

# Leis de Newton

## Lei da Inércia



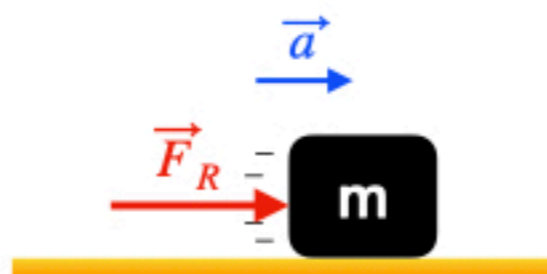
$$\Sigma \vec{F} = 0$$

Quando a resultante das forças que atua em um corpo é nula, o corpo mantém o seu estado de movimento ou repouso:

- REPOUSO
- M.R.U.

A massa é a medida da inércia de um corpo.

## Princípio Fundamental



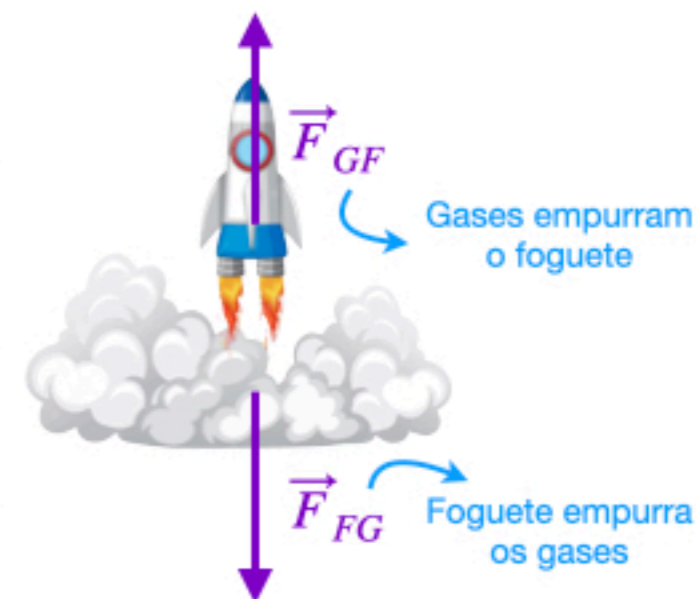
$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

Unidades:

$$[N] = [kg \cdot m/s^2]$$

A aceleração experimentada por um corpo é diretamente proporcional à força resultante sobre ele e inversamente proporcional à sua massa.

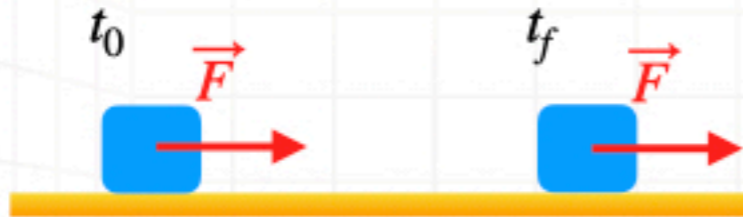
## Ação e Reação



- Mesmo módulo;
- Mesma direção;
- Sentidos contrários;
- Aplicadas em corpos distintos (NUNCA SE ANULAM!)
- Simultâneas;
- Mesma natureza;

# Impulso e Quantidade de Movimento

Impulso ( $\vec{I}$ ):



$$I = F \cdot \Delta t$$

Unidade:  $[N \cdot s]$

força (pointing to F)  
intervalo de tempo (pointing to  $\Delta t$ )

Quantidade de Movimento ( $\vec{Q}$ ):

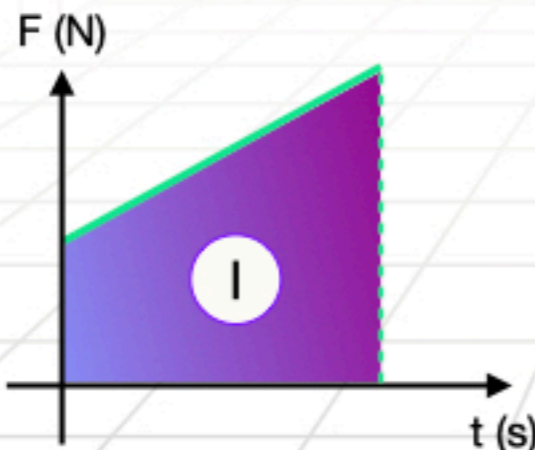


$$Q = m \cdot v$$

Unidade:  $[kg \cdot m/s]$

massa (pointing to m)  
velocidade (pointing to v)

No gráfico F x t:



ÁREA = Impulso

Teorema do Impulso

$$I = \Delta Q \rightarrow \downarrow F = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \uparrow$$

O **AIRBAG** do carro atua  **aumentando o tempo**  de contato entre o corpo do ocupante e o veículo,  **reduzindo**  drasticamente  **a força do impacto**  durante uma colisão.

# Energia Mecânica ( $E_M$ )

Soma das energias cinéticas e potenciais de um sistema.

$$E_M = E_C + E_P$$

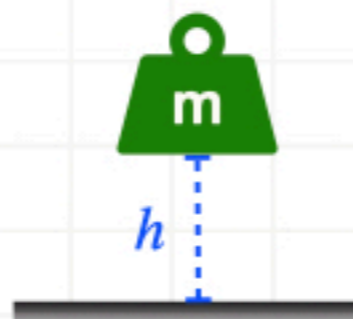
Energia Cinética ( $E_C$ ):



$$E_C = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

massa (pointing to  $m$ )  
velocidade (pointing to  $v$ )

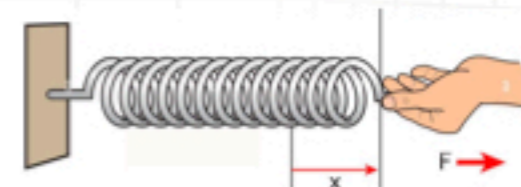
Energia Potencia Gravitacional ( $E_C$ ):



$$E_{PG} = m \cdot g \cdot h$$

massa (pointing to  $m$ )  
altura (pointing to  $h$ )  
campo gravitacional (pointing to  $g$ )

Energia Potencia Elástica ( $E_{Pel}$ ):

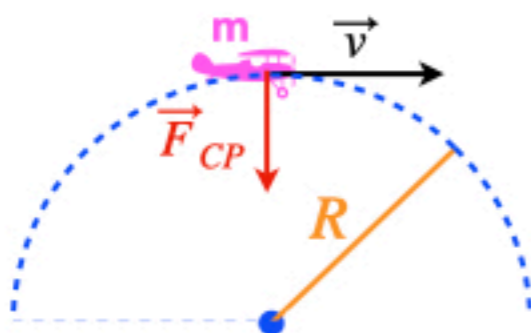


$$E_{Pel} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Constante elástica (pointing to  $k$ )  
deformação da mola (pointing to  $x$ )

# Forças Notáveis

Resultado da adição das forças radiais que atuam num corpo que descreve uma trajetória curva.



$$F_{CP} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

ou

$$F_{CP} = m \cdot \omega^2 \cdot R$$

Centrípeta:

Carro em curva:

A força de atrito estática ( $F_{atE}$ ) faz papel de Força Centrípeta ( $F_{CP}$ ):

$$\vec{F}_{CP} = \vec{F}_{atE}$$

Na velocidade limite:

$$F_{CP} = F_{atE_{max}}$$

Velocidade limite:

$$V_{lim} = \sqrt{R \cdot g \cdot \mu}$$

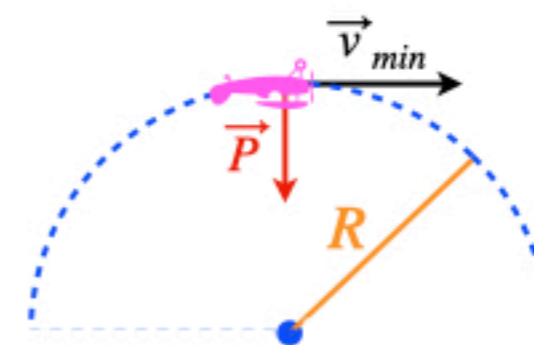
No Looping:

No ponto mais alto do looping, quando o móvel passa com a velocidade mínima, o peso ( $P$ ) faz papel de Força Centrípeta ( $F_{CP}$ ):

$$\vec{F}_{CP} = \vec{P}$$

Velocidade Mínima:

$$V_{min} = \sqrt{R \cdot g}$$



# Forças Notáveis

Força que se opõem ao deslizamento (ou à tendência de) entre duas superfícies em contato.



Depende:

- da compressão entre as superfícies;
- Da rugosidade das superfícies.

Atrito:

**Atrito Estático ( $\vec{F}_{at_E}$ )**

Atua enquanto não há deslizamento. Tem módulo sempre igual à tendência de deslizamento, até o valor máximo de:

$$\vec{F}_{at_{Emax}} = \vec{N} \cdot \mu_E$$

↗ Força de Compressão  
↘ Coeficiente de Atrito Estático

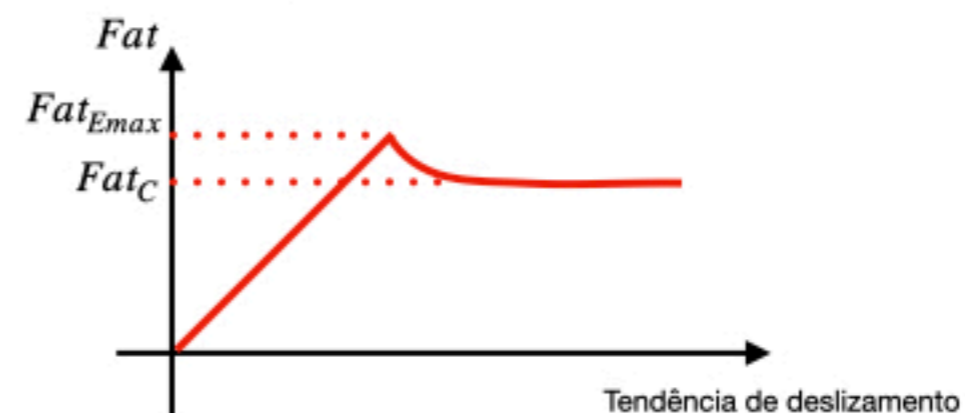
**Atrito Cinético ( $\vec{F}_{at_C}$ )**

Atua quando já estiver deslizando. Tem módulo constante e igual a:

$$\vec{F}_{at_C} = \vec{N} \cdot \mu_C$$

↗ Força de Compressão  
↘ Coeficiente de Atrito Cinético

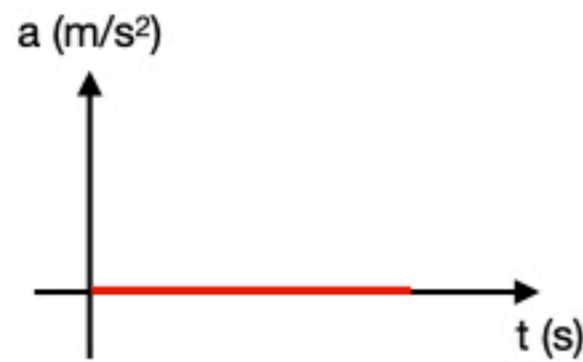
Gráfico da  $F_{at}$  x  $F_{Solicitação}$ :



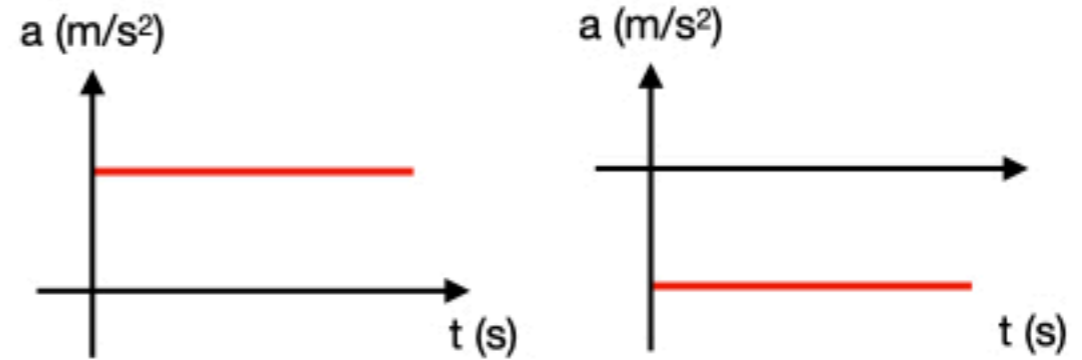
# Gráficos

## ACELERAÇÃO

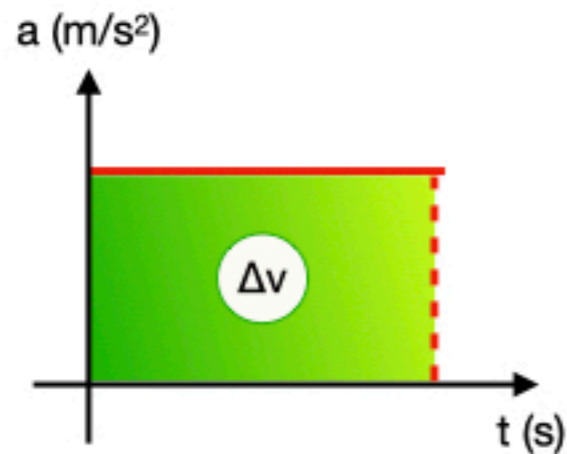
M.R.U. → ACELERAÇÃO NULA



M.R.U.V. → ACELERAÇÃO CONSTANTE + OU -



Propriedade gráfica:



$$\text{ÁREA} = \Delta v$$

Dica:

Para descobrir o significado da área de qualquer gráfico, multiplique as unidades dos eixos!

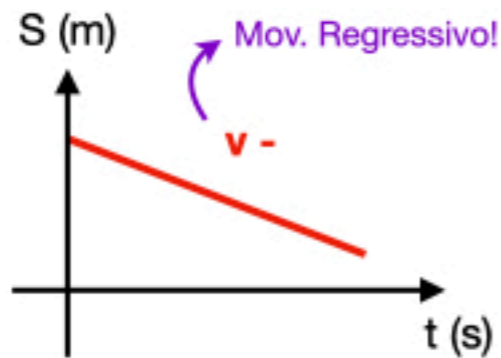
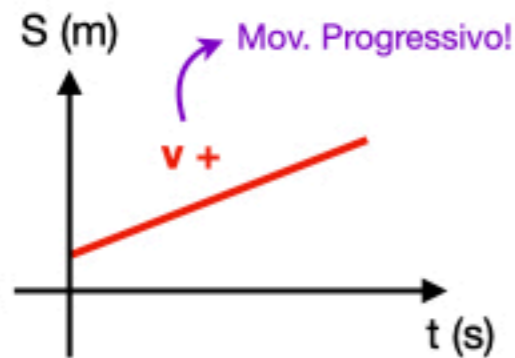
$$\left. \begin{array}{l} \frac{m}{s^2} \cdot s \end{array} \right\} \frac{m}{s}$$

Quer dizer que a área representa algo relacionado à velocidade!

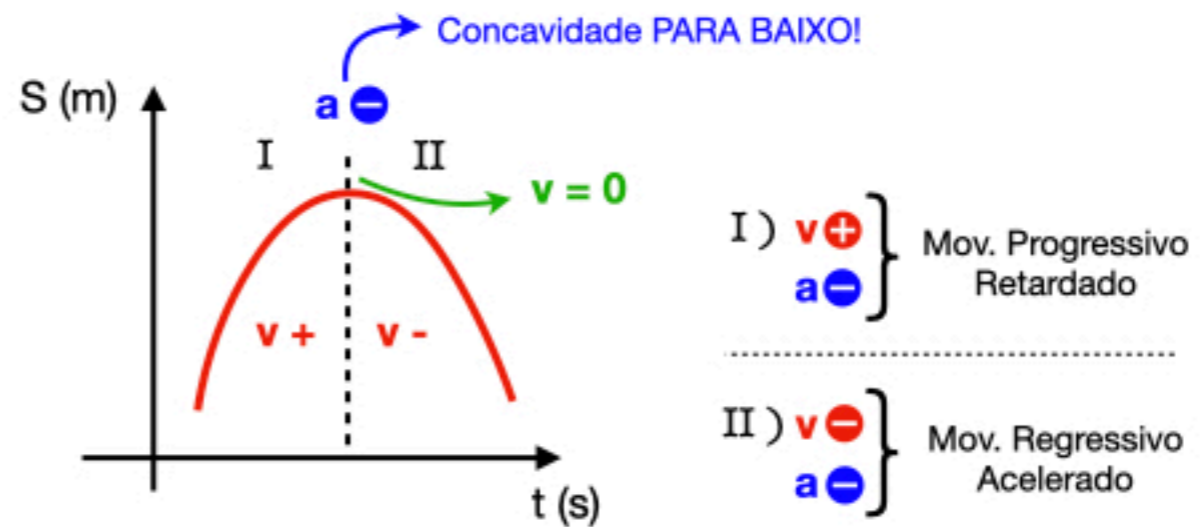
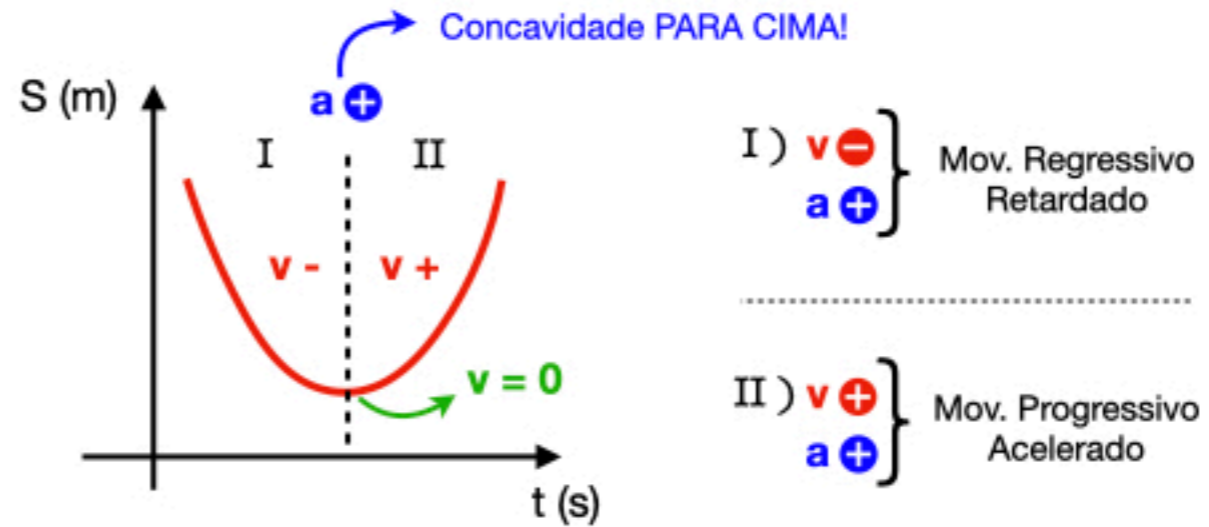
# Gráficos

## POSIÇÃO

M.R.U. → VELOCIDADE CRESCE OU DECRESCER LINEARMENTE COM O TEMPO



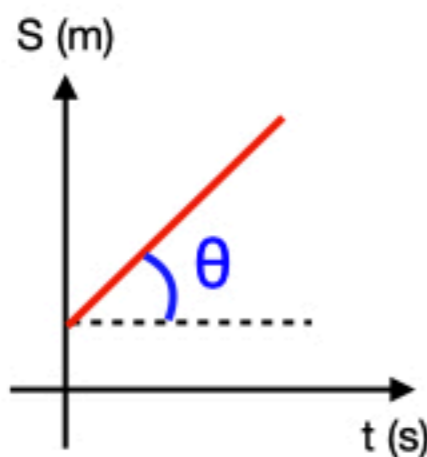
M.R.U.V.  $S = S_0 + v_0 \cdot t + a \cdot \frac{t^2}{2}$  } PARÁBOLA!  
 $y = C + B \cdot x + A \cdot x^2$



# Gráficos

## POSIÇÃO

Propriedade gráfica:



**INCLINAÇÃO**

$$\text{tg } \theta = v$$

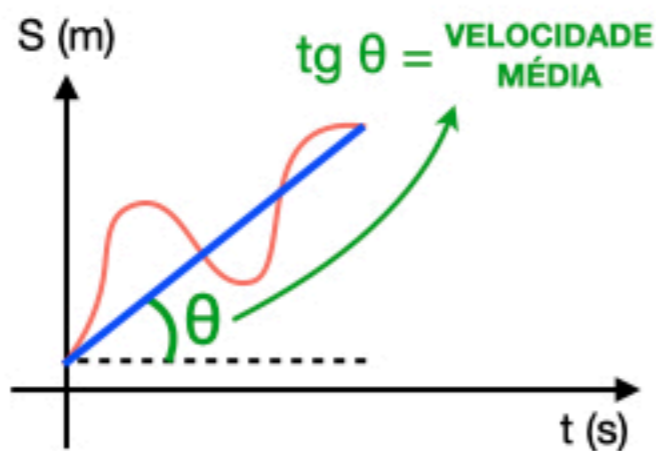
**Dica:**

Para descobrir o significado da inclinação de qualquer gráfico, divida as unidades dos eixos!

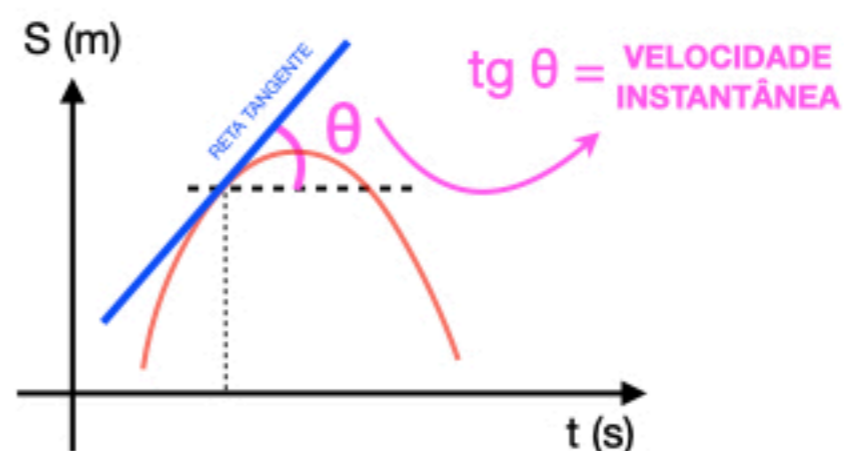
$$\left. \begin{array}{l} m \\ s \end{array} \right\} m/s$$

Quer dizer que a inclinação representa velocidade!

Do início ao fim de um movimento qualquer:



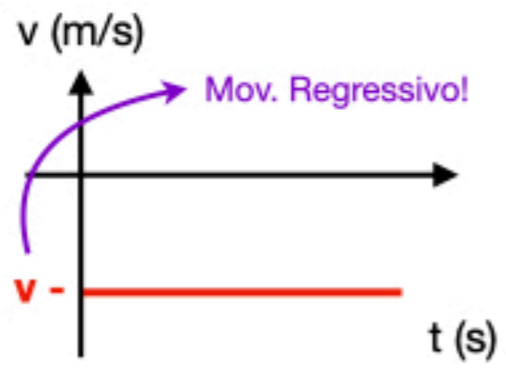
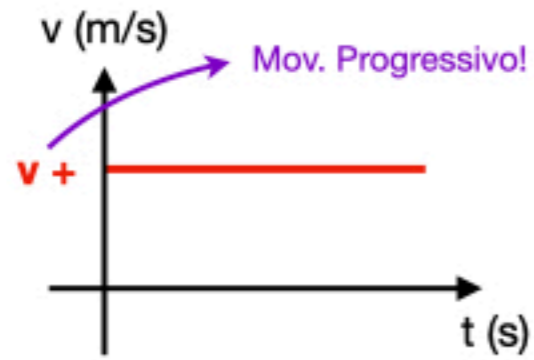
Em determinado instante:



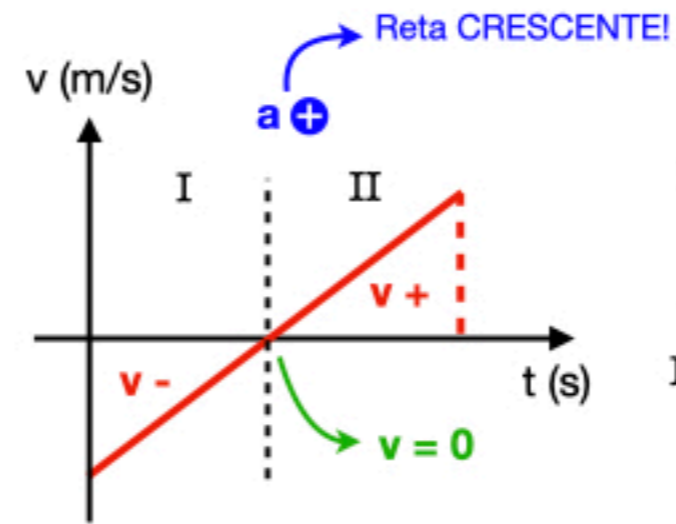
# Gráficos

## VELOCIDADE

M.R.U. → VELOCIDADE CONSTANTE + OU -

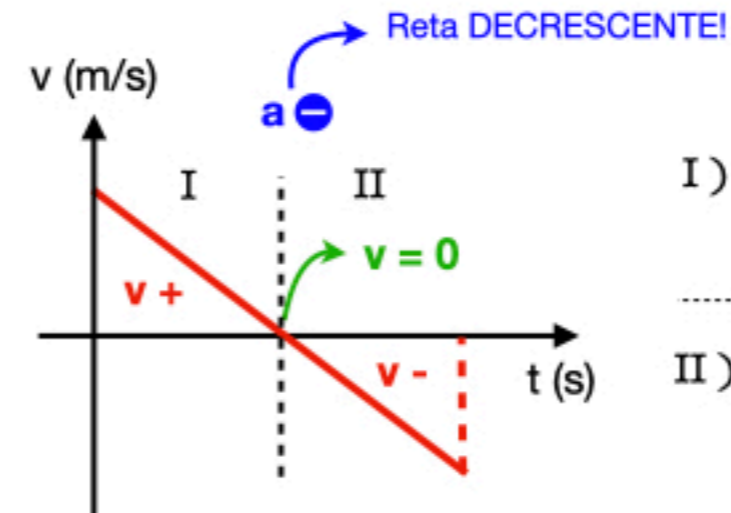


M.R.U.V. → VELOCIDADE CRESCE OU DECRESCER LINEARMENTE COM O TEMPO



I)  $v \ominus$   
 $a \oplus$  } Mov. Regressivo Retardado

II)  $v \oplus$   
 $a \oplus$  } Mov. Progressivo Acelerado



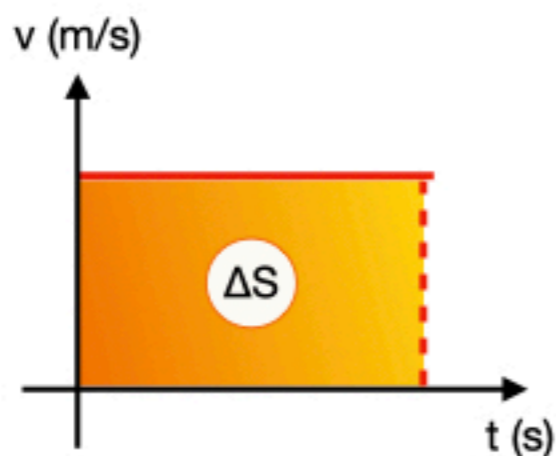
I)  $v \oplus$   
 $a \ominus$  } Mov. Progressivo Retardado

II)  $v \ominus$   
 $a \ominus$  } Mov. Regressivo Acelerado

# Gráficos

## VELOCIDADE

Propriedade gráfica:



$$\text{ÁREA} = \Delta S$$

Dica:

Para descobrir o significado da área de qualquer gráfico, multiplique as unidades dos eixos!

$$\left. \begin{array}{l} \frac{m}{s} \\ s \end{array} \right\} \cdot s \left. \right\} m$$

Quer dizer que a área representa algo relacionado à posição!

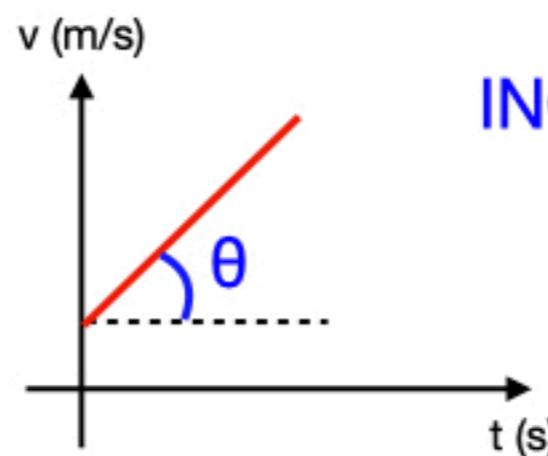
Dica:

Para descobrir o significado da inclinação de qualquer gráfico, divida as unidades dos eixos!

$$\left. \begin{array}{l} \frac{m}{s} \\ s \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \frac{m}{s} \\ s \end{array} \right\} \cdot \frac{1}{s} \left. \right\} \frac{m}{s^2}$$

Quer dizer que a inclinação representa aceleração!

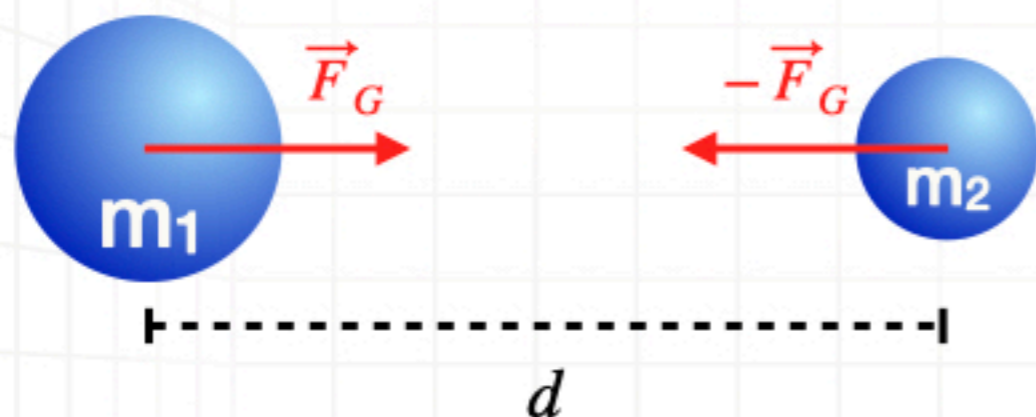
Propriedade gráfica:



INCLINAÇÃO

$$\text{tg } \theta = a$$

# Gravitação Universal de Newton



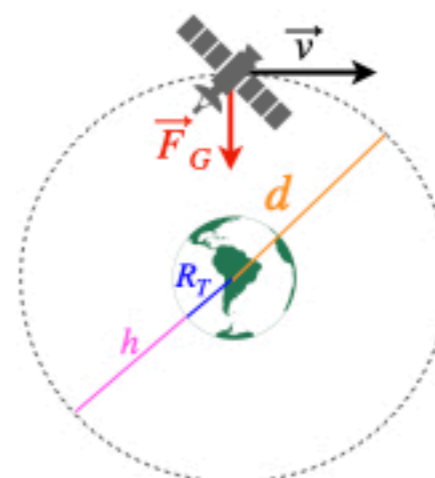
$$F_G = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

Dois corpos se atraem, gravitacionalmente, com uma força diretamente proporcional ao produto das suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os seus centros de massa.

As forças que atuam sobre ambos os corpos formam para Ação e Reação, logo têm mesmo módulo, independente da diferença entre as massas.

A força com que a Terra atrai uma mosca tem o mesmo módulo que a força com que a mosca atrai a Terra.

Velocidade de órbita:



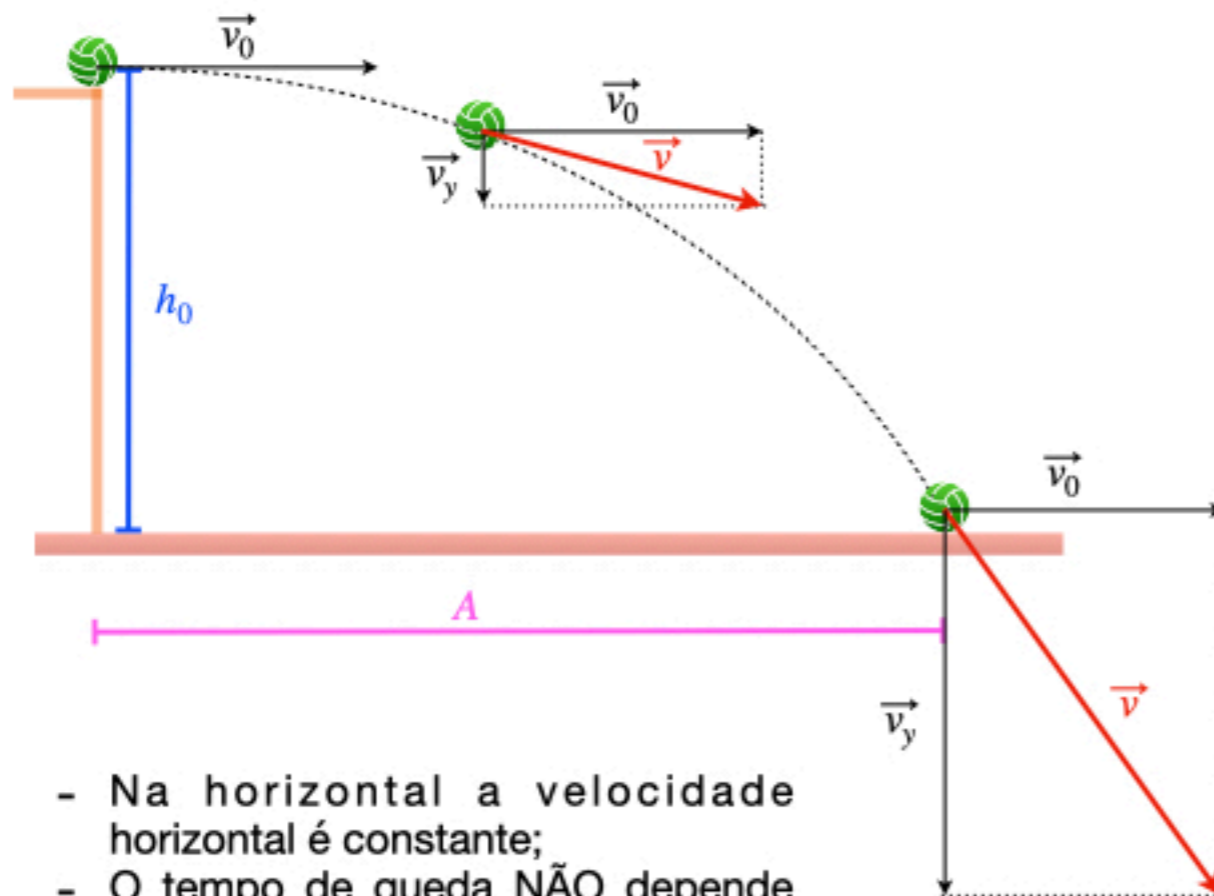
$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_{Terra}}{d^2}}$$

ou

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_{Terra}}{(R_T + h)^2}}$$

A velocidade de órbita de um satélite não depende da sua própria massa!

# Lançamento Horizontal



- Na horizontal a velocidade horizontal é constante;
- O tempo de queda NÃO depende da velocidade de lançamento.

Na horizontal: M.R.U.

$$A = v_0 \cdot \Delta t_{\text{QUEDA}}$$

Velocidade de Lançamento

Na vertical: M.R.U.V.

$$h_0 = g \cdot \frac{\Delta t_{\text{QUEDA}}^2}{2}$$

Altura de lançamento

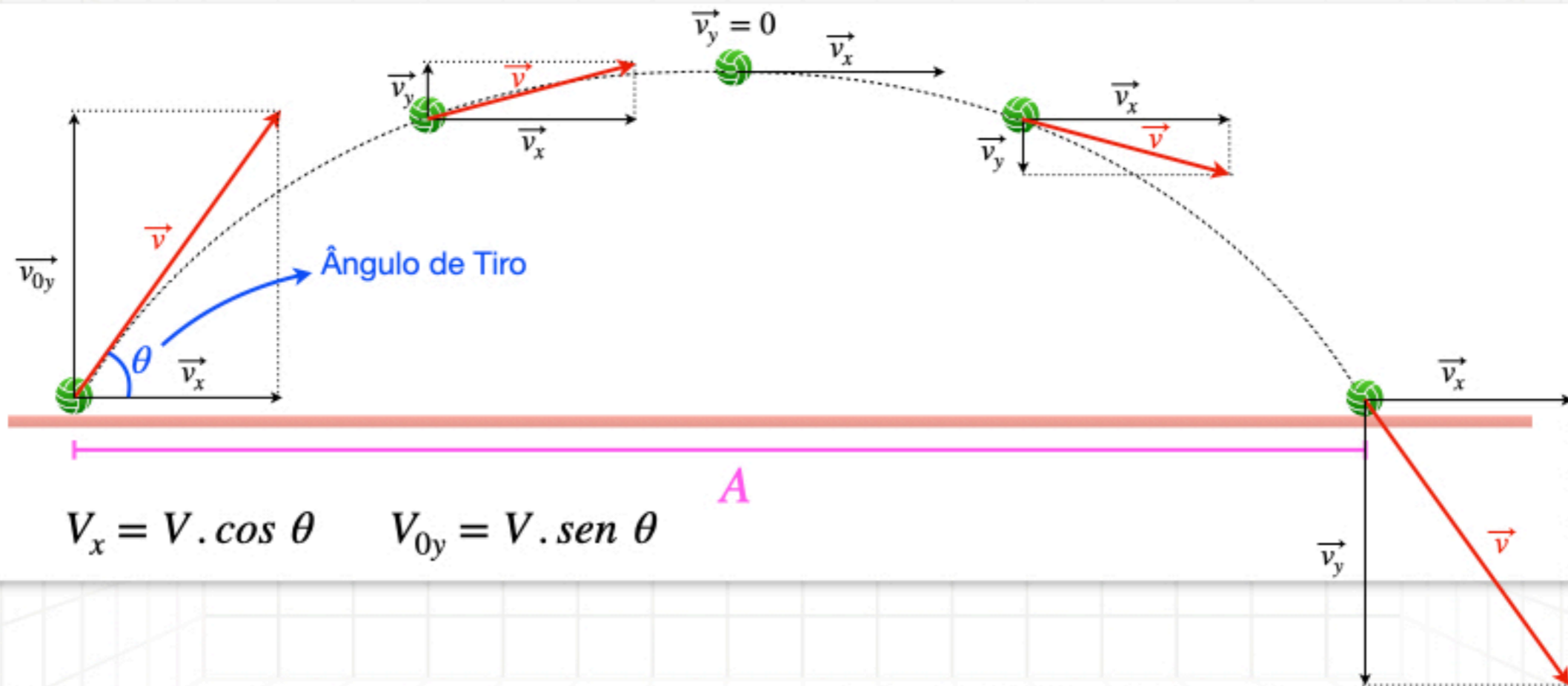
Velocidade (resultante) em qualquer ponto da trajetória:

$$v^2 = v_0^2 - 2 \cdot g \cdot (h - h_0)$$

Velocidade de Lançamento

Altura do ponto na trajetória

# Lançamento Oblíquo



$$V_x = V \cdot \cos \theta \quad V_{0y} = V \cdot \sin \theta$$

Na horizontal: M.R.U.

Na vertical: M.R.U.V.

$$A = v_x \cdot \Delta t_{PERMANENCIA}$$

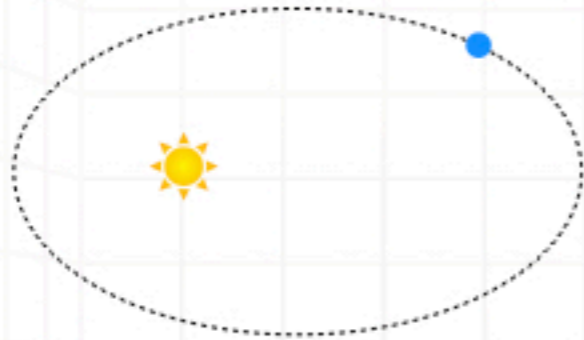
Componente HORIZONTAL

$$\Delta t_{PERM.} = 2 \cdot \frac{V_{0y}}{g}$$

$\Delta t$  de PERMANÊNCIA

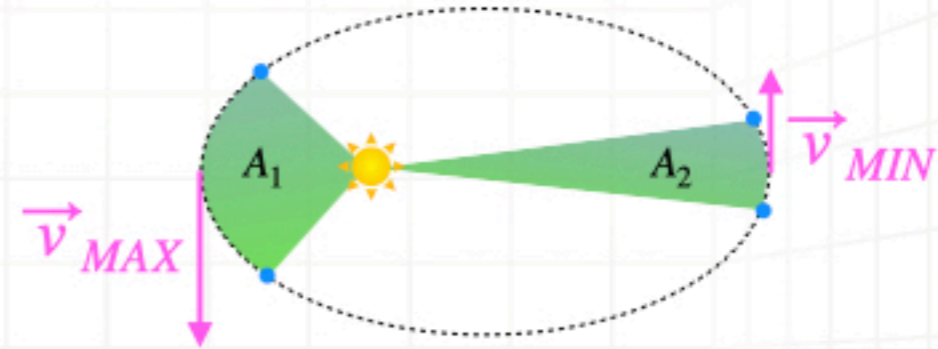
# Leis de Kepler

1ª) Lei das ÓRBITAS:



Os planetas descrevem órbitas elípticas com o Sol em um dos focos da elipse.

2ª) Lei das ÁREAS:

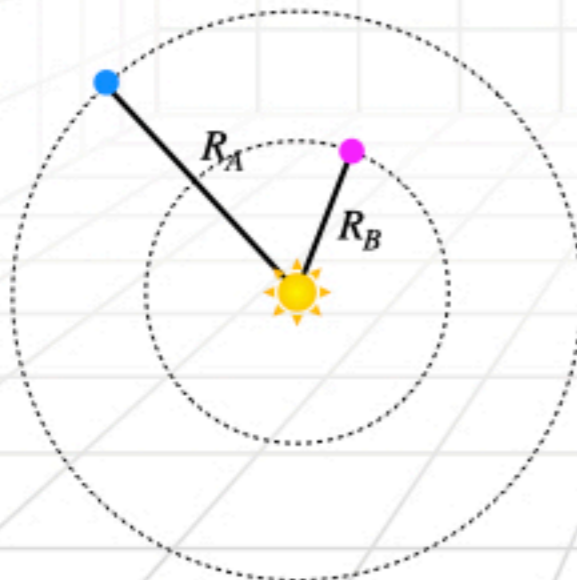


O raio-vetor que une o planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.

Consequência:

Velocidade Máxima no Periélio  
Velocidade Mínima no Afélio

3ª) Lei dos PERÍODOS:



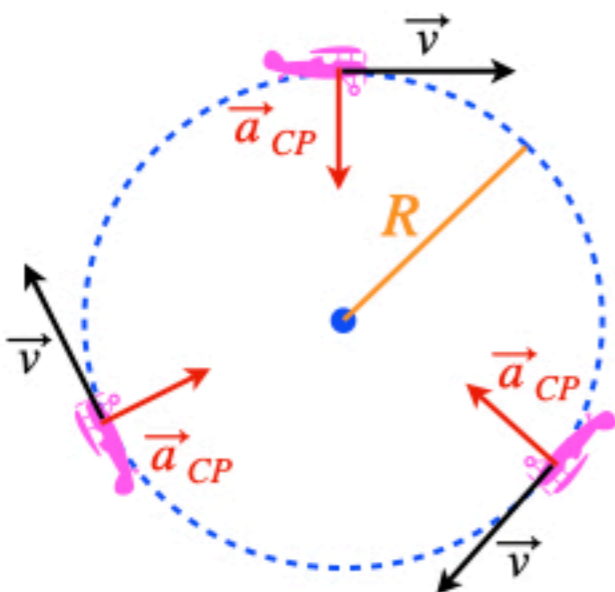
O quadrado do período de translação de um planeta ao redor do sol é diretamente proporcional ao cubo do raio médio de sua órbita.

$$T^2 = K \cdot R^3 \quad \text{ou} \quad \frac{T_A^2}{R_A^3} = \frac{T_B^2}{R_B^3}$$

período

raio médio da órbita

# M.C.U.



- Velocidade constante SÓ EM MÓDULO;
- Possui aceleração centrípeta;
- Velocidade VARIA em DIREÇÃO e SENTIDO.

Velocidade Linear:

$$v = \frac{2\pi R}{T} \quad \text{ou} \quad v = 2\pi R \cdot f$$

↖ Raio
↖ Período
↖ Frequência

Velocidade Angular:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{ou} \quad \omega = 2\pi \cdot f$$

Relação:

$$v = \omega \cdot R \quad \text{ou} \quad \omega = \frac{v}{R}$$

Aceleração Centrípeta:

$$a_{CP} = \frac{v^2}{R} \quad \text{ou} \quad a_{CP} = \omega^2 \cdot R$$

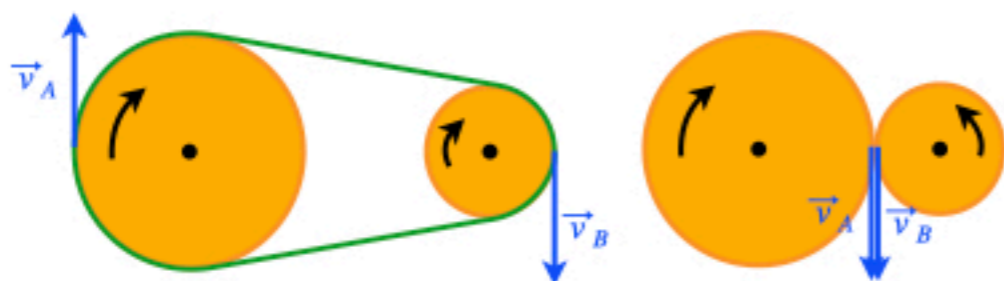
## M.C.U.

## TRANSMISSÃO DO MOVIMENTO CIRCULAR

Por CORREIA

ou

CONTATO



- Velocidades lineares iguais!
- Quanto MENOR O RAIOS, MAIOR A FREQUÊNCIA, MAIOR A VELOCIDADE ANGULAR!

$$v_A = v_B$$

$$R_A > R_B$$

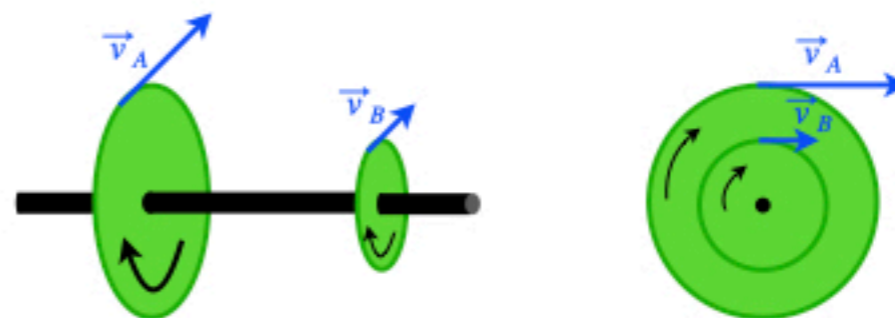
$$f_A < f_B$$

$$R_A \cdot f_A = R_B \cdot f_B$$

Por EIXO

ou

CONCÊNTRICAS



- Velocidades angulares iguais!
- Quanto MENOR O RAIOS, MENOR A VELOCIDADE LINEAR!

$$\omega_A = \omega_B$$

$$R_A > R_B$$

$$v_A > v_B$$

$$\frac{v_A}{R_A} = \frac{v_B}{R_B}$$

# M.Q.L.

Movimento de Queda Livre

Características:

- Livre da resistência do ar;
- Aceleração constante e igual a  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Convenção de sinais:

**Orientação da trajetória**

**Lembre-se:**

Como a aceleração da gravidade aponta **SEMPRE** pra baixo, devemos usar sempre o sinal negativo.

No ponto mais alto da trajetória é a **VELOCIDADE** que é nula!

Equação da Altura:

$$h = h_0 \pm v_0 \cdot t - g \cdot \frac{t^2}{2}$$

Labels:  $h$  (Altura),  $h_0$  (Altura Inicial),  $v_0$  (Velocidade Inicial),  $t$  (Tempo),  $g$  (Gravidade),  $t^2$  (Tempo).

Equação da Velocidade:

$$v = \pm v_0 - g \cdot t$$

Labels:  $v$  (Velocidade),  $v_0$  (Velocidade Inicial),  $g$  (Gravidade),  $t$  (Tempo).

Equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 - 2 \cdot g \cdot (h - h_0)$$

Labels:  $v^2$  (Velocidade),  $v_0^2$  (Velocidade Inicial),  $g$  (Gravidade),  $h$  (Altura final),  $h_0$  (Altura inicial).

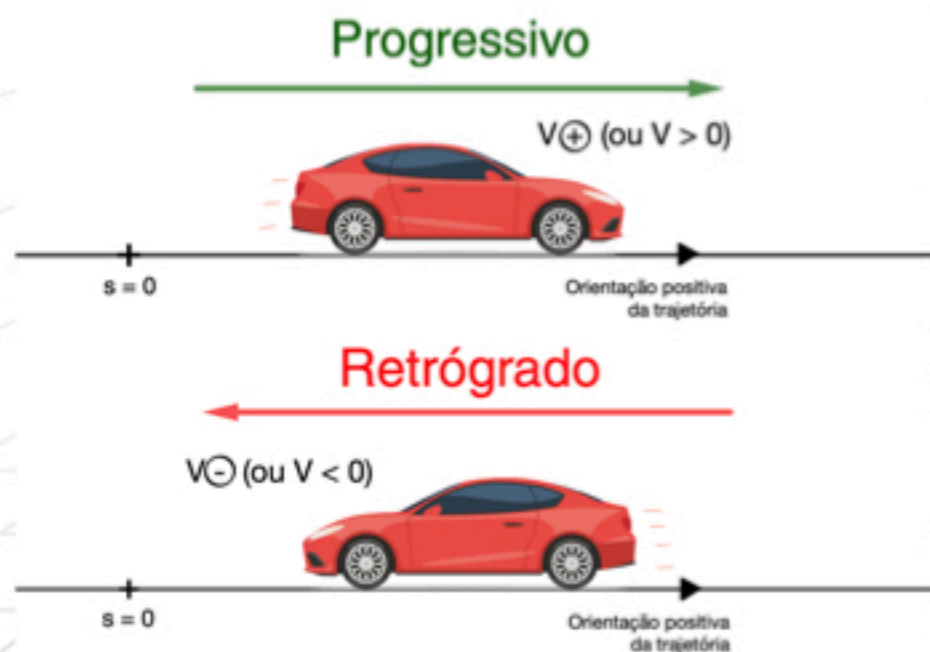
# M.R.U.

Movimento Retilíneo  
Uniforme

Características:

- Aceleração nula;
- Distâncias iguais em tempo iguais;
- Velocidade constante.

Classificação:



Equação da Posição:

$$S = S_0 + v \cdot t$$

Diagram illustrating the equation of position for M.R.U. with labels:

- $S$ : Posição
- $S_0$ : Posição Inicial
- $v$ : Velocidade
- $t$ : Tempo

No encontro entre dois móveis:

$$S_A = S_B$$

Eles estão no mesmo lugar e ao mesmo tempo, então iguale as equações das posições dos dois.

# M.R.U.V.

Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

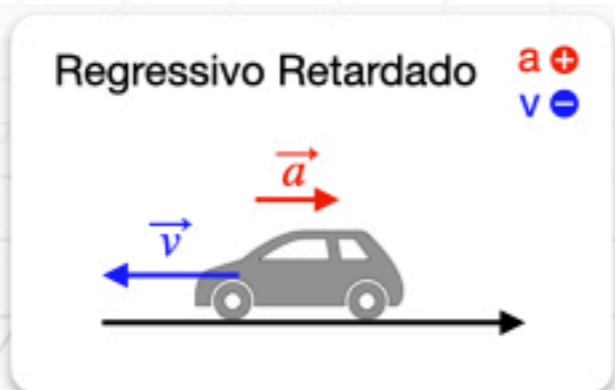
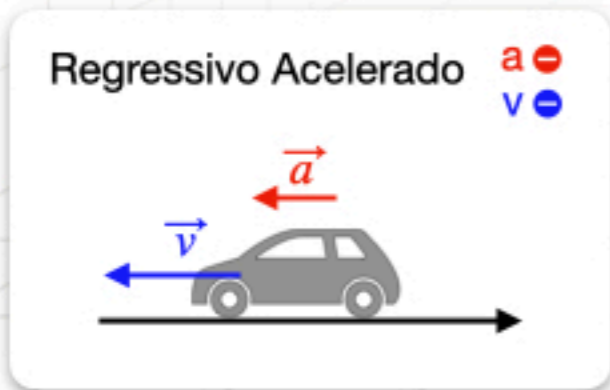
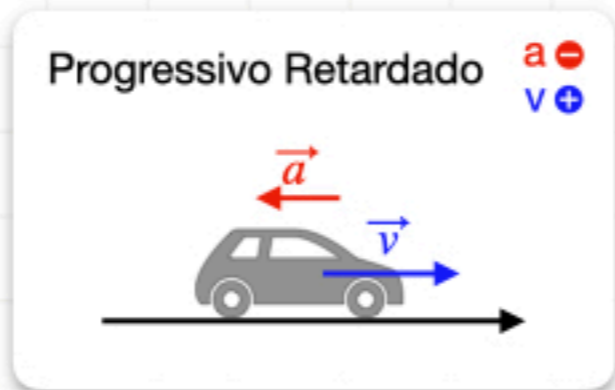
Características:

- Aceleração constante;
- Velocidade varia linearmente com o tempo.

Vale fazer:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{v_0 + v}{2}$$

Classificação:



Equação da Posição:

$$S = S_0 + v_0 \cdot t + a \cdot \frac{t^2}{2}$$

Labels: Posição (S), Posição Inicial (S<sub>0</sub>), Velocidade Inicial (v<sub>0</sub>), Tempo (t), Aceleração (a).

Equação da Velocidade:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

Labels: Velocidade (v), Velocidade Inicial (v<sub>0</sub>), Tempo (t), Aceleração (a).

Equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta S$$

Labels: Velocidade (v), Velocidade Inicial (v<sub>0</sub>), Deslocamento (ΔS), Aceleração (a).

# Forças Notáveis

Peso:

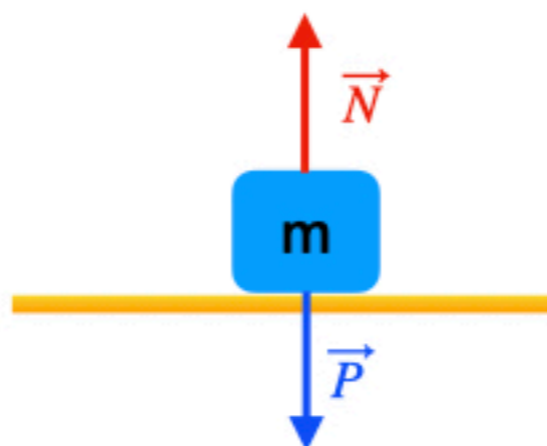


$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

Força com que a Terra atrai os corpos (Atração Gravitacional).

A massa é medida em "kg", o Peso é medido em "Newtons".

Normal:

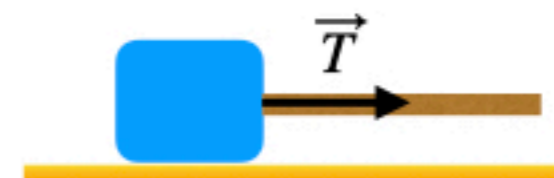


Força (eletromagnética) de compressão entre duas superfícies em contato.

Num plano horizontal:

$$|\vec{N}| = |\vec{P}|$$

Tração:



Força exercida em cada extremidade de uma corda esticada. Quanto maior a aceleração do corpo, maior a força de tração na corda.

Se a corda puxar apenas um corpo:

$$|\vec{T}| = m \cdot |\vec{a}|$$

# Potência (P)

Taxa de transferência ou transformação de energia no tempo.

Potência Média:

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

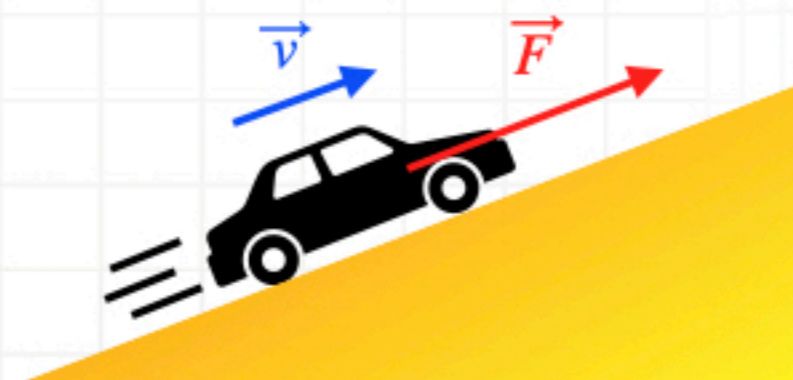
Trabalho

Tempo

Unidade:

$$[\text{Watt}] = [\text{J/s}]$$

Potência Instantânea:



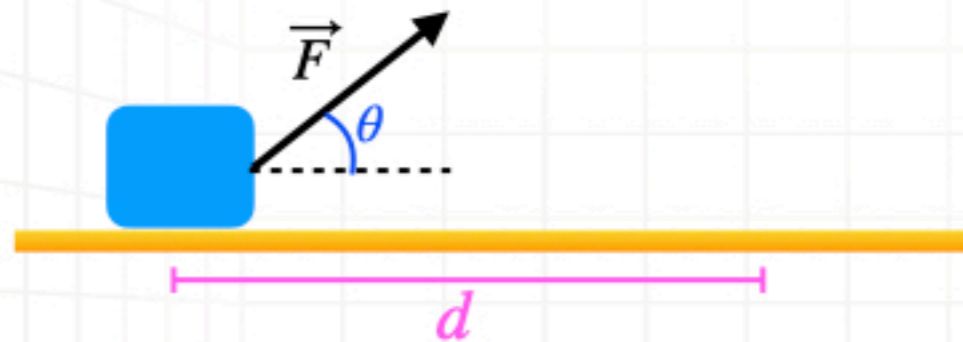
$$P = F \cdot v$$

Força para manter a velocidade

Velocidade

# Trabalho (W)

Processo de transferência de energia através da ação de uma força ao longo de um deslocamento.



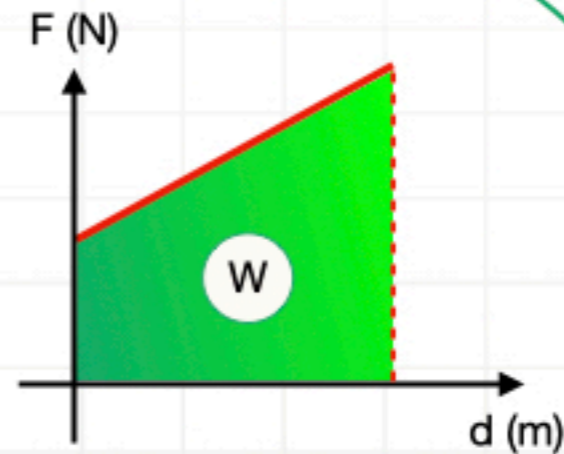
$$W = F \cdot d \cdot \cos\theta$$

Módulo da força

Módulo do deslocamento

Ângulo entre a força e o deslocamento

No gráfico F x d:



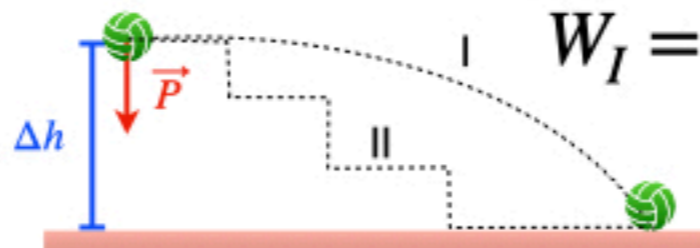
ÁREA = ΔS

Unidade:

$$[\text{Joule}] = [\text{N} \cdot \text{m}]$$

Trabalho do Peso

→ Não depende da trajetória



$$W_I = W_{II}$$

$$W_P = \pm P \cdot \Delta h$$

Na DESCIDA

Na SUBIDA