MECÂNICA

Impulso e Quantidade de Movimento

1- INTRODUÇÃO

Nesta aula estudaremos **Impulso** de uma força e a **Quantidade de Movimento** de uma partícula. Veremos que estas grandezas são vetoriais e que possuem a mesma dimensão.

2- IMPULSO.

Impulsionar um corpo, é empurrar este corpo durante um certo intervalo de tempo. Assim fica fácil definir esta grandeza como sendo o produto da força pelo tempo de aplicação desta força.

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

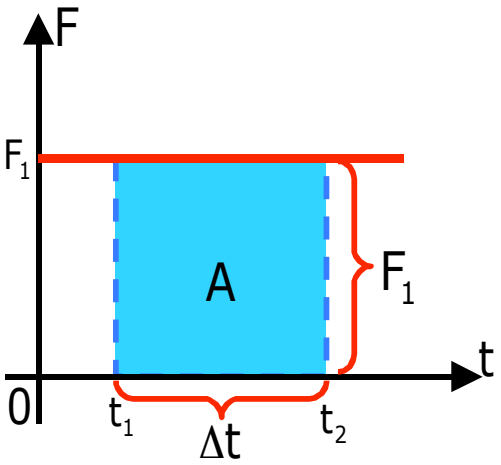
Como o impulso é calculado para um intervalo de tempo, ele não é uma grandeza instantânea.

Repare ainda que o impulso é dado pelo produto de uma grandeza escalar (Δt) por uma grandeza vetorial ($\vec{F}$), portanto, o impulso é uma grandeza vetorial com a mesma direção e o mesmo sentido da força ($\vec{F}$).

Quando a força $\vec{F}$ for variável, o impulso será calculado pela função integral que não faz parte do nosso aprendizado no segundo grau. Neste caso calcularemos o impulso usando o conceito de força média ou ainda pelo método gráfico que veremos a seguir.

$$\vec{I}_F = \vec{I}_{F_m} = \vec{F}_m.\Delta t$$

Método gráfico

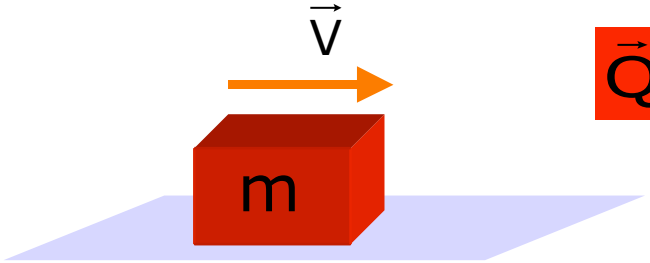


$$A \overset{N}{=} \Delta t.F_1$$

$$I_1 \overset{N}{=} A$$

3- QUANTIDADE DE MOVIMENTO OU MOMENTO LINEAR ($\vec{Q}$).

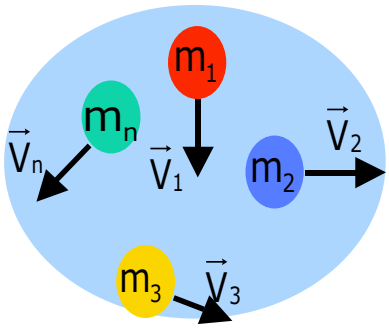
Defini-se **quantidade de movimento** ou **momento linear** de um corpo, como sendo o produto de sua massa **m** pela sua velocidade $\vec{V}$.



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

Observe que a quantidade de movimento é uma grandeza vetorial, diretamente proporcional à velocidade, portanto, com a mesma direção e o e o mesmo sentido da velocidade. Ao contrário do impulso, a quantidade de movimento é uma grandeza instantânea.

Para um sistema constituído por vários corpos, a soma vetorial das quantidades de movimento de cada corpo, será a quantidade de movimento do sistema.



$$\vec{Q}_{sistema} = m_1.\vec{V}_1 + m_2.\vec{V}_2 + \ldots + m_n.\vec{V}$$

A quantidade de movimento, é dada pelo produto de sua massa pela velocidade do seu centro de massa.

$$\vec{Q}_{corpo\ extenso} = m.\vec{V}_{CM}$$

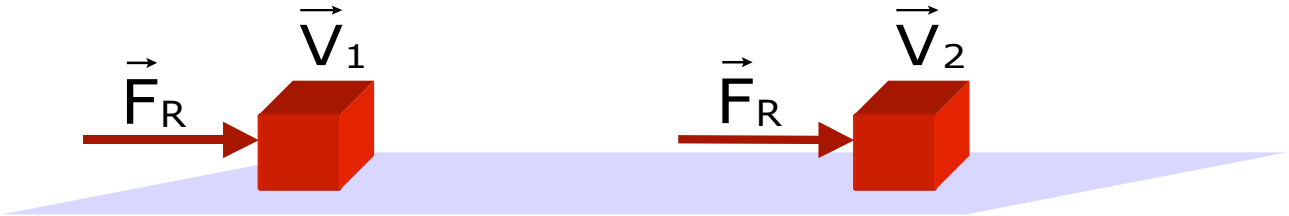
A quantidade de movimento será constante quando o seu módulo, sua direção e o seu sentido forem constantes.

$\vec{Q} = constante = 0 \Rightarrow$ REPOUSO

$\vec{Q} = constante \neq 0 \Rightarrow$ MOVIMENTO RETILÍNEO E UNIFORME

4- TEOREMA DO IMPULSO

Pelo teorema do impulso, podemos relacionar impulso e quantidade de movimento e constatar que elas são de mesma dimensão. Observe a demonstração do teorema.



Seja $\vec{F}_R = m.\vec{a}$, substituindo $\vec{a}$ por $\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$, temos :

$$\vec{F}_R = m.\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{F}_R.\Delta t = m.\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}.\Delta t \Rightarrow \vec{I} = m.\Delta\vec{V} \Rightarrow$$

$$\vec{I} = m.(\vec{V}_2 - \vec{V}_1) \Rightarrow \vec{I} = m.\vec{V}_2 - m.\vec{V}_1 \Rightarrow \vec{I} = \vec{Q}_2 - \vec{Q}_1 \Rightarrow$$

$$\boxed{\vec{I} = \Delta\vec{Q}} \quad \text{(Teorema do Impulso)}$$

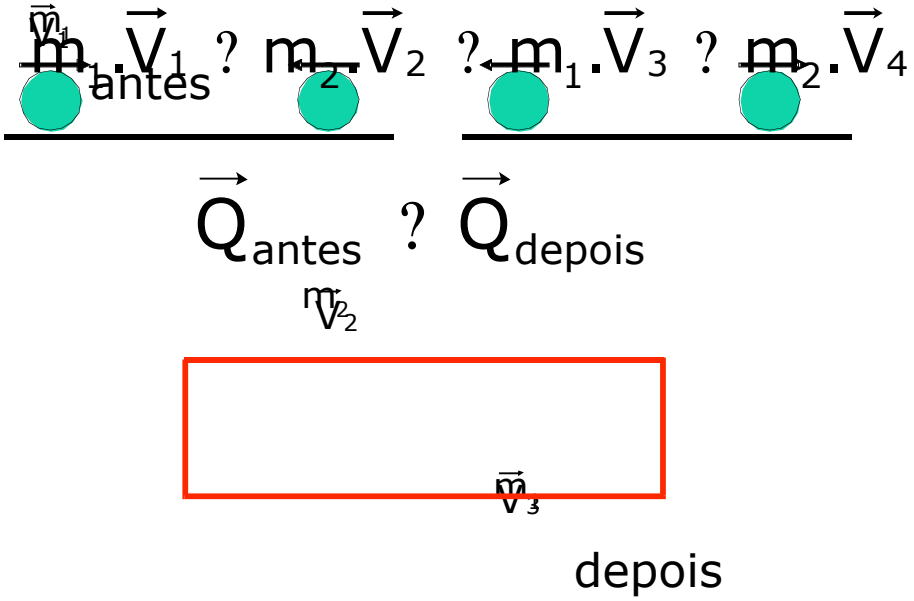
5- SISTEMAS FÍSICOS ISOLADOS

Um sistema é isolado quando a força resultante externa aplicada a ele for nula. Neste caso, como a força é nula, o impulso será nulo e a quantidade de movimento se manterá constante (princípio da conservação da quantidade de movimento).

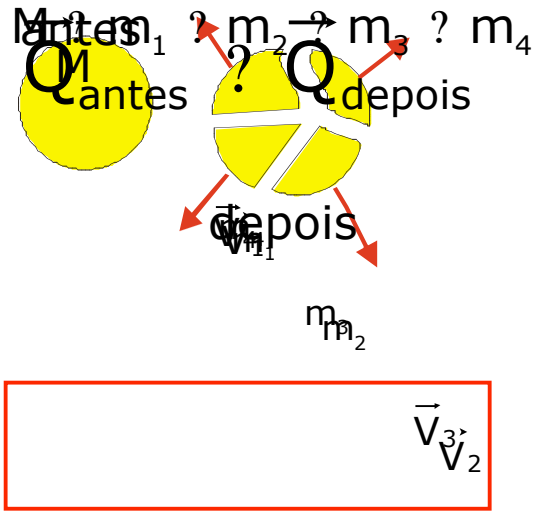
$$\text{Sistema isolado} \Rightarrow \vec{F}_{R\,\text{externa}} = \vec{0} \therefore \vec{Q} = \text{constante}$$

6- SISTEMAS FÍSICOS ISOLADOS IMPORTANTES.

Na colisão entre dois corpos, as forças trocadas entre eles são forças internas ao sistema. Estas forças são muito intensas comparadas com algumas forças externas que atuam nos corpos como, por exemplo, a força peso. Por isso, podemos desprezar estas forças externas e considerar o sistema de colisões como um sistema isolado. Observe que a quantidade de movimento se mantém constante antes e depois da colisão.



Na explosão de um corpo, as forças internas são muito intensas permitindo desprezar forças externas que estejam atuando no corpo como, por exemplo, a força peso, portanto, uma explosão constitui um sistema isolado. Observe que a quantidade de movimento imediatamente antes da explosão é exatamente igual à quantidade de movimento e imediatamente depois da explosão.



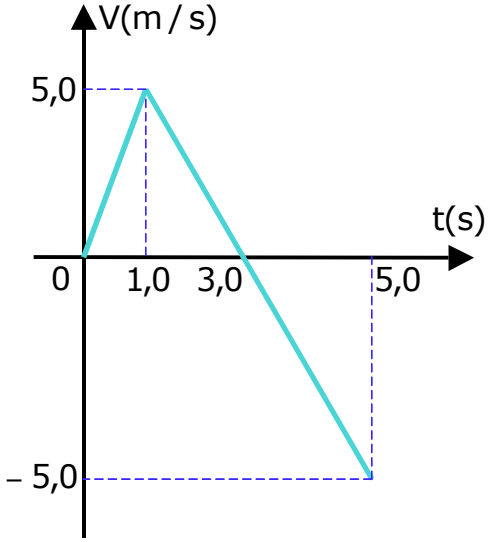
EXERCÍCIOS

1. **(UFMT) –** Um corpo de peso igual a $1{,}0.10^2$ é lançado verticalmente para cima, atingindo a altura máxima em 2,0s. qual a intensidade do impulso aplicado a esse corpo pela força da gravidade:
   a) durante a subida
   b) desde o lançamento até o retorno ao ponto de partida?
   Despreze o efeito do ar

2. **(VUNESP) –** Um objeto de massa 0,50kg está se deslocando ao longo de uma trajetória retilínea com aceleração escalar constante igual a $0{,}30m/s^2$. Se partiu do repouso, o módulo da sua quantidade de movimento, em kg.m/s, ao fim de 8,0s, é:
   a) 8.10^{-1} b) 1,2 c) 1,6 d) 2,0 e) 2,4

3. **(FATEC) –** Uma pequena esfera de massa 0,10kg abandonada do repouso em queda livre, atinge o solo horizontal com uma velocidade de módulo igual a 4,0m/s. Imediatamente após a colisão, a esfera tem uma velocidade vertical de módulo 3,0m/s. O módulo da variação da quantidade de movimento da esfera, na colisão com o solo, em kg.m/s, é de:
   a) 0,30 b) 0,40 c) 0,70 d) 1,25 e) 3,40

4. **(UFPE) –** O gráfico a seguir é o registro do movimento de um corpo de massa 6,0kg, em trajetória retilínea.

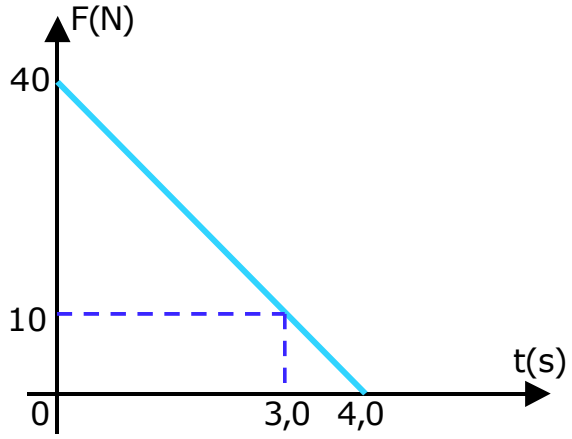


   Entre os insta t_1= 1,0s e t_2= 5,0s, calcule:
   a) a variação de energia cinética;
   b) o módulo do vetor variação da quantidade de movimento.

5. **(FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS - LONDRINA) –** Um corpo de massa 2,0kg é lançado verticalmente para cima, com velocidade escalar inicial de 20m/s. despreze a resistência do ar e considere a aceleração da gravidade com módulo $g=10m/s^2$. O módulo do impulso exercido pela

força-peso, desde o lançamento até o corpo atingir a altura máxima, em unidades do Sistema Internacional, vale:
a) 10 b) 20 c) 30 d) 40 e) 50

6. (UNIP) – Um projétil é disparado verticalmente para cima através de um dispositivo que aplica uma força vertical $\vec{F}$ cuja intensidade varia com o tempo segundo o gráfico abaixo.



O projétil parte do repouso, no instante $t_0=0$, e o lançamento durou 4,0s.
Adote $g=10m/s^2$ e admita que, durante o lançamento, as únicas forças atuantes no projétil sejam o seu peso e a força $\vec{F}$. Sendo a massa do projétil igual a 1,0kg, pede-se:
a) o instante em que a velocidade do projétil é máxima (justifique);
b) o módulo da velocidade máxima do projétil.

7. (VUNESP) – Uma corda de massa desprezível liga dois botes em repouso sobre a superfície de um lago tranqüilo. Num certo momento, um homem sentado no primeiro bote puxa a corda durante 2,0s com uma força constante de intensidade 50N. A partir do teorema do impulso, determine:
a) o módulo da velocidade do primeiro bote em relação às margens do lago;
b) o módulo da velocidade de um bote em relação ao outro.
Despreze as forças de atrito com o ar e com a água e considere a massa bote+homem igual a 200kg e a massa total do segundo bote igual a 125kg.

8. (FUVEST) – Um cachorro de massa igual a 20kg está correndo sobre uma prancha de 80kg, com uma velocidade constante de intensidade igual a 1,0m/s em relação à prancha. A prancha se apóia sem atrito sobre uma superfície uma superfície plana e horizontal.
a) qual o sentido do movimento da prancha em relação à superfície.
b) calcule a intensidade da velocidade do cachorro em relação à superfície.
Nota: admita que, inicialmente, a prancha e o cachorro estão parados em relação à superfície.

9. **(UNICAMP)** – Um carrinho, de massa m_1 = 80kg, desloca-se em um plano horizontal sem atrito, com velocidade escalar constante V_1 = 5,0m/s. Um bloco de massa m_2=2,0kg cai verticalmente sobre o carrinho, de uma altura muito pequena, aderindo a ele.
   a) Com que velocidade escalar final move-se o conjunto?
   b) Que quantidade de energia mecânica foi transformada em energia térmica?

10. **(MACKENZIE) –** Um vagão cúbico de aresta 3,0m e massa 23 toneladas, vazio e aberto na parede superior, caminha sobre trilhos retilíneos e dispostos segundo a horizontal, com velocidade escalar de 36km/h, quando começa chover. A chuva que cai na vertical faz com que o vagão fique completamente cheio d'água ($\rho = 1{,}0 g/cm^3$) após um certo tempo. Admitindo-se desprezível qualquer ação de força horizontal externa ao sistema (chuva – vagão), a velocidade escalar final do vagão é de:
   a) 2,0m/s b) 2,3m/s c) 4,6m/s d) 10,0m/s e) 12,0m/s

RESPOSTAS

1. **a) I=2,0.10^2 N.s** **b) I=4,0.10^2 N.s**
2. **ALTERNATIVA B**
3. **ALTERNATIVA C**
4. **a) 0** **b) Q=60 kg.m/s**
5. **ALTERNATIVA D**
6. **a) t=3,0s - a velocidade escalar do projétil aumenta enquanto a força F for maior que o peso do projétil e será máxima quando a força F se igualar ao peso** **b) V=45m/s**
7. **a) V=5,0.10^{-1}m/s** **b) V=1,3m/s**
8. **a) sentido oposto ao do cão** **b) V= 8,0.10^{-1}m/s**
9. **a) V=4,0m/s** **b) E_m= 2,0.10^{2}J**
10. **ALTERNATIVA C**