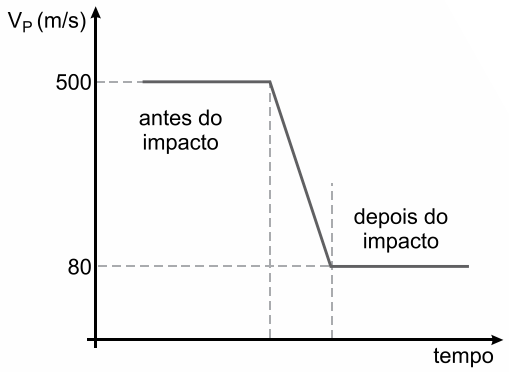
Determine a razão entre a quantidade de movimento do elefante e a do leão.

04. (UNIFESP) Em um teste realizado na investigação de um crime, um projétil de massa 20 g é disparado horizontalmente contra um saco de areia apoiado, em repouso, sobre um carrinho que, também em repouso, está apoiado sobre uma superfície horizontal na qual pode mover-se livre de atrito. O projétil atravessa o saco perpendicularmente aos eixos das rodas do carrinho, e sai com velocidade menor que a inicial, enquanto o sistema formado pelo saco de areia e pelo carrinho, que totaliza 100 kg, sai do repouso com velocidade de módulo v.





O gráfico representa a variação da velocidade escalar do projétil, v_P, em função do tempo, nesse teste.



Calcule:

a) o módulo da velocidade v, em m/s, adquirida pelo sistema formado pelo saco de areia e pelo carrinho imediatamente após o saco ter sido atravessado pelo projétil.

b) o trabalho, em joules, realizado pela resultante das forças que atuaram sobre o projétil no intervalo de tempo em que ele atravessou o saco de areia.

05. (UERJ) Um esquiador, com 70 kg de massa, colide elasticamente contra uma árvore a uma velocidade de 72 km/h.
Calcule, em unidades do SI, o momento linear e a energia cinética do esquiador no instante da colisão.

GABARITO

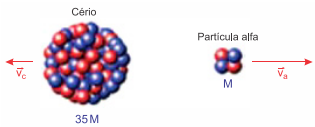
EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. A	05. C	09. C	13. D	17. A
02. B	06. C	10. C	14. D	18. C
03. A	07. B	11. B	15. E	19. E
04. E	08. A	12. C	16. E	20. C

EXERCÍCIOS DE APROFUNDAMENTO

01. a) $v_{méd} = 170$ m/s
b) $v_c = 1500$ m/s

02. a) $|v_c| = 2 \times 10^5$ m/s



b) $I_{\vec{R}} = 4{,}76 \times 10^{-20}$ N·s.

03. $\frac{Q_e}{Q_i} = 12$

04. a) v = 0,084 m/s
b) -2436 J

05. p = 1.400 kg·m/s
E_c = 14.000 J

ANOTAÇÕES