



CIÊNCIAS NATURAIS E SUAS TECNOLOGIAS



ENEM2011

Módulo 1. Introdução à Cinemática

1. Cinemática

Descrição dos movimentos. Grandezas básicas utilizadas: espaço, tempo, velocidade e aceleração.

2. Ponto material

Corpo cujas dimensões tornam-se desprezíveis quando comparadas à extensão de seu movimento.

3. Referencial

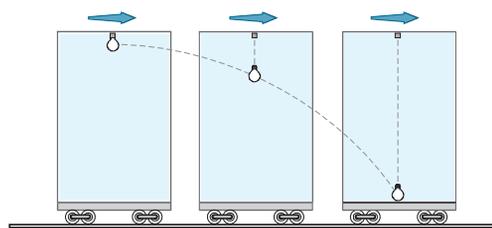
Local de observação. Ponto ou corpo em relação ao qual se define o repouso ou o movimento de objetos.

Um objeto pode estar ao mesmo tempo em repouso e em movimento, segundo dois referenciais diferentes.

4. Trajetória

Caminho traçado por um móvel em relação a um referencial. Mudando-se o referencial, a trajetória do móvel pode-se alterar.

Exemplo

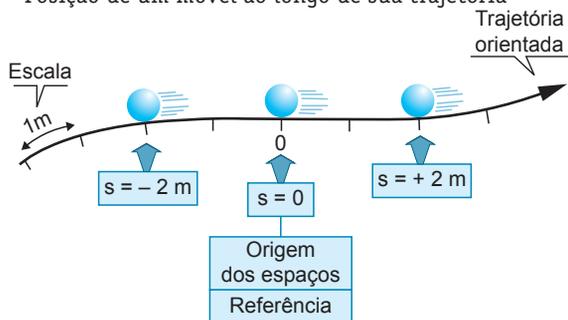


A lâmpada cai retilineamente em relação ao vagão e, ao mesmo tempo, parabolicamente em relação aos trilhos.

Módulo 2. Espaço e tempo

1. Espaço

Posição de um móvel ao longo de sua trajetória



2. Função horária do espaço

Expressão da relação espaço-tempo de um móvel

Exemplo: $s = 2 + 4 \cdot t$ (SI)*

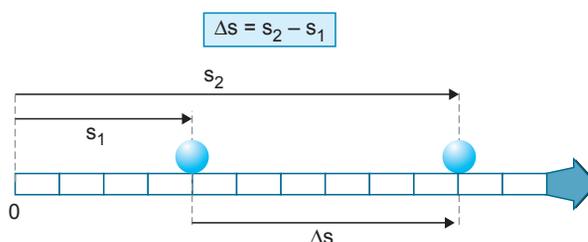
(*) Sistema Internacional de unidades

Espaço: metros (m)

Tempo: segundos (s)

3. Deslocamento escalar

Medida da variação de espaço de um móvel



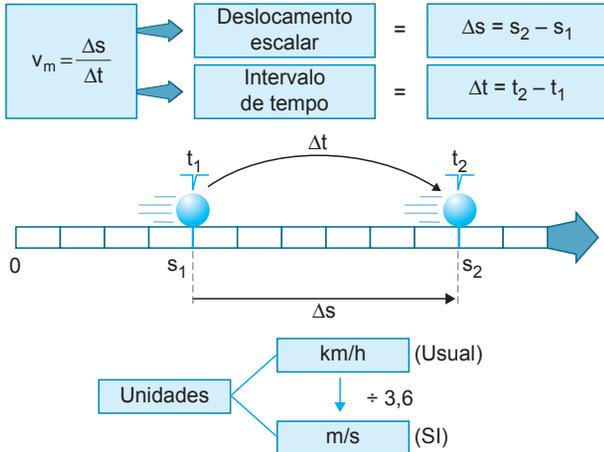
4. Sentidos de tráfego

Progressivo		s cresce $\Delta s > 0$
Retrógrado		s decresce $\Delta s < 0$

Módulo 3. Velocidade escalar

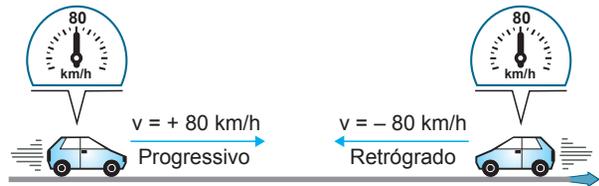
1. Velocidade escalar média

Velocidade escalar suposta constante num trajeto



2. Velocidade escalar instantânea

Velocidade escalar num exato instante. O velocímetro indica a sua intensidade (módulo de v).



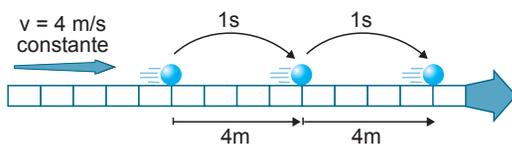
Cálculo $v = \frac{ds}{dt} \Rightarrow$ Derivada da função horária do espaço

Exemplo: $s = 2 \cdot t^3 \quad v = 2 \cdot 3 \cdot t^{3-1} \quad v = 6 \cdot t^2$

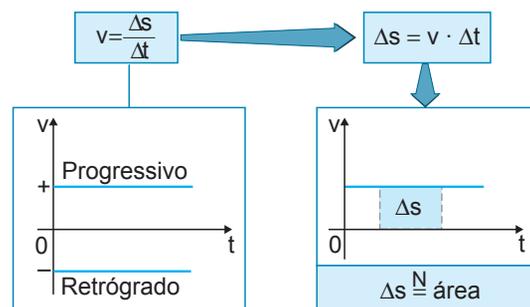
Módulo 4. Movimento uniforme (I)

1. Definição

Movimento uniforme (MU):
 Velocidade escalar instantânea constante (não-nula).
 Desloca Δs iguais em intervalos de tempo Δt iguais.
Exemplo

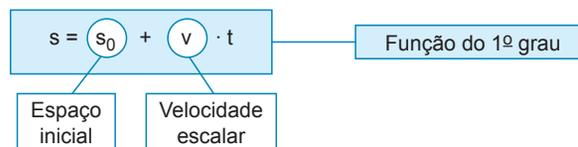


2. Velocidade escalar constante

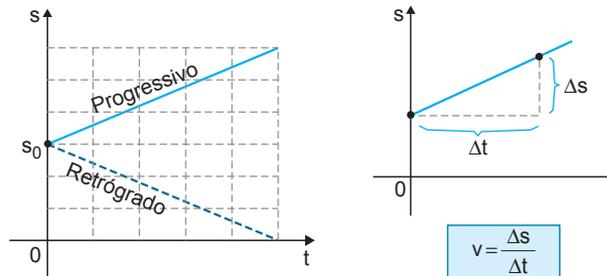


Módulo 5. Movimento uniforme (II)

1. Função horária do espaço



2. Diagrama horário do espaço



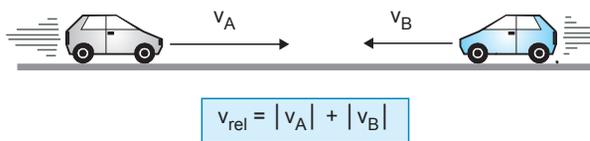
Módulo 6. Velocidade relativa

1. Definição

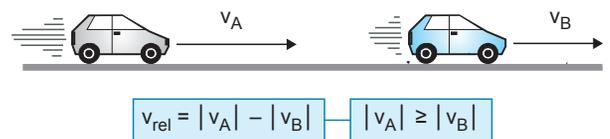
É a velocidade, em módulo, que um móvel possui em relação a um outro móvel tomado como referencial.

2. Regra prática

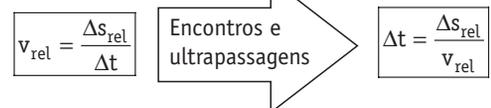
2.1. Móveis em sentidos opostos



2.2. Móveis no mesmo sentido



3. Movimento uniforme relativo



Módulo 7. Aceleração escalar

1. Conceito

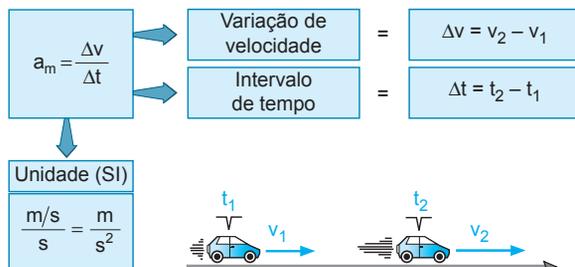
Indica o ritmo com que a velocidade escalar varia.

$a > 0 \rightarrow v$ aumentando

$a < 0 \rightarrow v$ diminuindo

2. Aceleração escalar média

Aceleração escalar suposta constante num trajeto.



3. Aceleração escalar instantânea

$$v = \frac{dv}{dt} \Rightarrow \text{Derivada da função horária da velocidade}$$

Seqüência de derivadas:

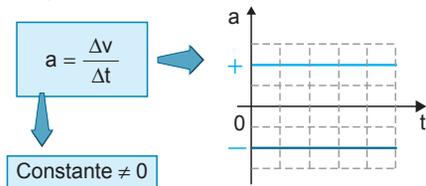
$$s = f(t) \xrightarrow{ds/dt} v = f(t) \xrightarrow{dv/dt} a = f(t)$$

4. Classificação

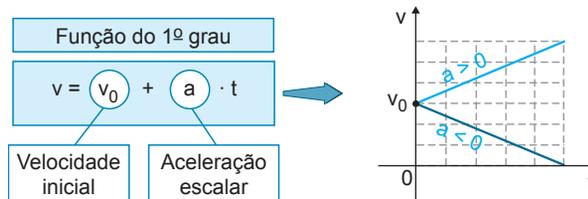
Acelerado	$ v $ crece	v e a sinais iguais
Retardado	$ v $ decresce	v e a sinais opostos
Uniforme	$ v $ constante	$a = 0$

Módulo 8. Movimento uniformemente variado (I)

1. Definição

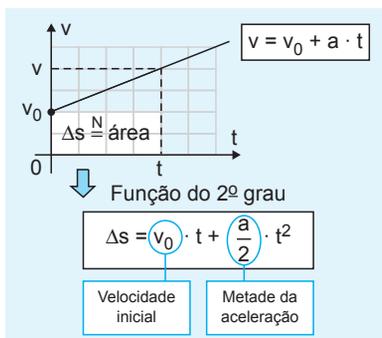


2. Função horária da velocidade escalar

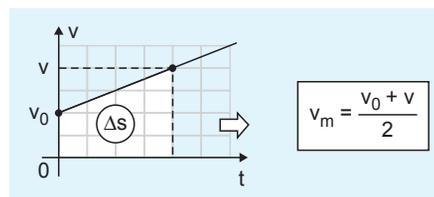


Módulo 9. Movimento uniformemente variado (II)

1. Deslocamento escalar



2. Velocidade escalar média

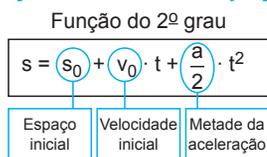


3. Equação de Torricelli

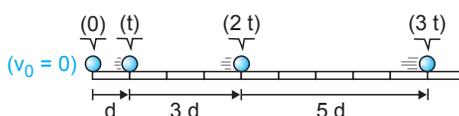
$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s$$

Módulo 10. Movimento uniformemente variado (III)

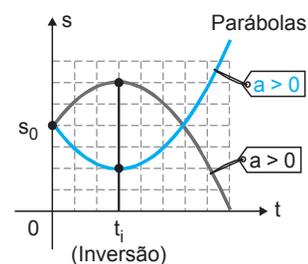
1. Função horária do espaço



2. Deslocamentos sucessivos

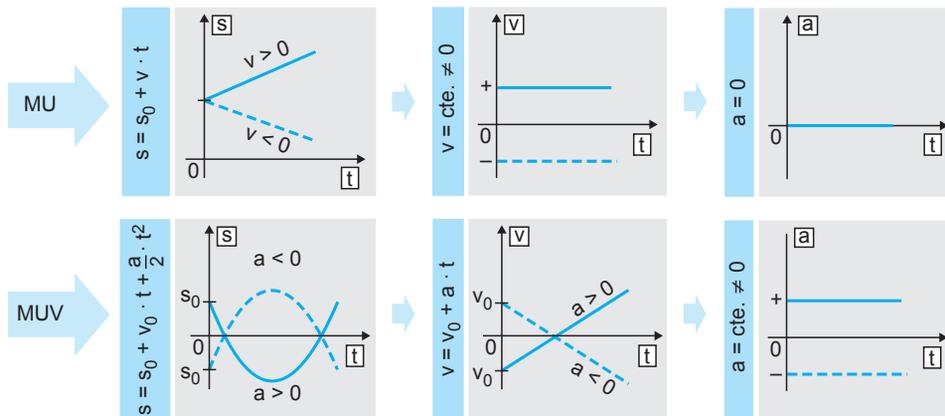


3. Diagrama horário do espaço



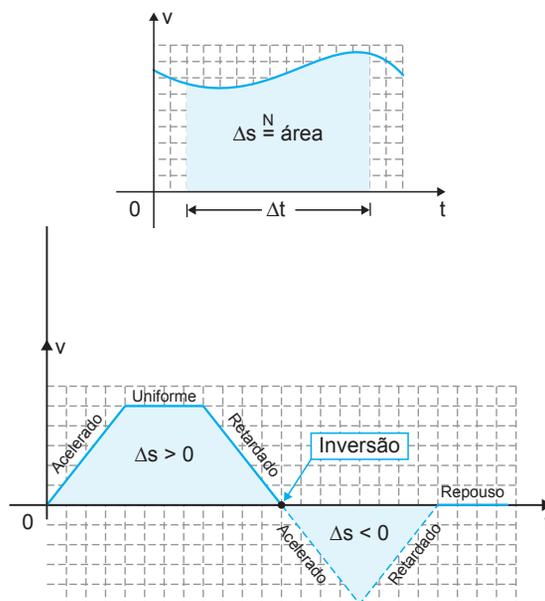
Módulo 11. Diagramas horários (I)

Análise dos diagramas horários de MU e MUV



Módulo 12. Diagramas horários (II)

Gráfico velocidade x tempo

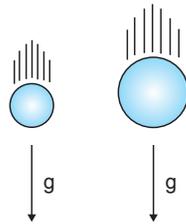


Módulo 13 · Queda livre

1. Experiência de Galileu

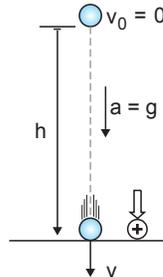
Todos os corpos soltos num mesmo local, livres da resistência do ar, caem com uma mesma aceleração, quaisquer que sejam suas massas. Essa aceleração é a gravidade (g).

Próximo da superfície da Terra: $g \cong 10 \text{ m/s}^2$



MUV vertical

2. Cálculos usuais



Altura descida \Rightarrow Tempo de queda

$$h = \frac{g}{2} \cdot t^2 \Rightarrow t_q = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$$

Velocidade atingida

$$v = g \cdot t \quad \text{ou} \quad v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Módulo 14 · Lançamento vertical para cima

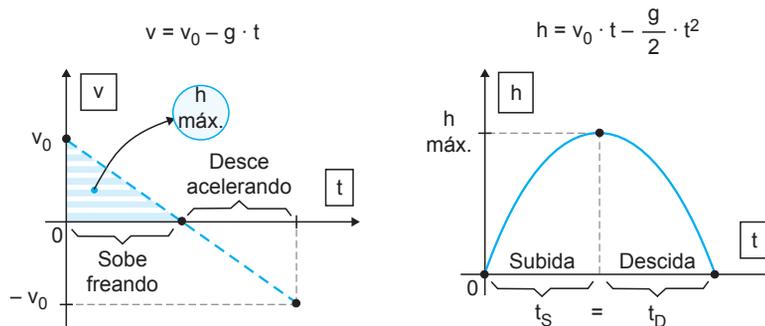
1. Aceleração escalar de voo

$a = -g$

Desprezando-se os efeitos do ar e orientando-se a trajetória para cima

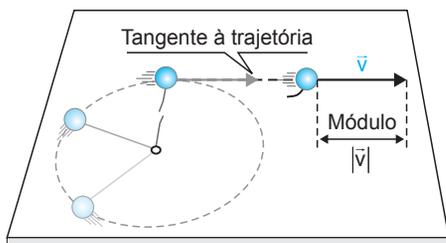
Subida retardada	$v > 0$ $a = -g$
Descida acelerada	$v < 0$ $a = -g$

2. Funções horárias

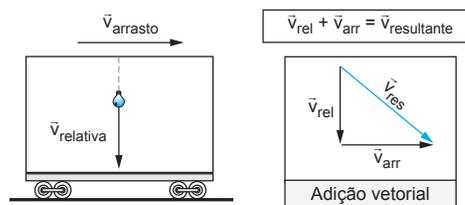


Módulo 15 · Velocidade vetorial

1. Vetor velocidade

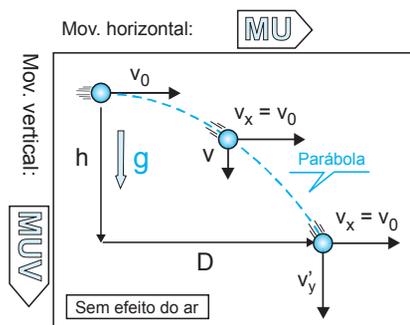


2. Composição de velocidades



Módulo 16 · Lançamento horizontal

1. Movimentos componentes



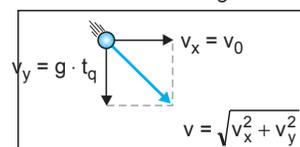
2. Cálculos usuais

Altura $h = \frac{g}{2} \cdot t^2$ \Rightarrow Tempo de queda $t_q = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$

Alcance horizontal

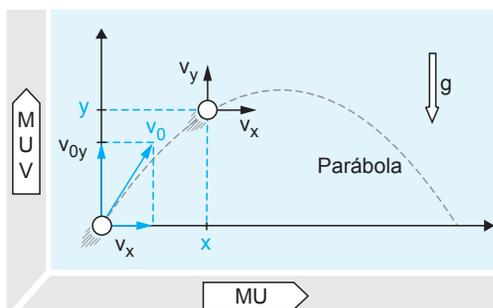
$$D = v_0 \cdot t_q$$

Velocidade atingida

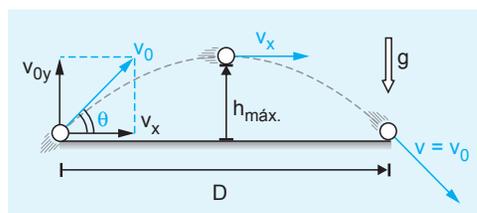


Módulo 17 · Lançamento oblíquo

1. Movimentos componentes



2. Cálculos básicos



Componente de V_0

$$\begin{cases} v_x = v_0 \cdot \cos \theta \\ v_{0y} = v_0 \cdot \sin \theta \end{cases}$$

Altura máxima

$$h_{\text{máx.}} = \frac{v_{0y}^2}{2 \cdot g} = \frac{(v_0 \cdot \sin \theta)^2}{2 \cdot g}$$

Tempo total de vo

$$T = 2 \cdot t_s = \frac{2 \cdot v_0 \cdot \sin \theta}{g}$$

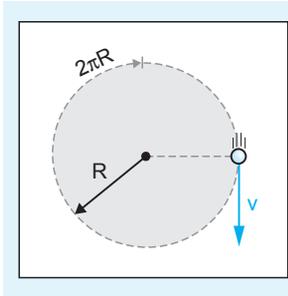
Alcance horizontal

$$D = v_x \cdot T = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g}$$

Mov. horizontal	MU
$a_x = 0$	
$v_x = \text{constante}$	
$x = v_x \cdot t$	

Mov. vertical	MUV
$a_y = -g$	
$v_y = v_{0y} - g \cdot t$	
$y = v_{0y} \cdot t - \frac{g}{2} \cdot t^2$	

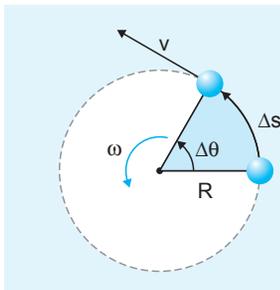
Módulo 18 · Movimento circular uniforme (I)



Grandezas escalares constantes		Unidades (SI)
Período	$T = \Delta t$ de uma volta	segundo (s)
Frequência	$f = \frac{n^\circ \text{ de voltas}}{\Delta t} = \frac{1}{T}$	hertz (Hz) rps
Velocidade linear	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R \cdot f$	m/s

Rolamento uniforme	
$v_{\text{Eixo}} = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R \cdot f$	

Módulo 19 · Movimento circular uniforme (II)

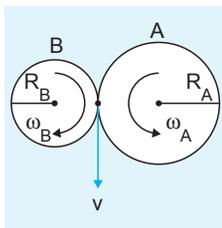


Grandezas angulares		Unidades
Deslocamento angular	$\Delta\theta = \text{ângulo girado} = \frac{\Delta s}{R}$	radiano (rad)
Velocidade angular	$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f$	rad/s
Relação importante: $v = \omega \cdot R$		

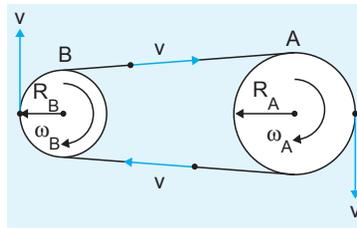
Módulo 20 · Movimento circular uniforme (III)

Transmissão de movimento circular

Transmissão por contato



Transmissão por correia



Velocidade linear transmitida

$$v = \omega_A \cdot R_A = \omega_B \cdot R_B$$

$$v = 2\pi f_A \cdot R_A = 2\pi f_B \cdot R_B$$

$$\downarrow$$

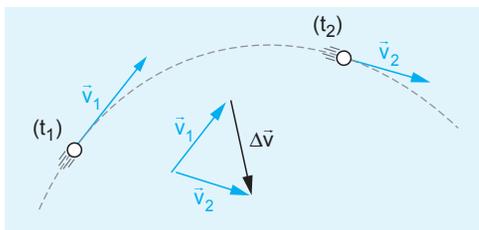
$$f_A \cdot R_A = f_B \cdot R_B$$

Módulo 21 · Aceleração vetorial (I)

1. Variação do vetor velocidade

- A intensidade de \vec{v} varia quando o movimento for acelerado ou retardado.
- A direção de \vec{v} varia quando o movimento tiver trajetória curvilínea.
- Vetor indicativo da variação de velocidade:

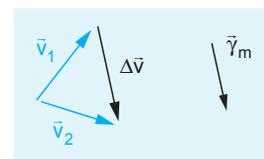
$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$



2. Aceleração vetorial média

$$\vec{\gamma}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

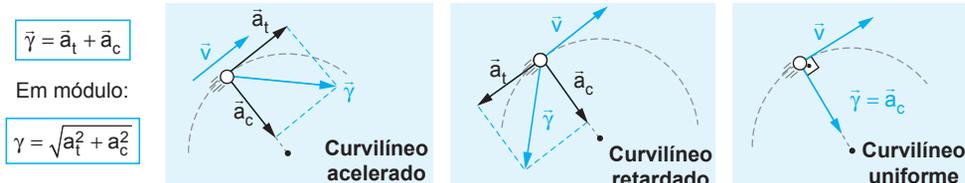
$\vec{\gamma}_m$ e $\Delta \vec{v}$ possuem mesma direção e mesmo sentido.



Observação

$\vec{v} = \text{constante} \Rightarrow \Delta \vec{v} = \vec{0} \Rightarrow$ Repouso ou MRU

Módulo 22. Aceleração vetorial (II)



1. Aceleração tangencial

Varia a intensidade da velocidade (\vec{v}). Só existe em movimentos acelerados ou retardados.

Módulo	$ \vec{a}_t = a $ (módulo da aceleração escalar)
Direção	Tangente à trajetória (a mesma de \vec{v})
Sentido	<ul style="list-style-type: none"> • Igual ao de \vec{v}, quando acelerado. • Oposto ao de \vec{v}, quando retardado.

2. Aceleração centrípeta

Varia apenas a direção da velocidade (\vec{v}), ou seja, só existe em movimento com trajetórias curvilíneas.

Módulo	$ \vec{a}_c = \frac{v^2}{R}$ $\left\{ \begin{array}{l} v: \text{velocidade escalar} \\ R: \text{raio instantâneo da curva} \end{array} \right.$
Direção	Perpendicular a \vec{v}
Sentido	Orientado para o centro da curva

Módulo 23. Introdução à Dinâmica

Vetor força	Força resultante	Equilíbrio de forças
Fruto da interação	Força equivalente às forças atuantes num corpo	$F_R = 0$
<p>Direção</p> <p>Sentido</p> <p>Módulo ou intensidade</p> <p>UNIDADE (SI) newton (N)</p>	<p>Obtenção: adição vetorial</p> <p>$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$</p>	<p>$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$</p>
Efeitos	Forças atuantes	Estados de equilíbrio
<ul style="list-style-type: none"> • Alteração de velocidade • Produção de deformação • Geração de equilíbrio 	<ul style="list-style-type: none"> • De campo: peso, elétrica e magnética • De contato: tração, normal, atrito etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Repouso • MRU

Módulo 24 · Primeira lei de Newton

1. Inércia

É a tendência natural que os corpos possuem em manter velocidade constante.

- Corpo em repouso \Rightarrow tende a ficar em repouso.
- Corpo em movimento \Rightarrow tende a ficar em MRU.

Esquemáticamente, o princípio da inércia pode ser exposto assim:

$$\vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v} = \text{constante} \begin{cases} \text{Repouso} \\ \text{ou MRU} \end{cases}$$

Equilíbrio

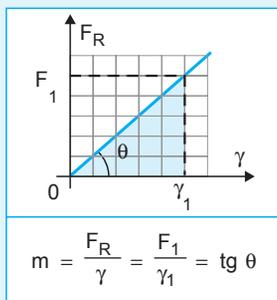
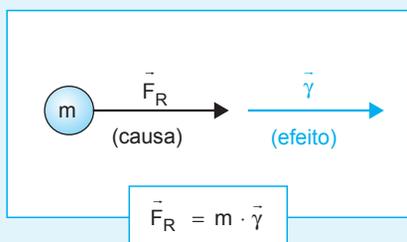
2. Primeira lei de Newton ou princípio da inércia

Se a resultante das forças atuantes num corpo é nula, então o corpo se encontra em repouso ou em movimento retilíneo uniforme.

3. Referencial inercial

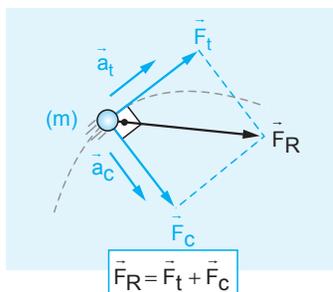
Referencial que comprova a lei da inércia: sistema de referência que não possui aceleração em relação às estrelas "fixas" (sistema inercial primário). Dentro de limites, a Terra pode ser considerada um referencial inercial.

Módulo 25 · Segunda lei de Newton



Unidades (SI)
$u(m) = \text{kg}$
$u(\gamma) = \text{m/s}^2$
$u(F) = \text{N} = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$

Módulo 26 · Componentes da força resultante



• \vec{F}_t produz $\vec{a}_t \Rightarrow \vec{F}_t = m \cdot \vec{a}_t$

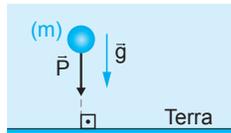
• \vec{F}_c produz $\vec{a}_c \Rightarrow \vec{F}_c = m \cdot \vec{a}_c$

Módulo 27. Força peso e resistência do ar

1. Força peso

$$P = m \cdot g$$

N kg m/s²

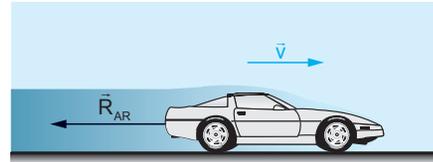


Não confunda massa e peso.

Massa: grandeza escalar que representa a **medida da inércia** do corpo.

Peso: grandeza **vetorial** que representa a **força gravitacional** com que a Terra atrai o corpo.

2. Força de resistência do ar



$$R_{AR} = k \cdot v^2$$

Velocidade do corpo no ar

k: constante que depende do formato do corpo, da área de sua maior seção transversal ao movimento e da densidade do ar.

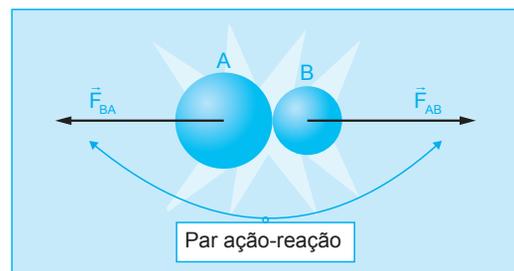
Módulo 28. Terceira lei de Newton

Princípio da ação e reação

Se um corpo A aplicar uma força sobre um corpo B, receberá dele uma força de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto à força que aplicou em B.

Observação

As forças de ação e reação são de mesma natureza (ambas de contato ou ambas de campo), possuem o mesmo nome (o nome da interação) e atuam sempre em corpos diferentes, logo não se equilibram.

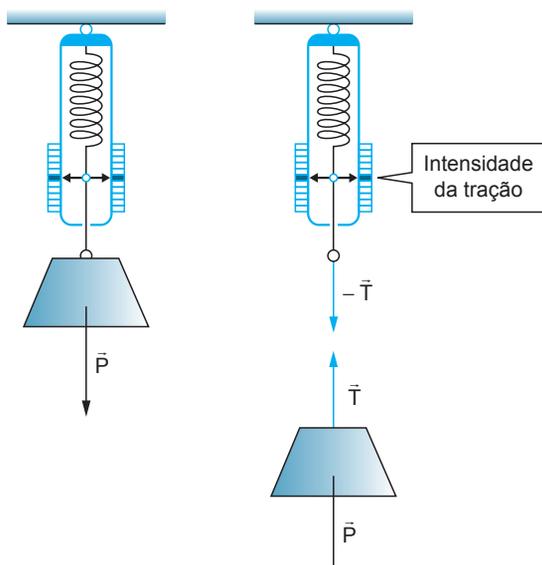


$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

Módulo 29. Dinamômetro

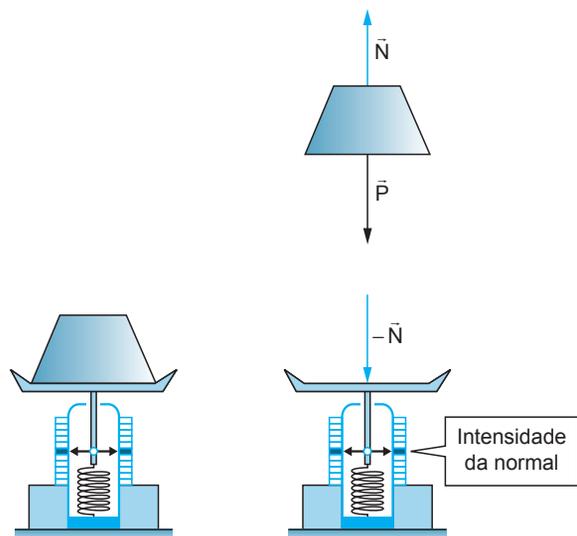
1. Dinamômetro de tração

Medidor de força de tração



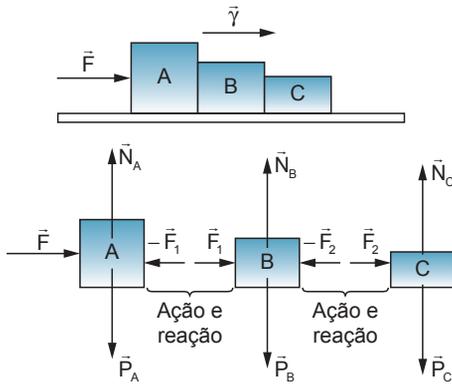
2. Dinamômetro de compressão

Medidor de força normal

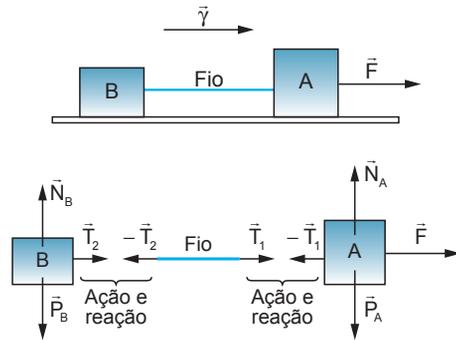


Módulo 30 · Leis de Newton aplicadas em sistemas (I)

1. Blocos comprimidos

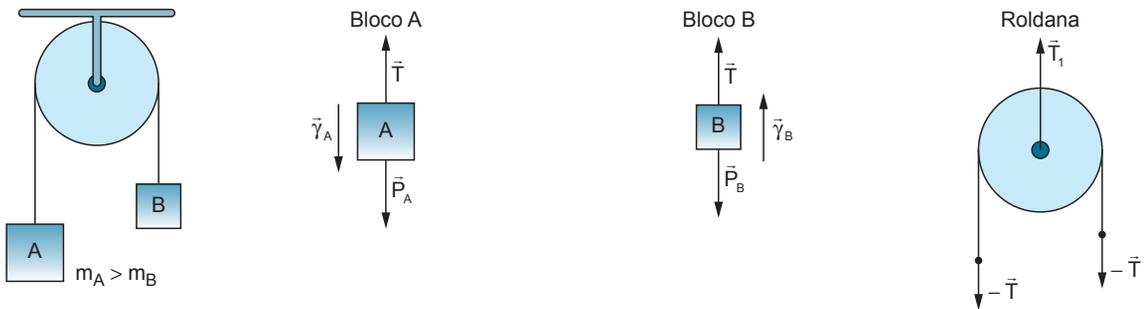


2. Blocos tracionados

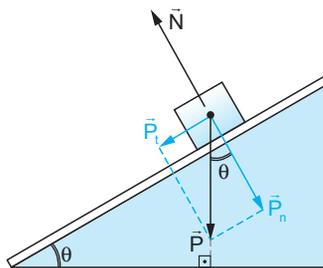


Módulo 31 · Leis de Newton aplicadas em sistemas (II)

1. Máquina de Atwood



Módulo 32 · Plano inclinado



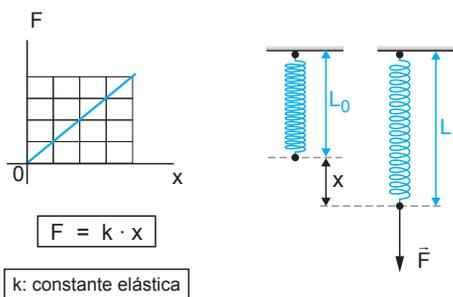
Componentes da força peso

- Componente tangencial: $P_t = P \cdot \text{sen } \theta$
- Componente normal: $P_n = P \cdot \text{cos } \theta$

Módulo 33 · Força elástica

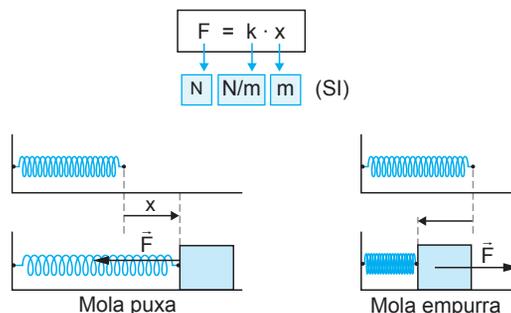
1. Lei de Hooke

A intensidade da força deformadora (F) de uma mola ideal é diretamente proporcional à deformação (x) produzida.

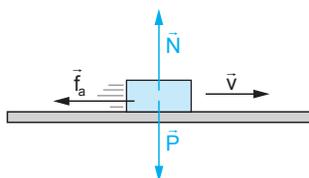


2. Força elástica

É a força transmitida por uma mola deformada.



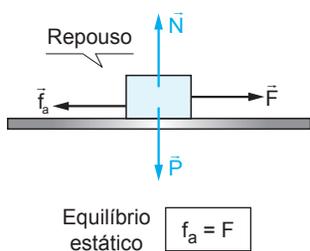
Módulo 34 · Força de atrito dinâmico



$$f_a = \mu_d \cdot N$$

μ_d : coeficiente de atrito dinâmico ou cinético
 N : intensidade da força normal de compressão

Módulo 35 · Força de atrito estático



Na iminência de deslizamento, a força de atrito estático atinge um valor máximo expresso por:

$$f_{a\text{máx.}} = \mu_e \cdot N$$

μ_e : coeficiente de atrito estático ($\mu_e \geq \mu_d$)
 N : intensidade da força normal de compressão

Módulo 36 · Dinâmica do movimento circular (I)

Movimento circular uniforme

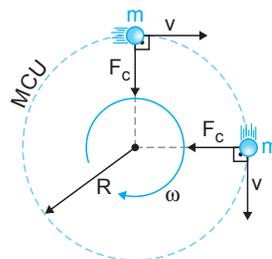
No MCU, a força resultante é centrípeta.

$$F_c = m \cdot a_c$$

ou

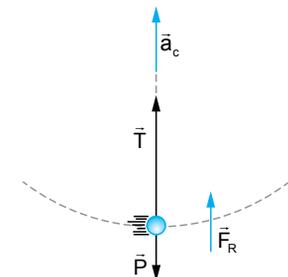
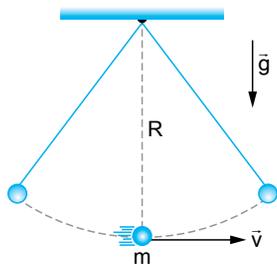
$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

$$a_c = \omega^2 \cdot R$$



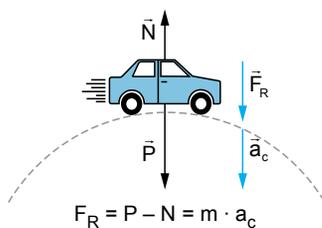
Módulo 37 · Dinâmica do movimento circular (II)

1. Pêndulo simples

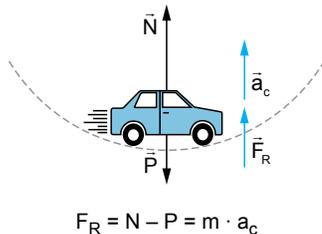


2. Curvas verticais

No ponto mais alto:

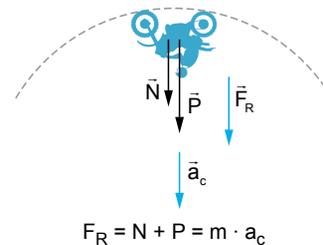


No ponto mais baixo:

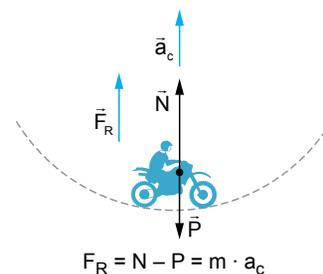


3. Globo da morte

No ponto mais alto:

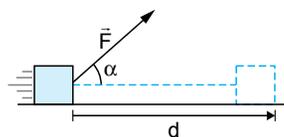


No ponto mais baixo:



Módulo 38 · Trabalho

1. Trabalho de uma força constante

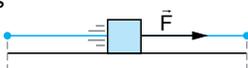


$$\mathcal{E}_{(F)} = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

Unidade (SI): $N \cdot m = J$ (joule)

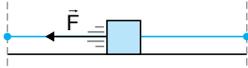
Casos usuais

(a) $\alpha = 0^\circ$



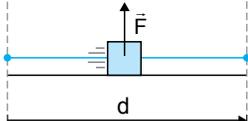
$$\mathcal{E}_{(F)} = F \cdot d$$

(b) $\alpha = 180^\circ$



$$\mathcal{E}_{(F)} = -F \cdot d$$

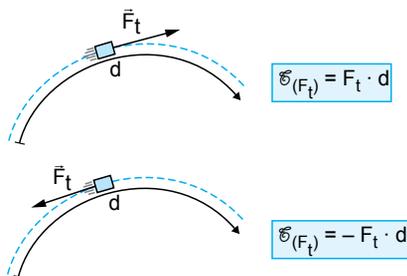
(c) $\alpha = 90^\circ$



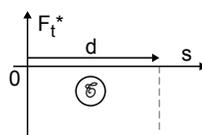
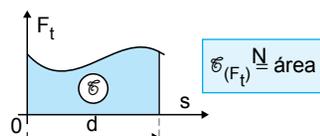
$$\mathcal{E}_{(F)} = 0$$

2. Trabalho de uma força tangencial

1º caso $F_t = \text{cte}$ (intensidade constante)



2º caso $F_t \neq \text{cte}$ (intensidade variável)



(*) Valor algébrico negativo quando a força for oposta ao movimento.

Módulo 39 · Teorema da energia cinética

1. Energia cinética

É a energia que um corpo possui por ter velocidade.

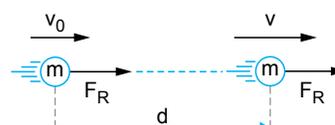


$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Unidade (SI): joule (J)

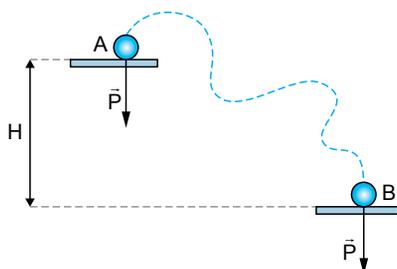
2. Teorema da energia cinética

O trabalho da resultante das forças atuantes em um corpo é igual à variação da energia cinética do corpo.



$$\mathcal{E}(F_R) = \Delta E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

Módulo 40 · Trabalho da força peso



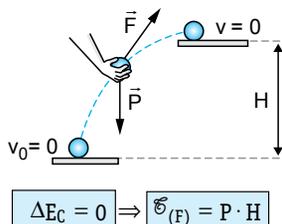
Na descida de A para B: $\mathcal{E}(P) = P \cdot H$

Na subida de B para A: $\mathcal{E}(P) = -P \cdot H$

O trabalho da força peso **independe da trajetória**.

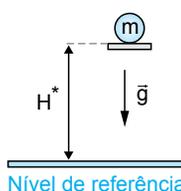
Módulo 41 · Energia potencial gravitacional

1. Trabalho para levantar um corpo



2. Energia potencial gravitacional

É a energia que um corpo possui em razão de sua posição (altura) no campo gravitacional.

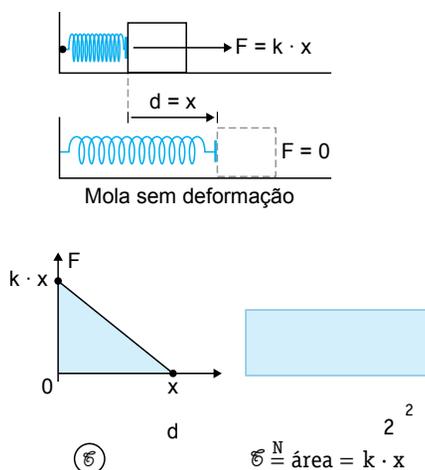


$$E_{pg} = m \cdot g \cdot H$$

(*) Para um corpo extenso, a altura (H) será a do seu centro de massa.

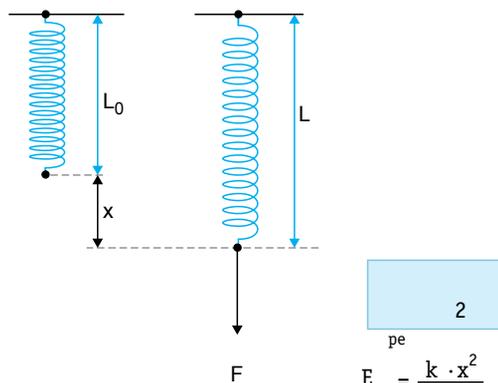
Módulo 42 · Energia potencial elástica

1. Trabalho da força elástica



2. Energia potencial elástica

É a energia que uma mola armazena quando se encontra deformada.



Módulo 43 · Sistemas conservativos

1. Energia mecânica

$$E_m = E_c + E_{pg} + E_{pe}$$

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

mgH

$\frac{kx^2}{2}$

2. Conservação da energia mecânica

$$E_{m_{inicial}} = E_{m_{final}}$$

A energia mecânica de um sistema se mantém constante quando nele só operam forças do tipo conservativas: força peso, força elástica e forças cujo trabalho total é nulo.

Módulo 44 · Sistemas não-conservativos

1. Teorema da energia mecânica

$$E_{m_{final}} = E_{m_{inicial}} + \mathcal{E}_{\text{forças não-conservativas}}$$

2. Sistemas dissipativos

$$E_{m_{diss.}} = E_{m_{inicial}} - E_{m_{final}} \Rightarrow \mathcal{E}_{diss.}^* = \Delta E_m$$

(*) O trabalho das forças dissipativas (atrito dinâmico e resistência de fluidos) transforma a energia mecânica dissipada em energia térmica (calor).

Módulo 45 · Potência mecânica

1. Conceito

A potência mecânica mede a rapidez com que um dispositivo transfere ou transforma energia mecânica, através do trabalho de sua força.

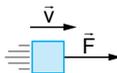
Unidade (SI): watt (W) $\rightarrow W = J/s$

2. Potência média

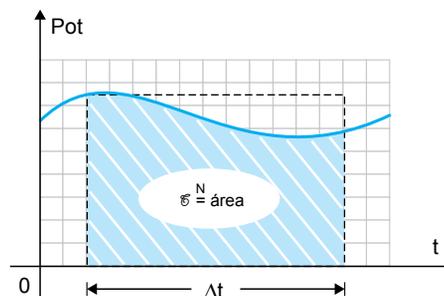
$$Pot_m = \frac{\mathcal{E}}{\Delta t} = \frac{\Delta E_m}{\Delta t}$$

3. Potência instantânea de uma força

$$Pot = F \cdot v$$

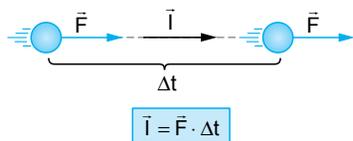


4. Diagrama horário da potência



Módulo 46 · Impulso e quantidade de movimento

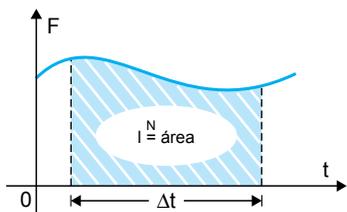
1. Impulso de uma força constante



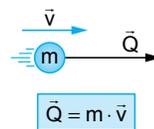
Unidade no SI: $N \cdot s = kg \cdot m/s$

2. Impulso de uma força variável

Se uma força tiver direção constante e intensidade variando no decorrer do tempo, seu impulso será calculado por meio da **área** sob o gráfico **força x tempo**.



3. Quantidade de movimento



Unidade no SI: $kg \cdot m/s$

Observações:

- $u(I) = u(Q) = kg \cdot m/s$
- $\vec{Q} = cte \Rightarrow$ Repouso ou MRU
- Também é denominado **momento linear**.

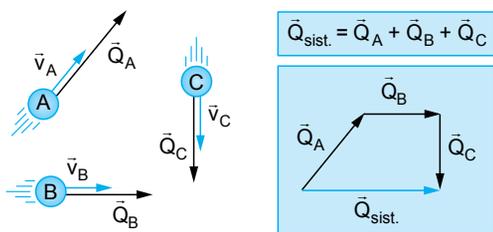
4. Teorema do impulso

“O impulso da resultante das forças atuantes sobre uma partícula, num certo intervalo de tempo, é igual à variação da quantidade de movimento da partícula nesse mesmo intervalo de tempo.”

$$\vec{I}_R = \Delta \vec{Q}$$

Módulo 47 · Sistemas isolados

1. Quantidade de movimento de um sistema

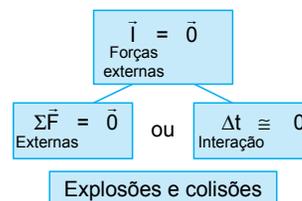


Quando as velocidades tiverem mesma direção:

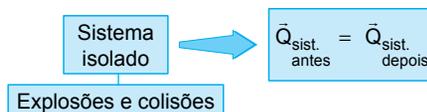
$$Q_{sist.} = m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B + m_C \cdot v_C$$

Velocidades escalares

2. Sistema mecanicamente isolado

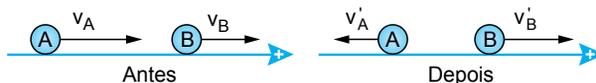


3. Conservação da quantidade de movimento



Módulo 48 · Sistemas isolados: exercícios

Módulo 49 · Colisões frontais



1. Conservação da quantidade de movimento

$$Q_{\text{sist. antes}} = Q_{\text{sist. depois}}$$

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

Velocidades escalares

2. Coeficiente de restituição

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

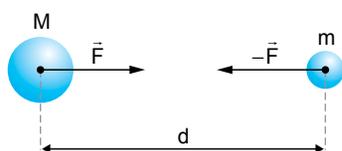
$$e = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B} \quad (\text{velocidades escalares})$$

Tipos de choques	Coeficiente de restituição	Energia mecânica
Perfeitamente elástico	$e = 1$	Conservada
Parcialmente elástico	$0 < e < 1$	Não conservada
Perfeitamente inelástico	$e = 0$	Perda máxima

Módulo 50 · Força e campo gravitacional

1. Lei da gravitação universal

Matéria atrai matéria na razão direta do produto de suas massas e na razão inversa do quadrado da distância entre seus centros de massa.

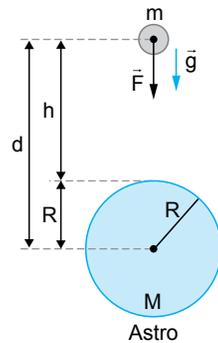


Força de atração gravitacional

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2}$$

Constante universal: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$

2. Campo gravitacional



$$g = G \cdot \frac{M}{d^2} \rightarrow \text{Massa do astro}$$

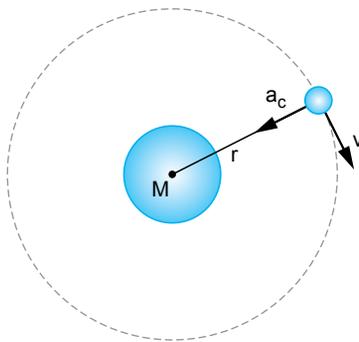
$$\rightarrow d = R + h$$

Na superfície do astro esférico:

$$g_0 = G \cdot \frac{M}{R^2} \rightarrow \text{Massa do astro}$$

$$\rightarrow \text{Raio do astro}$$

Módulo 51. Satélite em órbita circular



MCU

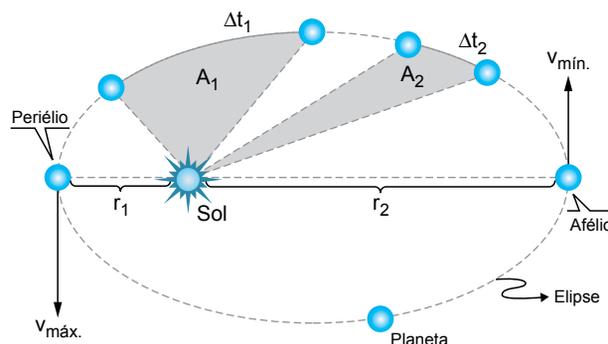
- Aceleração centrípeta: $a_c = g = \frac{GM}{r^2}$

- Velocidade orbital: $v = \sqrt{r \cdot g} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

- Período orbital: $T = \frac{2\pi \cdot r}{v} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

Módulo 52. Leis de Kepler

1. Lei das órbitas



2. Lei das áreas

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 \Rightarrow A_1 = A_2$$

3. Lei dos períodos

$$\frac{T^2}{R^3} = k \text{ (constante)}$$

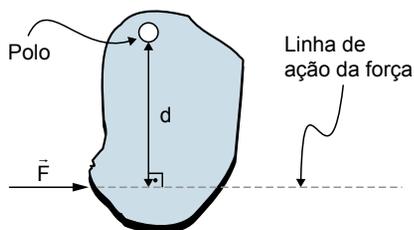
Em que:

- T = período de translação do planeta (ano do planeta)

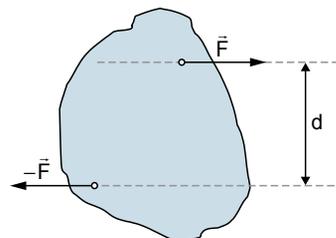
- $R = \frac{r_1 + r_2}{2}$ (raio médio da órbita)

Módulo 53 · Equilíbrio de corpo extenso

Momento de uma força: $M = \pm |\vec{F}| \cdot d$



Binário ou conjugado: $C = \pm |\vec{F}| \cdot d$



Condições de equilíbrio estático do corpo extenso

- Para não transladar: $\vec{F}_R = \vec{0}$
- Para não girar: $\Sigma \vec{M} = \vec{0}$ (qualquer que seja o polo considerado)

Módulo 54 · Densidade e pressão

Massa específica (μ): substância

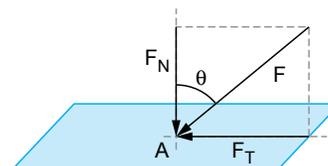
$$\mu = \frac{m}{V}$$

Conceito de pressão

$$p = \frac{F_N}{A}$$

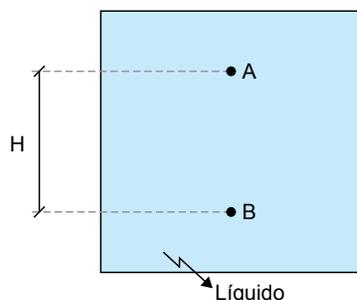
Densidade (d): corpo

$$d = \frac{m}{V}$$



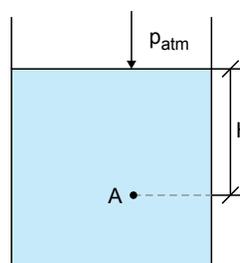
Módulo 55 · Teorema de Stevin

Pressão hidrostática: teorema de Stevin



$$p_B - p_A = \mu \cdot g \cdot H$$

Pressão total em um ponto



$$p_A = \mu \cdot g \cdot H + p_{atm}$$

Para líquidos em equilíbrio

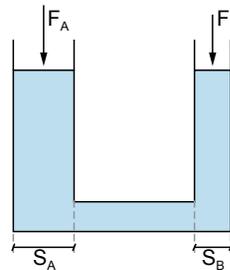
Pontos dentro de um mesmo líquido e na mesma linha horizontal suportam a mesma pressão.

Módulo 56 · Teorema de Pascal

1. Teorema de Pascal

Os líquidos transmitem integralmente as variações de pressão que recebem.

2. Prensa hidráulica



$$\frac{F_A}{S_A} = \frac{F_B}{S_B}$$

Módulo 57 · Força de empuxo

Teorema de Arquimedes

Todo corpo submerso total ou parcialmente num fluido em equilíbrio recebe deste uma força vertical para cima, denominada empuxo, cujo módulo é igual ao do peso do volume de fluido deslocado.

$$E = \mu_L \cdot V_{\text{sub}} \cdot g$$

$\left\{ \begin{array}{l} \mu_L: \text{ massa específica do fluido} \\ V_{\text{sub}}: \text{ volume submerso do corpo} \\ g: \text{ aceleração da gravidade local} \end{array} \right.$

