

Dinâmica

Assunto: Impulso e Quantidade de Movimento

Aula 01 – Impulso de uma força constante e variável, Quantidade de Movimento e sua conservação, Teorema do Impulso.

Para acompanhar esta aula em vídeo, vá na aba Aulas e clique em Dinâmica – [aula 01](#)

Impulso

Suponhamos que uma força constante $\vec{F}$ age numa partícula, durante um intervalo de tempo Δt . Por definição, chama-se impulso da força constante $\vec{F}$ o vetor:

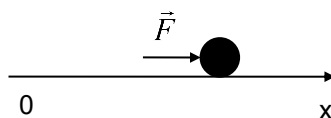
$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

O vetor $\vec{I}$ tem as seguintes características:

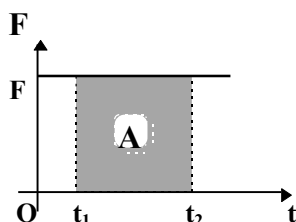
a) módulo: $|\vec{I}| = |\vec{F}| \cdot \Delta t$

b) direção: à mesma de $\vec{F}$

c) sentido: o mesmo de $\vec{F}$



Consideremos o esquema acima, em que uma partícula se movimenta ao longo do eixo Ox sob a ação da força $\vec{F}$, constante. Tracemos o gráfico do valor algébrico de $\vec{F}$ em função do tempo:



Se calcularmos a área sombreada do diagrama ao lado, teremos:

$$A = b \cdot h$$

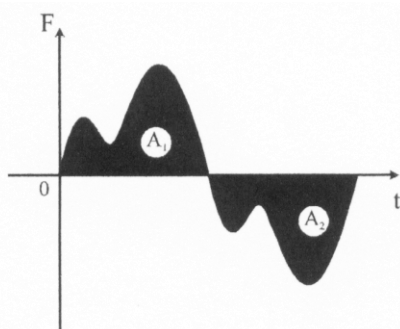
$$A = \Delta t \cdot F \quad \text{como} \quad \Delta t \cdot F = I$$

concluimos que a área do diagrama é numericamente igual ao impulso da força.

$$A = I$$

Embora a última propriedade tenha sido apresentada a partir de um caso simples e particular, sua validade estende-se também a situações em que a força envolvida tem direção constante, porém valor algébrico variável. É claro que, nesses casos, sua verificação requer um tratamento matemático mais elaborado.

Tendo em conta o exposto, podemos dizer, de modo geral que:

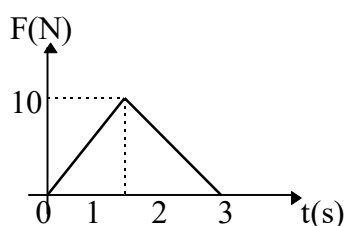


Dado um diagrama do valor algébrico da força atuante em uma partícula em função do tempo, a “área” compreendida entre o gráfico e o eixo dos tempos expressa o valor algébrico do impulso da força. No entanto, a força considerada deve ter direção constante.

Exercícios de aprendizagem:

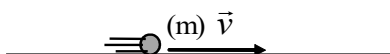
1) Uma força constante de 50N age sobre um móvel durante 0,2 s. Calcule o impulso da força.

2) Dado o diagrama abaixo, determine o impulso da força F, sabendo que ela age na mesma direção e sentido do movimento:



Quantidade de Movimento

Considere uma partícula de massa “m”, dotada de velocidade $\vec{v}$:



Por definição, chama-se quantidade de movimento da partícula o vetor:

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

O vetor $\vec{Q}$ tem as seguintes características:

- a) módulo: $|\vec{Q}| = m \cdot |\vec{v}|$
- b) direção: à mesma de $\vec{v}$
- c) sentido: o mesmo de $\vec{v}$

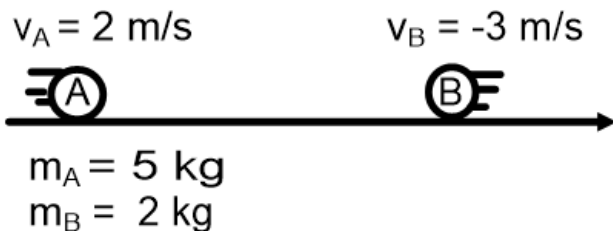
obs. A unidade no SI de quantidade de movimento é kg.m/s.

Exercícios de aprendizagem:

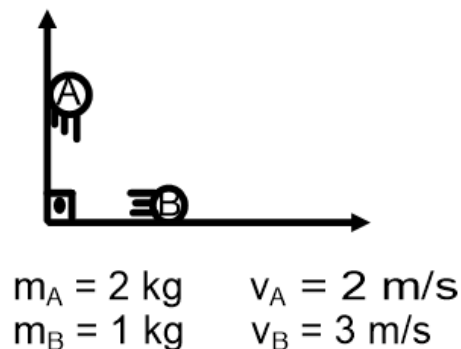
3) Um corpo de massa 2 kg inicialmente em repouso sofre a ação de uma força constante de 20 N. Qual a sua quantidade de movimento depois de 5s?

4) Calcule a quantidade de movimento do sistema em cada caso:

a)



b)



obs. Entende-se por quantidade de movimento de um sistema de partículas, a soma das quantidades de movimento das partículas constituintes do sistema. $\vec{Q} = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{Q}_3 + \dots + \vec{Q}_n$

- **Sistema isolado de partículas:** É aquele que não apresenta interações de caráter externo, ou seja, F_r externa é nula.

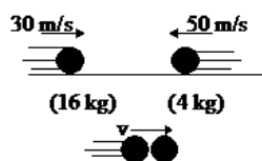
Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento:

A quantidade de movimento de um sistema isolado de partículas é constante.

$$Q_i = Q_f$$

Exercícios de aprendizagem:

5) Na figura abaixo temos duas esferas se movimentando em sentidos contrários. Determine a velocidade das esferas sabendo que após o choque elas permanecem em contato.



6) Um canhão com massa de 500 kg dispara um projétil com massa de 2 kg com uma velocidade de 500 m/s. Determine a velocidade de recuo do canhão.



Teorema do Impulso

O impulso da resultante de um sistema de forças que age numa partícula durante o intervalo de tempo Δt é igual à variação da quantidade de movimento, nesse intervalo de tempo.

Demonstração: $\vec{F}_r = m \cdot \vec{a}$ como $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ temos que $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$ logo $\vec{F}_r = m \cdot \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$

então $\vec{F}_r \cdot \Delta t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$

$$\boxed{\vec{I} = \vec{Q}_f - \vec{Q}_i}$$

obs. O impulso das forças internas de um sistema isolado de partículas é nulo, pois $\vec{I} = \Delta \vec{Q}$ e como $\Delta \vec{Q} = \vec{0}$ então $\vec{I} = \vec{0}$.

Exercícios de aprendizagem:

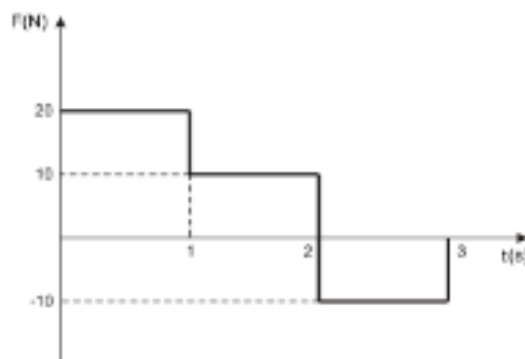
7) Uma partícula de 8 kg de massa desloca-se em trajetória retilínea, quando lhe é aplicada, no sentido do movimento, uma força resultante de intensidade 20 N. Sabendo-se que no instante de aplicação da força a velocidade da partícula valia 5,0 m/s, determinar:

- O módulo do impulso comunicado à partícula, durante 10 s de aplicação da força;
- o módulo da velocidade da partícula ao fim do impulso referido no item anterior.

8) Uma bola de tênis de massa $m = 200\text{g}$ atinge uma raquete com velocidade igual a $20,0\text{ m/s}$ e retorna, na mesma direção e em sentido contrario ao inicial, com velocidade de $30,0\text{ m/s}$. Se o tempo de interação entre bola e raquete e de $0,01$ segundos, então, a força média aplicada pelo tenista a raquete, em newtons, e igual a:

- a) 1000.
- b) 2000.
- c) 3000.
- d) 4000.

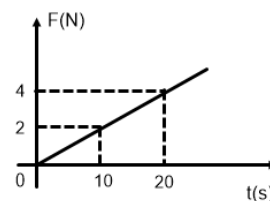
9) (Ufpr) Uma força, cujo módulo F varia com o tempo t conforme o gráfico ao lado, atua sobre um objeto de massa 10 kg . Nesse gráfico, valores negativos para F indicam uma inversão de sentido, em relação àquele dos valores positivos. Com base nesses dados e considerando que em $t = 0$ o objeto está em repouso, determine a sua velocidade depois de transcorridos 3 s .



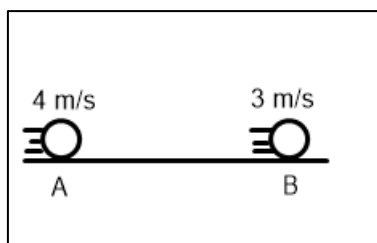
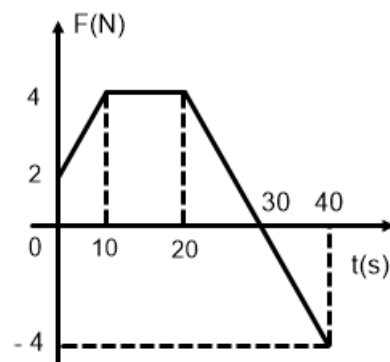
Exercícios de Fixação:

- 1) O impulso de uma força constante é de 50 N.s . Sabendo que a força agiu sobre um corpo durante 5 segundos, determine sua intensidade.
- 2) Uma força constante com intensidade de $0,5\text{ N}$ age sobre um corpo durante um certo tempo. Determine esse intervalo de tempo sabendo que o impulso da força foi igual a $0,2\text{ N.s}$.

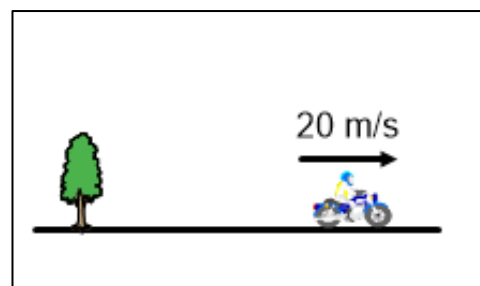
3) O gráfico mostra a variação, em função do tempo, de uma força que age sobre um móvel. Determine o impulso da força entre 0 e 30 segundos.



4) No gráfico ao lado, temos a variação, em função do tempo, de uma força que age sobre o corpo. Determine o impulso da força entre 0 e 10 segundos, entre 10 e 30 segundos, entre 30 e 40 segundos e o impulso total.



5) Na figura ao lado, temos uma bola de bilhar com massa de 0,12 kg, passando por dois pontos, A e B, de uma mesa. Determine sua quantidade de movimento nos pontos A e B.



6) A moto da figura ao lado tem uma quantidade de movimento igual a 3 000 kg . m/s. Calcule sua massa.

7) Uma pedra com massa de 200 gramas é abandonada de uma altura de 45 metros em relação ao solo, em um local onde $g = 10 \text{ m/s}^2$. Calcule a quantidade de movimento ao tocar o solo.

8) Um rojão é lançado verticalmente para cima com velocidade de 20 m/s; sua massa é 1,5 kg. Calcule sua quantidade de movimento no ponto mais alto da trajetória.

9) Uma força constante de 20 N age sobre um corpo com massa de 2 kg durante 30 segundos. Determine sua variação de velocidade.

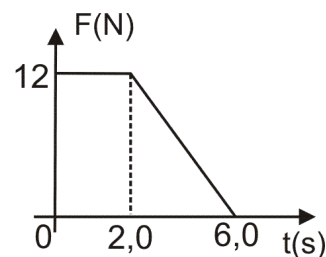
10) Um móvel tem uma velocidade de 2 m/s, quando sofre a ação de uma força constante. Depois de certo tempo, o móvel apresenta uma velocidade de 5 m/s; sua massa é de 20 kg. Qual o impulso recebido pelo móvel?

11) Um móvel de massa 3,0 kg desloca-se horizontalmente com velocidade escalar igual a 15 m/s constante. Num dado instante, passa a atuar sobre o móvel uma força constante de intensidade 2,5N, durante 4,0 s, na mesma direção e no mesmo sentido do movimento. Determine:

- a intensidade do impulso da força atuante;
- o módulo da quantidade de movimento do móvel antes da ação da força;
- o módulo da quantidade de movimento do móvel no instante em que a força deixa de agir.

12) Uma partícula se movimenta sob ação de uma força de direção constante e cuja intensidade varia com o tempo de acordo com o gráfico. Determine:

- a) o módulo do impulso da força no intervalo de tempo de 0 a 6,0 s;
b) a intensidade da força constante que produziria o mesmo impulso que a força dada no intervalo de tempo de 0 a 6,0 s.



13) Um canhão dispara uma bala com massa de 5 kg que, ao abandonar o cano, apresenta uma velocidade de 10 m/s. Calcule o impulso recebido pela bala.

14) Uma bala de massa 20 gramas gasta 0,01 segundo para atravessar uma porta cuja força de resistência média equivale a 200 N. Sabendo que a velocidade da bala ao penetrar na porta era de 100 m/s, determine a velocidade da bala logo após ter atravessado a porta.

15) Para a figura abaixo são válidos os seguintes dados: $m_A = 2$ kg ; $m_B = 8$ kg ; $v_A = 4$ m/s ; $v_B = 0$. O atrito é desprezível. Após o choque os carros permanecem com uma única velocidade v , que vale, em módulo:

- a) 18 m/s
b) 6 m/s
c) 8 m/s
d) 0,8 m/s
e) 2 m/s



Respostas:

Exercícios de aprendizagem:

- 1) $I = 10\text{ N.s}$ 2) $I = 15\text{ N.s}$ 3) $Q = 100\text{ kg.m/s}$
4) a) $Q = 4\text{ kg.m/s}$ b) $Q_A = 4\text{ kg.m/s}$ $Q_B = 3\text{ kg.m/s}$ e $Q_s = 5\text{ kg.m/s}$
5) $v' = 14\text{ m/s}$ 6) $v' = -2\text{ m/s}$ 7) a) $I = 200\text{ N.s}$ b) $v = 30\text{ m/s}$ 8) $F = -1000\text{ N}$ 9) $v = 2\text{ m/s}$

Exercícios de Fixação:

- 1) 10 N 2) 0,4 s 3) 90 N.s 4) 30 N.s , 60 N.s , - 20 N.s e 70 N.s 5) 0,48 kg.m/s e 0,36 kg.m/s 6) 150 kg
7) 6 kg.m/s 8) 0 (no ponto mais alto ele estará em repouso). 9) 300 m/s 10) 60 N.s 11) a) $I = 10\text{ N.s}$ b) $Q = 45\text{ kg.m/s}$ c) $Q_f = 55\text{ kg.m/s}$ 12) a) $I = 48\text{ N.s}$ b) $F = 8\text{ N}$ 13) 50 N.s 14) 50 m/s 15) d