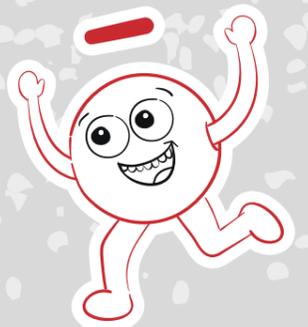
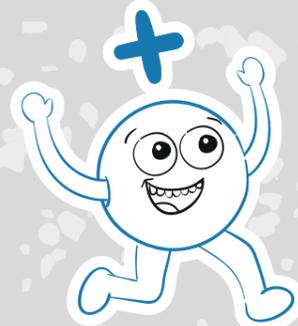
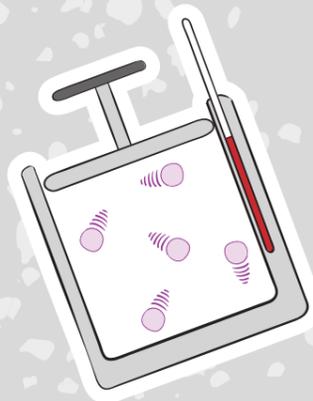
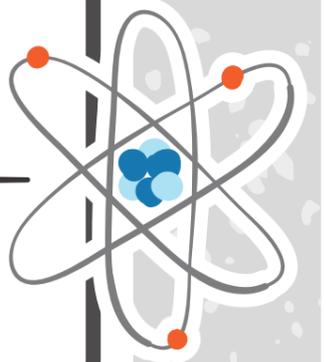


Física

CINEMÁTICA





MOVIMENTO E REPOUSO

DEPENDE DO REFERENCIAL!

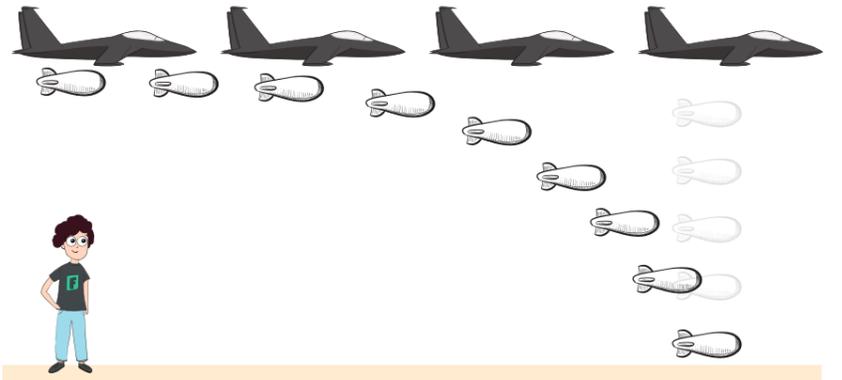
As posições da pessoa e do carro mudam em relação à árvore e vice-versa.



A posição da pessoa não muda em relação ao carro e vice-versa.

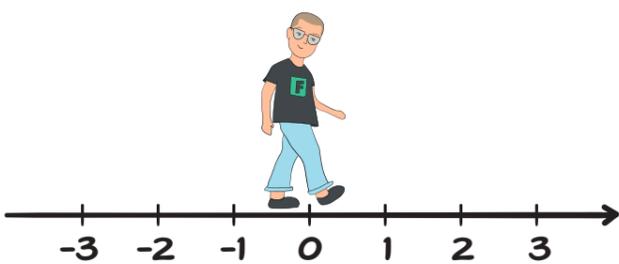
TRAJETÓRIA

TAMBÉM DEPENDE DO REFERENCIAL!!



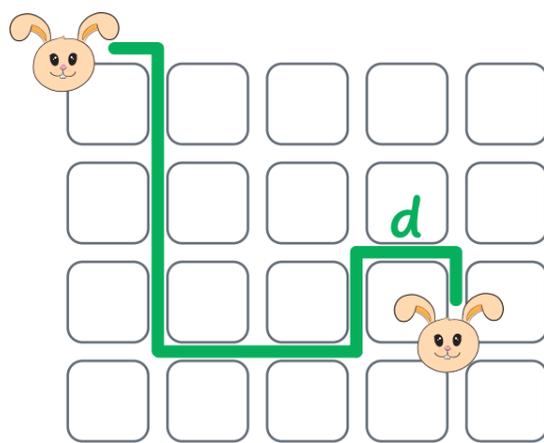
A pessoa observa a bomba cair em arco de parábola.
A bomba cai verticalmente em relação ao avião.

ESPAÇO (S OU X)



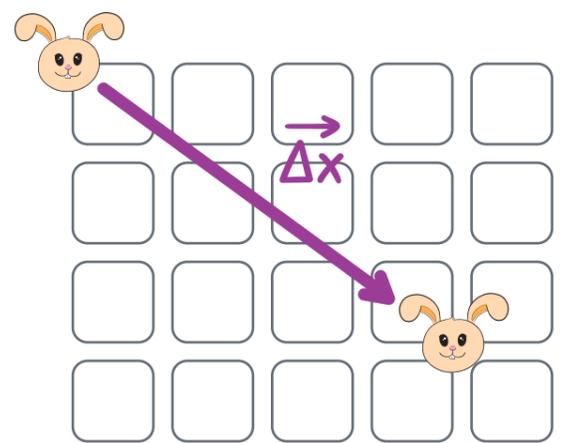
Posições para direita: $s +$
Posições para esquerda: $s -$

DISTÂNCIA PERCORRIDA



Todo o caminho entre dois pontos.

DESLOCAMENTO



Linha reta entre início e fim.

DESLOCAMENTO ESCALAR



VELOCIDADE ESCALAR MÉDIA

$$v_{em} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

m/s $\xrightarrow{\times 3,6}$ km/h
 $\xleftarrow{\div 3,6}$

ACELERAÇÃO ESCALAR MÉDIA

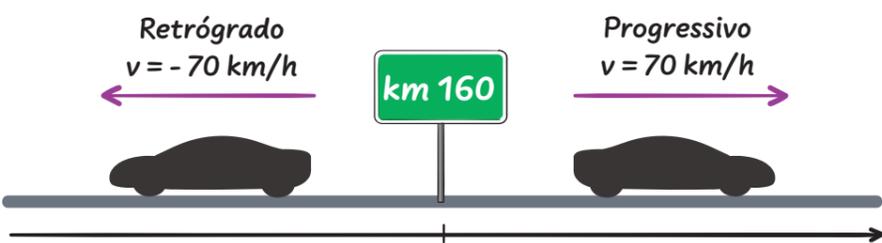
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Indica quanto a velocidade muda a cada 1 segundo.

CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS

PROGRESSIVO

No sentido positivo da trajetória; velocidade positiva.



RETRÓGRADO

No sentido negativo da trajetória; velocidade negativa.

ACELERADO

O módulo da velocidade aumenta; aceleração e velocidade com sinais iguais.



VELOCIDADE INSTANTÂNEA (v)

É A VELOCIDADE EM UM INSTANTE.

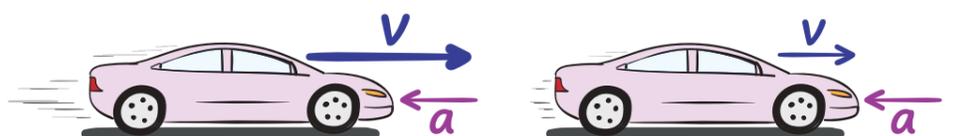


QUESTÃO DE ORIENTAÇÃO

Os sinais positivo e negativo na velocidade e na aceleração indicam o sentido tal como no espaço.

RETARDADO

O módulo da velocidade diminui; aceleração e velocidade com sinais opostos.



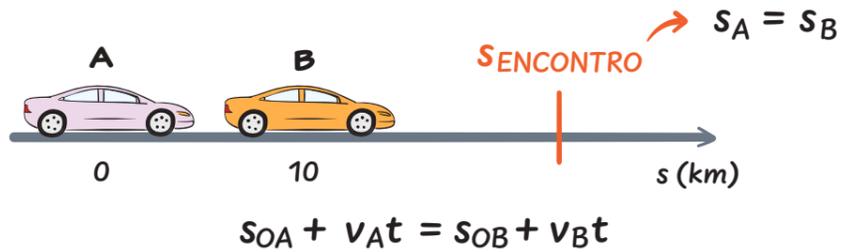


Função Horária das Posições

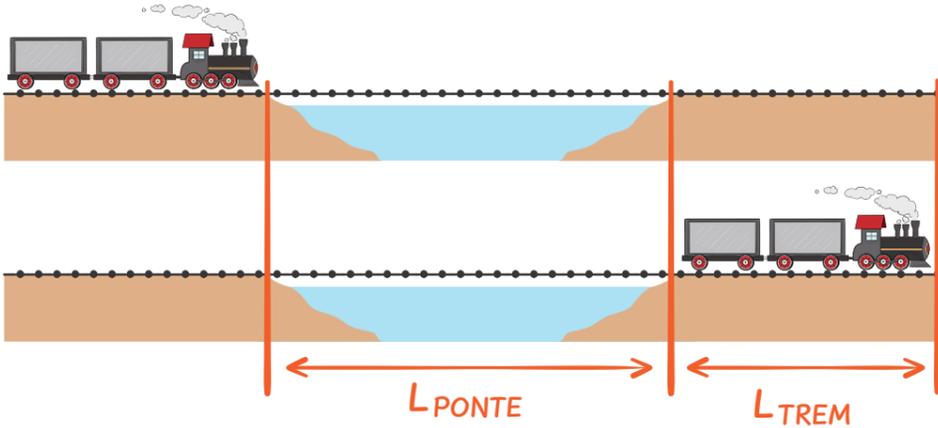
$$s = s_0 + vt$$

Posição ← s = Posição Inicial + s_0 + vt → Tempo
 Posição Inicial ← s_0 ← Velocidade v → Tempo t

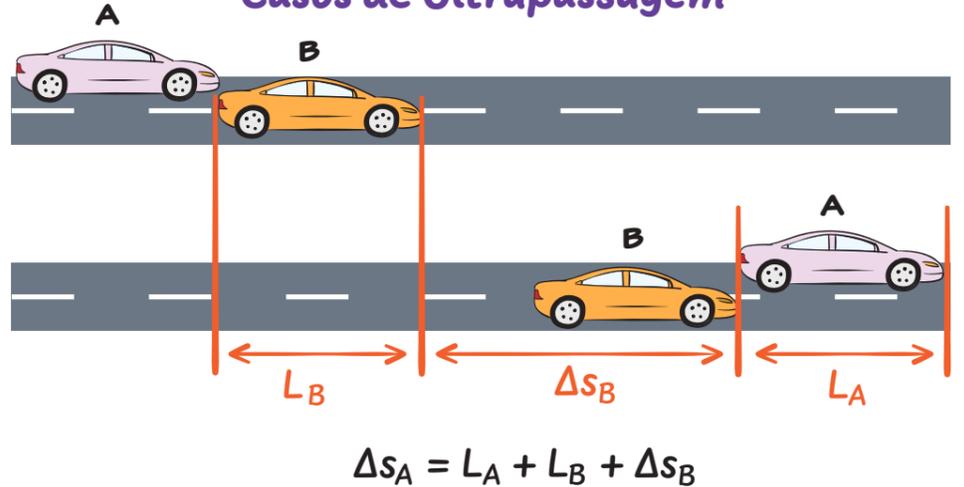
Casos de Encontro



Casos de Travessia

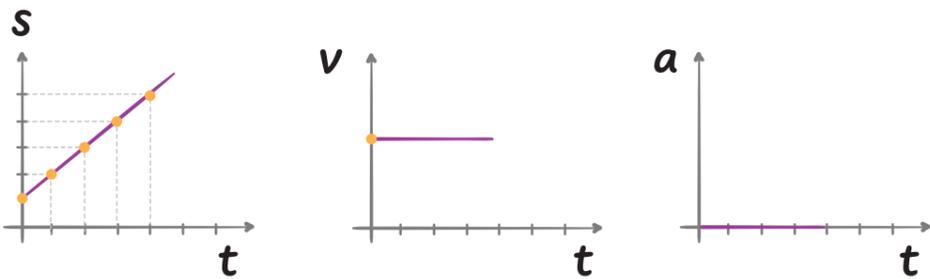


Casos de Ultrapassagem

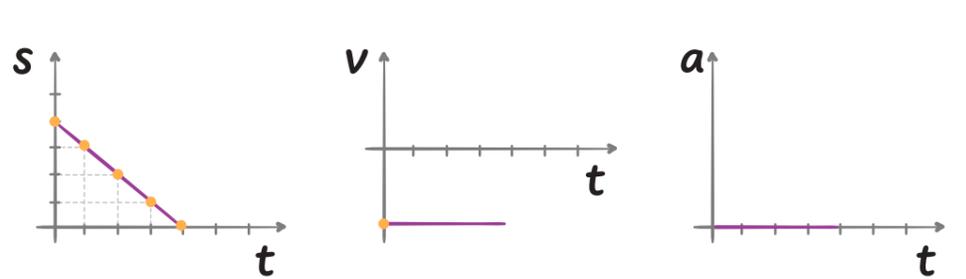


Gráficos do Movimento Uniforme

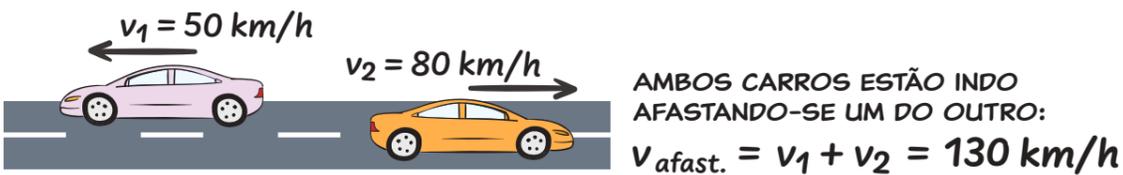
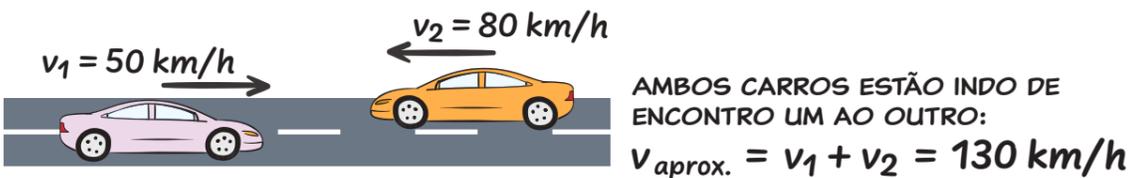
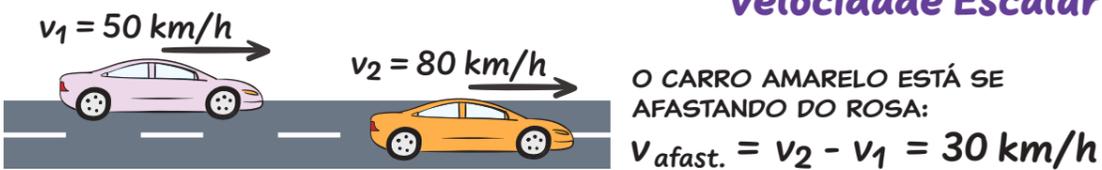
MOVIMENTO PROGRESSIVO



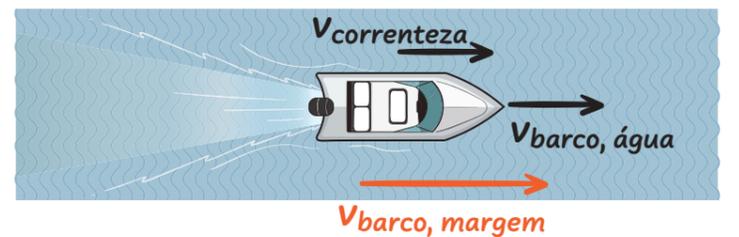
MOVIMENTO RETRÓGRADO



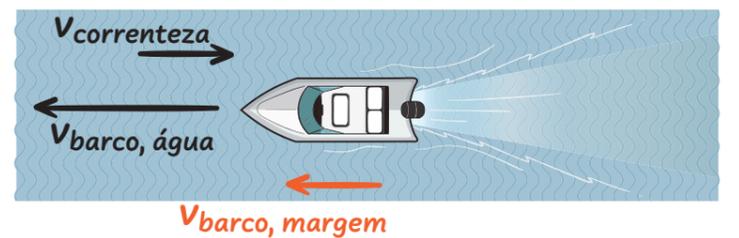
Velocidade Escalar Relativa



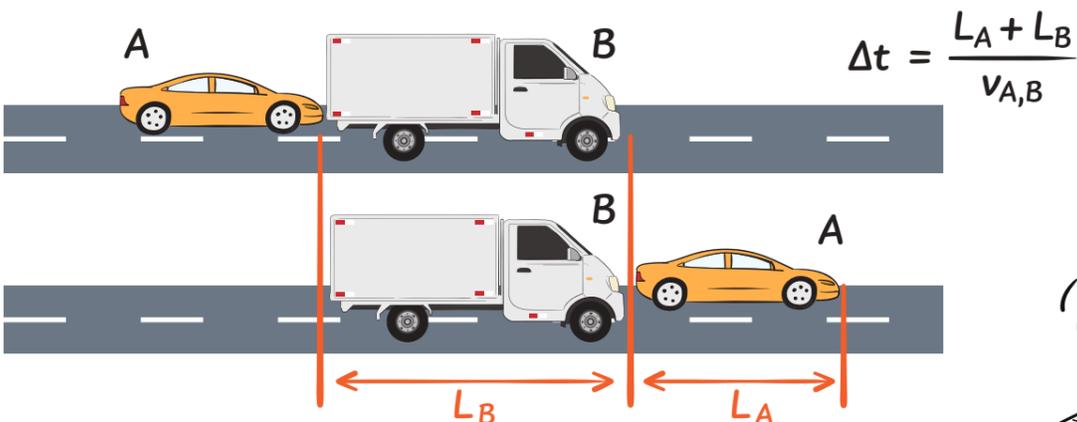
BARCO A FAVOR DA CORRENTEZA:



BARCO CONTRA A CORRENTEZA:



ULTRAPASSAGEM COM VELOCIDADE RELATIVA



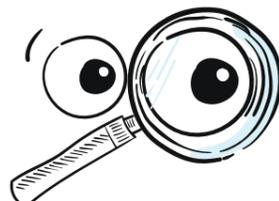
VEJA!

$v_{A,B}$

Velocidade de A em relação a B

$v_{B,A}$

Velocidade de B em relação a A





Função Horária das Posições

$$s = s_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

Função Horária da Velocidade

$$v = v_0 + at$$

Equação de Torricelli

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

GLOSSÁRIO:

s = POSIÇÃO

s₀ = POSIÇÃO INICIAL

Δs = s - s₀ = VARIACÃO DA POSIÇÃO

v₀ = VELOCIDADE INICIAL

v = VELOCIDADE

t = TEMPO

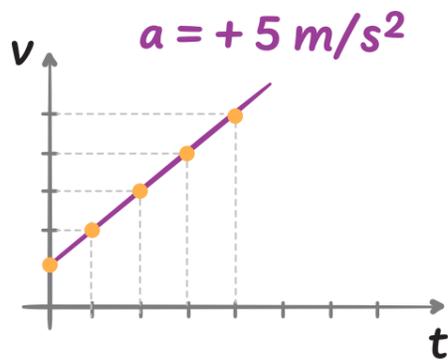
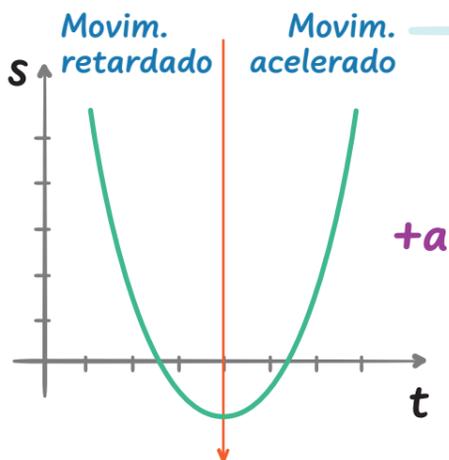
a = ACELERAÇÃO



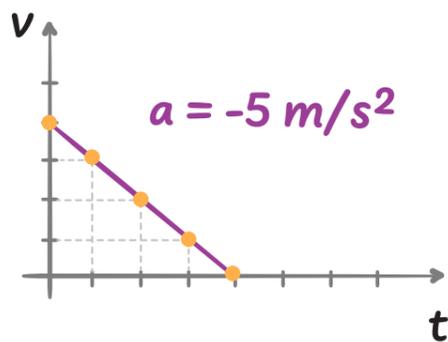
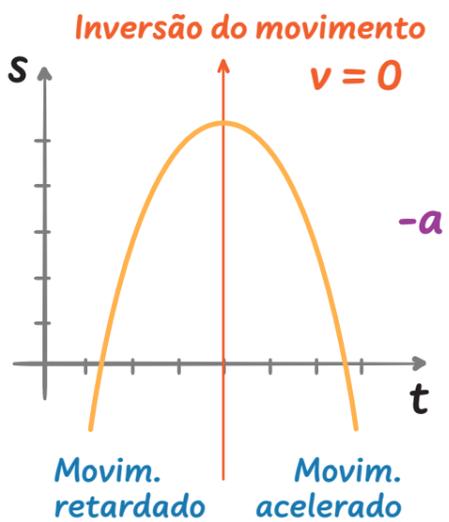
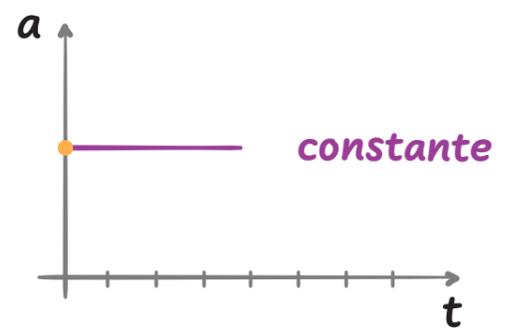
SEM TEMPO, IRMÃO!

Evangelista Torricelli

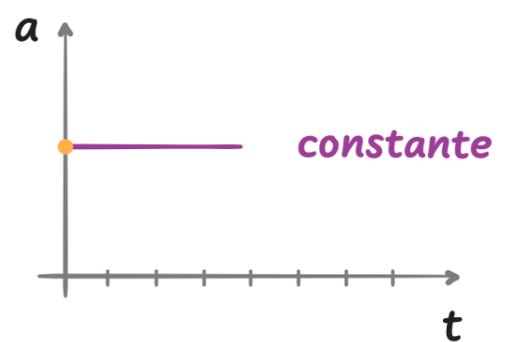
Gráficos do M.U.V



v (m/s)	t (s)
10	0
15	1
20	2
25	3
30	4



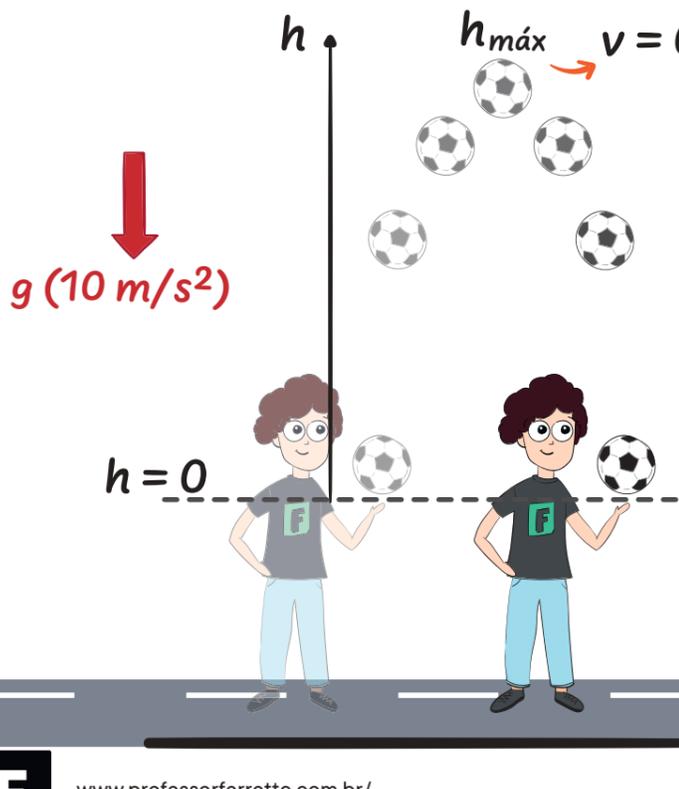
v (m/s)	t (s)
20	0
15	1
10	2
5	3
0	4



A área do gráfico v x t resulta no deslocamento.

Movimento Vertical Livre

Sem resistência do ar.



$$h = v_0t \pm \frac{1}{2}gt^2$$

$$v = v_0 \pm gt$$

$$v^2 = v_0^2 \pm 2gh$$

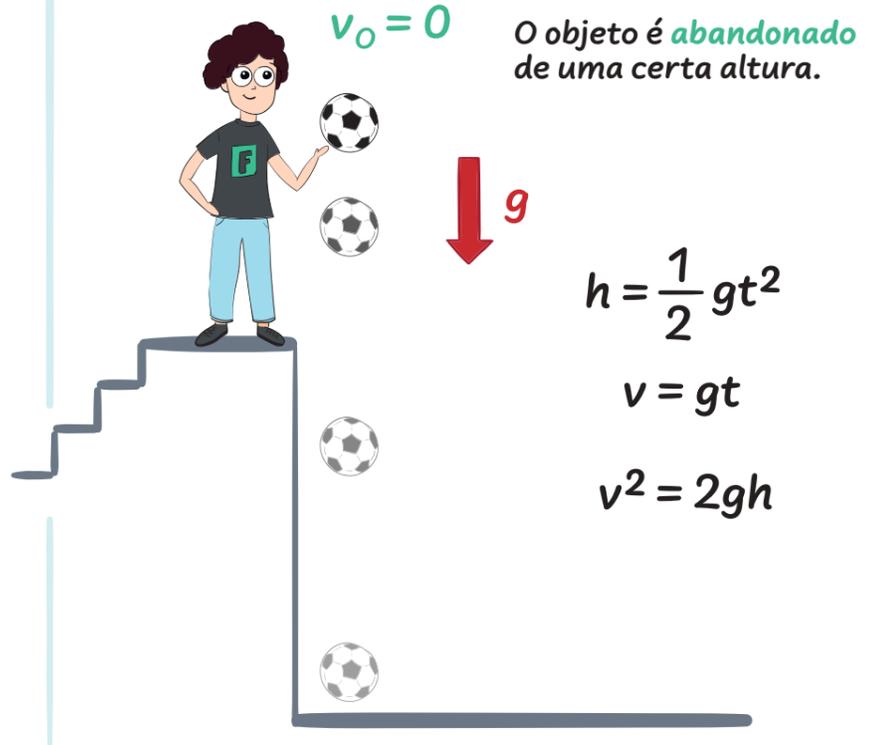
Subindo: g -

Descendo: g +

Queda Livre

v₀ = 0

O objeto é abandonado de uma certa altura.



$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$v = gt$$

$$v^2 = 2gh$$



Grandezas Físicas

São todas as grandezas que podem ser medidas.

ESCALARES

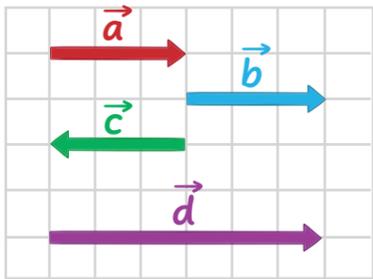
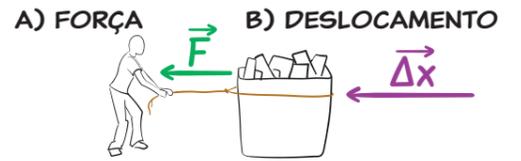
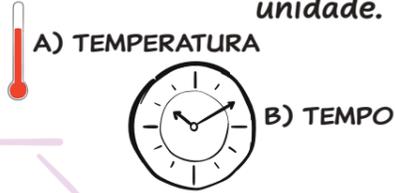
Completamente definida por valor e unidade.

VETORIAIS

Completamente definida por valor, unidade e orientação espacial.



VETORES



Os vetores a , b e c possuem mesmo módulo.

$$|\vec{a}| = |\vec{b}| = |\vec{c}|$$

ou $a = b = c$

Os vetores a e b são iguais.

$$\vec{a} = \vec{b}$$

Os vetores a e c possuem mesmo módulo e mesma direção, porém, sentidos opostos.

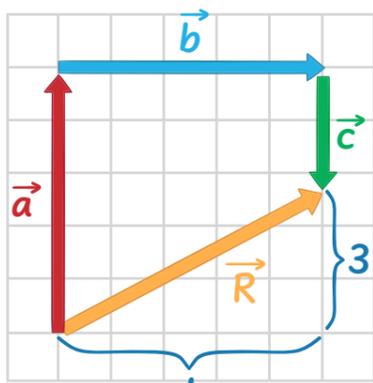
$$\vec{a} = -\vec{c}$$

O vetor d é o dobro do vetor a .

$$\vec{d} = 2\vec{a}$$

Soma Vetorial

MÉTODO DO POLÍGONO

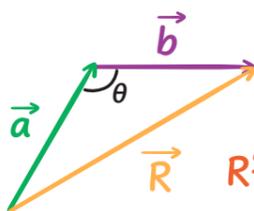


$$\vec{R} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$$
$$R^2 = 4^2 + 3^2$$

LEI DOS COSENOS

Método do Paralelogramo

$$R^2 = a^2 + b^2 + 2ab \cos(\theta)$$



Método do Polígono

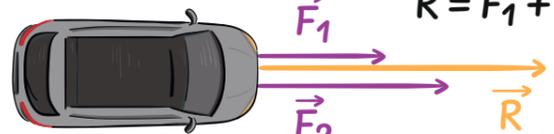
$$R^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos(\theta)$$

Resultante COM o ângulo, +
Resultante SEM o ângulo, -

CASOS ESPECIAIS

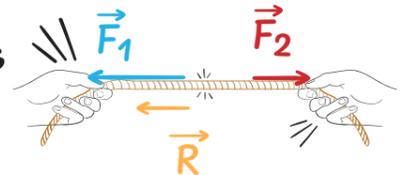
VETORES PARALELOS

$$R = F_1 + F_2$$



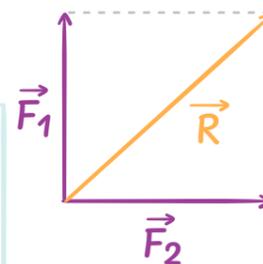
VETORES ANTIPARALELOS

$$R = F_1 - F_2$$



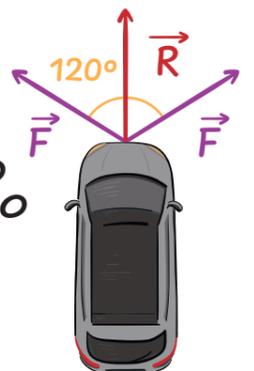
VETORES PERPENDICULARES

$$R^2 = (F_1)^2 + (F_2)^2$$



VETORES DE MESMO MÓDULO COM ÂNGULO DE 120° ENTRE SI

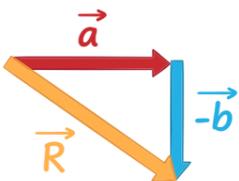
$$R = F$$



Subtração Vetorial

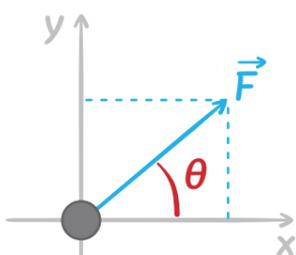


$$\vec{R} = \vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$$



Basta inverter o vetor que está sendo subtraído e somar normalmente.

Decomposição Vetorial

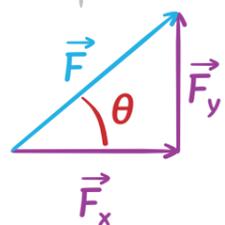


$$F_x = F \cdot \cos(\theta)$$

COS-COS "Com o ângulo, cosseno"

$$F_y = F \cdot \sin(\theta)$$

SEN-SEN "Sem o ângulo, seno"



VELOCIDADE VETORIAL MÉDIA

Espaço percorrido (escalar)



É a velocidade necessária para ir em linha reta do ponto de partida ao ponto de chegada.

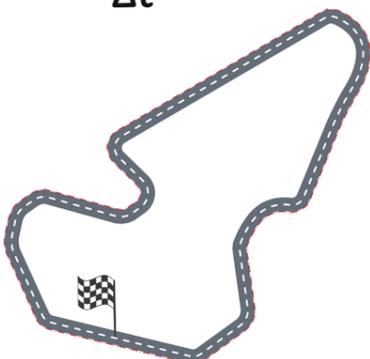
$$\vec{v}_{med} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

deslocamento

Deslocamento (vetorial)

Em uma trajetória fechada, o deslocamento vetorial e a velocidade vetorial média são nulos.

Trajétoria fechada: início e fim no mesmo ponto.



ACELERAÇÃO VETORIAL

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Aceleração tangencial

60 km/h 50 km/h



$\vec{a}_{TANGENCIAL}$

Causa variação no módulo da velocidade.

$$a_T = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Aceleração centrípeta

Causa variação na orientação da velocidade.

É perpendicular à velocidade

$$a_{CP} = \frac{v^2}{R}$$

Raio da curva





MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME



A VELOCIDADE POSSUI MÓDULO (VALOR) CONSTANTE.

INVERSOS!

PERÍODO (T)

É o tempo de uma repetição (rotação) completa. Quanto maior o período, mais lenta é a rotação.

FREQUÊNCIA (f)

É o número de repetições em um intervalo de tempo. Quanto maior a frequência, mais rápida é a rotação.

$$f = \frac{1}{T}$$

T em [s], f em [Hz]

T em [min], f em [rpm]

$$1 \text{ Hz} = 60 \text{ rpm}$$

VELOCIDADE LINEAR OU TANGENCIAL (v)

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi Rf$$

[m/s] [m]

VELOCIDADE ANGULAR (ω)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

[rad/s]

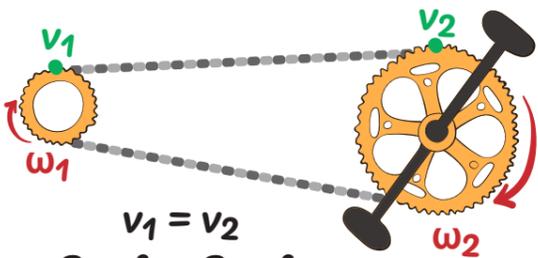
Mede a rapidez da rotação a partir do deslocamento angular.

ACELERAÇÃO CENTRÍPETA

$$a_{CP} = \frac{v^2}{R}$$

$$a_{CP} = \omega^2 R$$

POLIAS UNIDAS POR UMA MESMA CORRENTE



$$v_1 = v_2$$

$$R_1 \cdot \omega_1 = R_2 \cdot \omega_2$$

A engrenagem de raio menor possui frequência maior e vice-versa.

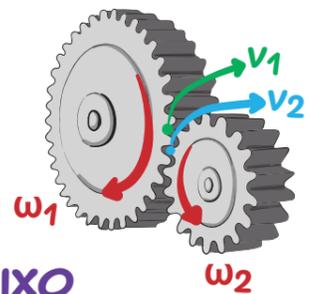
ENGRENAGENS EM CONTATO PELOS DENTES

$$v_1 = v_2$$

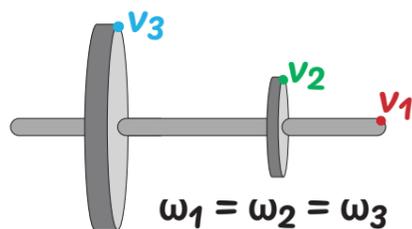
Compara os raios: $R_1 \cdot \omega_1 = R_2 \cdot \omega_2$

ou

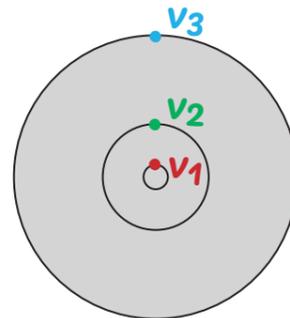
Compara o nº de dentes: $D_1 \cdot \omega_1 = D_2 \cdot \omega_2$



POLIAS UNIDAS POR UM MESMO EIXO



$$\omega_1 = \omega_2 = \omega_3$$



$$\frac{v_1}{R_1} = \frac{v_2}{R_2} = \frac{v_3}{R_3}$$

Quanto maior o raio, maior a velocidade v.

LANÇAMENTOS BIDIMENSIONAIS

LANÇAMENTO HORIZONTAL

MOVIMENTO VERTICAL

$$v_y = g \cdot t$$

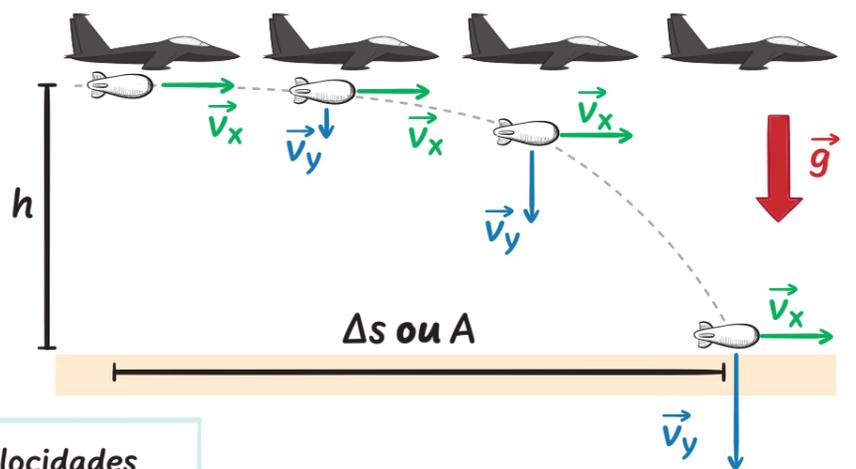
É um movimento uniformemente variado.

$$h = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad v_y^2 = 2gh$$

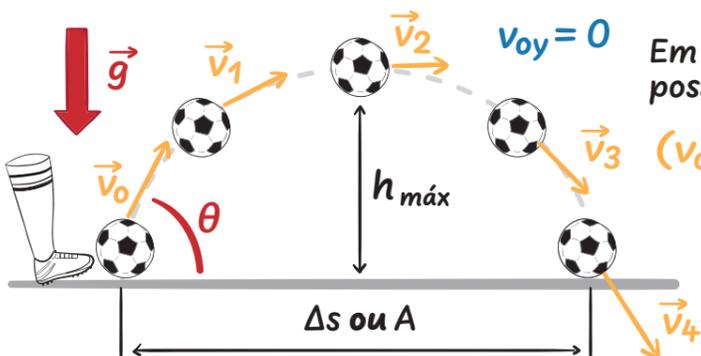
MOVIMENTO HORIZONTAL

É um movimento uniforme.

$$\Delta s = v_x \cdot t$$



LANÇAMENTO OBLÍQUO



Em alturas iguais, as velocidades possuem o mesmo módulo.

$$(v_0 = v_4) > (v_1 = v_3) > v_2$$

DECOMPOSIÇÃO DA VELOCIDADE



$$v_x = v_0 \cdot \cos(\theta)$$

$$v_{oy} = v_0 \cdot \sin(\theta)$$

MOVIMENTO HORIZONTAL (M.U.)

$$\Delta s = v_x \cdot t$$

Quando a altura final é igual à altura inicial: $\Delta s = \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin(2\theta)$

O alcance máximo é em $\theta = 45^\circ$.

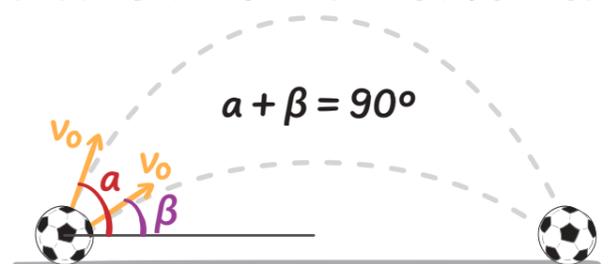
MOVIMENTO VERTICAL (M.U.V.)

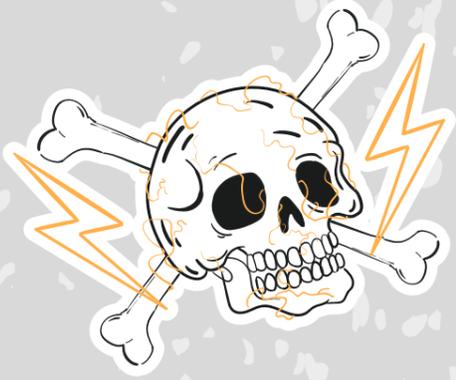
$$h = v_{oy} \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$v_y = v_{oy} - g \cdot t$$

$$v_y^2 = v_{oy}^2 - 2gh$$

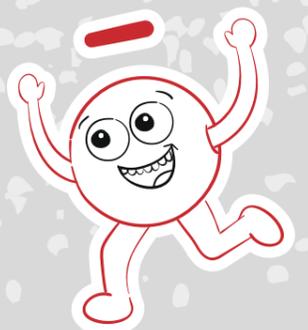
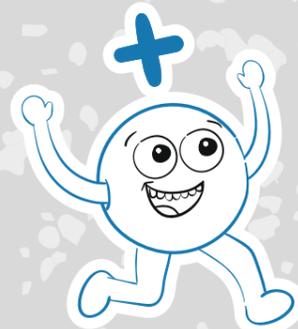
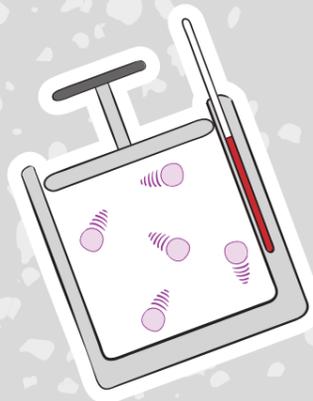
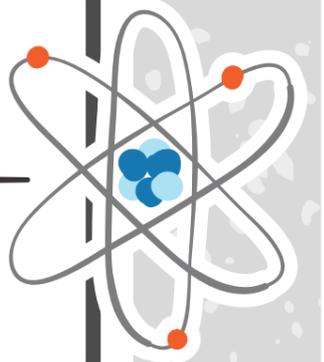
ÂNGULOS COMPLEMENTARES DETERMINAM UM MESMO ALCANCE





Física

DINÂMICA





FÍSICA
PROFESSOR
COELHO



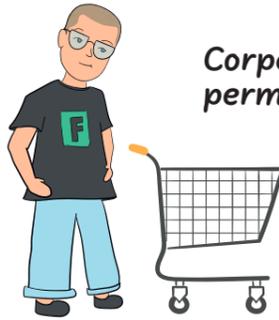
LEIS DE NEWTON



1ª Lei de Newton LEI DA INÉRCIA

$$F_R = 0$$

Corpos em repouso tendem a permanecer em repouso.



Corpos em movimento tendem a permanecer em movimento retilíneo uniforme.

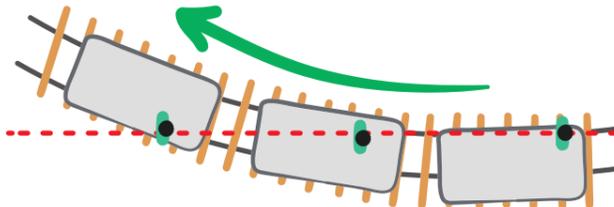


BASTANTE INÉRCIA



POUCA INÉRCIA

A massa é a medida da inércia do corpo. Quanto maior a massa, maior a inércia.



É por causa da inércia que parece que somos atirados para fora das curvas.

2ª Lei de Newton PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

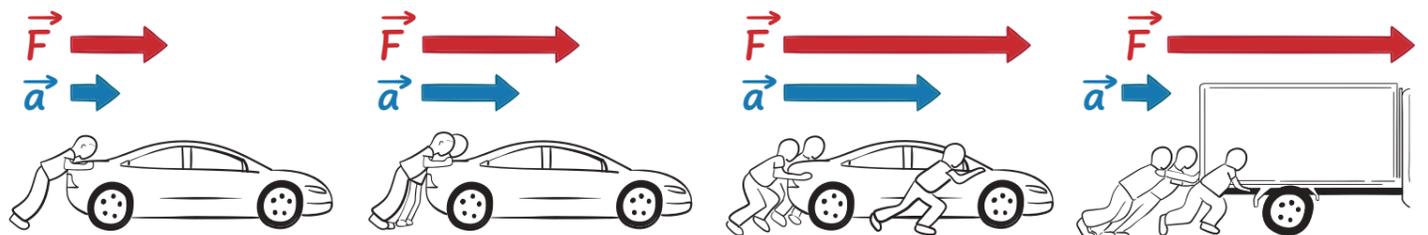
A aceleração que um corpo adquire é proporcional à força aplicada. A proporcionalidade é dada pela massa do corpo.

Quanto maior a força, maior a aceleração para uma mesma massa.

Quanto maior a massa, menor a aceleração para uma mesma força aplicada.

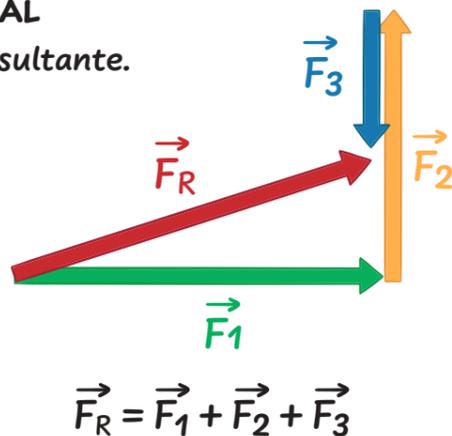
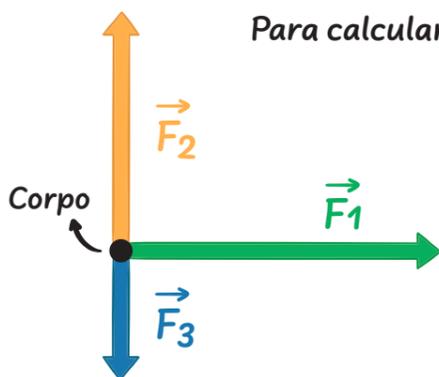
$$F_R = m \cdot a$$

[N] ← F_R [m/s²] →
[kg] →



SOMA VETORIAL

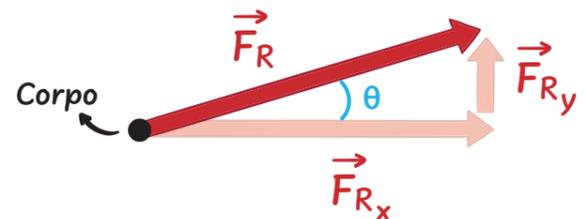
Para calcular a força resultante.



$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

FORÇA RESULTANTE

Podem estar inclinada em relação aos eixos de referência.



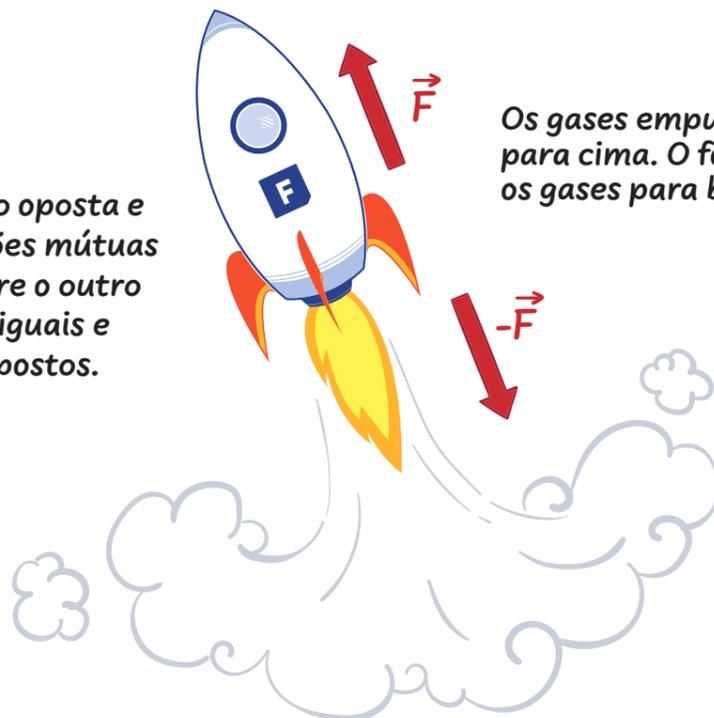
$$F_{Ry} = F_R \cdot \text{sen}(\theta)$$

$$F_{Rx} = F_R \cdot \text{cos}(\theta)$$

$$\text{tg}(\theta) = \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}}$$

3ª Lei de Newton LEI DA AÇÃO E REAÇÃO

A toda ação há uma reação oposta e de igual intensidade: as ações mútuas entre dois corpos um sobre o outro são sempre de módulos iguais e dirigidas em sentidos opostos.



Os gases empurram o foguete para cima. O foguete empurra os gases para baixo.

A pessoa empurra o chão para trás. O chão empurra a pessoa para frente.





Força Peso

$$P = m \cdot g$$

[N] ← [m/s²] → [kg]

É a atração gravitacional direcionada ao centro da Terra.

AÇÃO E REAÇÃO

A Terra também é atraída gravitacionalmente por todos os corpos.



Depende do local

ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$
$$g \cong 10 \text{ m/s}^2$$

$$g_{\text{MARTE}} = 3,7 \text{ m/s}^2$$



O QUILOGRAMA-FORÇA

$$\text{Na Terra: } 1 \text{ kgf} \cong 10 \text{ N}$$

É a força peso sobre uma massa de 1 kg.

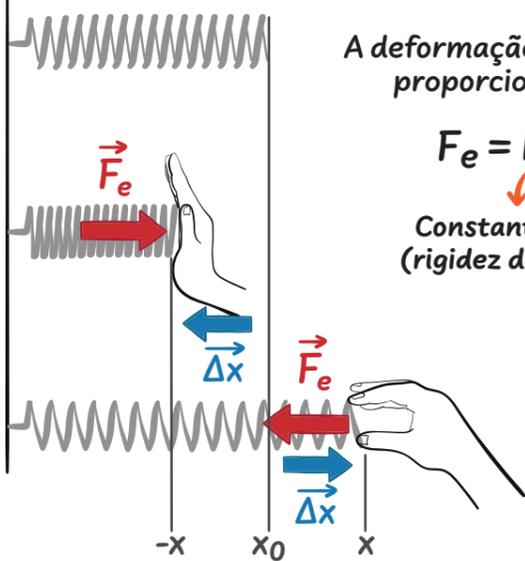
Força de Elástica – Lei de Hooke

A deformação elástica é diretamente proporcional à força aplicada.

$$F_e = k \cdot \Delta x$$

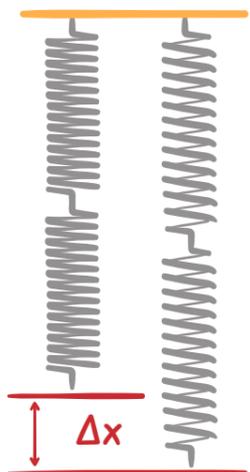
→ [m, cm]

Constante elástica (rigidez do material) → [N/m] [N/cm]



ASSOCIAÇÃO DE MOLAS

Em Série



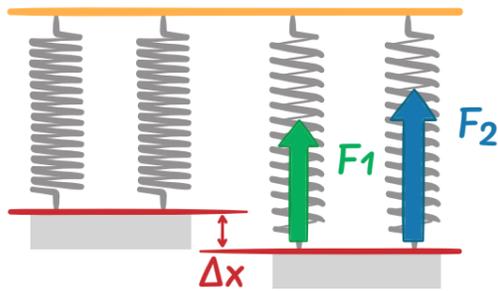
$$F_T = F_1 = F_2$$

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$$

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

$$k_s < k_1, k_2$$

Em Paralelo



$$\Delta x = \Delta x_1 = \Delta x_2$$

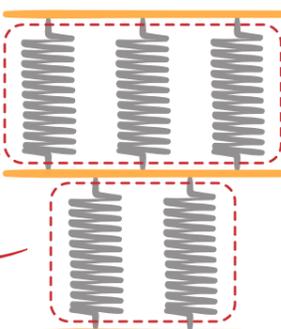
$$F_T = F_1 + F_2$$

$$k_p = k_1 + k_2$$

$$k_p > k_1, k_2$$

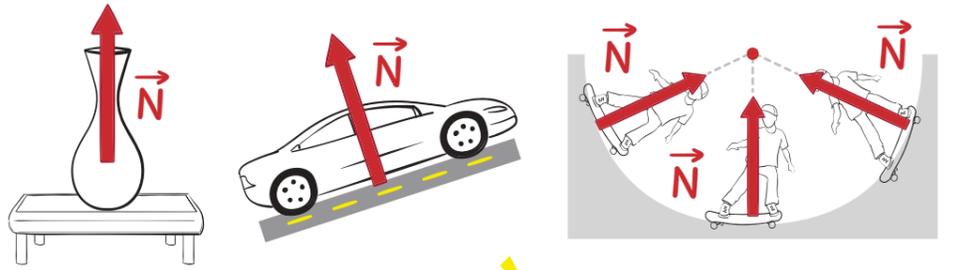
Mista

Resolva primeiro as associações "internas".



Força Normal

Corpos exercem uma força de compressão na superfície. A força normal é a reação contra a força de compressão.



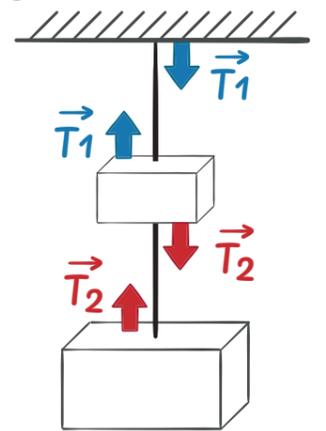
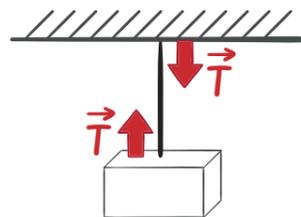
É sempre perpendicular à superfície.



A força normal NÃO é reação ao peso.

Força de Tração

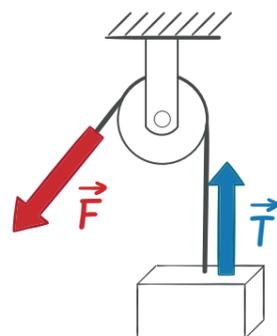
É a força transmitida entre dois corpos através de uma corda/cabo inextensível.



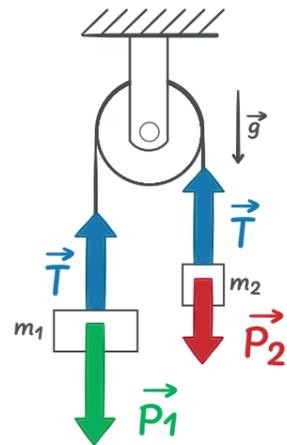
ROLDANAS OU POLIAS

Polia Fixa

Apenas transmite a força aplicada.



MÁQUINA DE ATWOOD



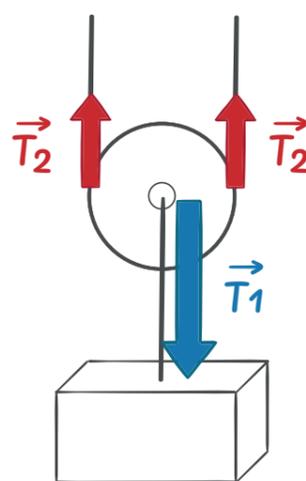
$$a = \frac{P_1 - P_2}{m_1 + m_2}$$

$$m_1 \cdot a = P_1 - T$$

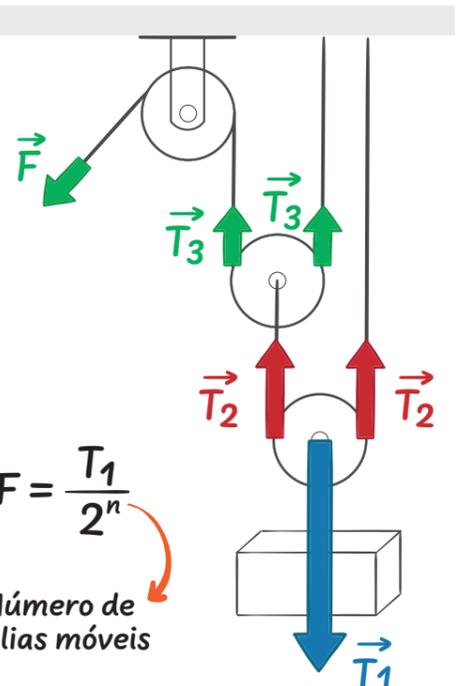
$$m_2 \cdot a = T - P_2$$

Polia Móvel

Divide a força aplicada.



ASSOCIAÇÃO DE POLIAS MÓVEIS

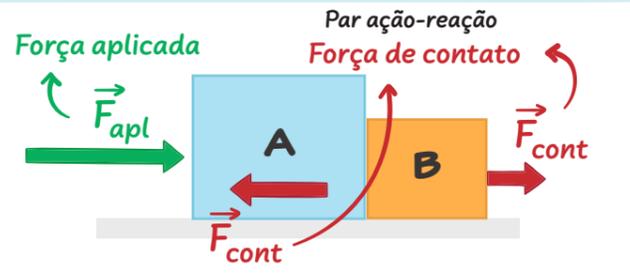
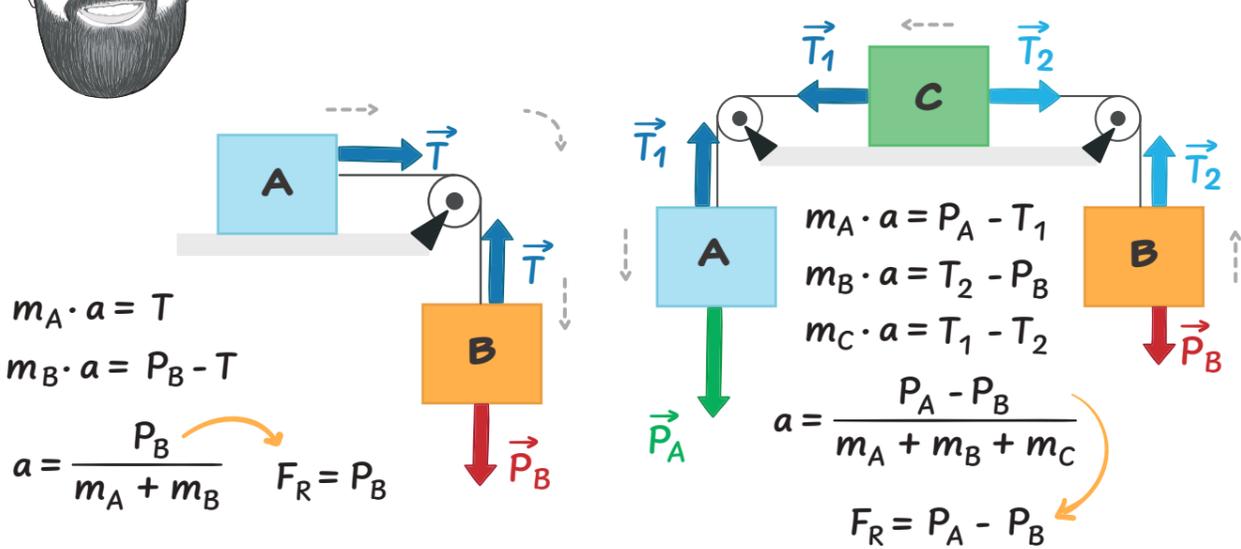


$$F = \frac{T_1}{2^n}$$

Número de polias móveis

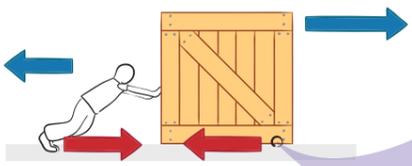


SISTEMAS DE BLOCOS



FORÇA DE ATRITO

TENDÊNCIA AO DESLIZAMENTO



Surge a partir do contato entre duas superfícies ásperas, rugosas ou aderentes. É uma força de origem eletromagnética.

FORÇAS DE ATRITO
Contrária à tendência de deslizamento ou ao deslizamento (quando houver) do corpo.

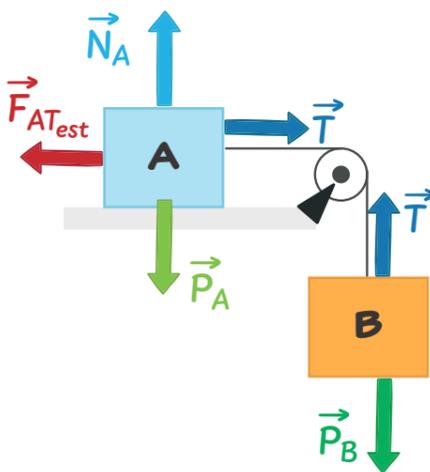
Atrito Estático SEM DESLIZAMENTO

$F_{AT_{est}} = \mu_{est} \cdot N$
 Força máxima que o atrito é capaz de exercer.

Atrito Dinâmico COM DESLIZAMENTO

$F_{AT_{din}} = \mu_{din} \cdot N$
 $\mu_{est} > \mu_{din}$

E aí, desliza?



PASSO 1: Suponha que o sistema esteja em equilíbrio e confira se as forças se anulam em cada bloco.

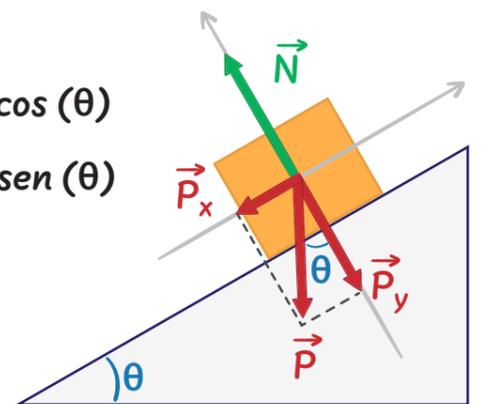
FORÇAS SE ANULAM: Não desliza.

FORÇAS NÃO SE ANULAM: Desliza.

PASSO 2: Use o atrito dinâmico e analise cada bloco para calcular a aceleração e a tração.

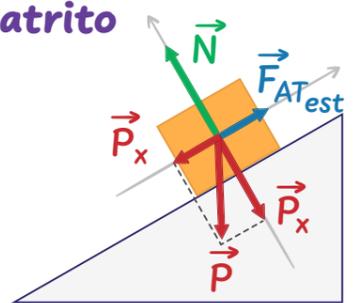
PLANO INCLINADO

$P_y = P \cdot \cos(\theta)$
 $P_x = P \cdot \sin(\theta)$

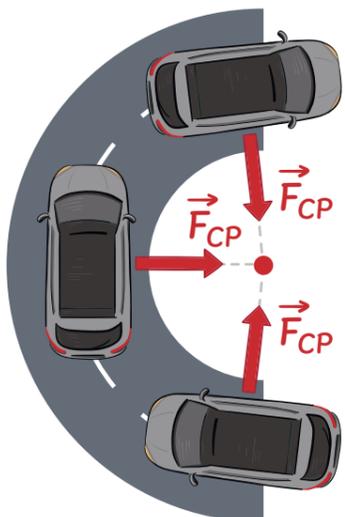


Repouso com atrito

$\Sigma F_x = 0$
 $P_x = F_{AT_{est}}$
 $\Sigma F_y = 0$
 $P_y = N$



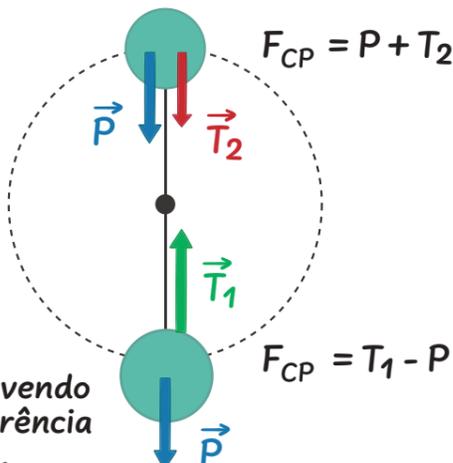
FORÇA CENTRÍPETA NO M.C.U.



$\Sigma F_y = 0$
 $P = N$
 $F_{CP} = m \frac{v^2}{R}$

$F_{CP} = T$

$T = m \frac{v^2}{R}$



$F_{CP} = F_{AT_{est}}$ Pneu não derrapa, atrito é estático.

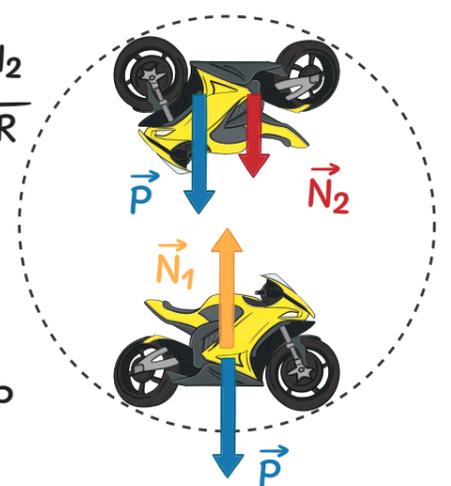
$v_{máx} = \sqrt{\mu_{est} \cdot g \cdot R}$

Corpo descrevendo uma circunferência vertical.

GLOBO DA MORTE

$F_{CP} = P + N_2$
 $v_{min} = \sqrt{g \cdot R}$

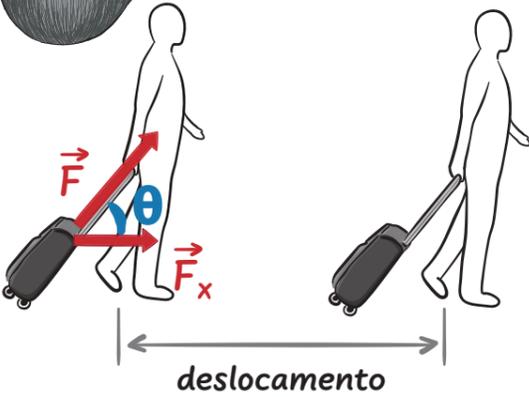
$F_{CP} = N_1 - P$





Trabalho (W, T, τ)

Energia associada à uma força e um deslocamento.

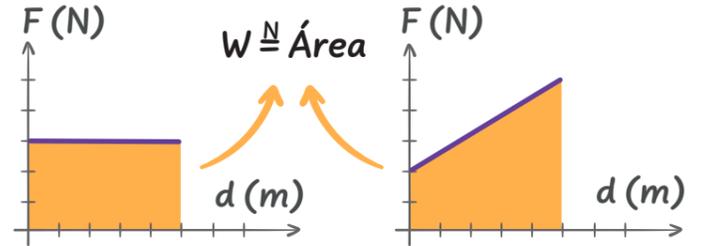


PARA FORÇAS CONSTANTES:

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

[J] [N] [m]

SEMPRE:



TRABALHO POSITIVO: força e deslocamento no MESMO SENTIDO.

TRABALHO NEGATIVO: força e deslocamento em SENTIDOS OPOSTOS.

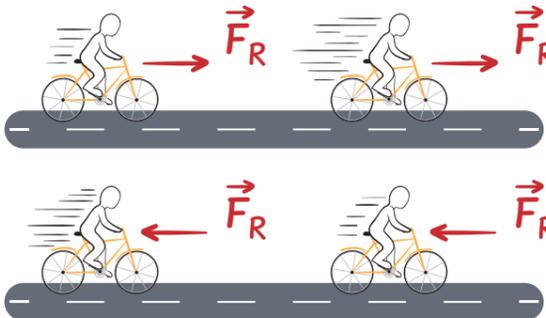
Energia Cinética (K, E_C)

Energia associada ao movimento.

$$E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

[J] [kg] [m/s]

TEOREMA DA ENERGIA CINÉTICA



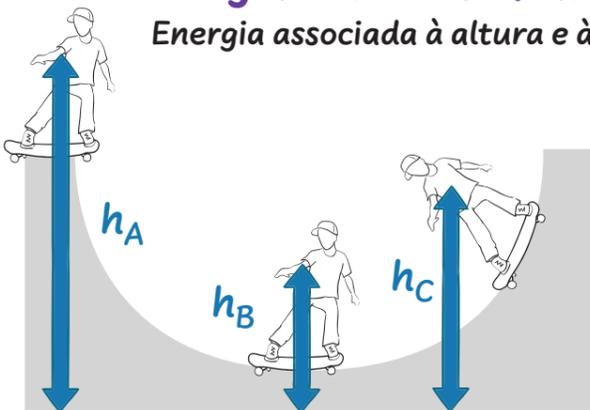
$$W_R = \Delta E_C \quad E_C = W_R + E_{C0}$$

Força favorável ao movimento, trabalho positivo, aumenta a energia cinética.

Força desfavorável ao movimento, trabalho negativo, diminui a energia cinética.

Energia Potencial Gravitacional (E_{PG})

Energia associada à altura e à gravidade.



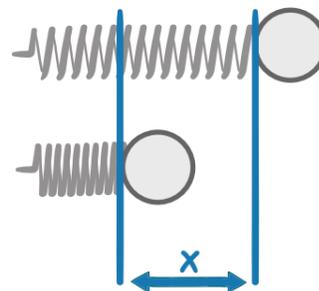
$$E_{PG} = m \cdot g \cdot h$$

[J] [kg] [m/s²] [m]

$$E_{PA} > E_{PC} > E_{PB}$$

Energia Potencial Elástica (E_{PE})

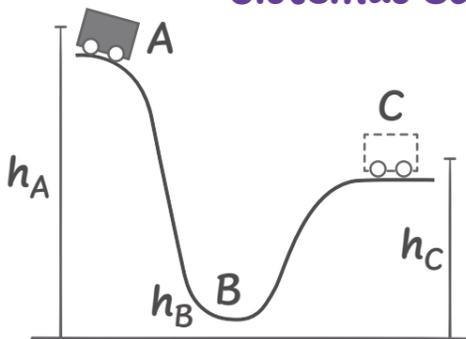
Energia associada à deformação elástica.



$$E_{PE} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

[J] [N/m] [m]

Sistemas Conservativos



$$E_M = E_C + E_P$$

$$E_{M_{inicial}} = E_{M_{final}}$$

$$E_{MA} = E_{MB} = E_{MC}$$

$$E_{CA} + E_{PA} = E_{CB} + E_{PB} = E_{CC} + E_{PC}$$

Sistemas Dissipativos



$$E_{MB} = E_{MA} + W_{atrito}$$

negativo

$$E_{M_{final}} = E_{M_{inicial}} + W_{dissipativo}$$

negativo

Potência Mecânica

watt

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

[W] [J] [s]

PARA FORÇAS CONSTANTES:

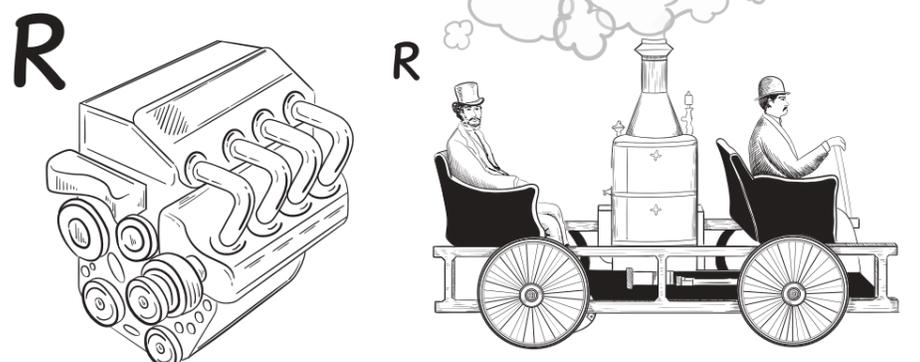
$$P = F \cdot v$$

[W] [N] [m/s]



EFICIÊNCIA OU RENDIMENTO (e, R, η)

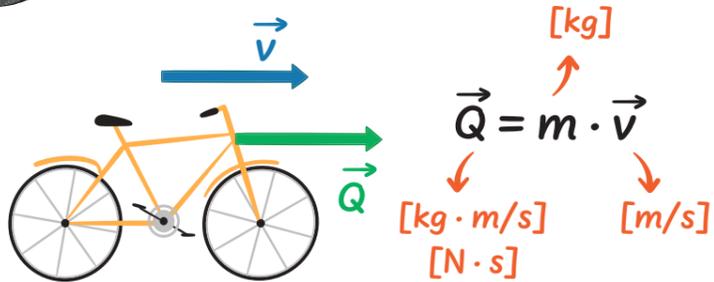
$$R = \frac{P_{útil}}{P_{total}} \quad \text{ou} \quad R = \frac{E_{útil}}{E_{total}}$$



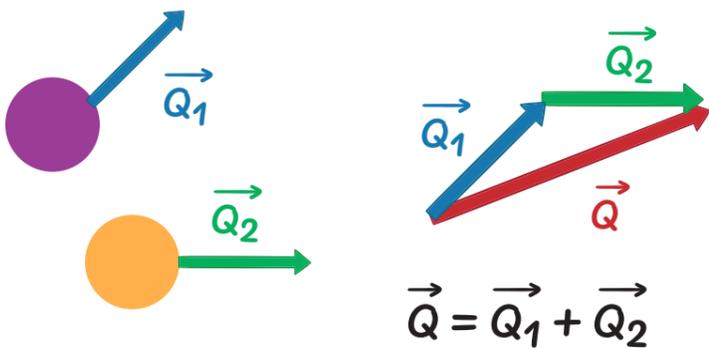


QUANTIDADE DE MOVIMENTO

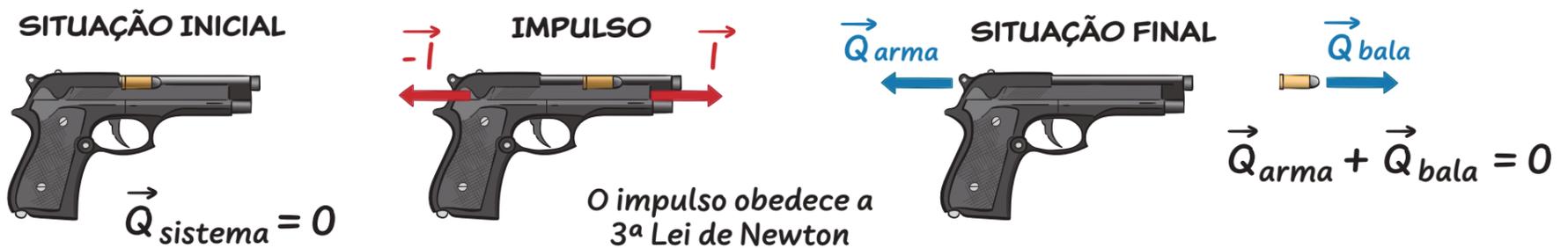
(MOMENTO LINEAR) $(\vec{Q}, \vec{q}, \vec{p})$



QUANTIDADE DE MOVIMENTO DE UM SISTEMA



SISTEMAS ISOLADOS $\vec{Q}_{antes} = \vec{Q}_{depois}$
(LIVRE DE FORÇAS EXTERNAS)



IMPULSO

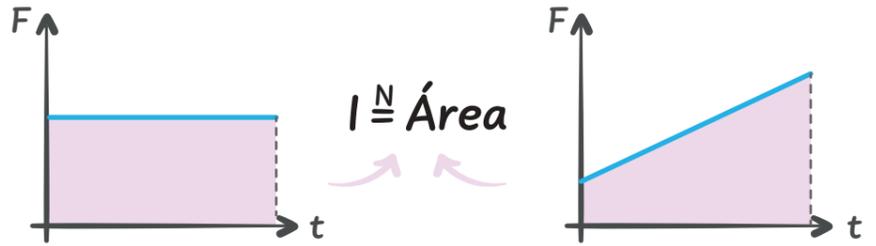
Ação de uma força em um certo tempo que modifica a quantidade de movimento.

PARA FORÇAS CONSTANTES:

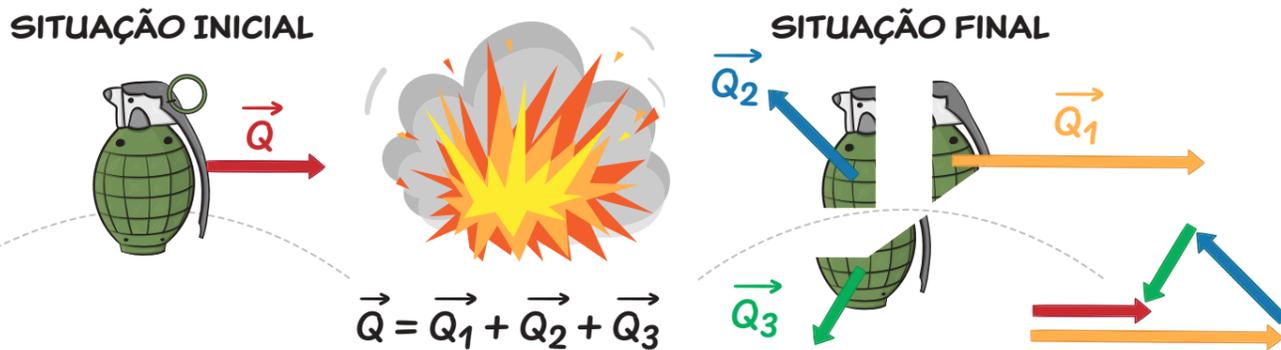
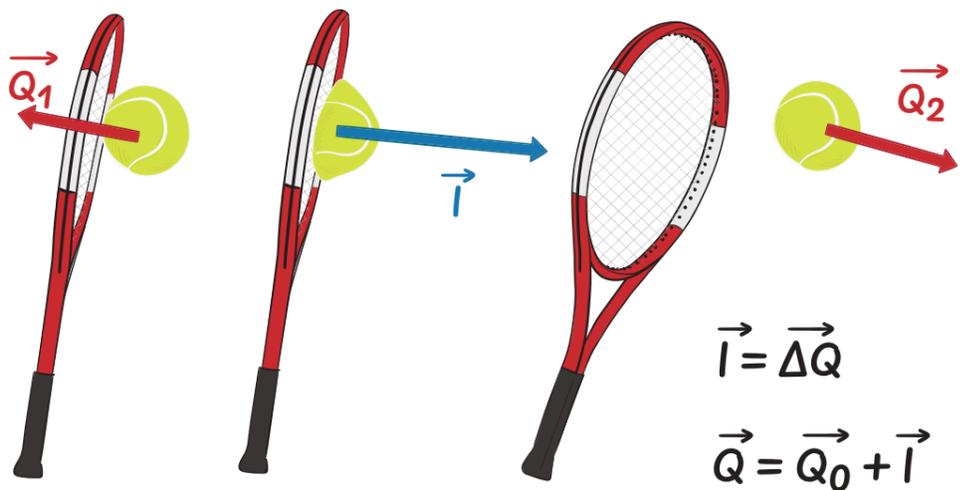
SEMPRE:

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

[N · s] [N] [s]



TEOREMA DO IMPULSO



A quantidade de movimento do sistema é conservada, é a mesma no início e no fim em sistemas isolados.

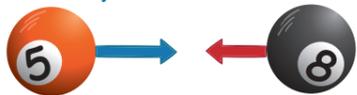
O centro de massa da granada continua seguindo a trajetória inicial.

COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO

$$e = \frac{v_{afastamento}}{v_{aproximação}}$$

$$v_{relativa} = |\vec{v}_A - \vec{v}_B|$$

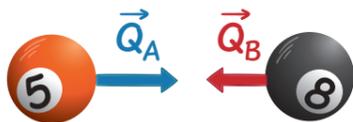
$$\vec{v}_A = 3 \text{ m/s} \quad \vec{v}_B = -1 \text{ m/s}$$



$$v_{aprox} = 4 \text{ m/s}$$

COLISÕES

$$\vec{Q}_{antes} = \vec{Q}_{depois}$$



PERFEITAMENTE ELÁSTICA

$$e = 1 \quad v_{afast} = v_{aprox}$$

$$E_{M_{antes}} = E_{M_{depois}}$$

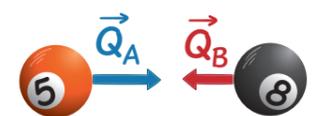
PARCIALMENTE ELÁSTICA

$$0 < e < 1$$

$$v_{afast} < v_{aprox}$$

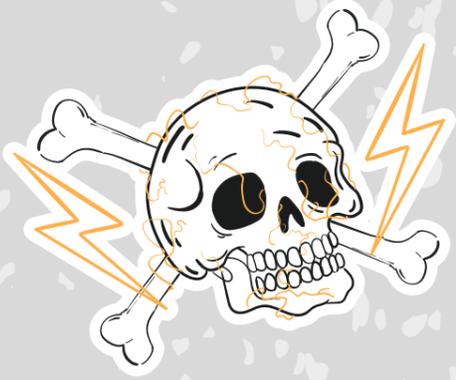
$$E_{M_{antes}} > E_{M_{depois}}$$

INELÁSTICA (ANELÁSTICA)



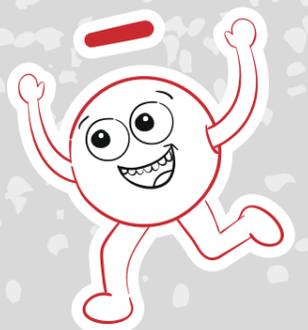
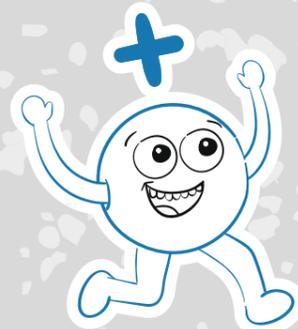
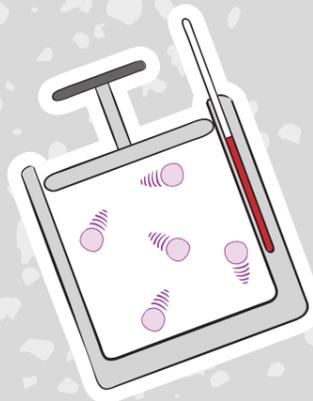
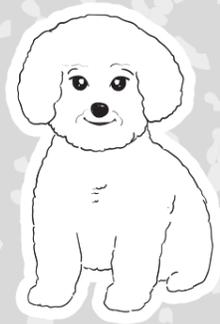
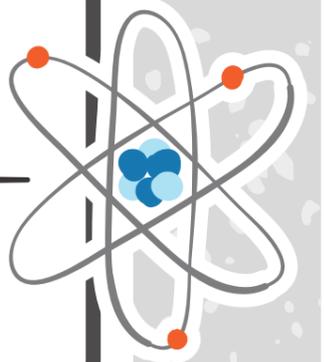
Ficam grudados

$$E_{M_{antes}} \gg E_{M_{depois}}$$



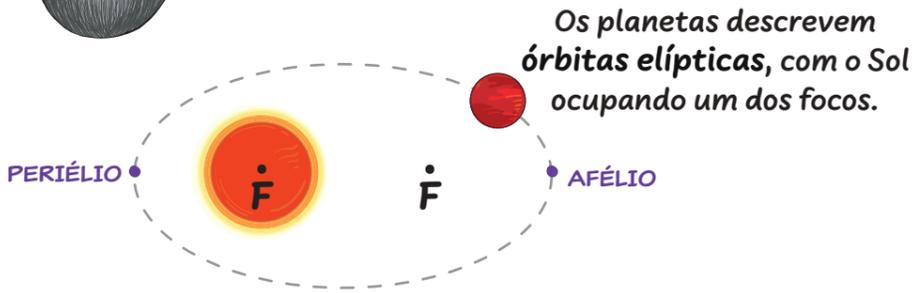
Física

GRAVITAÇÃO

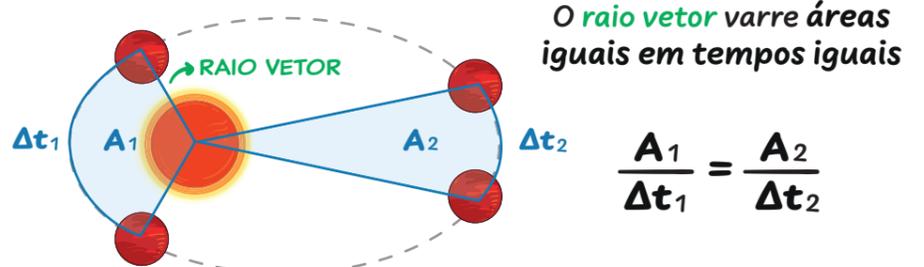




1ª Lei: Lei das Órbitas

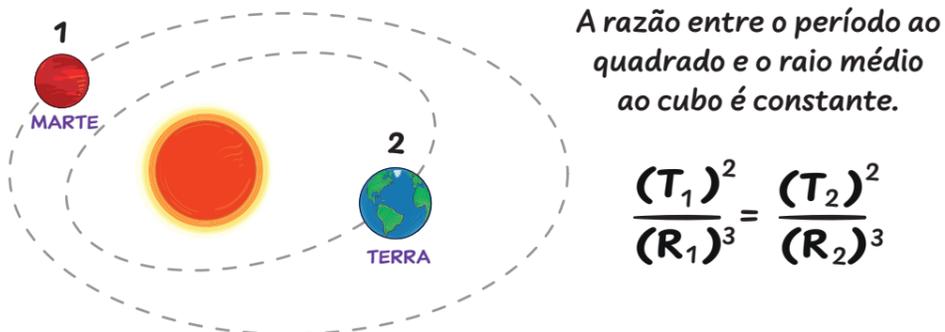


2ª Lei: Lei das Áreas

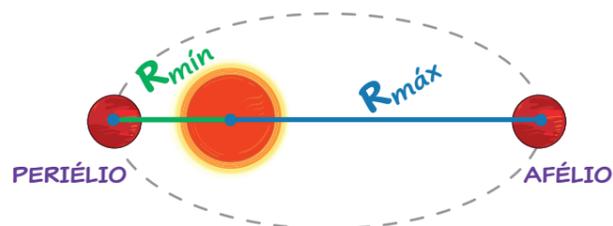


Quanto mais perto do Sol, maior a velocidade do planeta.

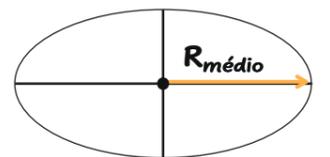
3ª Lei: Lei dos Períodos



RAIO MÉDIO DA ÓRBITA



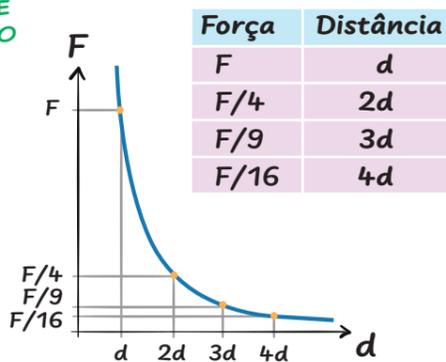
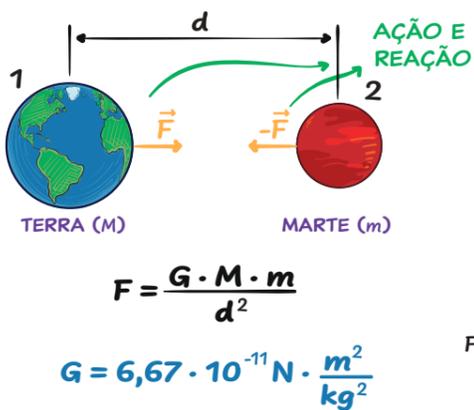
$$R_{\text{méd}} = \frac{R_{\text{máx}} + R_{\text{mín}}}{2}$$



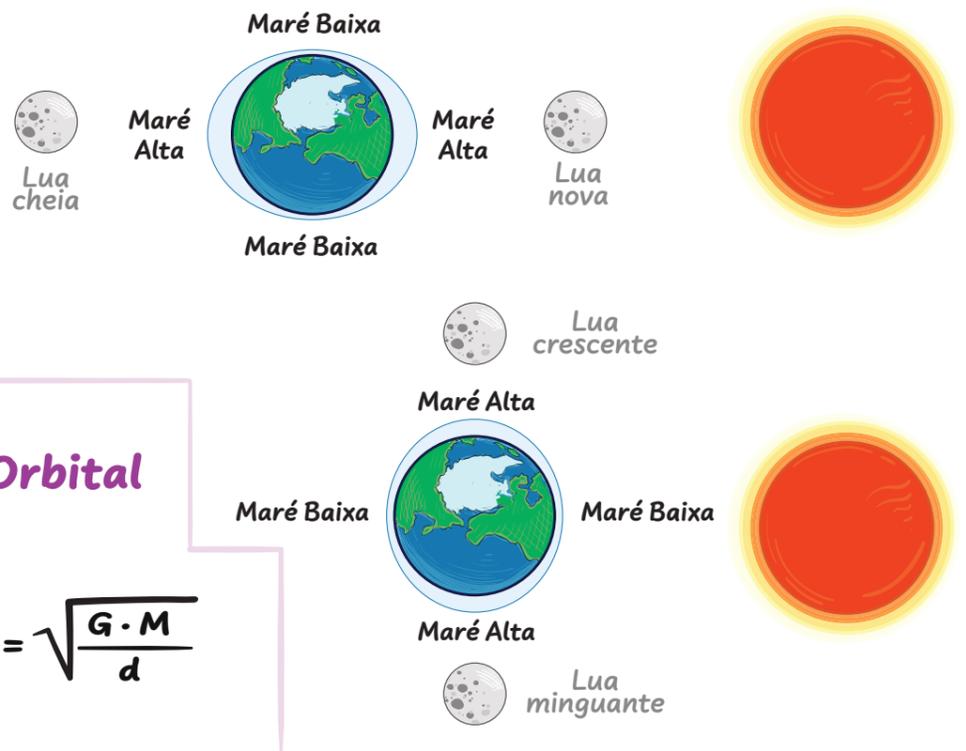
O raio médio é o semi-eixo maior da elipse.

GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

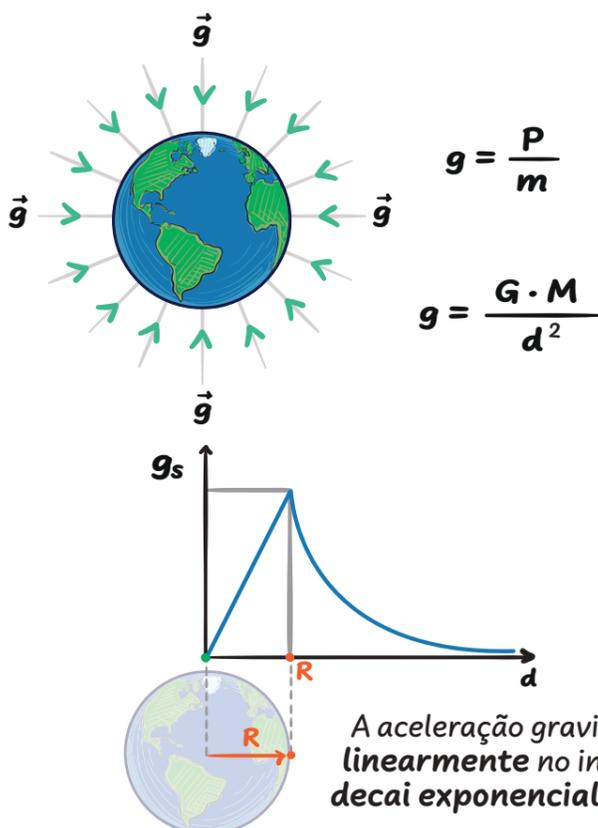
Lei da Gravitação Universal



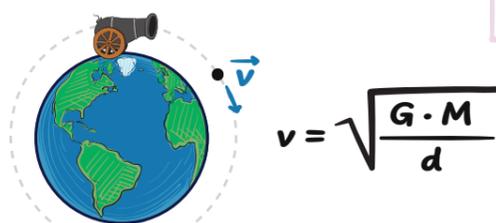
Marés



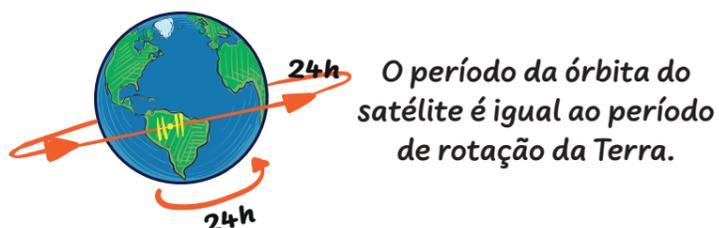
Campo Gravitacional RADIAL E CONVERGENTE



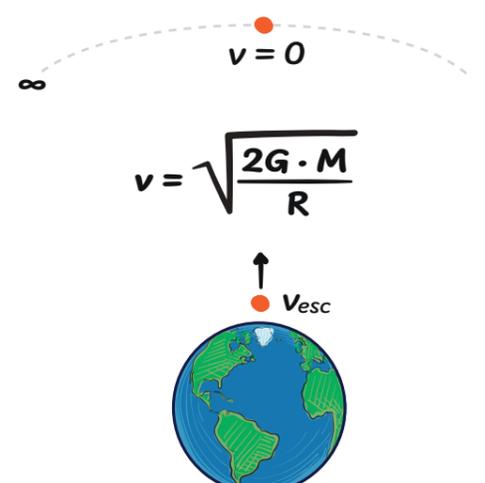
Velocidade Orbital



Satélites Geoestacionários



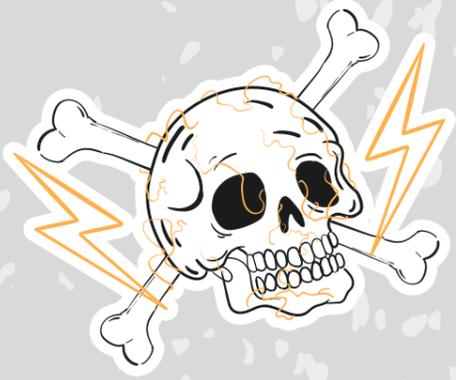
Velocidade de Escape



Energia Potencial Gravitacional

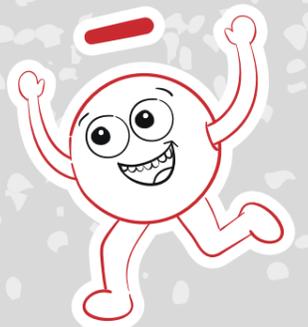
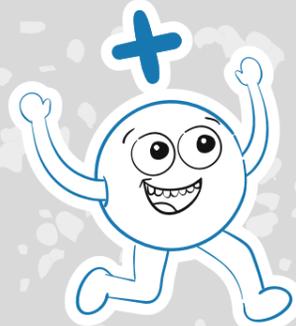
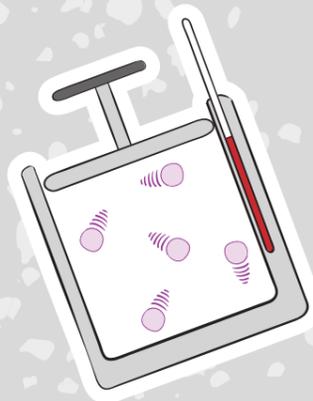
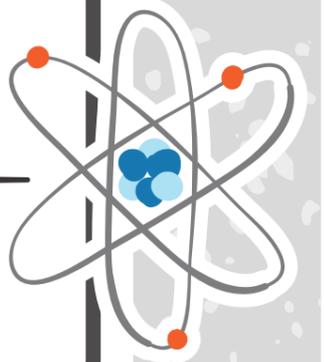
$$E_{\text{PG}} = \frac{-G \cdot M \cdot m}{d}$$

A energia potencial é nula no infinito.



Física

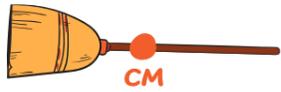
ESTÁTICA





Centro de Massa (CM)

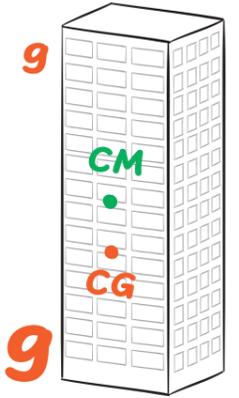
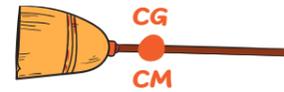
Em corpos regulares, o centro de massa é localizado no centro geométrico.



Em corpos irregulares, o centro de massa é mais próximo da região de maior massa.

Centro de Gravidade (CG)

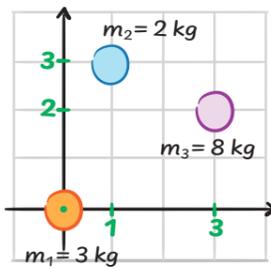
Ponto onde pode-se imaginar a aplicação da força peso.



Em campos gravitacionais uniformes, o CG coincide com o CM.

Em corpos de altura considerável, o CG é deslocado para baixo do CM.

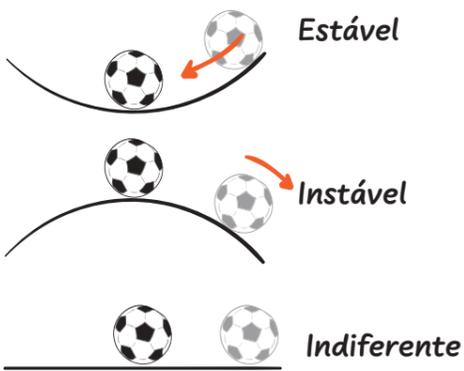
Determinação analítica



$$x_{CM} = \frac{x_1 \cdot m_1 + x_2 \cdot m_2 + x_3 \cdot m_3}{m_{TOTAL}}$$
$$y_{CM} = \frac{y_1 \cdot m_1 + y_2 \cdot m_2 + y_3 \cdot m_3}{m_{TOTAL}}$$

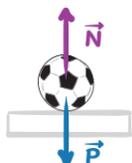
EQUILÍBRIO DE UM PONTO MATERIAL

Tipos de Equilíbrio



Condição de Equilíbrio

$$F_R = 0 \text{ ou } \Sigma \vec{F} = 0$$



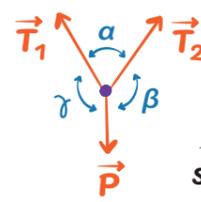
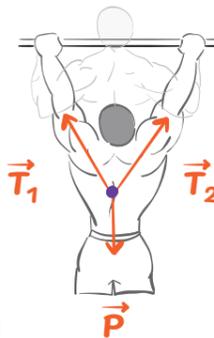
$$F_R = 0$$
$$N - P = 0$$
$$N = 0$$



$$F_R = 0$$
$$T - P = 0$$
$$T = P$$

Teorema de Lamy

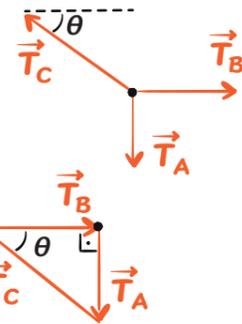
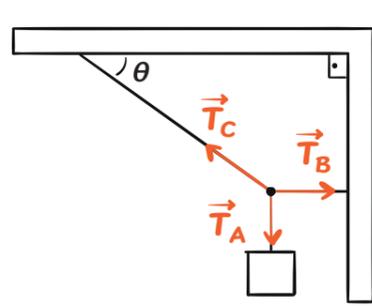
(somente para 3 forças)



$$\frac{P}{\text{sen}(\alpha)} = \frac{T_1}{\text{sen}(\beta)} = \frac{T_2}{\text{sen}(\gamma)}$$

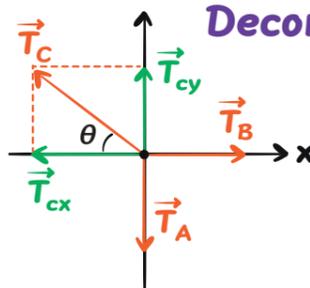
Esta equação também é conhecida como Lei dos Senos.

Método do Polígono



$$\text{sen}(\theta) = \frac{T_A}{T_C}$$
$$\text{cos}(\theta) = \frac{T_B}{T_C}$$

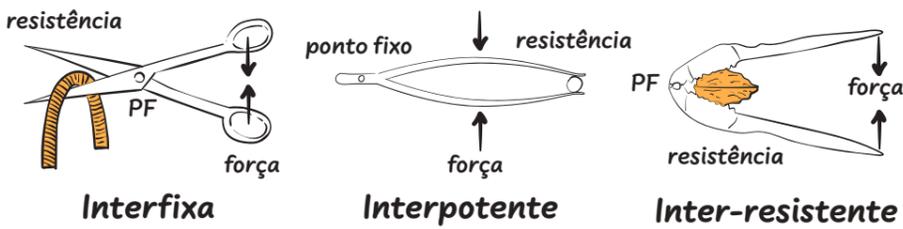
Decomposição Vetorial



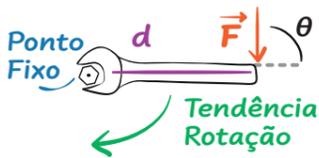
$$T_{cx} = T_C \cdot \text{cos}(\theta) \quad \Sigma \vec{F}_x = 0$$
$$T_{cy} = T_C \cdot \text{sen}(\theta) \quad \Sigma \vec{F}_y = 0$$

EQUILÍBRIO DE UM CORPO EXTENSO

Alavancas

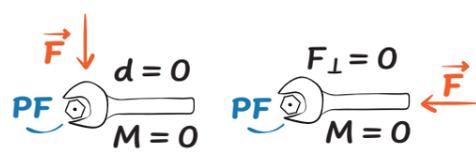


Momento de uma força (torque)

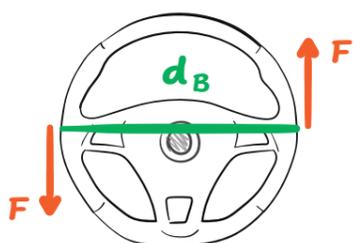


$$M = F \cdot \text{sen}(\theta) \cdot d$$
$$M = F_{\perp} \cdot d$$

Força perpendicular ao braço de ação.



Momento Binário

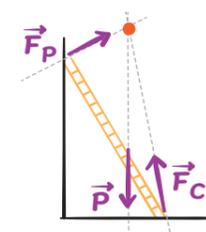
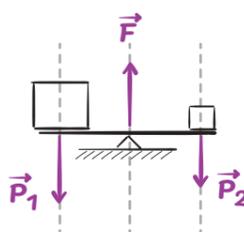


$$M_B = F \cdot d_B$$

As forças são paralelas e de sentidos opostos. O momento binário independe da localização do ponto fixo.

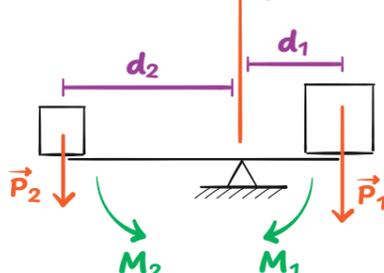
Condições de Equilíbrio

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



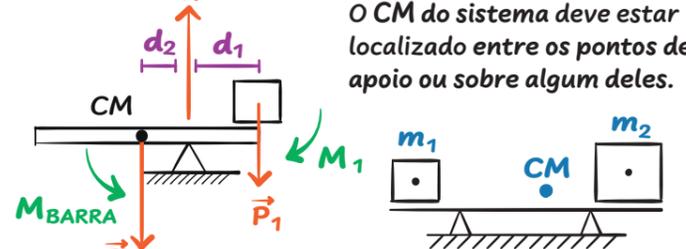
Se um corpo extenso está em equilíbrio pela ação de apenas três forças, elas devem ser paralelas ou concorrentes.

BARRA DE MASSA DESPREZÍVEL



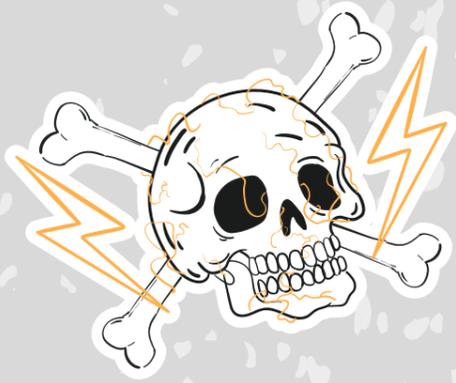
$$\Sigma \vec{F} = 0$$
$$R = P_1 + P_2$$
$$\Sigma \vec{M} = 0$$
$$M_1 = M_2$$
$$P_1 \cdot d_1 = P_2 \cdot d_2$$

BARRA DOTADA DE MASSA



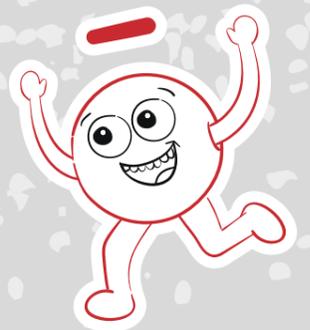
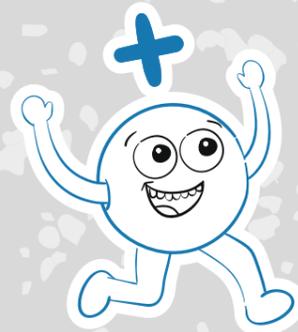
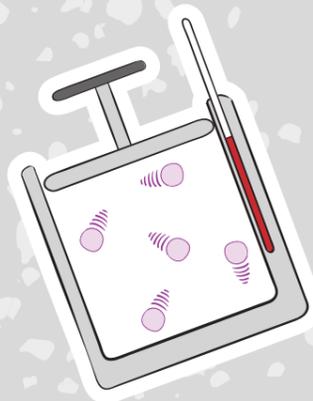
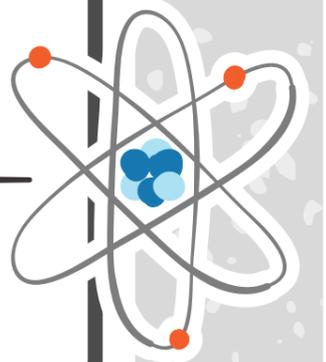
O CM do sistema deve estar localizado entre os pontos de apoio ou sobre algum deles.

Basta localizar o CM da barra e aplicar seu peso ali.



Física

HIDROSTÁTICA





FÍSICA
PROFESSOR
COELHO

HIDROSTÁTICA



ESTUDA OS FLUIDOS EM REPOUSO.

Massa específica (μ ou ρ) (substância)

$$\mu = \frac{m_{\text{substância}}}{V_{\text{substância}}}$$

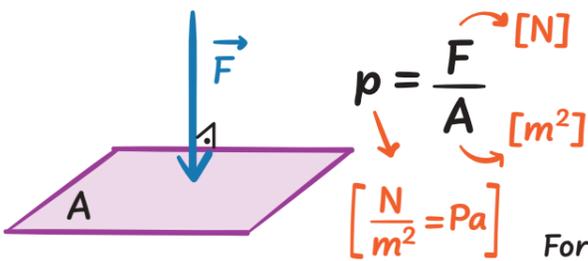


Densidade (d) (corpo)



$$d = \frac{m_{\text{corpo}}}{V_{\text{corpo}}}$$

PRESSÃO



Força distribuída em área grande = Pressão pequena



Unidades comuns e conversão

$$m = [kg, g]$$

$$1 kg = 1.000 g$$

$$kg \xrightarrow{\times 10^3} g$$

$$V = [m^3, cm^3, L]$$

$$1 m^3 = 10^3 L = 10^6 cm^3$$

$$m^3 \xrightarrow{\times 10^3} L \xrightarrow{\times 10^3} cm^3$$

$$1 mL = 1 cm^3$$

$$\mu = d = \left[\frac{kg}{m^3}, \frac{g}{cm^3}, \frac{kg}{L} \right]$$

$$1 \frac{g}{cm^3} = 1 \frac{kg}{L} = 10^3 \frac{kg}{m^3}$$

$$\frac{g}{cm^3} \xrightarrow{\times 10^3} \frac{kg}{m^3} \xrightarrow{\div 10^3} \frac{kg}{L}$$

Pressão Atmosférica

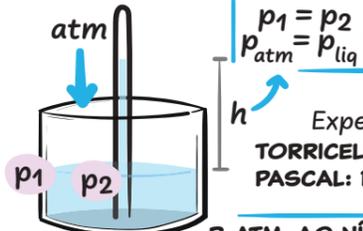
Pressão devido à força que a atmosfera exerce sobre a superfície da Terra.

Relacionada ao nível do mar



PESO DO AR

MEDIÇÃO DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA (barômetro)



UMA RELAÇÃO INVERSA

Quanto maior a altitude menor a pressão atmosférica

Quanto menor a altitude maior a pressão atmosférica

Experimentos:

TORRICELLI: 760 mmHg

PASCAL: 10 m de água (mca)

P. ATM. AO NÍVEL DO MAR:

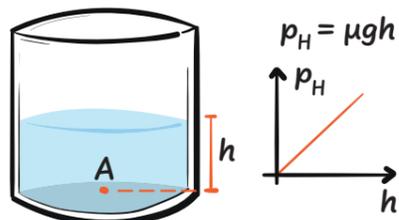
$$1.10^5 Pa = 1 atm = 760 mmHg = 10 mca$$

Diferença de Pressão

O fluido sempre escoa para a região de menor pressão.

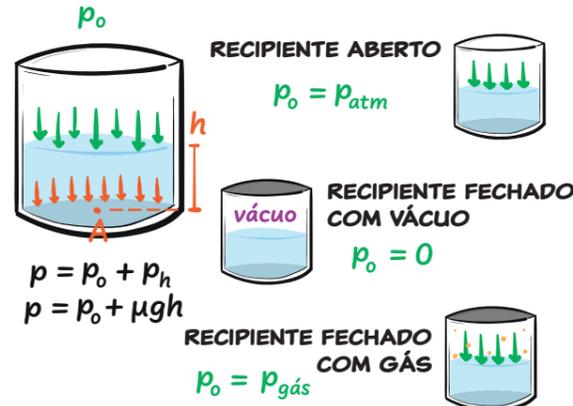


Pressão Hidrostática (efetiva ou manométrica)

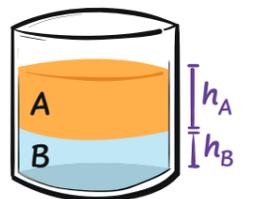


É a pressão exercida por uma coluna de líquido.

Pressão Absoluta



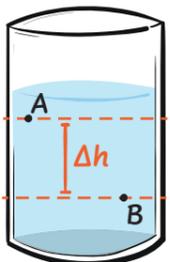
Líquidos não miscíveis



$$p = p_o + p_A + p_B$$

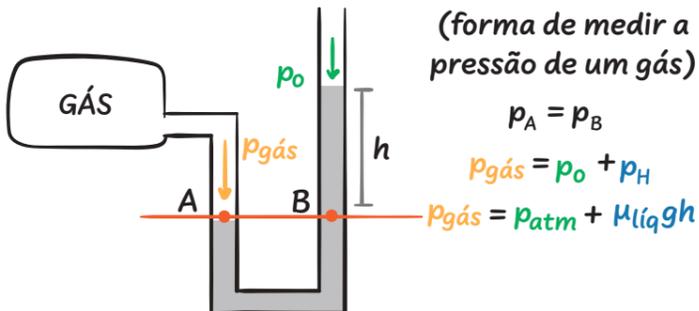
$$p = p_o + \mu_A gh_A + \mu_B gh_B$$

Teorema de Stevin



$$\Delta p_{AB} = \mu g \Delta h_{AB}$$

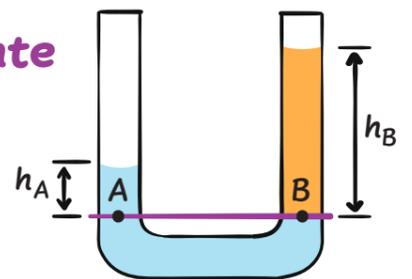
Manômetros



Vasos Comunicante

$$p_A = p_B$$

$$\mu_A h_A = \mu_B h_B$$

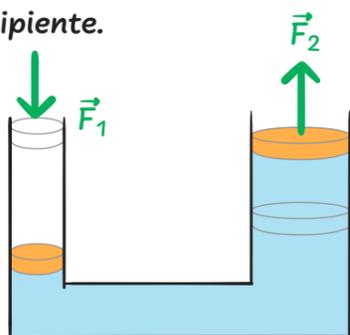
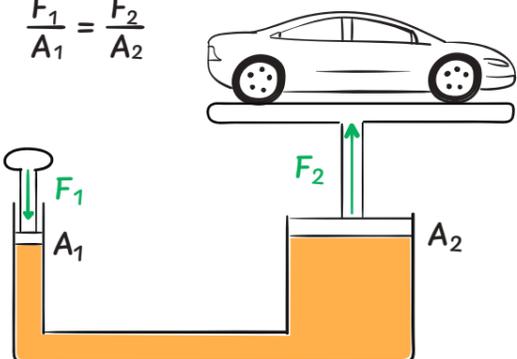


PRINCÍPIO DE PASCAL

O aumento da pressão (Δp) gerado em um fluido incompressível se transmite integralmente a todos os pontos do fluido e às paredes do recipiente.

$$\Delta p_1 = \Delta p_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$



Conservação de matéria

$$\Delta V_1 = \Delta V_2$$

$$A_1 d_1 = A_2 d_2$$

Conservação de energia

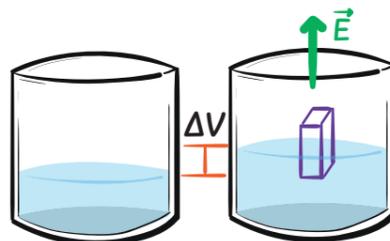
$$W_1 = W_2$$

PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES (EMPUXO)

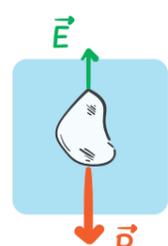
Empuxo é o peso do fluido deslocado

$$\Delta V = V_{\text{deslocado}} = V_{\text{submerso}}$$

$$E = \mu_{\text{fluido}} \cdot g \cdot V_{\text{submerso}}$$



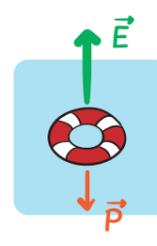
Quando submersos:



$$P > E$$

$$d_{\text{corpo}} > \mu_{\text{água}}$$

AFUNDA

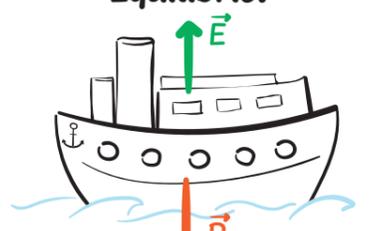


$$P < E$$

$$d_{\text{corpo}} < \mu_{\text{água}}$$

EMERGE

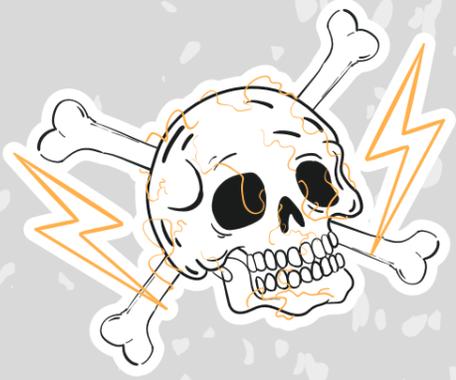
Equilíbrio:



$$P = E$$

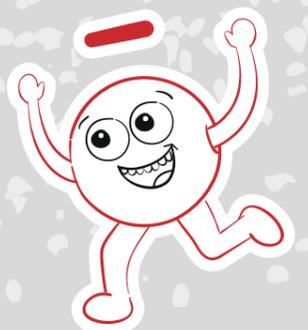
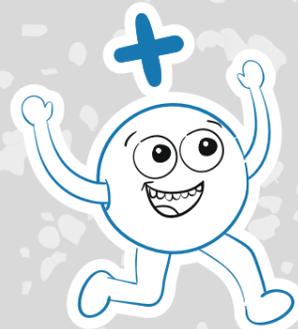
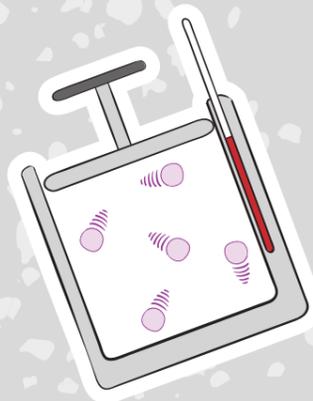
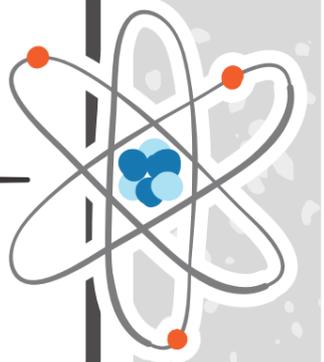
FLUTUA





Física

HIDRODINÂMICA

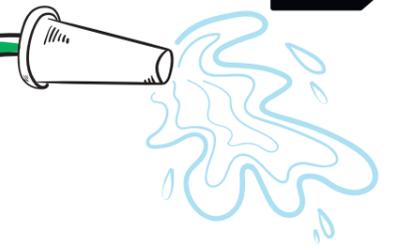




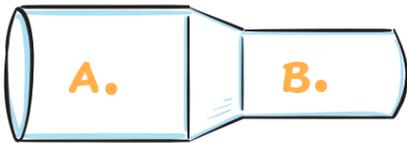
FÍSICA
PROFESSOR
COELHO

HIDRODINÂMICA

É A PARTE DA FÍSICA QUE ESTUDA OS FLUIDOS EM MOVIMENTO



LÍQUIDO IDEAL



É um líquido incompressível, não viscoso e flui em escoamento estacionário, ou seja, a pressão e a velocidade em um ponto *nunca mudam*.

VAZÃO (Z OU Φ)

$Z = \frac{V}{\Delta t}$ m^3, L, cm^3
 s, min, h

$\frac{m^3}{s}, \frac{m^3}{min}, \frac{L}{s}, \frac{L}{min}$

$Z_1 = 0 \quad Z_2 < Z_3$

OUTRA FORMA DE REPRESENTAR: $Z = A \cdot v$
 $\frac{m^3}{s} \quad m^2 \quad \frac{m}{s}$

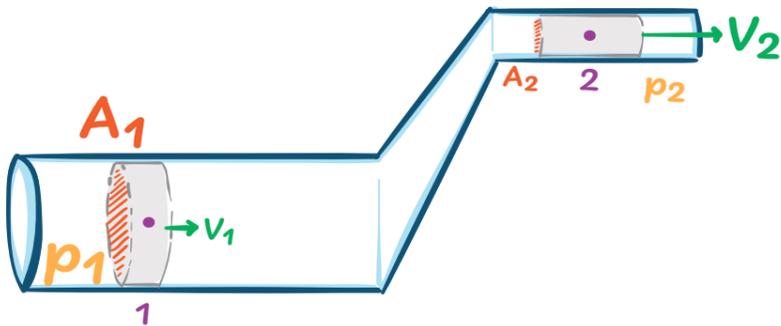
EQUAÇÃO DA CONTINUIDADE



$$Z_1 = Z_2$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

EQUAÇÃO DE BERNOULLI



$$p_1 + \mu g h_1 + \frac{\mu v_1^2}{2} = p_2 + \mu g h_2 + \frac{\mu v_2^2}{2}$$

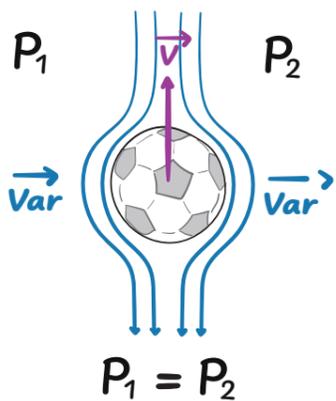
CASO ESPECIAL



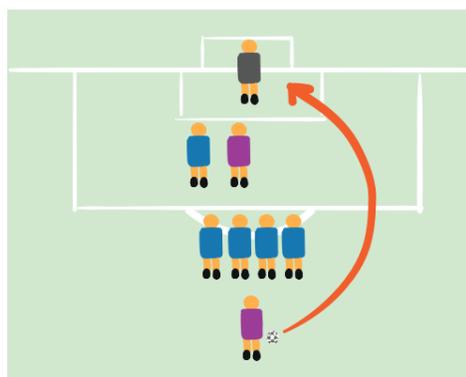
$$h_1 = h_2$$

$$p_1 + \frac{\mu v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\mu v_2^2}{2}$$

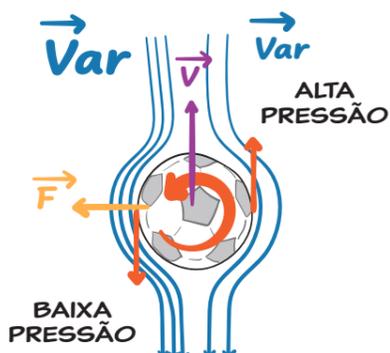
EFEITO MAGNUS



$$P_1 = P_2$$



Quando a bola se desloca girando, o ar passa mais facilmente por um lado do que pelo outro. Isso causa uma diferença de pressão e uma força que provoca a trajetória curva da bola.



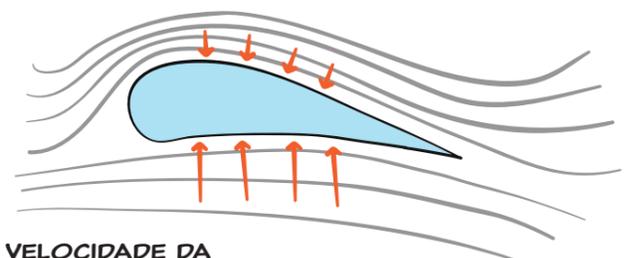
ALTA PRESSÃO

BAIXA PRESSÃO

AVIÕES



A MAIOR VELOCIDADE DA CORRENTE DE AR CORRESPONDE UMA PRESSÃO MAIS BAIXA



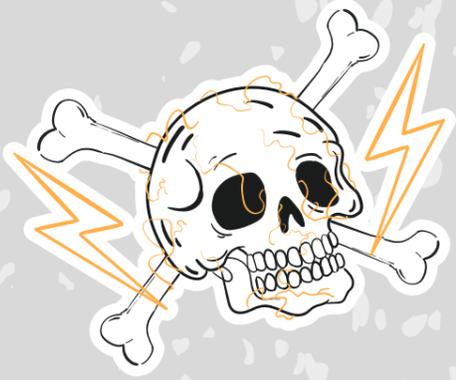
A MENOR VELOCIDADE DA CORRENTE DE AR CORRESPONDE UMA PRESSÃO MAIS ALTA

A corrente de ar que passa por cima das asas tem sua velocidade aumentada, com base no Princípio da Continuidade e na Equação de Bernoulli.

A diferença de velocidades entre as correntes corresponde a uma diferença de pressão.

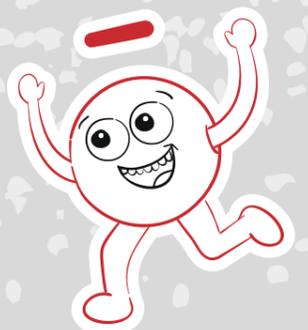
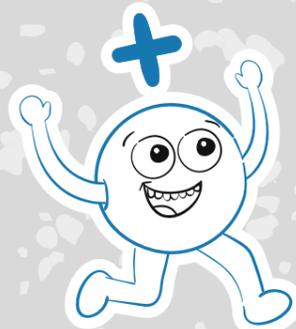
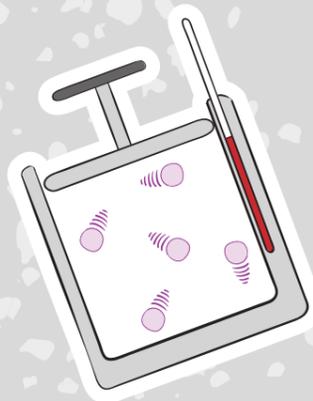
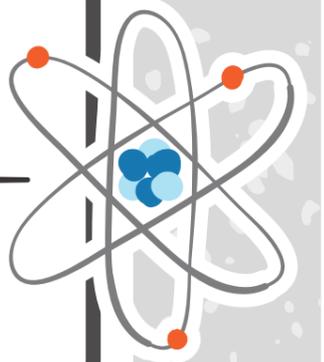
Essa diferença de pressão provoca uma força de sustentação para cima, que eleva e mantém o avião no ar.





Física

TERMOLOGIA

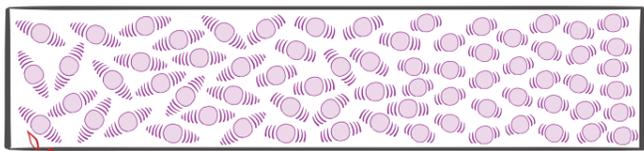




TEMPERATURA E ESCALAS TERMOMÉTRICAS



Temperatura (T ou θ)

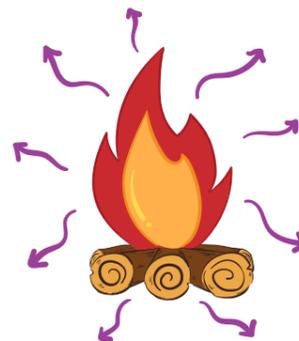


A temperatura é uma medida indireta da agitação dos átomos e moléculas de um corpo.

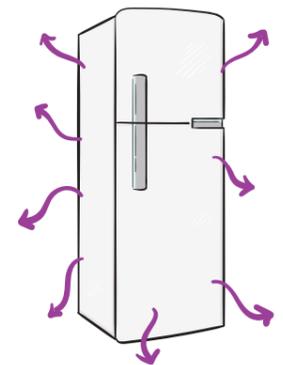
Calor (Q)

O calor é energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperatura.

FLUXO ESPONTÂNEO DE CALOR



FLUXO FORÇADO DE CALOR

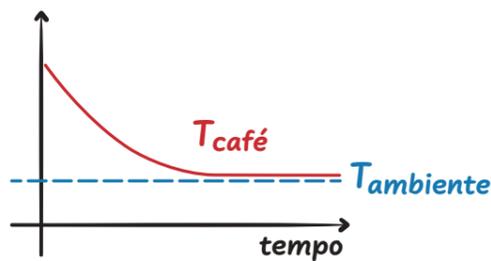


Corpos não possuem calor.
Corpos possuem energia térmica e trocam calor.

Equilíbrio Térmico



Café quente, cede calor ao ambiente



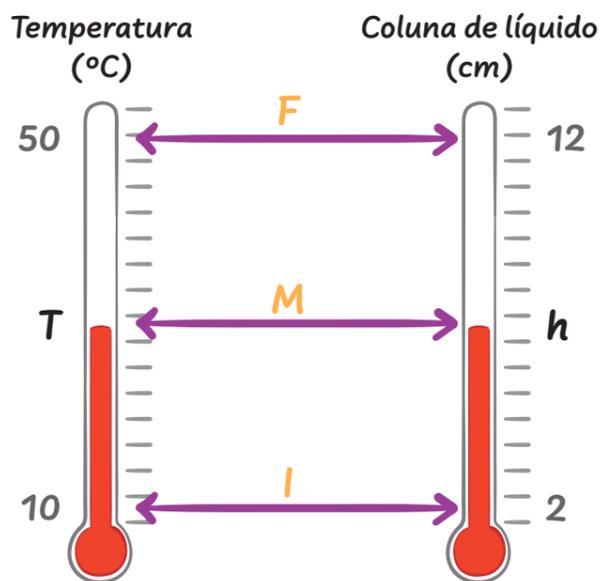
Café chegou na temperatura ambiente, não há mais troca de calor.



✓ O dia está quente.
✗ O dia está muito calor.

TERMÔMETROS E ESCALAS DE TEMPERATURA

Comparar escalas e alturas (ou escalas diferentes)



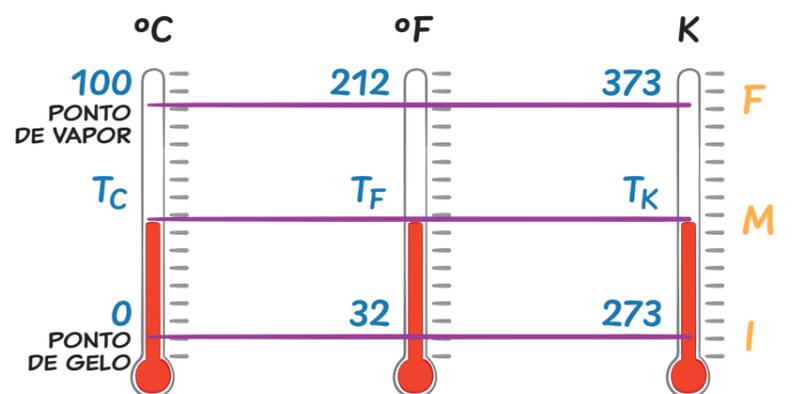
$$\frac{M-l}{F-l} = \frac{M-l}{F-l}$$

$$\frac{T-10}{50-10} = \frac{h-2}{12-2}$$

$$T = 4h + 2$$

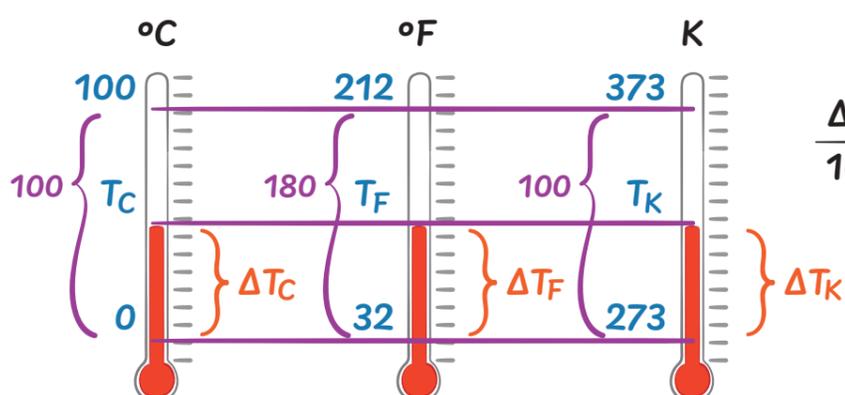
Equação Termométrica

Comparar valores nas escalas



$$\frac{T_C}{100} = \frac{T_F - 32}{180} = \frac{T_K - 273}{100}$$

Comparar intervalos de temperatura



$$\frac{\Delta T_C}{100} = \frac{\Delta T_F}{180} = \frac{\Delta T_K}{100}$$

ZERO ABSOLUTO

O valor 0 K (zero kelvin) representa o menor estado de agitação da matéria.

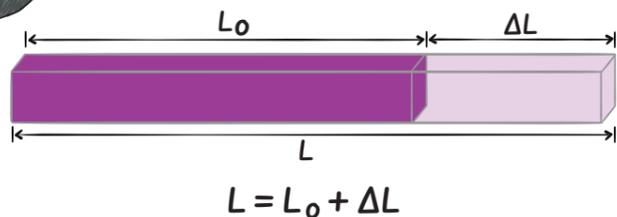




FÍSICA
PROFESSOR
COELHO

DILATAÇÃO LINEAR

QUANDO O INTERESSE É EM APENAS UMA DIMENSÃO.



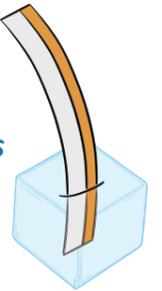
$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$[m, cm, mm]$ → Coeficiente de dilatação linear
 $[^{\circ}C]$ →
 $[^{\circ}C^{-1}]$ →
 Depende do material



Lâmina Bimetálica

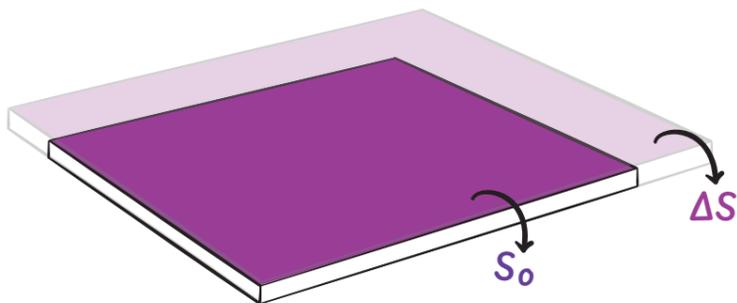
O material com maior α dilata mais ao ser aquecido e também contrai mais ao ser resfriado.



São valores pequenos, normalmente da ordem de 10^{-5} e $10^{-6} \text{ } ^{\circ}C^{-1}$.

DILATAÇÃO SUPERFICIAL

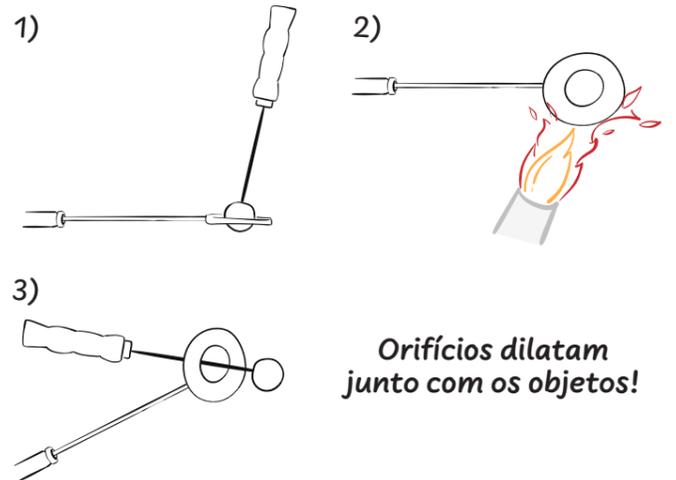
(ΔS ou ΔA) QUANDO O INTERESSE É EM DUAS DIMENSÕES.



$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

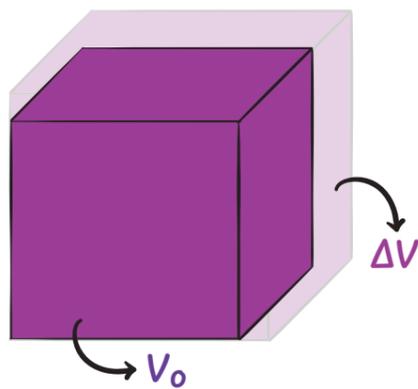
$[m^2, cm^2, mm^2]$ → Coeficiente de dilatação superficial
 $[^{\circ}C]$ →
 $[^{\circ}C^{-1}]$ →
 $\beta = 2\alpha$

$$S = S_0 + \Delta S$$



DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA

QUANDO O INTERESSE É NAS TRÊS DIMENSÕES.

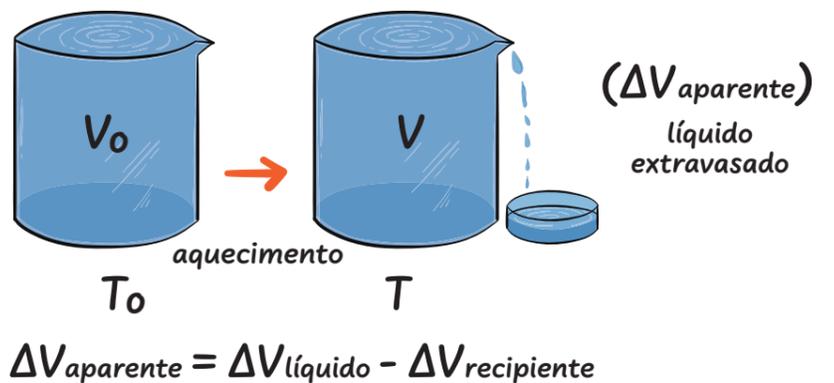


$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

$[m^3, cm^3, mm^3]$ → Coeficiente de dilatação volumétrica
 $[^{\circ}C]$ →
 $[^{\circ}C^{-1}]$ →
 $\gamma = 3\alpha$

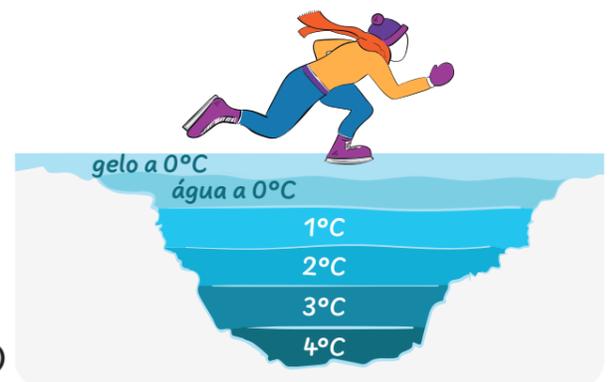
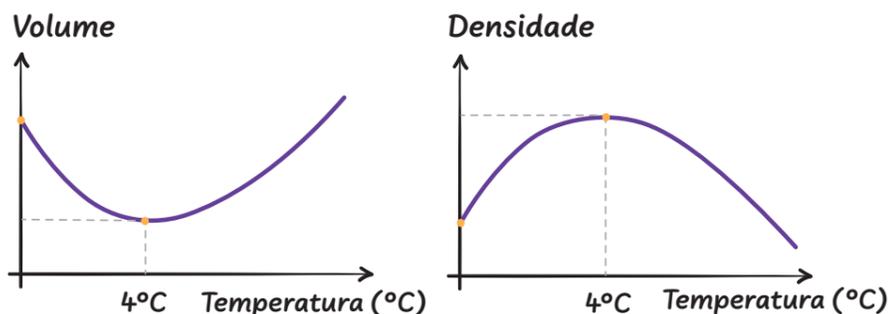
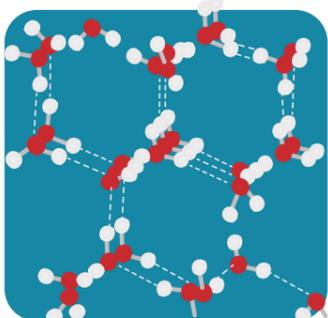
$$V = V_0 + \Delta V$$

Dilatação Aparente

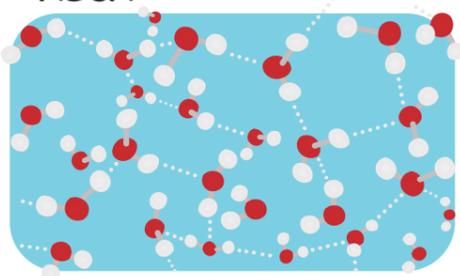


Dilatação Anômala da Água

GELO



ÁGUA



Na temperatura de 4 $^{\circ}C$, as moléculas de água estão muito próximas umas das outras, resultando no menor volume ocupado e, portanto, na maior densidade. Essa característica permite a manutenção da vida em locais com invernos rigorosos, por exemplo.



Como $\Delta T_C = \Delta T_K$, os coeficientes de dilatação (α , β e γ) são equivalentes nas unidades $^{\circ}C^{-1}$ e K^{-1} .



CALOR SENSÍVEL

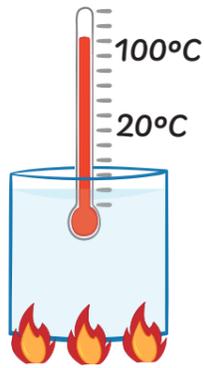
PROVOCA VARIAÇÃO NA TEMPERATURA.

Capacidade Térmica (C)

$$Q = C \cdot \Delta T$$

[cal, J, Btu] [°C, K]

[cal, J] / [°C, K]



Calor Específico (c)

$$c = \frac{C}{m}$$

[g, kg]

[cal / g·°C, J / kg·K]

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Calor para corpos constituídos de uma única substância.

CAPACIDADE TÉRMICA (C)	VS	CALOR ESPECÍFICO (c)
Característica do corpo		Característica da substância
Quanto maior C, mais calor o corpo precisa para variar T.		Quanto maior c, mais calor a substância precisa para variar T.
Quanto maior c, maior C; quanto maior a massa, maior C: $C = m \cdot c$		

CALOR LATENTE

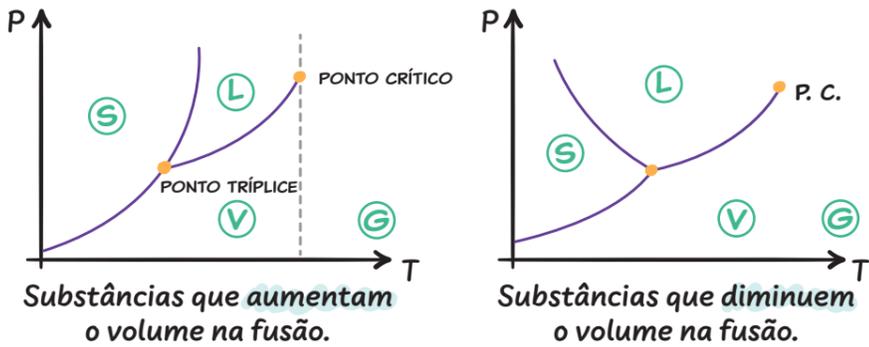
PROVOCA MUDANÇA DE ESTADO.

Absorve calor (endotérmico)



Libera calor (exotérmico)

Diagrama de Fases



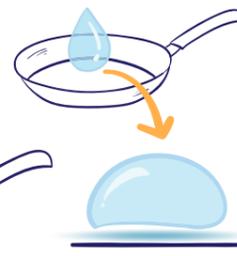
Vaporização



EVAPORAÇÃO
 $T_{EVAP.} < T_{EBUL.}$



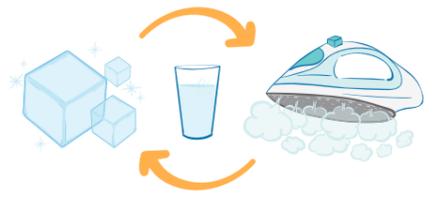
EBULIÇÃO



CALEFAÇÃO

$T_{SUPERFÍCIE} > T_{EBUL.}$

Sublimação



Gelo Seco (CO₂)
Iodo

Quantidade de calor latente

$$Q = m \cdot L$$

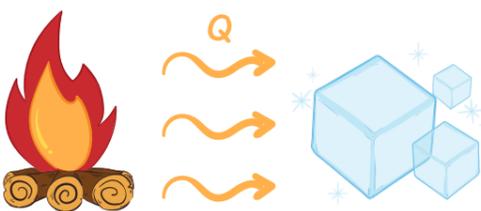
- $L_{\text{fusão gelo}} = 80 \text{ cal/g}$
- $L_{\text{solid. água}} = -80 \text{ cal/g}$
- $L_{\text{vapo. água}} = 540 \text{ cal/g}$
- $L_{\text{cond. vapor}} = -540 \text{ cal/g}$



Pressão maior
 $T_{EBULIÇÃO}$ maior
Tempo cozimento menor

TROCAS DE CALOR

O CALOR FLUI ESPONTANEAMENTE DA MAIOR TEMPERATURA PARA A MENOR.



$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{recebido}} = 0$$

Potência

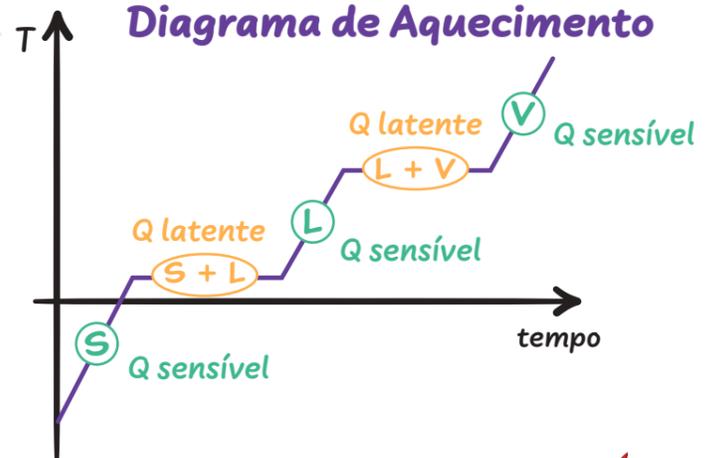
$$P = \frac{Q}{\Delta T}$$

Conversão de unidades

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J} \approx 4,2 \text{ J}$$

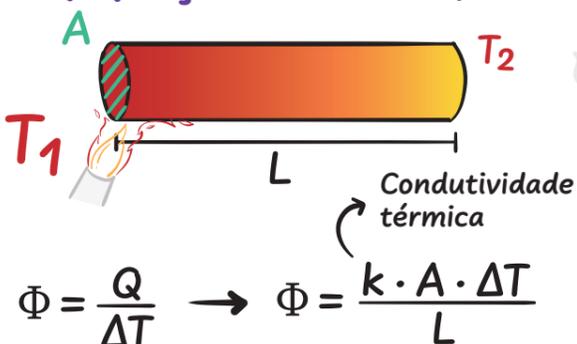
$$1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal}$$

Diagrama de Aquecimento



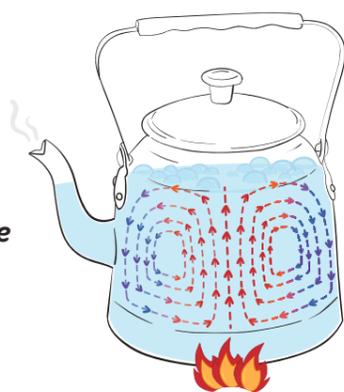
TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Fluxo de Calor - Condução (Equação de Fourier)



Materiais condutores: ↑ k

Convecção



Deslocamento da matéria em função da diferença de densidade.



AR QUENTE

AR FRIO

Irradiação

Raios infravermelhos
GARRAFA TÉRMICA



Superfícies espelhadas
↓ Irradiação

Vácuo ou ar rarefeito
↓ Condução
↓ Convecção



GASES

Equação de Clapeyron

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Constante universal dos gases perfeitos

$$0,082 \frac{\text{atm} \cdot \ell}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3$$

p: $1 \text{ atm} = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$

n: mols

V: $1 \text{ m}^3 = 1 \cdot 10^3 \ell = 1 \cdot 10^6 \text{ cm}^3$

T: kelvin [K]

Teoria Cinética dos Gases

(Estudo das moléculas do gás) $\rightarrow 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

Constante de Boltzmann

PRESSÃO DE UM GÁS

$$p = \frac{m \cdot v^2}{3V}$$

ENERGIA CINÉTICA POR MOLÉCULA

$$E_c = \frac{3}{2} k \cdot T$$

ENERGIA CINÉTICA TOTAL

$$E_c = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot T = \frac{3}{2} p \cdot V$$

VELOCIDADE MÉDIA QUADRÁTICA

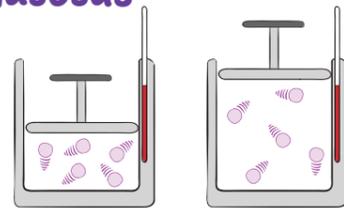
$$v = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{M}}$$

Massa molar do gás

Transformações Gasosas

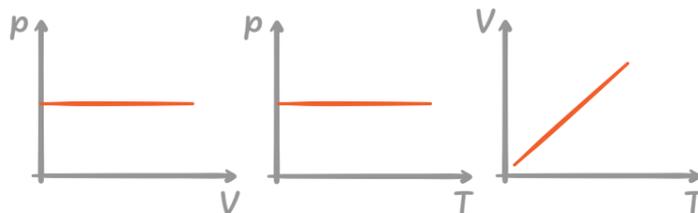
$$\frac{p_1 \cdot V_1}{p_2 \cdot V_2} = \frac{n_1 \cdot T_1}{n_2 \cdot T_2}$$

Funciona para qualquer transformação!



Transformações gasosas em sistemas isolados

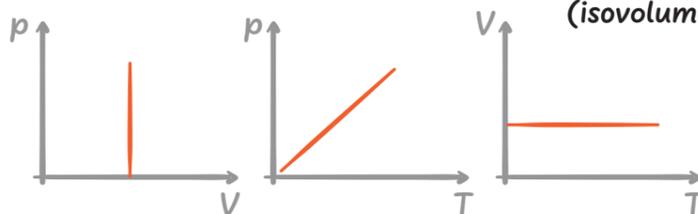
TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA (P CONSTANTE)



$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

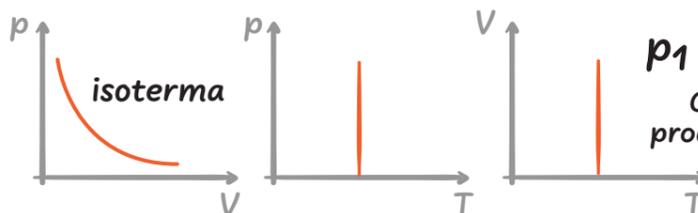
TRANSFORMAÇÃO ISOMÉTRICA (V CONSTANTE)

(isovolumétrica ou isocórica)



$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA (T CONSTANTE)



$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Quanto maior o produto $p \cdot V$, maior T

TERMODINÂMICA

Energia Interna

$$U = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot T$$
$$U = \frac{3}{2} p \cdot V$$

Para gases monoatômicos!

$$\Delta U \begin{cases} \oplus \uparrow U \rightarrow \uparrow T \\ \ominus \downarrow U \rightarrow \downarrow T \\ \text{ZERO } U_1 = U_2 \rightarrow T_1 = T_2 \end{cases}$$

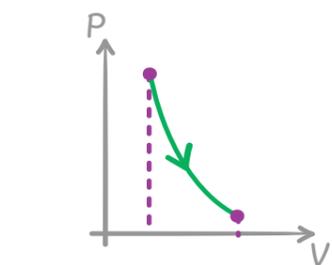
1ª Lei da Termodinâmica

Conservação da Energia

$$Q = \Delta U + W$$

Q + Absorve calor

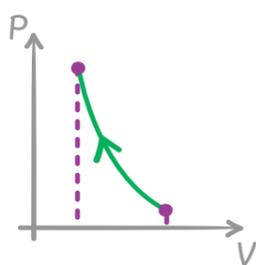
Q - Libera calor



Expansão adiabática

$$Q = 0 \quad W + \Delta U -$$

Gás resfria



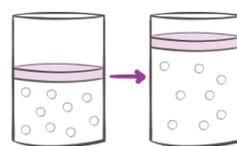
Compressão adiabática

$$Q = 0 \quad W - \Delta U +$$

Gás aquece

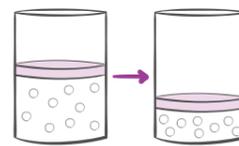
Trabalho Termodinâmico

Expansão W+



Gás realiza trabalho sobre o meio externo.

Compressão W-

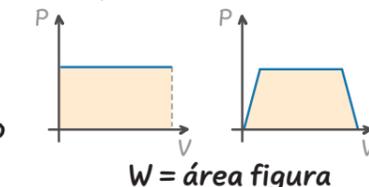


Gás recebe trabalho do meio externo.

→ Em pressões constantes:

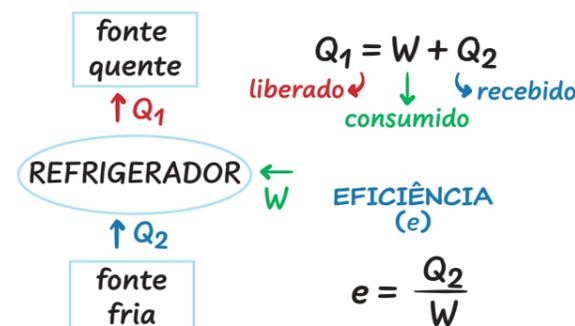
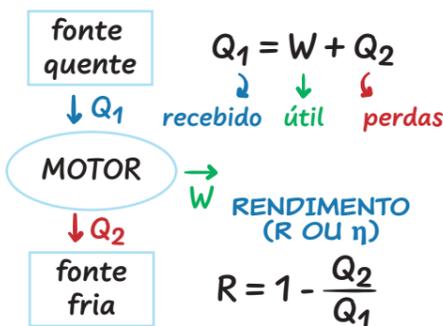
$$W = p \cdot \Delta V$$

→ Sempre funciona:



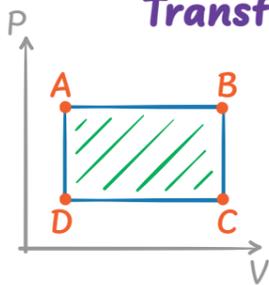
W = área figura

2ª Lei da Termodinâmica



Não há, em hipótese alguma, uma máquina térmica que transforme todo calor em trabalho.

Transformações Cíclicas



Ciclo horário:

$$W_{\text{ciclo}} +$$

$$W_{\text{ciclo}} -$$

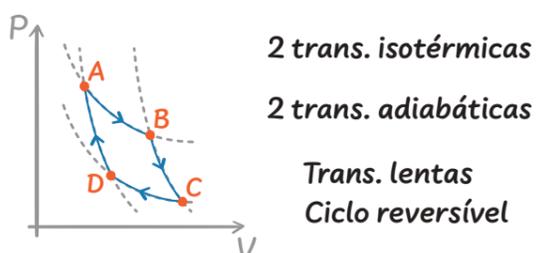
$$\Delta U_{\text{ciclo}} = 0$$

$$Q_{\text{ciclo}} = W_{\text{ciclo}}$$

$$Q_{\text{ciclo}} = Q_1 - Q_2$$

$$W_{\text{ciclo}} = \text{área interna}$$

Ciclo de Carnot



2 trans. isotérmicas

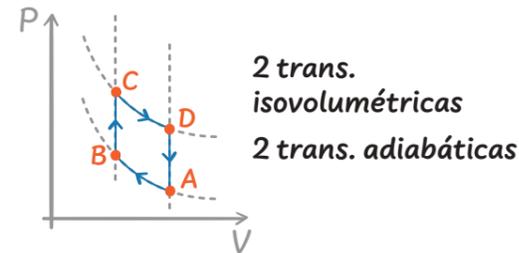
2 trans. adiabáticas

Trans. lentas
Ciclo reversível

RENDIMENTO TEÓRICO MÁXIMO:

$$R = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

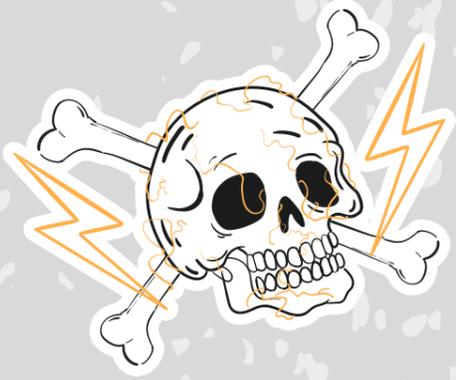
Ciclo de Otto



2 trans. isovolumétricas

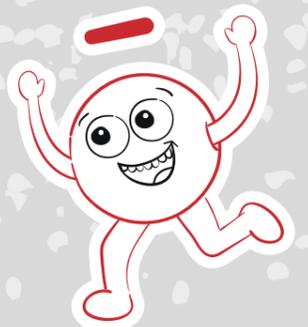
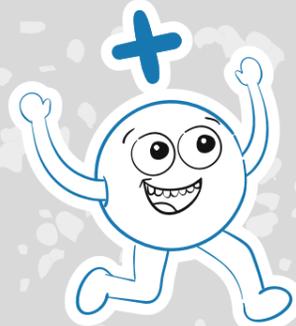
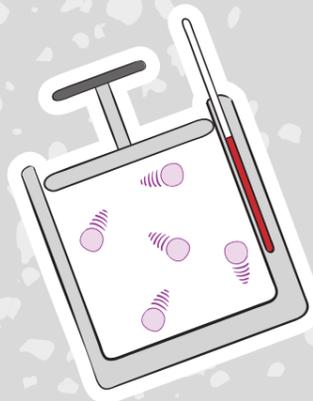
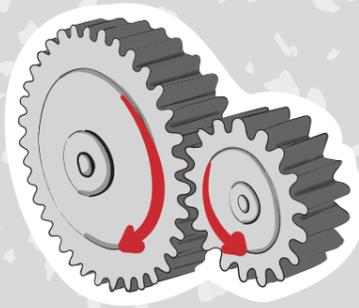
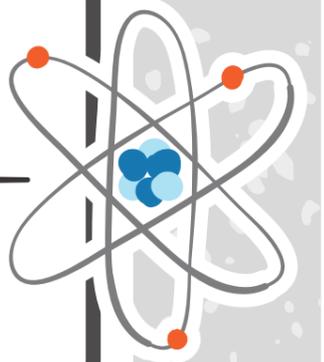
2 trans. adiabáticas





Física

ONDULATÓRIA





ONDAS

Ondas são uma forma de transporte de energia sem transporte de matéria.



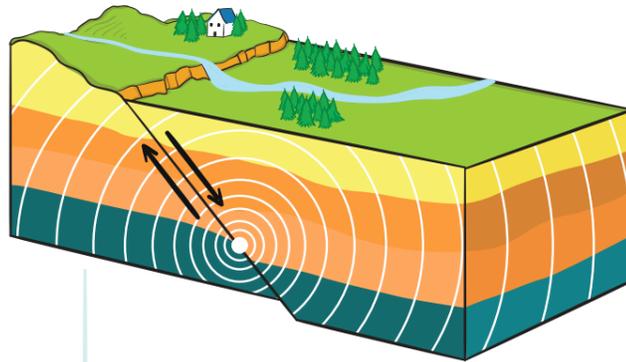
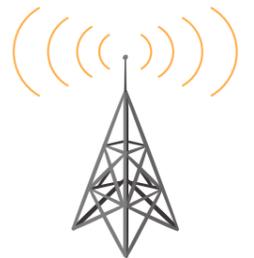
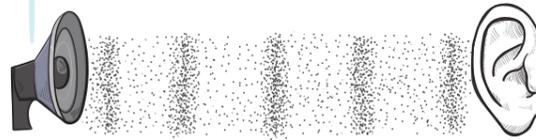
Classificação das ondas QUANTO À NATUREZA:

MECÂNICAS

Precisam de meio material para se propagar.

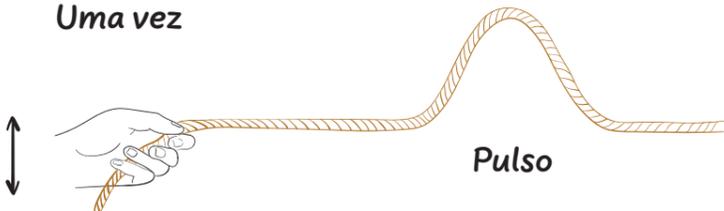
ELETROMAGNÉTICAS

Não precisam de meio material para se propagar.



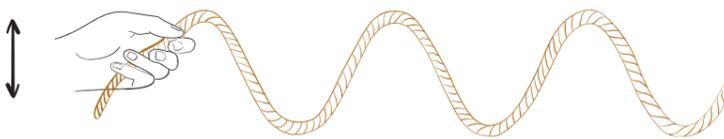
Pulso e Trem de Ondas

Uma vez



Pulso

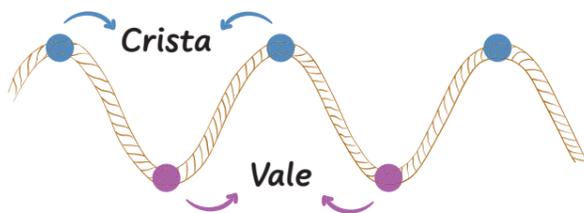
Trem de Ondas



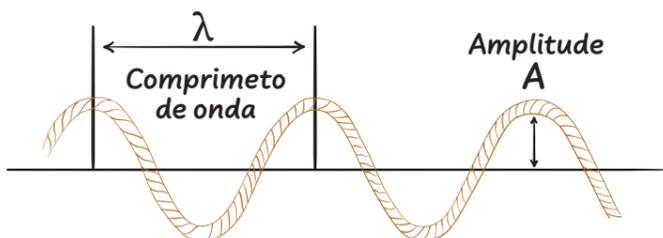
Várias vezes

Elementos de uma onda

CRISTAS E VALES



COMPRIMENTO DE ONDA E AMPLITUDE

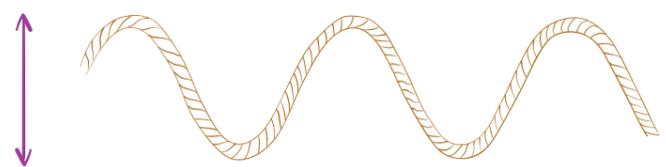


QUANTO À VIBRAÇÃO E PROPAGAÇÃO:

ONDAS TRANSVERSAIS

Direção de vibração

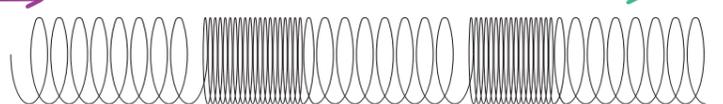
Propagação



ONDAS LONGITUDINAIS

Direção de vibração

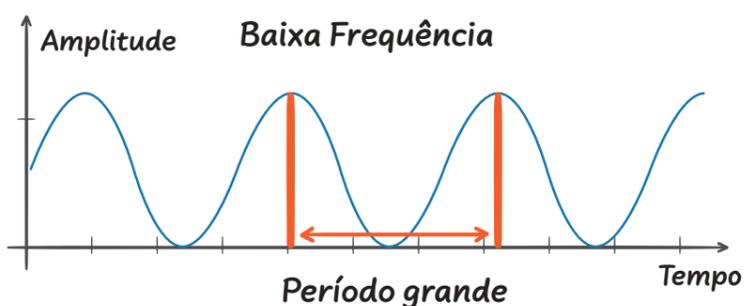
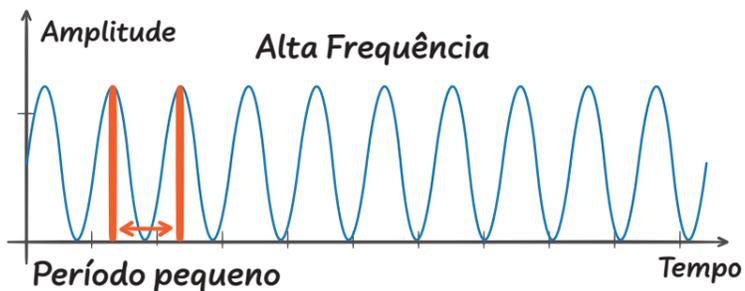
Propagação



Ondas mecânicas podem ser transversais ou longitudinais.

Ondas eletromagnéticas só podem ser transversais.

Características de uma onda



PERÍODO (T)

é o tempo necessário para uma oscilação completa.

FREQUÊNCIA (f)

mede a quantidade de repetições em um intervalo de tempo.

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ repetições}}{\Delta t}$$

$[Hz]$ ← $f = \frac{1}{T}$ $[s]$

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO (v)

$$v = \lambda \cdot f$$

$[m/s]$ $[m]$ $[Hz]$
 $[cm/s]$ $[cm]$

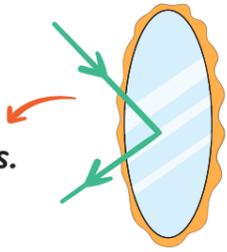
OUTRAS UNIDADES:

bpm = batimentos por minuto
rpm = rotações por minuto
60 bpm = 1 Hz
60 rpm = 1 Hz



REFLEXÃO

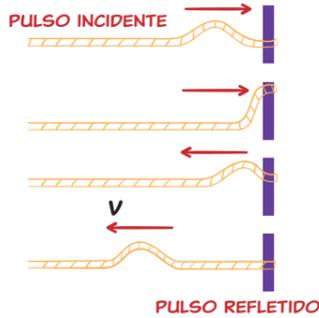
Superfície de separação de meios.



v, λ, f permanecem constantes

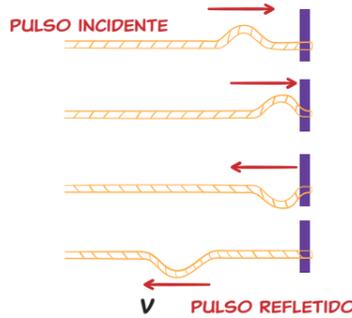
Reflexão em cordas

EXTREMIDADE MÓVEL



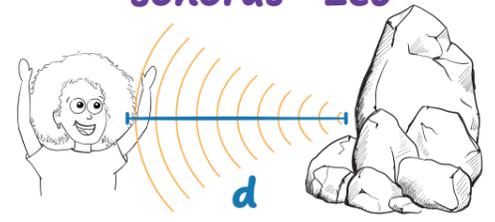
Sem inversão de fase

EXTREMIDADE FIXA



Com inversão de fase.

Reflexão de ondas sonoras - Eco

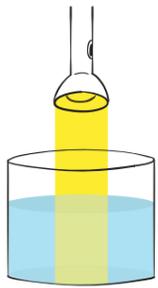


$$d = 2 \cdot v_{\text{som}} \cdot \Delta t$$

v_{som} depende das condições do ar. Costuma ser entre 330 m/s e 340 m/s.

$$d_{\text{mínima}} = \frac{v_{\text{som}}}{20}$$

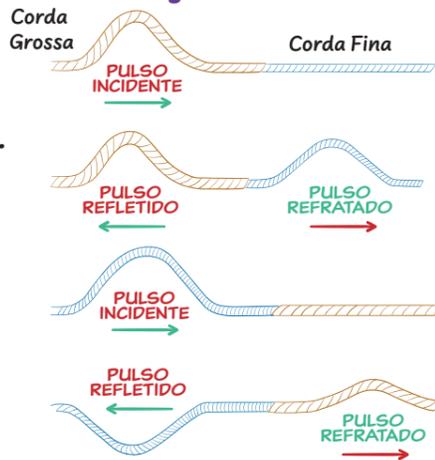
REFRAÇÃO



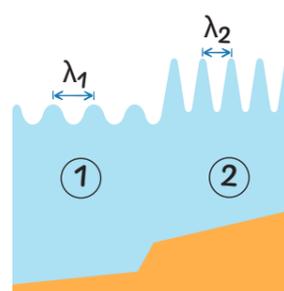
Mudança de velocidade de propagação (mudança de meio).

$$f_1 = f_2 \quad \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$$

Refração em cordas



Refração de ondas no mar



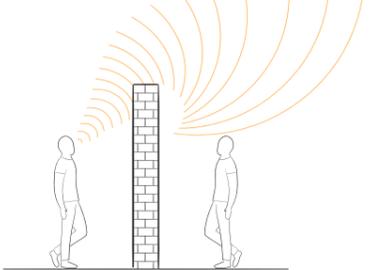
A onda refratada não sofre inversão de fase.

Ecolocalização

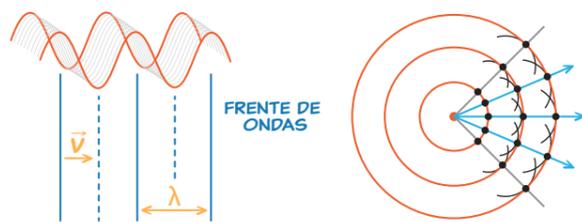


DIFRAÇÃO

Capacidade de ondas contornarem obstáculos.

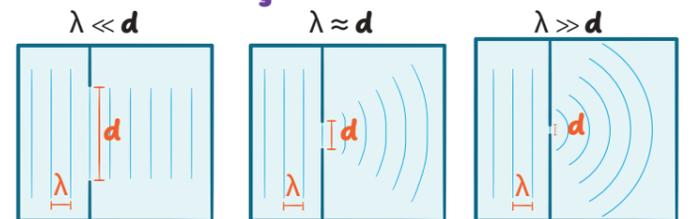


Princípio de Huygens



Cada ponto de uma frente de onda comporta-se como uma nova fonte de ondas.

Difração em fendas



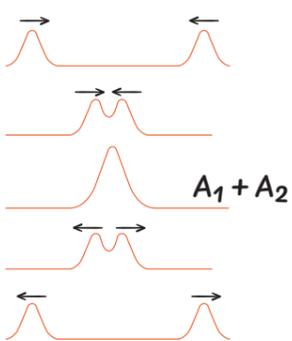
Quanto maior o comprimento de onda em relação à fenda, mais acentuada a difração.



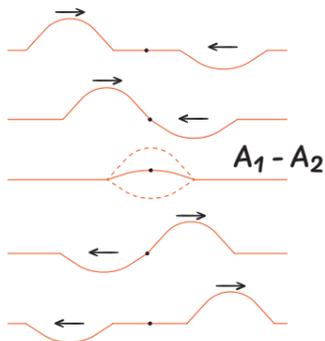
O som difrata mais que a luz pois o λ da luz é muito menor que o λ do som.

INTERFERÊNCIA

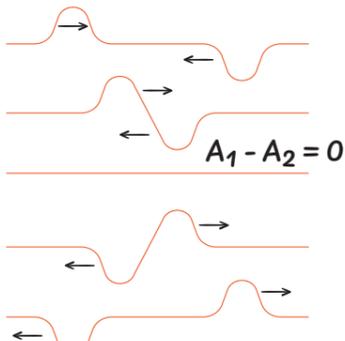
Fases iguais, interferência construtiva.



Fases opostas, interferência destrutiva.

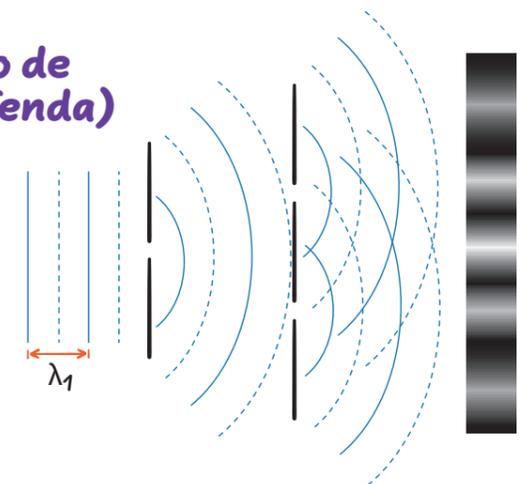


Fases opostas e amplitudes iguais, interferência destrutiva total.



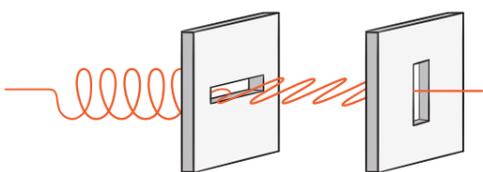
Experimento de Young (dupla fenda)

Natureza ondulatória da luz



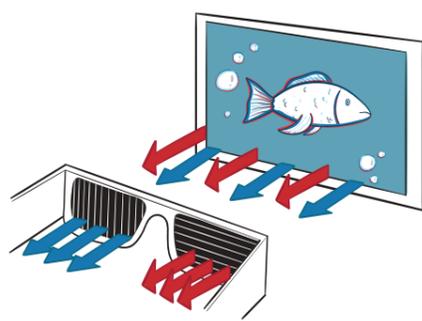
POLARIZAÇÃO

Apenas ondas transversais podem ser polarizadas.



O som não pode ser polarizado! (onda longitudinal)

Como funciona o 3D



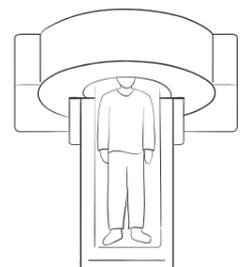
Cada olho recebe uma imagem, enganando o cérebro.

RESSONÂNCIA

Excitações por frequências próximas da frequência natural provocam aumento na energia.



Propriedades elétricas do rádio selecionam a frequência natural (sintonização).



A ressonância nuclear magnética é baseada em oscilações magnéticas.



FÍSICA
PROFESSOR
COELHO

SOM

ONDAS SONORAS SÃO ONDAS MECÂNICAS LONGITUDINAIS.

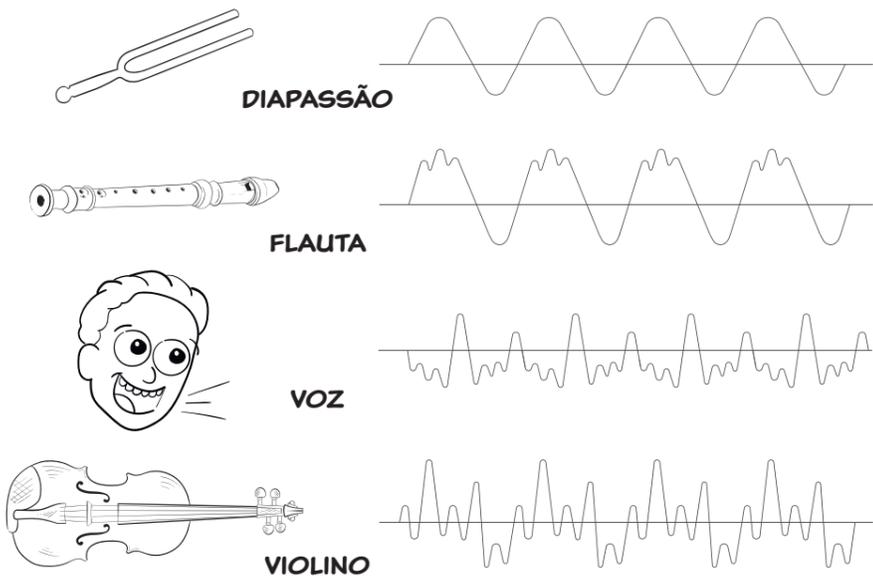


PROPRIEDADES FISIOLÓGICAS DO SOM

$f < 20 \text{ Hz}$ Infrassom
 $20 \text{ Hz} < f < 20.000 \text{ Hz}$ Som
 $f > 20.000 \text{ Hz}$ Ultrassom



Timbre (formato de onda)

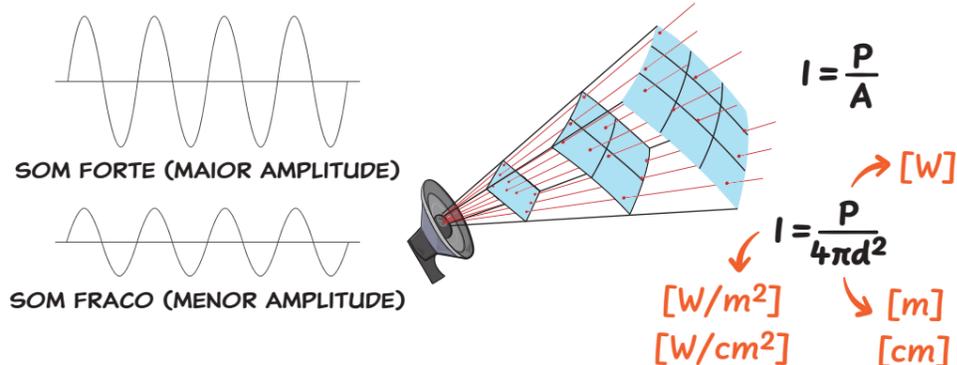


Altura (Tom)



É possível encontrar uma mesma frequência mais aguda ou mais grave, basta multiplicar ou dividir por 2!

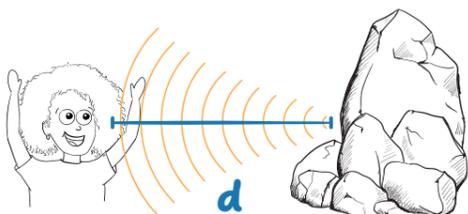
Intensidade (Volume)



Quanto maior a distância da fonte sonora, menor é a intensidade (volume) do som.

FENÔMENOS SONOROS

Reflexão - Eco

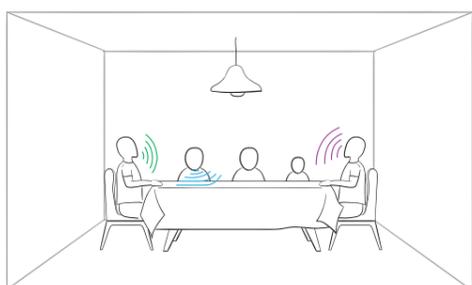


v_{som} depende das condições do ar. Costuma ser entre 330 m/s e 340 m/s.

$$d = 2 \cdot v_{\text{som}} \cdot \Delta t$$

$$d_{\text{mínima}} = \frac{v_{\text{som}}}{20}$$

Reverberação e Reforço

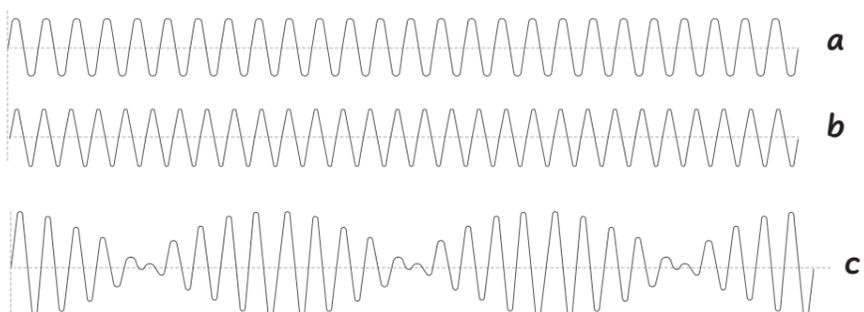


REVERBERAÇÃO: reflexão não é distante para ter eco, intensidade sonora aumentada e repetição levemente atrasada.

REFORÇO: reflexão ainda mais próxima, intensidade sonora ainda mais aumentada.

Batimento

Interferência de ondas de FREQUÊNCIAS PARECIDAS



$$f_{\text{som}} = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

$$f_{\text{batimento}} = |f_1 - f_2|$$

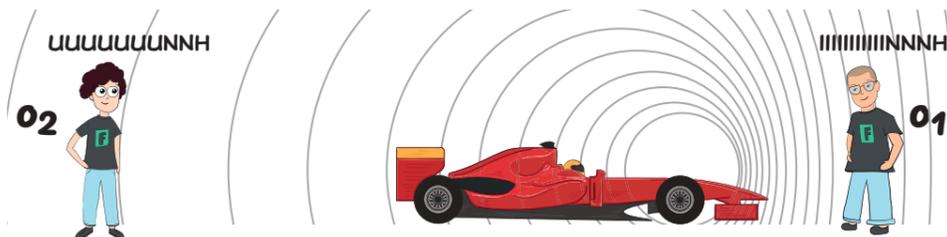
Nível Sonoro



$N = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$
[dB]

Limiar da audição
 $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$
 $I_0 = 10^{-16} \text{ W/cm}^2$

EFEITO DOPPLER



$$f_{\text{aparente}} = f_{\text{emitida}} \cdot \frac{v_{\text{som}} \pm v_{\text{observador}}}{v_{\text{som}} \pm v_{\text{fonte}}}$$

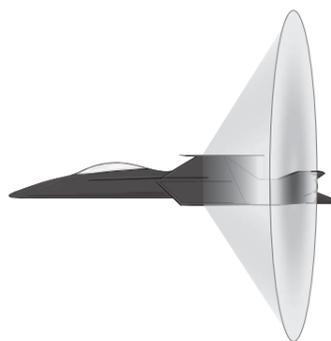
Quando o observador se aproxima da fonte: $+v_{\text{observador}}$

Quando o observador se afasta da fonte: $-v_{\text{observador}}$

Quando a fonte se afasta do observador: $+v_{\text{fonte}}$

Quando a fonte se aproxima do observador: $-v_{\text{fonte}}$

Barreira do som



Um avião quebra a barreira do som quando se movem com velocidade superior à velocidade do som no ar.

No instante em que a velocidade do som é superada, o ar fica tão denso que é possível ver um cone onde as ondas sonoras estão concentradas.





EQUAÇÃO DE TAYLOR Velocidade de propagação da onda em uma corda

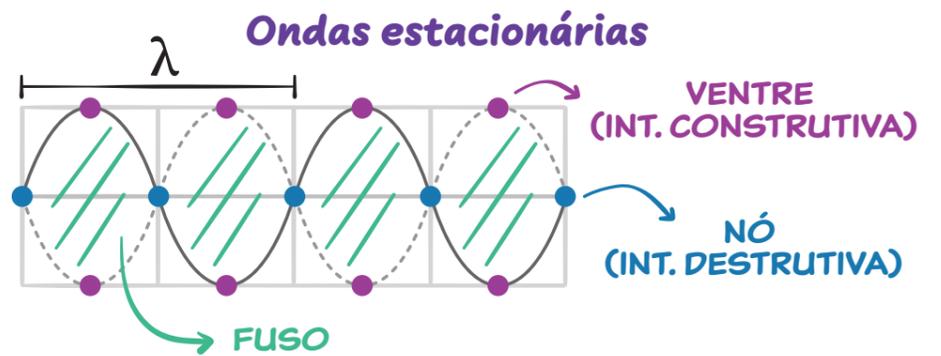


$$v = \sqrt{\frac{F}{d}} \quad \begin{array}{l} \text{ou } T - \text{tração} \rightarrow [N] \\ \text{ou } \mu - \text{densidade linear} \rightarrow [kg/m] \end{array}$$

$$d = \frac{m}{L} \quad \begin{array}{l} \rightarrow [kg] \\ \rightarrow [m] \end{array}$$

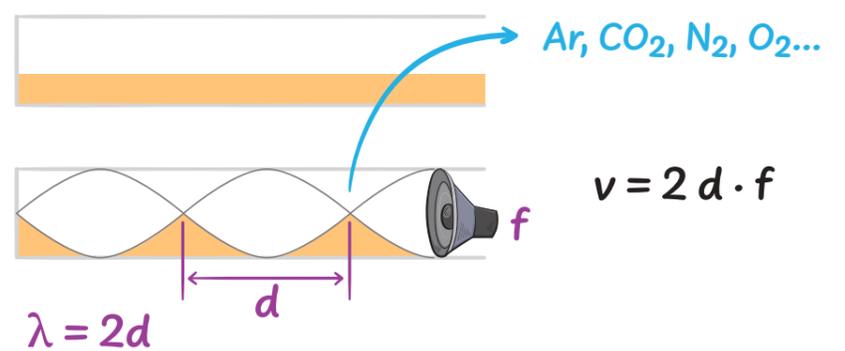
Quanto mais massiva a corda, menor a velocidade de propagação e menor a frequência de vibração

Lembrando!
 $v = \lambda \cdot f$

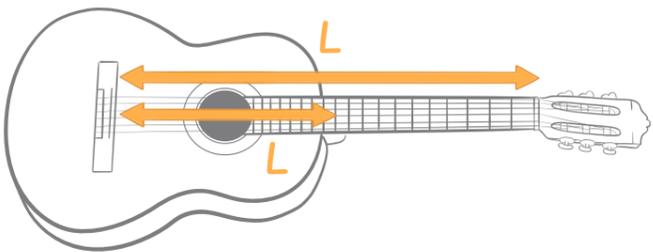


Tubo de Kundt

Medição da velocidade do som em diferentes meios e condições de temperatura e pressão.



CORDAS SONORAS

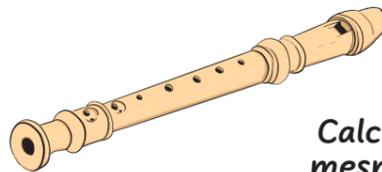


Apertando diferentes pontos de uma corda, altera-se a frequência da onda estacionária.

Sons Harmônicos

n	λ_n	f_n	
1	$\frac{2L}{1}$	$1 \frac{v}{2L}$	PRIMEIRO HARMÔNICO (SOM FUNDAMENTAL)
2	$\frac{2L}{2}$	$2 \frac{v}{2L}$	SEGUNDO HARMÔNICO
3	$\frac{2L}{3}$	$3 \frac{v}{2L}$	TERCEIRO HARMÔNICO
4	$\frac{2L}{4}$	$4 \frac{v}{2L}$	QUARTO HARMÔNICO
5	$\frac{2L}{5}$	$5 \frac{v}{2L}$	QUINTO HARMÔNICO
n	$\frac{2L}{n}$	$n \frac{v}{2L}$	

TUBOS SONOROS



Abertos

Calcula-se os harmônicos utilizando as mesmas fórmulas aplicadas nas cordas.

1º HARMÔNICO (SOM FUNDAMENTAL)	2º HARMÔNICO	3º HARMÔNICO
$f_1 = 1 \frac{v}{2L}$	$f_2 = 2 \frac{v}{2L}$	$f_3 = 3 \frac{v}{2L}$
$\lambda_1 = \frac{2L}{1}$	$\lambda_2 = \frac{2L}{2}$	$\lambda_3 = \frac{2L}{3}$

Fechados

Ocorrem apenas harmônicos ímpares.

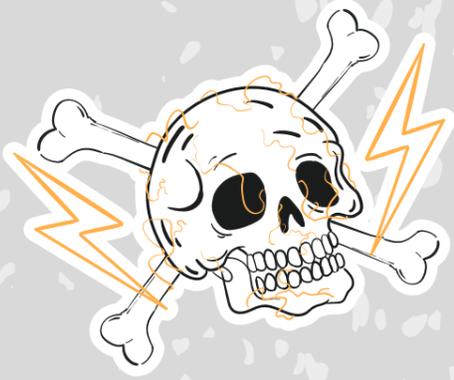
1º HARMÔNICO (SOM FUNDAMENTAL)	3º HARMÔNICO	5º HARMÔNICO
1º Modo de vibração	2º Modo de vibração	3º Modo de vibração

$$\lambda_n = \frac{4L}{n} \quad f_n = n \frac{v}{4L}$$

OUTRA FORMA COMUM DE RELACIONAR OS HARMÔNICOS

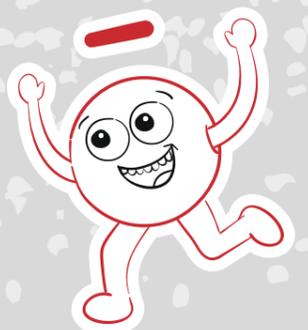
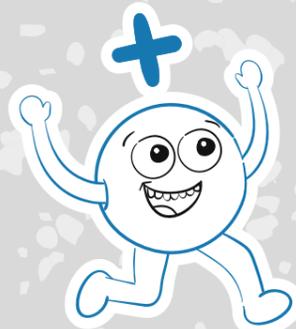
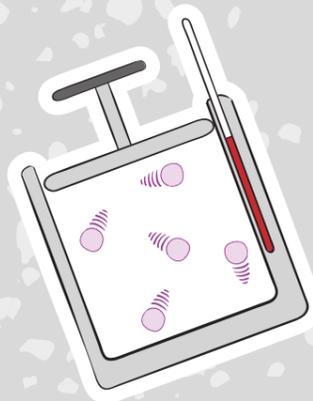
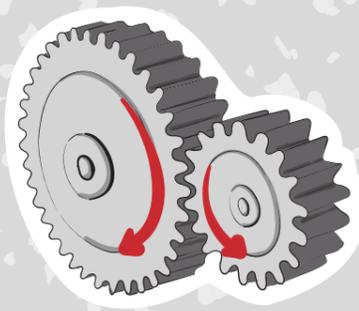
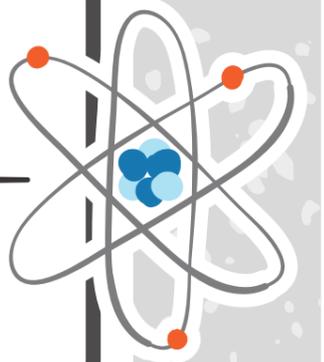
$$\lambda_n = \frac{\lambda_1}{n} \quad f_n = n f_1$$

Funciona tanto para cordas, quanto para tubos!



Física

MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS)



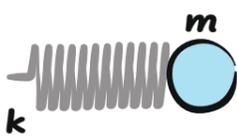


MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS)

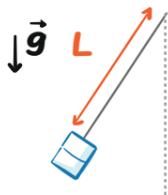
São movimentos oscilatórios e periódicos que podem ser descritos por funções harmônicas.



Massa-mola



Pêndulo Simples

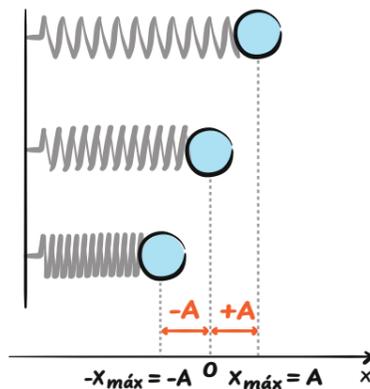


PERÍODO (T)

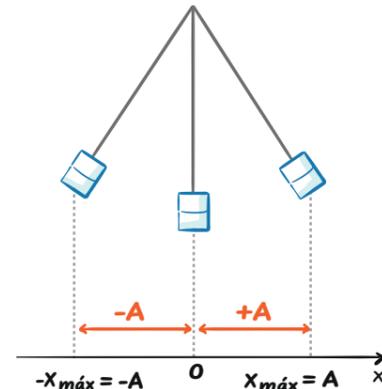
Período grande, oscilação lenta.

AMPLITUDE (A) (elongação - x)

Massa-mola



Pêndulo Simples



Massa-mola

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Pêndulo Simples

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Quanto **maior** a massa, **maior** o período.
Quanto **maior** a constante elástica, **menor** o período.

Quanto **maior** o comprimento do pêndulo, **maior** o período.
Quanto **maior** a aceleração gravitacional, **menor** o período.

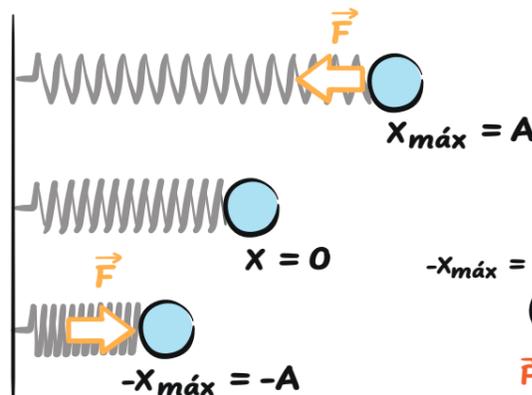
FREQUÊNCIA (f) $f = \frac{1}{T}$

Frequência grande, oscilação rápida.

Inverso do período!

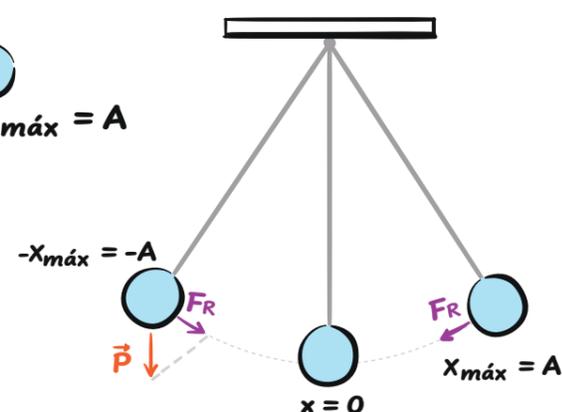
FORÇA RESTAURADORA (F_R)

Massa-mola



F_R = Força Elástica

Pêndulo Simples



F_R = Componente tangencial do peso

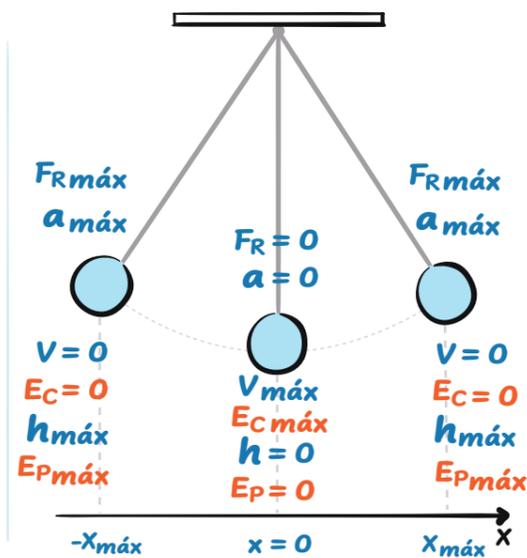
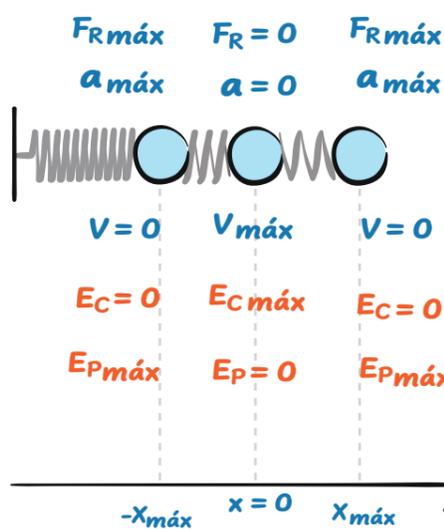
Massa-mola

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

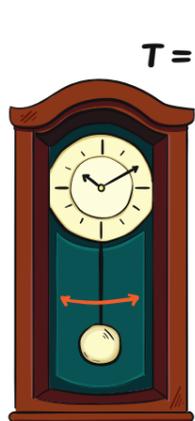
Pêndulo Simples

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

SISTEMA MASSA-MOLA X PÊNDULO SIMPLES



COMO ADIANTAR OU ATRASAR RELÓGIOS DE PÊNDULO?

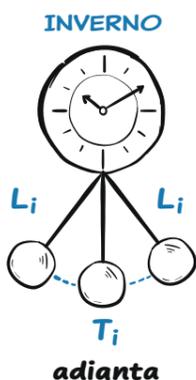


$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$



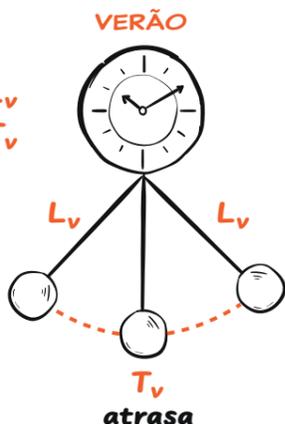
Mudança na latitude e, conseqüentemente, na aceleração gravitacional.

Mudanças de temperatura (dilatação térmica).

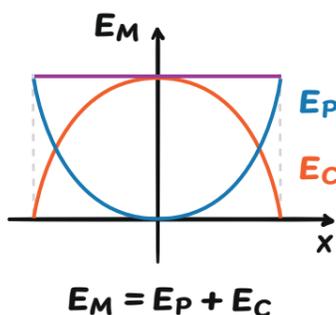


$$L_i < L_v$$

$$T_i < T_v$$



ENERGIA X ELONGAÇÃO



CINEMÁTICA DO MHS



ω = velocidade angular (pulsação ou batimento)

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

FUNÇÃO HORÁRIA DA POSIÇÃO

$$x = A \cos(\omega t + \phi_0)$$

ϕ = fase inicial (relativo à posição inicial)

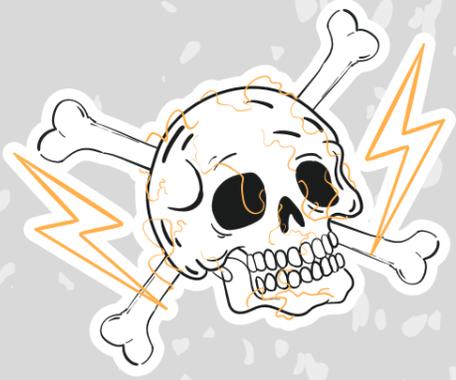
FUNÇÃO HORÁRIA DA VELOCIDADE

$$x = -\omega A \sin(\omega t + \phi_0)$$

FUNÇÃO HORÁRIA DA ACELERAÇÃO

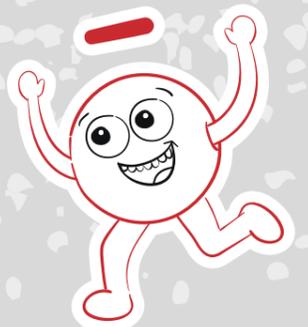
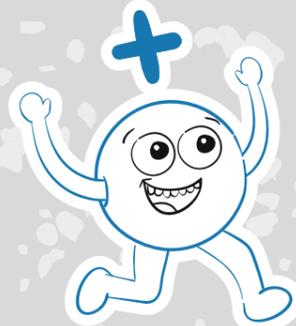
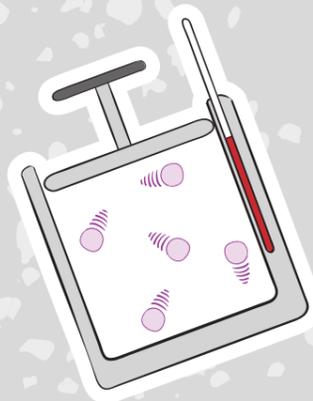
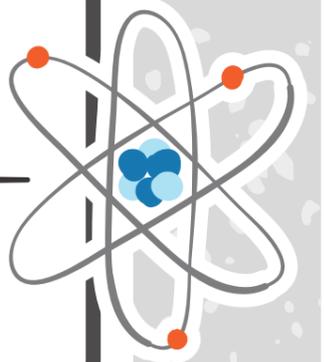
$$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi_0)$$

$$a = -\omega^2 x$$



Física

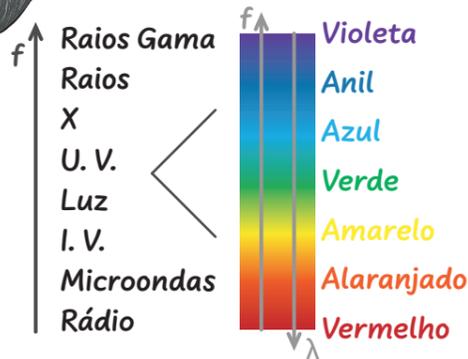
ÓPTICA





LUZ

É uma onda eletromagnética com frequência visível para os seres humanos.



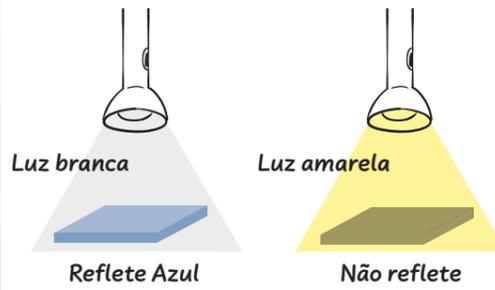
VELOCIDADE DA LUZ
 $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$



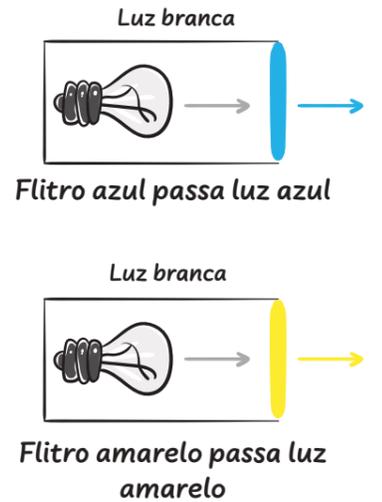
A luz é tão rápida que poderia completar cerca de 7,5 voltas na Terra em 1 segundo!

Cor dos Objetos

POR REFLEXÃO



POR TRANSMISSÃO



Fontes de Luz

PRIMÁRIA

SECUNDÁRIA



ÓPTICA GEOMÉTRICA

Princípios da óptica

PRINCÍPIO DA PROPAGAÇÃO RETILÍNEA DA LUZ

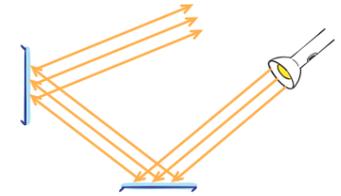
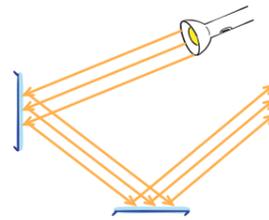
Em meios transparentes e homogêneos, a luz sempre se propaga em linha reta.

PRINCÍPIO DA REVERSIBILIDADE

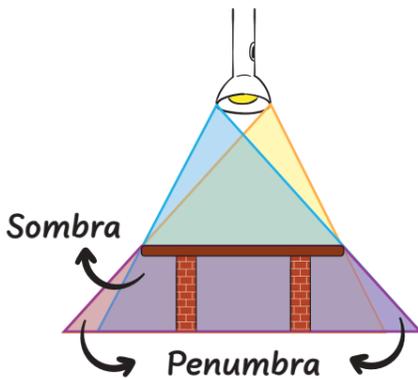
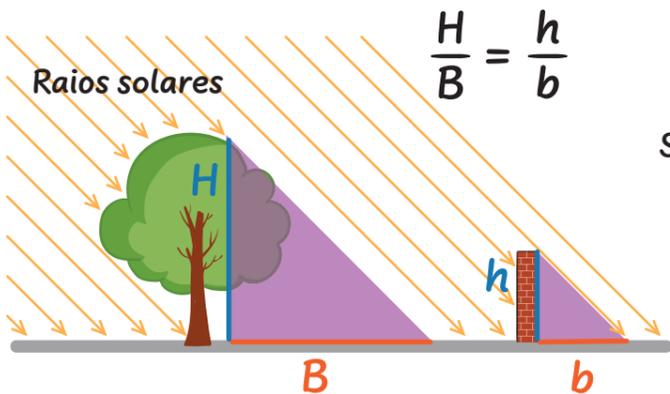
A trajetória de um raio de luz, num sentido, é a mesma quando o raio realiza o sentido oposto.

PRINCÍPIO DA INDEPENDÊNCIA DOS RAIOS DE LUZ

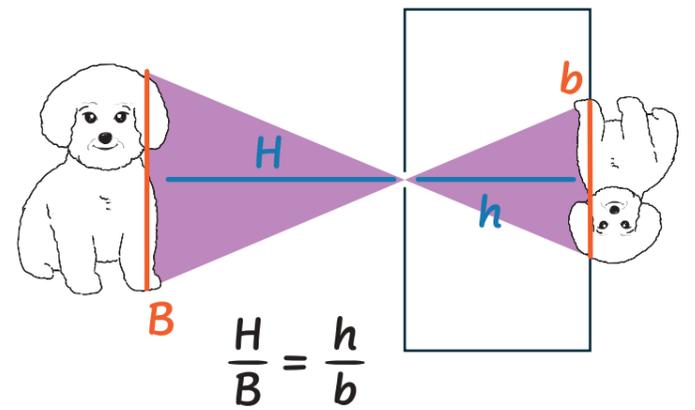
Dois raios que se cruzam seguem suas trajetórias mantendo todas as características iniciais.



Sombras e Penumbra



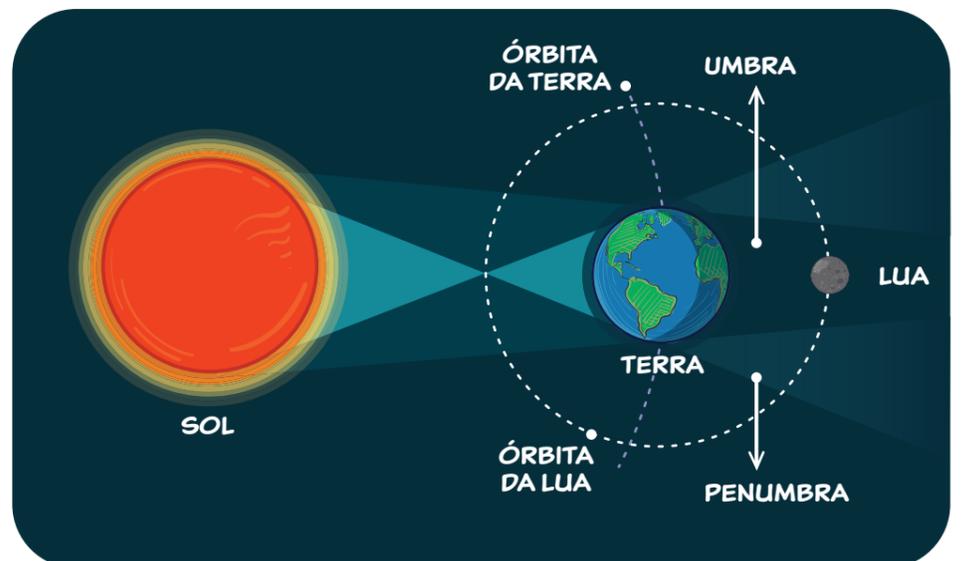
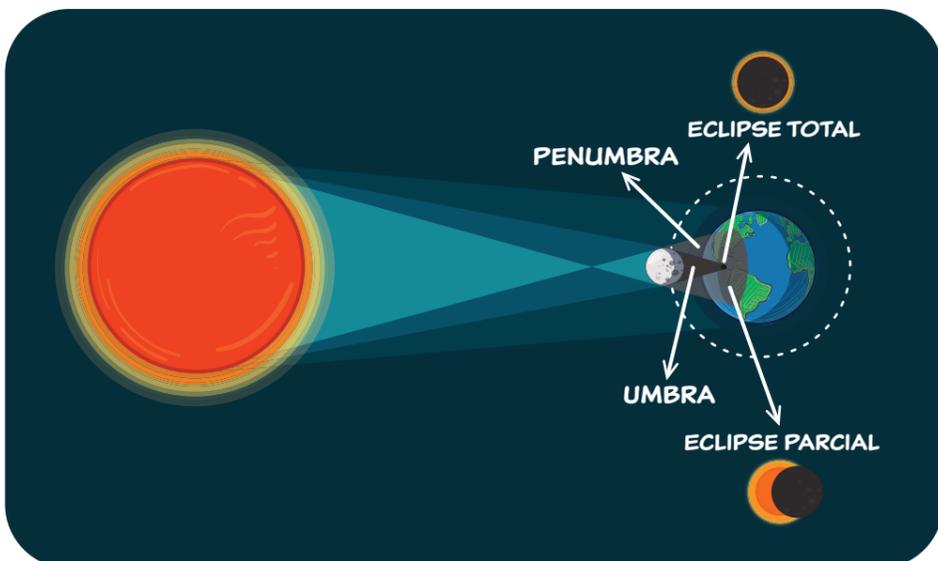
Câmara Escura



SOLAR

Eclipses

LUNAR





ESPELHOS



Ponto Objeto Cruzamento dos raios que **chegam** no sistema óptico.

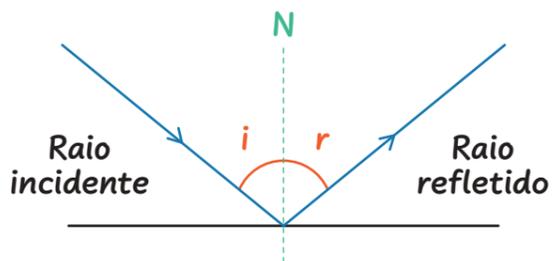


Ponto Imagem Cruzamento dos raios que **saem** do sistema óptico.

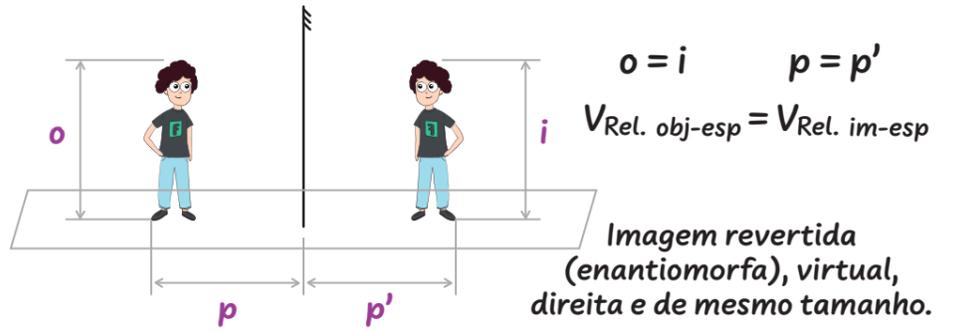


Reflexão

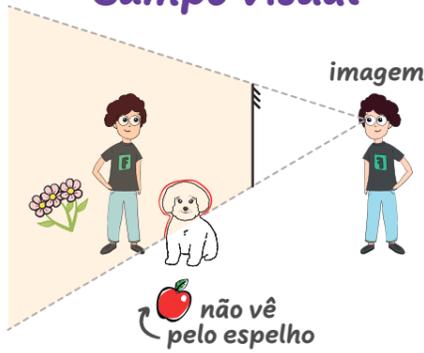
$$i = r$$



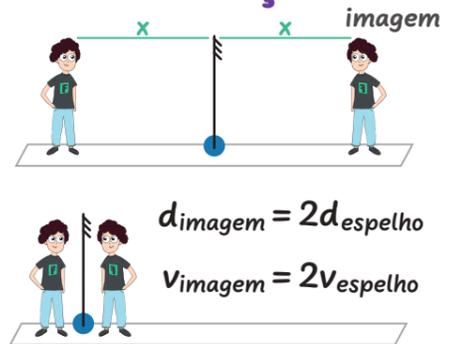
ESPELHOS PLANOS



Campo Visual



Translação

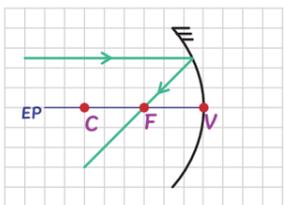


ESPELHOS ESFÉRICOS

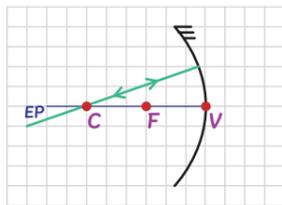
CÔNCAVO **CONVEXO**



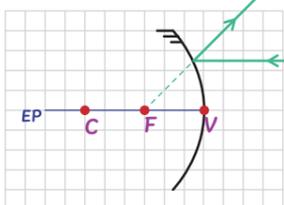
Raios Notáveis



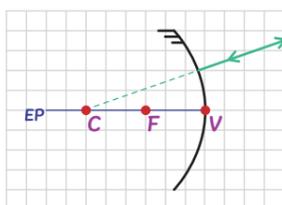
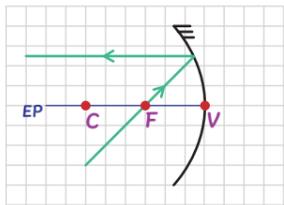
Incide passando pelo foco, reflete paralelo ao eixo principal.



Incide no vértice, reflete simétrico ao eixo principal.

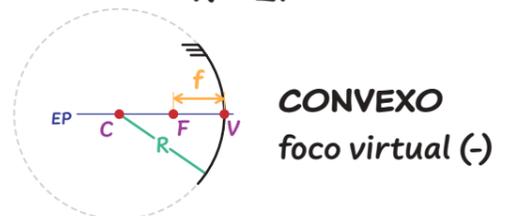
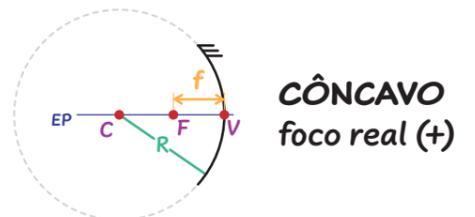


Incide paralelo ao eixo principal, reflete passando pelo foco.



Incide passando pelo centro de curvatura, reflete passando pelo centro de curvatura.

Estudo Analítico



Formação de Imagens em Espelhos Esféricos

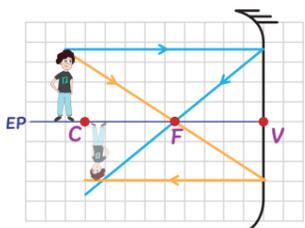


Imagem: Real, Invertida e Menor

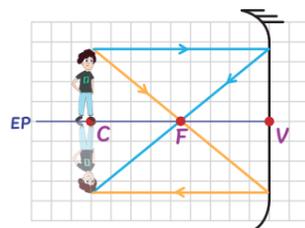


Imagem: Real, Invertida e Mesmo Tamanho

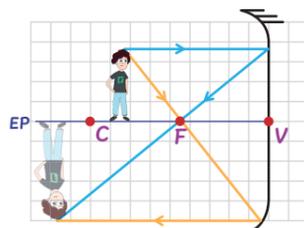


Imagem: Real, Invertida e Maior

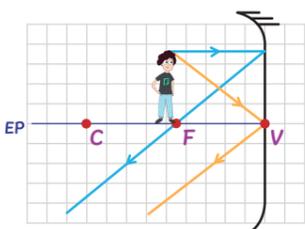


Imagem: Imprópria

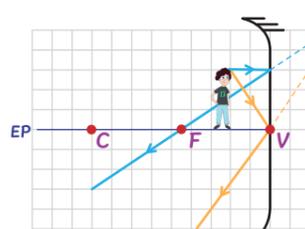


Imagem: Virtual, Direita e Maior

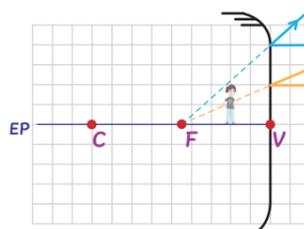
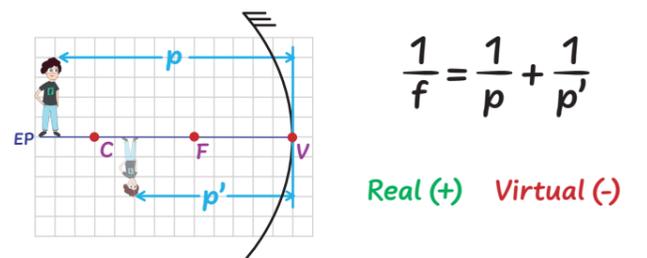
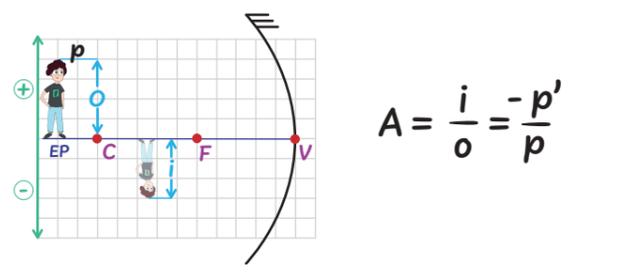


Imagem: Virtual, Direita e Menor

EQUAÇÃO DE GAUSS



AUMENTO LINEAR TRANSVERSAL



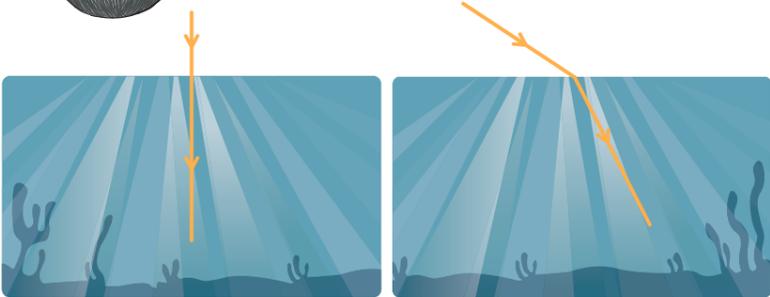
Aumento positivo: imagem direita
Aumento negativo: imagem invertida





REFRAÇÃO DA LUZ

Alteração da velocidade da luz em virtude da mudança de meio de propagação.



$$f_1 = f_2$$
$$\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$$

Índice de refração absoluto (n)

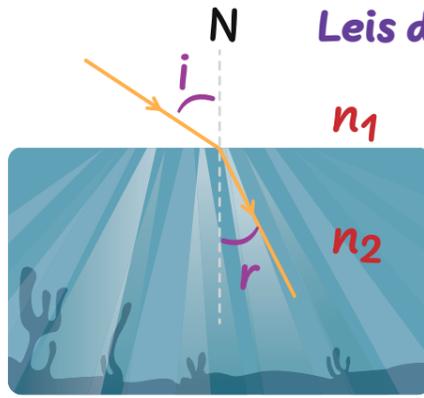
$$n_{\text{meio}} = \frac{c}{v_{\text{meio}}} \rightarrow 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$
 Mede a dificuldade da luz em "viajar" num determinado meio.

Velocidade da luz em um meio material (ex: cristal)



Quanto maior for a frequência da luz, menor será sua velocidade de propagação em determinado meio e, portanto, maior será o índice de refração absoluto nesse meio.

Leis da refração



1ª LEI: O raio incidente, o refratado e a reta normal são coplanares.

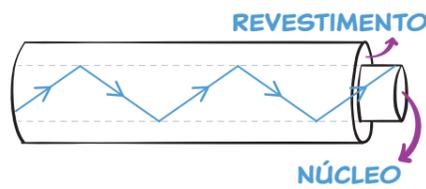
2ª LEI: Lei de Snell-Descartes

$$n_1 \cdot \text{sen}(i) = n_2 \cdot \text{sen}(r)$$

Ao passar para um meio MAIS REFRAINGENTE, a luz se APROXIMA DA NORMAL. Ao passar para um meio MENOS REFRAINGENTE, a luz se AFASTA DA NORMAL

REFLEXÃO TOTAL

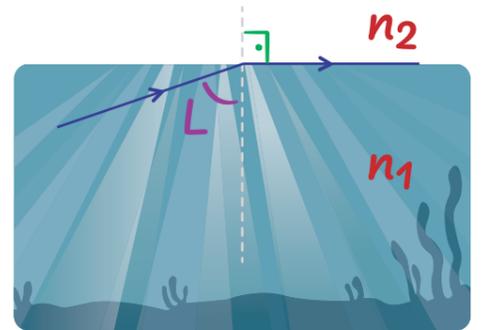
FIBRA ÓPTICA



$$n_{\text{núcleo}} > n_{\text{revestimento}}$$

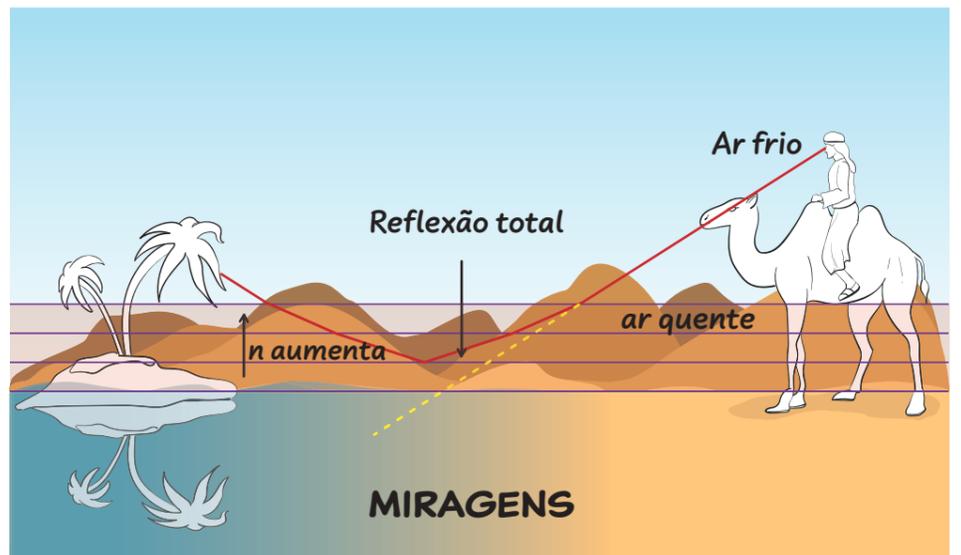
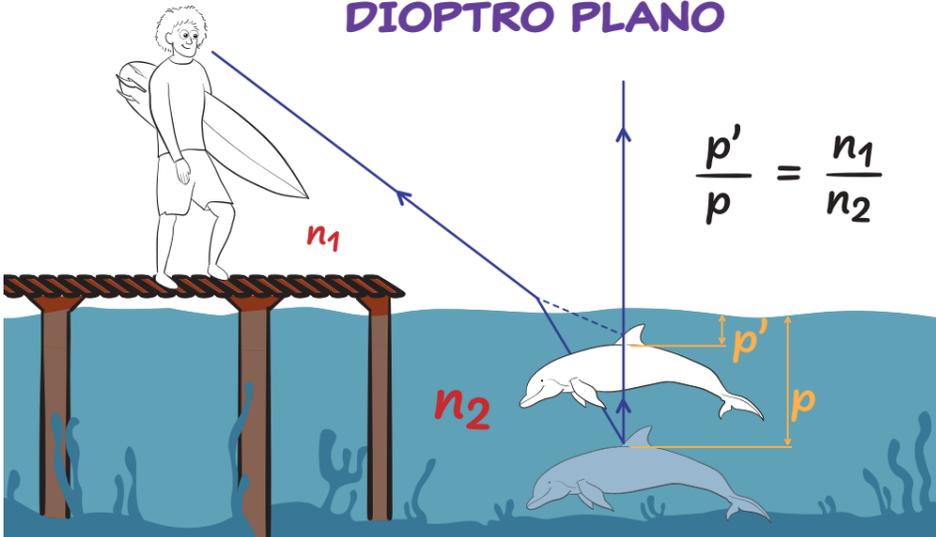
$$i > L$$

Ângulo Limite



$$\text{sen}(L) = \frac{n_2}{n_1}$$

DIOPTRO PLANO

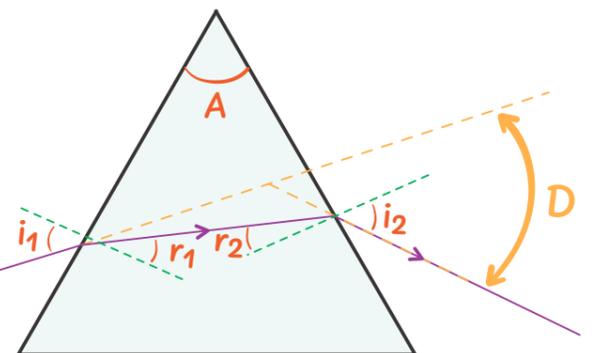
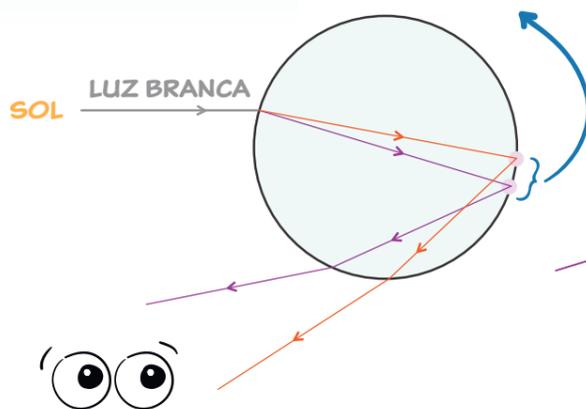


DISPERSÃO DA LUZ



Luz atravessando um prisma

REFLEXÃO TOTAL



$$A = r_1 + r_2$$

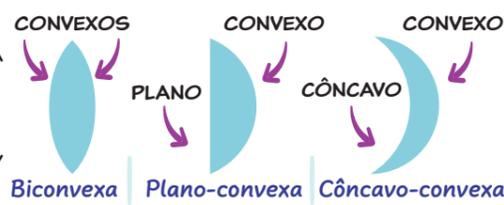
$$D = i_1 + i_2 - A$$



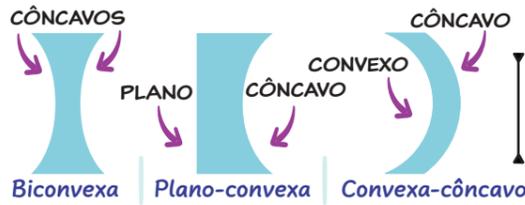
LENTE ESFÉRICAS



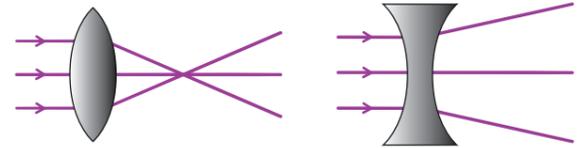
Lentes Convexas



Lentes Côncavas



Comportamento Óptico



CONVERGENTE

$$n_L > n_M$$

DIVERGENTE

$$n_L < n_M$$

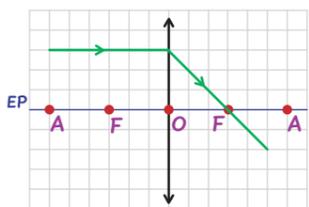
DIVERGENTE

$$n_L > n_M$$

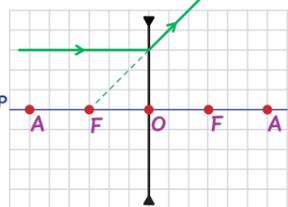
CONVERGENTE

$$n_L < n_M$$

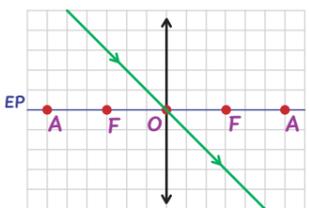
RAIOS NOTÁVEIS



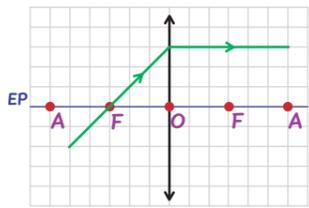
Incide paralelo ao eixo principal, refrata passando pelo foco.



Incide sobre o centro óptico, refrata sem sofrer desvio.

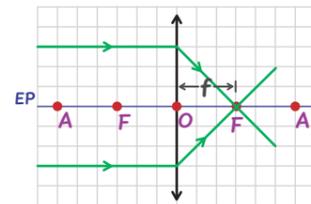


Incide passando pelo foco, refrata paralelo ao eixo principal.

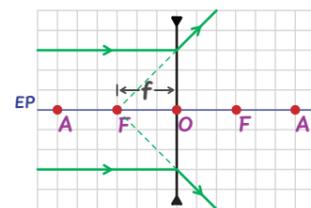


Incide sobre o ponto antiprincipal, refrata passando pelo outro ponto antiprincipal.

ESTUDO ANALÍTICO



CONVERGENTE
foco real (+)



DIVERGENTE
foco virtual (-)

FORMAÇÃO DE IMAGENS EM LENTES ESFÉRICAS

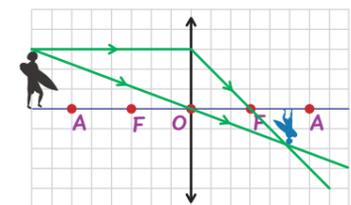


Imagem: REAL, INVERTIDA E MENOR

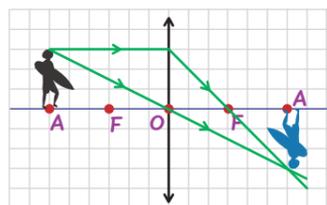


Imagem: REAL, INVERTIDA E MESMO TAMANHO

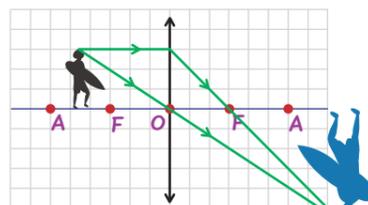


Imagem: REAL, INVERTIDA E MAIOR

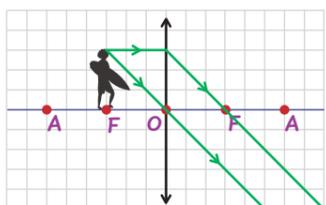


Imagem: IMPRÓPRIA

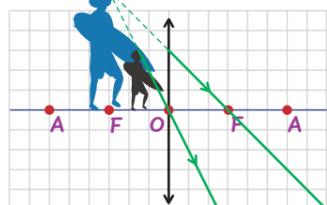


Imagem: VIRTUAL, DIREITA E MAIOR

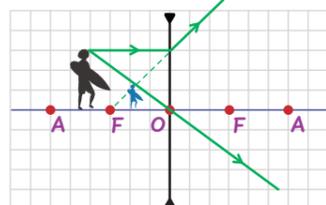
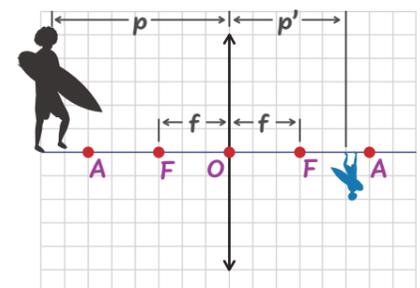


Imagem: VIRTUAL, DIREITA E MENOR

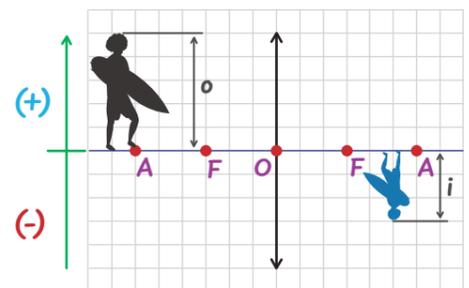
Equação de Gauss



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

Sinas das posições:
REAL (+) VIRTUAL (-)

Aumento Linear

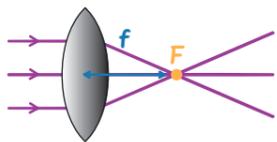


$$A = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$$

Aumento positivo: imagem direita
Aumento negativo: imagem invertida

VERGÊNCIA DE UMA LENTE

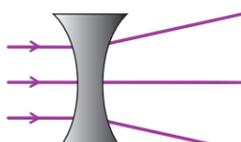
"GRAU"



CONVERGENTE
f(+) V(+)

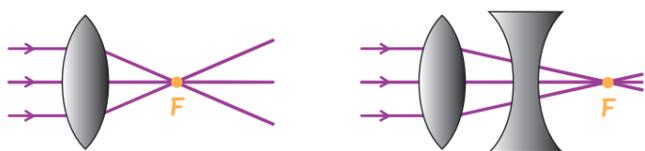
$$V = \frac{1}{f} \text{ [m]}$$

[di] dioptria



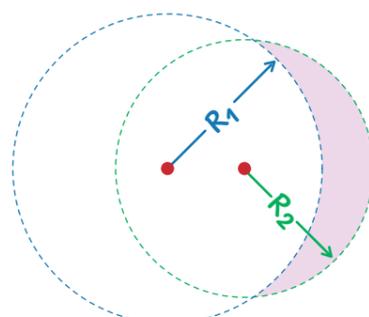
DIVERGENTE
f(-) V(-)

Associação de Lentes



$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

Equação dos fabricantes de lentes (Eq. de Halley)



$$V = \left(\frac{n_L}{n_M} - 1\right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

Superfície convexa: R (+)

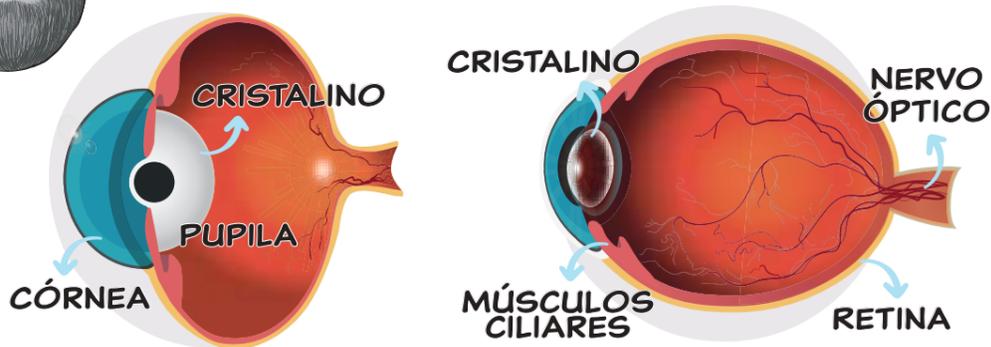
Superfície côncava: R (-)

Superfície plana: $R \infty \rightarrow \frac{1}{R} = 0$

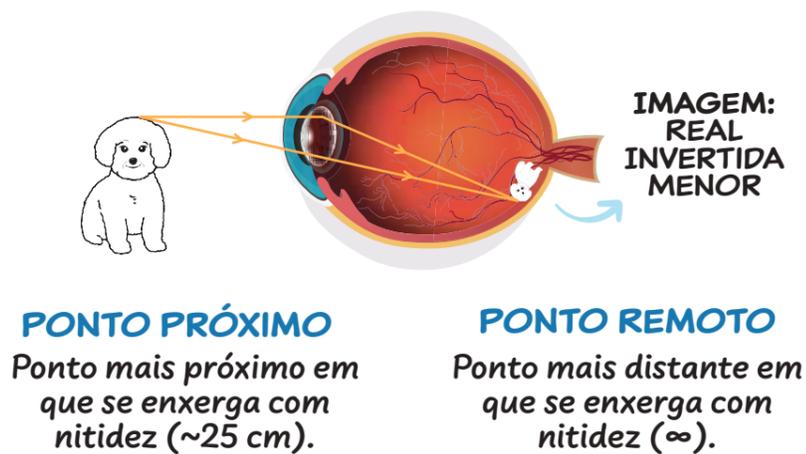




Anatomia do Olho

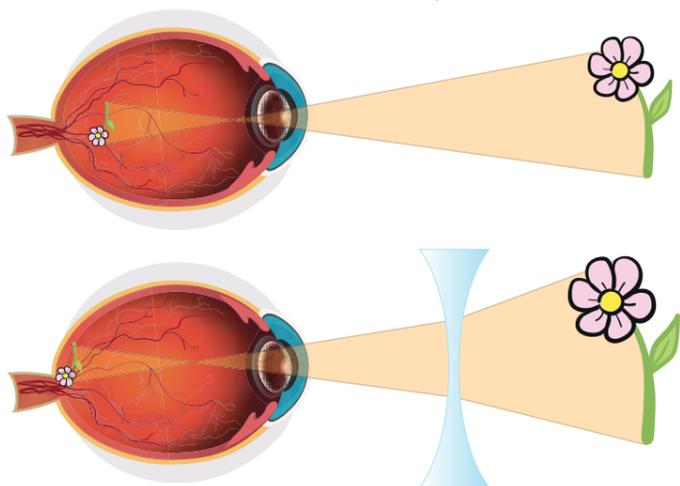


Formação da Imagem



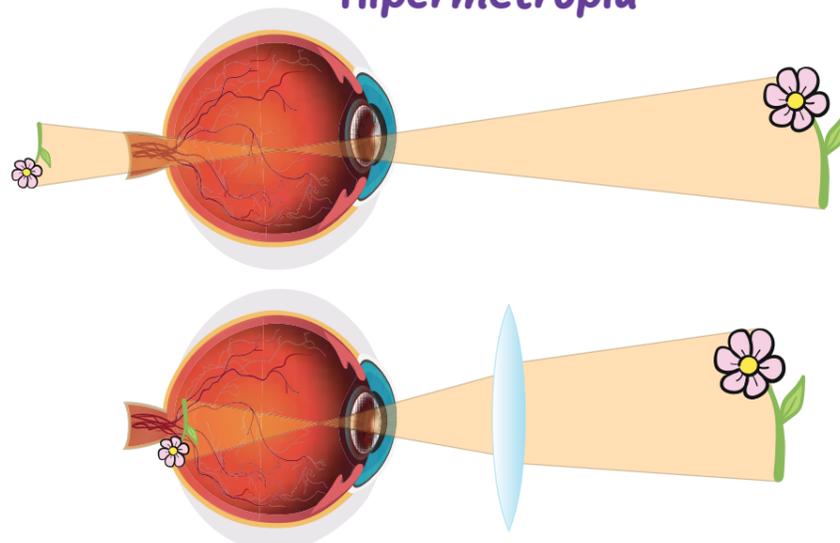
DEFEITOS DA VISÃO

Miopia



- A imagem se forma antes da retina;
- A pessoa tem dificuldade de enxergar com nitidez de longe;
- A lente para correção é divergente;
- Pode ser causada por excesso de curvatura da córnea ou por um alongamento do globo ocular.

Hipermetropia



- A imagem se forma depois da retina;
- A pessoa tem dificuldade de enxergar com nitidez de perto;
- A lente para correção é convergente;
- Pode ser causada por falta de curvatura da córnea ou por um encurtamento do globo ocular.

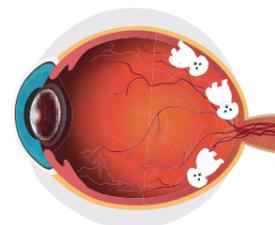
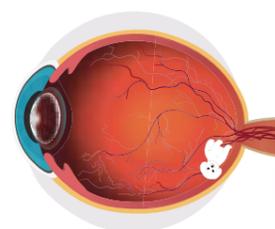
Presbiopia



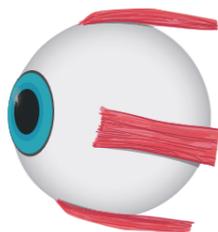
- Dificuldade de acomodação visual devido ao enrijecimento do cristalino;
- A visão fica borrada, principalmente para objetos próximos;
- A lente para correção pode ser convergente ou bifocal/multifocal;



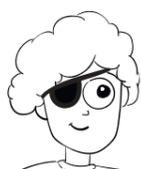
Astigmatismo



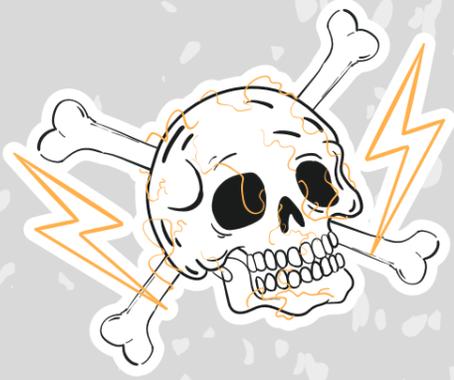
Estrabismo



- Lesões/disfunções musculares impedem que ambos olhos estejam voltados para a mesma direção ao mesmo tempo;
- O tratamento se dá por exercícios oculares, lentes prismáticas, tampões...

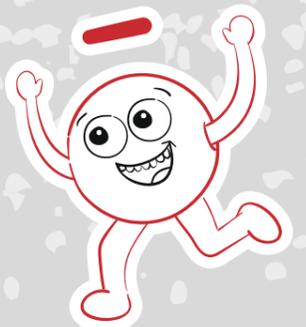
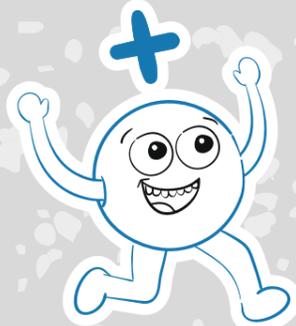
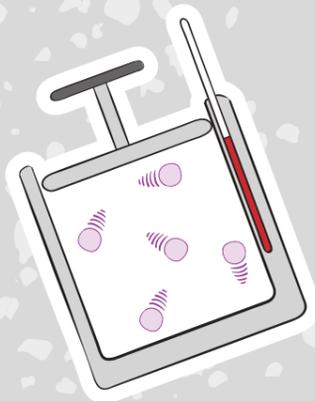
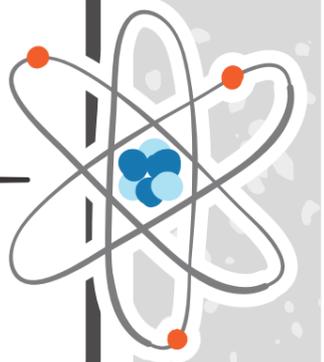


- Causada por irregularidades na córnea;
- A visão fica borrada, com dificuldade acentuada para enxergar contornos;
- A lente para correção é cilíndrica



Física

ELETROSTÁTICA



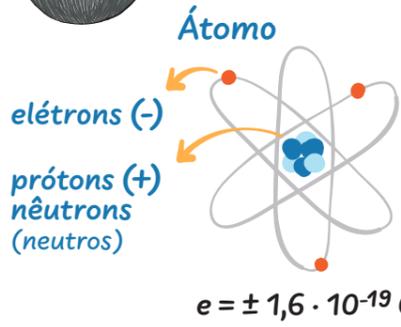


CARGA ELÉTRICA E PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO



Carga elementar

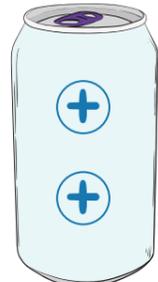
é a carga de um próton ou de um elétron.



CORPO NEUTRO
Nº prótons = Nº elétrons

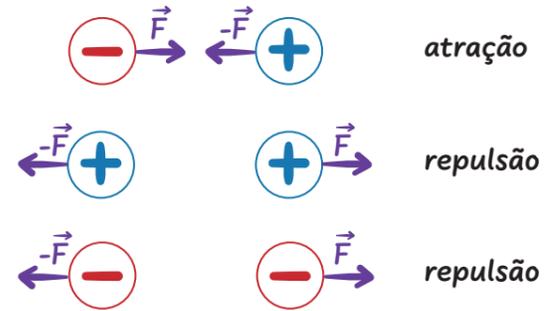
CORPO POSITIVO
Nº prótons > Nº elétrons

CORPO NEGATIVO
Nº prótons < Nº elétrons



$Q = n \cdot e$

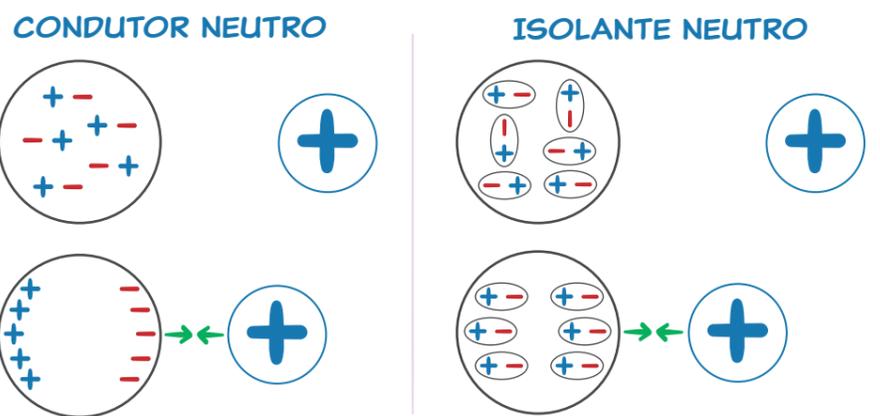
Princípio da atração e repulsão



Materiais Condutores

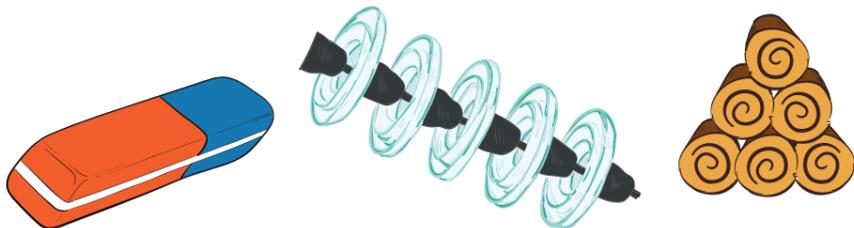


Atração entre corpos neutros e eletrizados



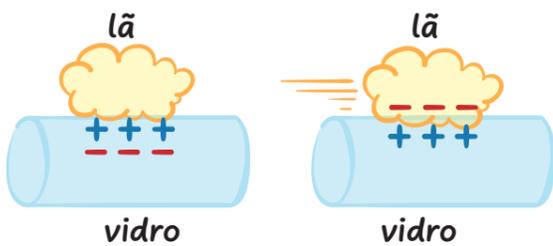
Um corpo eletricamente neutro é sempre atraído por um corpo eletrizado.

Materiais Isolantes (Dielétricos)



PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

Atrito



TROCA DE ELÉTRONS

$Q_{Lã} + Q_{Vidro} = 0$

SÉRIE TRIBOELÉTRICA

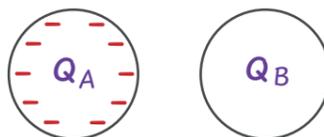
MATERIAIS
Pele humana seca
Couro
Pele de coelho
Vidro
Cabelo humano
Náilon
Chumbo
Pele de gato
Seda
Papel
Madeira



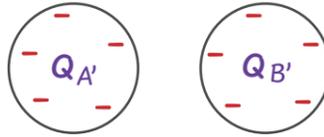
Contato

(entre condutores)

Antes do contato



Depois do contato



Conservação da carga elétrica

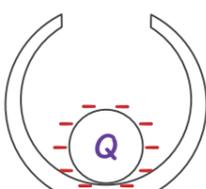
$Q_A + Q_B = Q_{A'} + Q_{B'}$

Esferas iguais

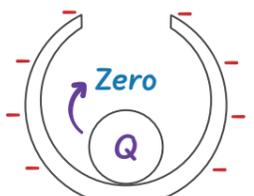
$Q_{Final} = \frac{Q_A + Q_B}{2}$

Contato Interno

Antes do contato

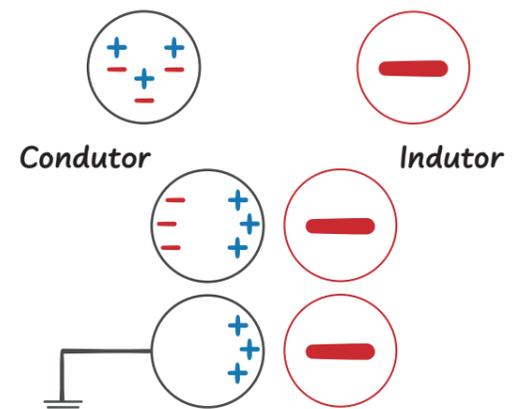


Depois do contato

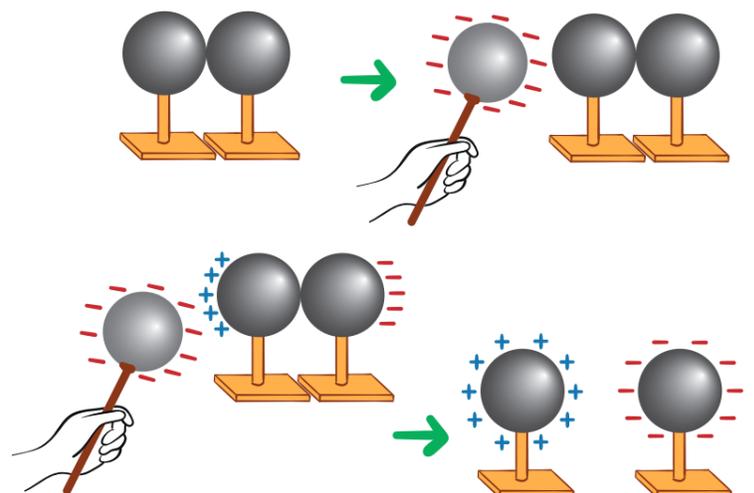


Indução

Com aterramento



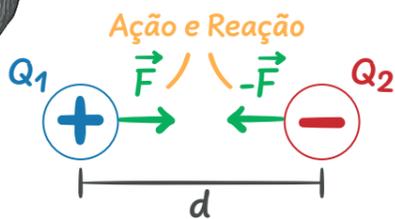
Com separação





LEI DE COULOMB E CAMPO ELÉTRICO

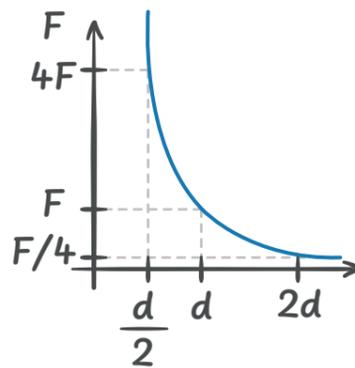
LEI DE COULOMB



$$F = \frac{K \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$$

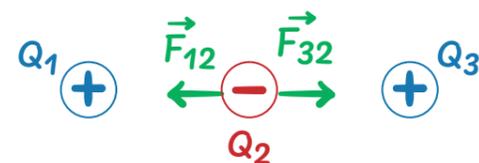
Constante eletrostática do meio:

$$\text{AR/VÁCUO} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

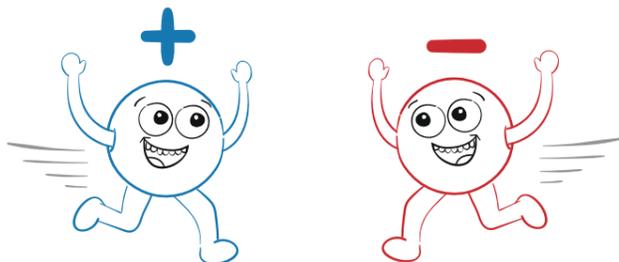


Quanto MAIOR a distância MENOR a força!

Equilíbrio de uma carga

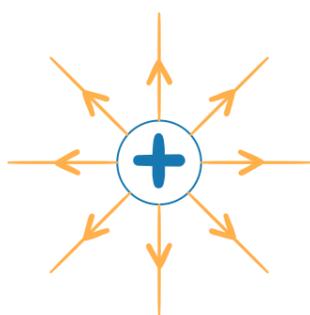


$$\sum \vec{F} = 0 \rightarrow F_{12} = F_{32}$$



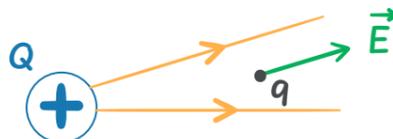
Os sinais das cargas indicam atração ou repulsão.

CAMPO ELÉTRICO (\vec{E})



DIVERGENTE (LINHAS SAEM)

\vec{E} DE UMA CARGA PUNTUAL



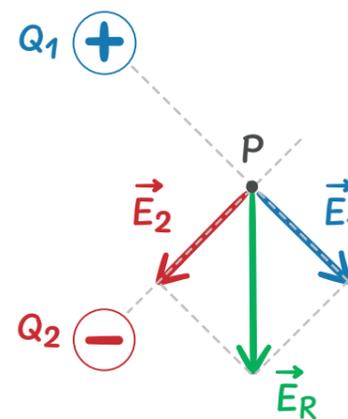
$$E = \frac{K \cdot |Q|}{d^2}$$

VECTOR \vec{E}



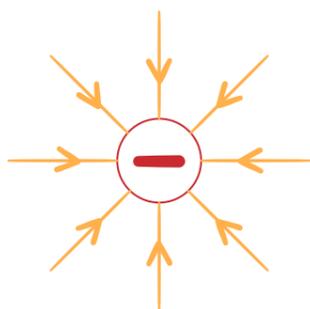
É sempre tangente às linhas de força

O CAMPO RESULTANTE EM UM PONTO P



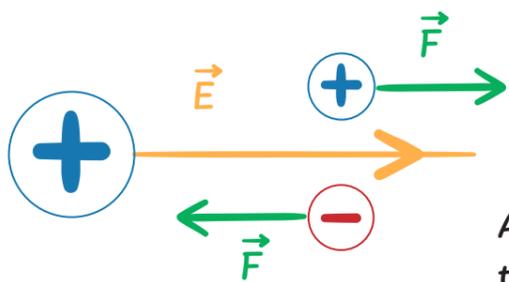
É UMA SOMA VETORIAL!

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

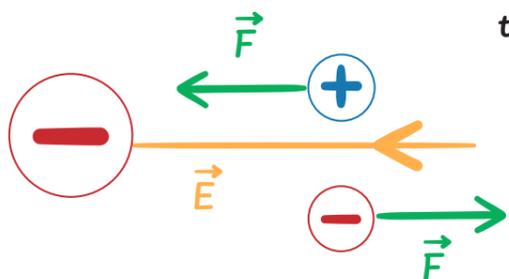


CONVERGENTE (LINHAS CHEGAM)

\vec{F} e \vec{E} possuem a mesma direção



A força sobre CARGA POSITIVA tem o MESMO SENTIDO do \vec{E}

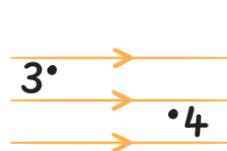


A força sobre CARGA NEGATIVA tem o SENTIDO OPOSTO ao \vec{E}

LINHAS PROXÍMAS INDICAM CAMPO MAIS INTENSO



$$E_1 > E_2$$



$$E_3 = E_4$$



$$E_5 = E_6$$



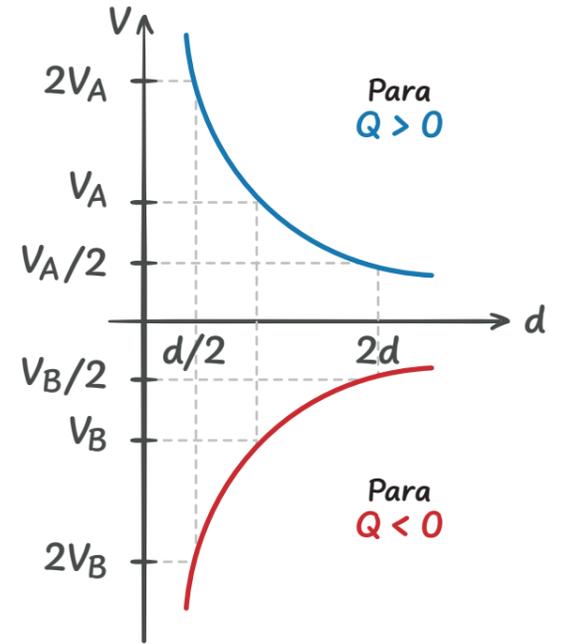
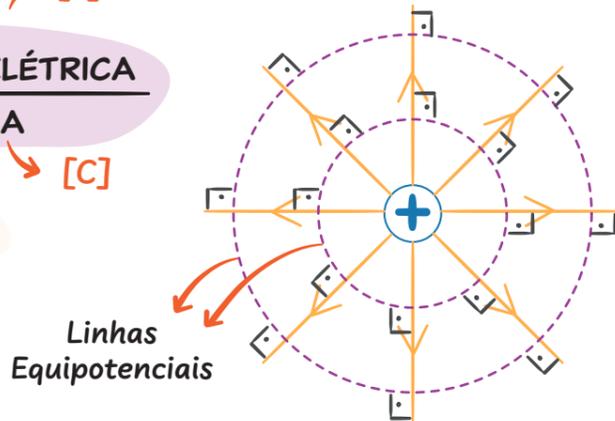
POTENCIAL ELÉTRICO

$$V = \frac{\text{ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA}}{\text{CARGA ELÉTRICA}}$$

[V] [J] [C]

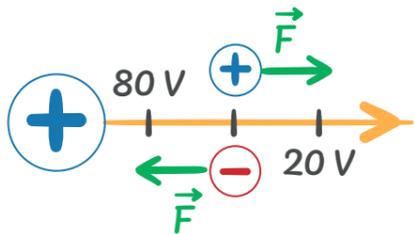
GRANDEZA ESCALAR

Potencial de uma carga puntiforme

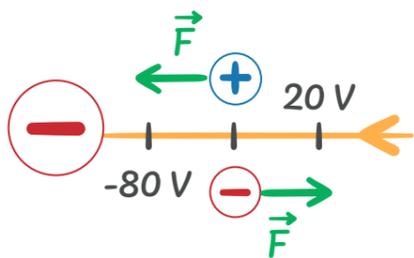


$$V = \frac{K \cdot Q}{d}$$

$\left[\frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}\right]$ [C] [m]

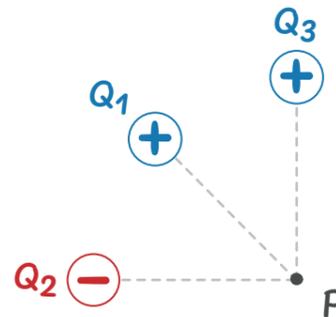


CARGAS POSITIVAS buscam espontaneamente, regiões de menor potencial



CARGAS NEGATIVAS buscam espontaneamente, regiões de maior potencial

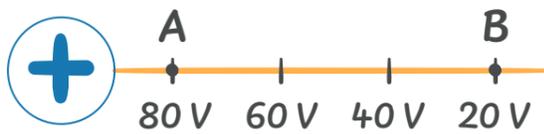
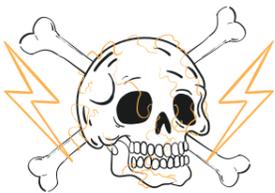
Potencial em um Ponto



$$V_p = V_1 + V_2 + V_3$$

Diferença de Potencial (DDP ou Tensão)

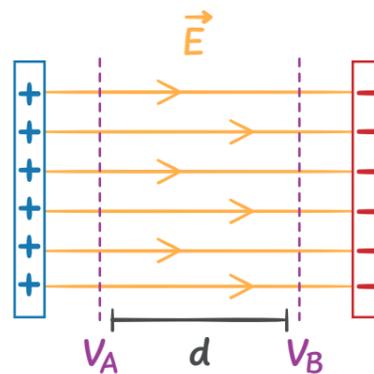
U_{AB} ou V_{AB}



$$U_{AB} = V_A - V_B \quad U_{BA} = V_B - V_A$$

$$U_{AB} = -U_{BA}$$

DDP em campo elétrico uniforme



$$E \cdot d = V_{AB}$$

[m] [V]

$\left[\frac{\text{V}}{\text{m}}, \frac{\text{N}}{\text{C}}\right]$

Energia Potencial Elétrica

$$E_p = q \cdot V$$

Potencial no local

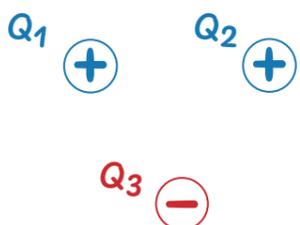
ENTRE DUAS CARGAS



$$E_p = \frac{K \cdot Q \cdot q}{d}$$

Energia do sistema

ENTRE VÁRIAS CARGAS

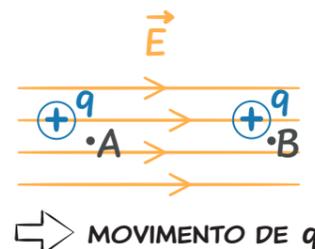


$$E_p = E_{12} + E_{13} + E_{23}$$

Energia de cada par

Energia do sistema

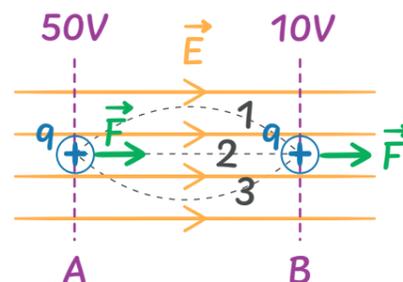
Trabalho da força elétrica



$$W = q \cdot V_{AB}$$

$$W = -\Delta E_p$$

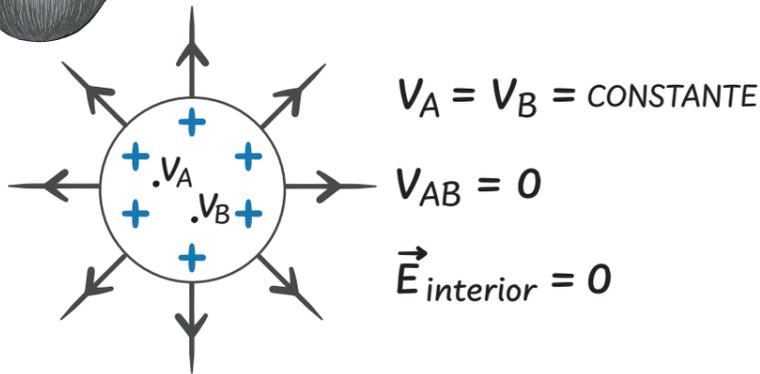
O trabalho acelera a carga: $W = \Delta E_{\text{cinética}}$



$$W_1 = W_2 = W_3 = q \cdot V_{AB}$$



EQUILÍBRIO ELETROSTÁTICO EM CONDUTORES

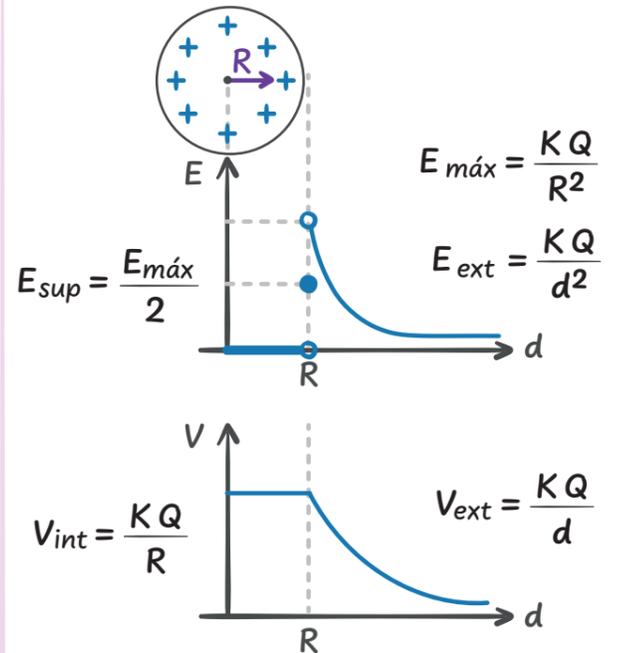


Gaiola de Faraday

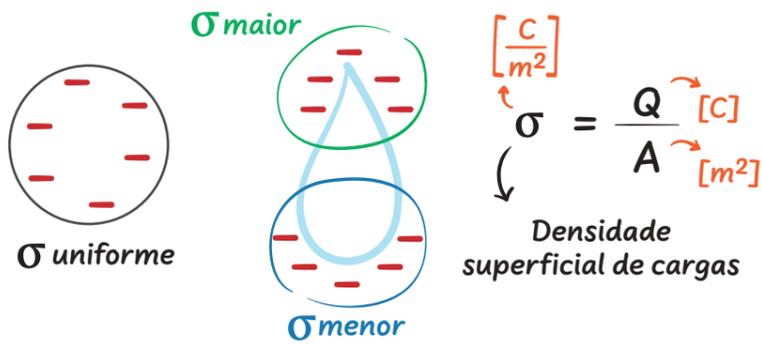


As cargas elétricas percorrem a superfície externa da lataria, mantendo o campo elétrico nulo no interior do veículo.

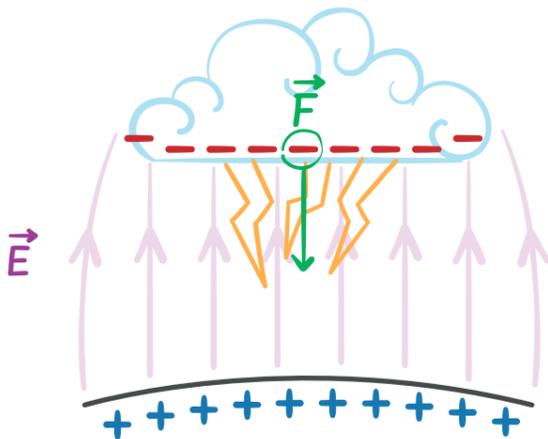
Campo e Potencial



Poder das Ponta



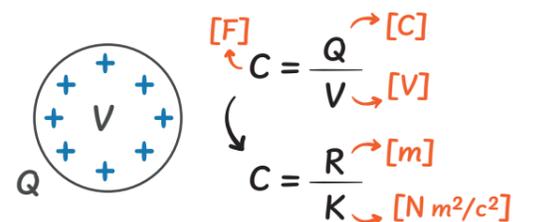
Rigidez dielétrica



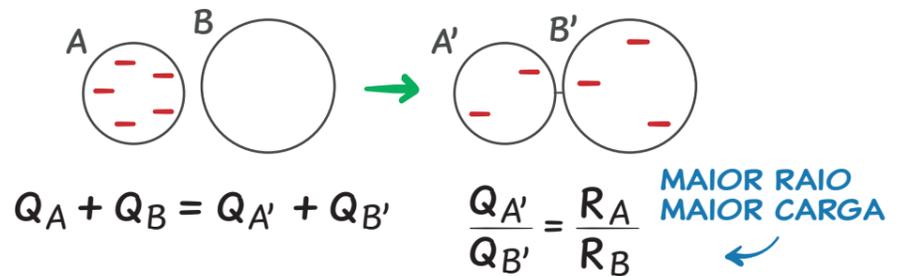
VEJA!

Um raio não cai duas vezes no mesmo lugar? Qual seria a função do para-raios se isso fosse verdade?

Capacitância

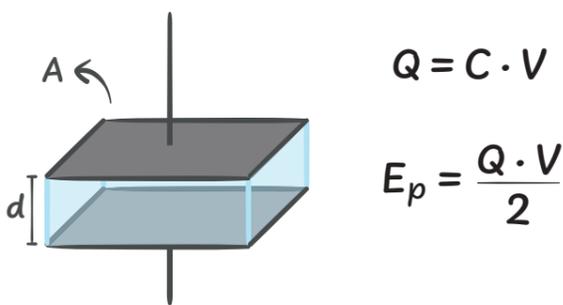


Equilíbrio entre esferas



ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES

Capacitores

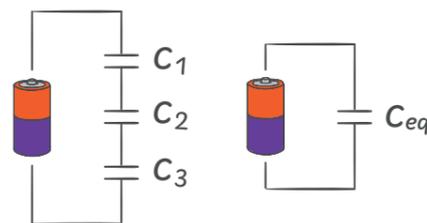


CONSTANTE DIELETRICA

$$C = \frac{K \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d}$$

Permissividade elétrica do vácuo = $8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$

Em série



$$Q_{\text{total}} = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

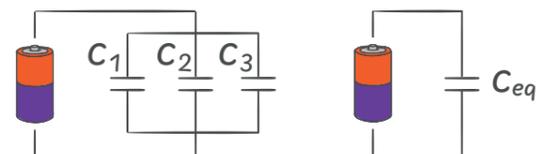
→ dois capacitadores

$$C_{\text{eq}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

→ n capacitadores iguais

$$C_{\text{eq}} = \frac{C}{n}$$

Em paralelo

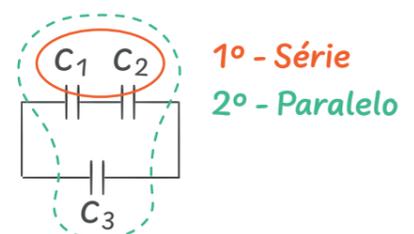


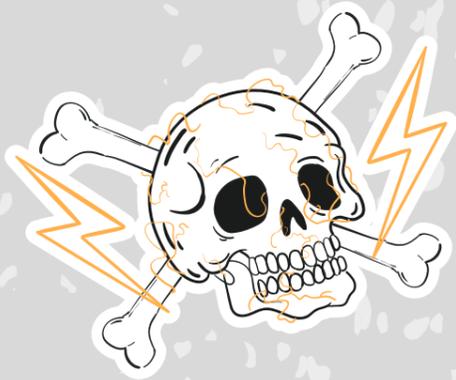
$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = V_3$$

$$C_{\text{eq}} = C_1 + C_2 + C_3$$

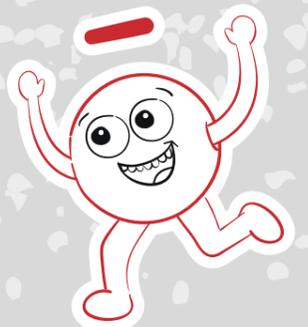
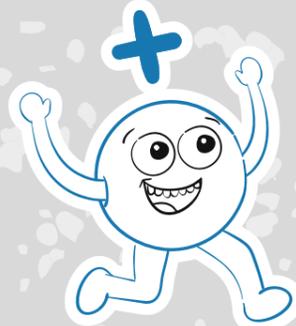
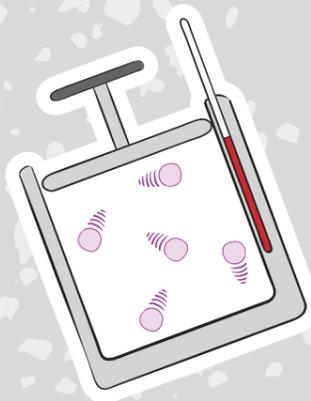
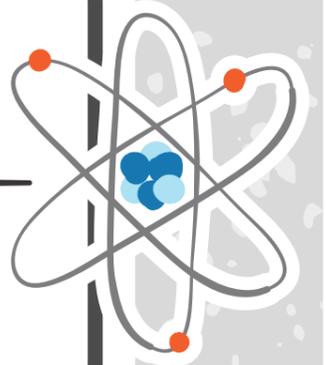
Mista





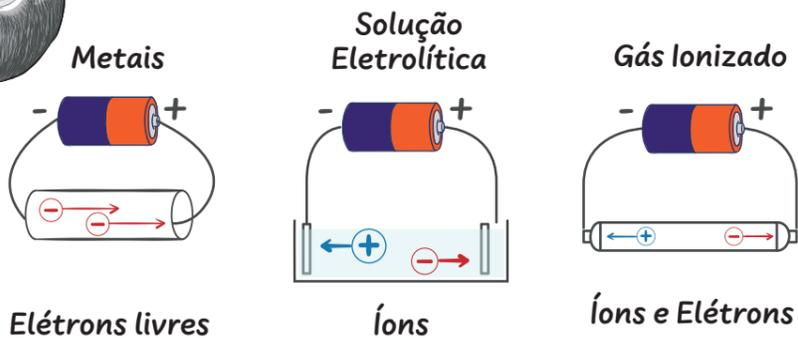
Física

ELETRODINÂMICA

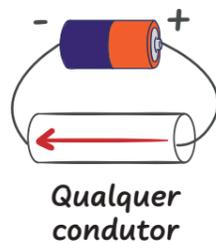




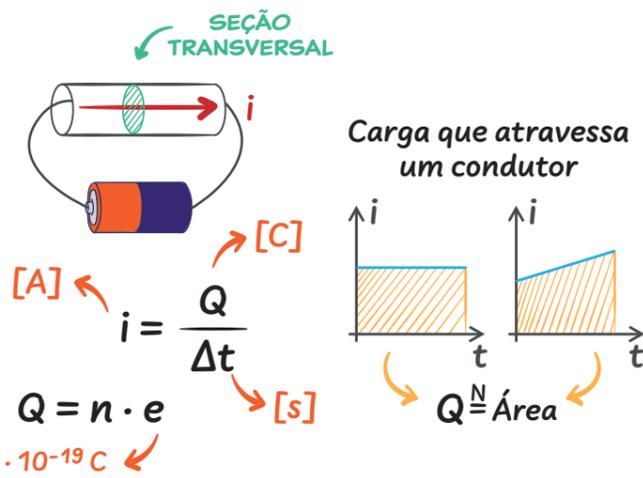
CORRENTE ELÉTRICA



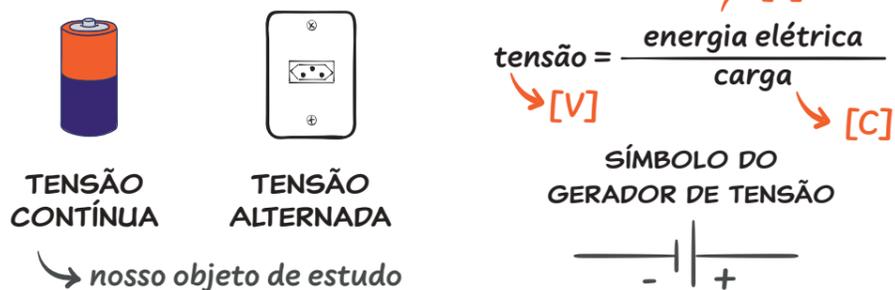
Sentido convencional



Intensidade da corrente elétrica



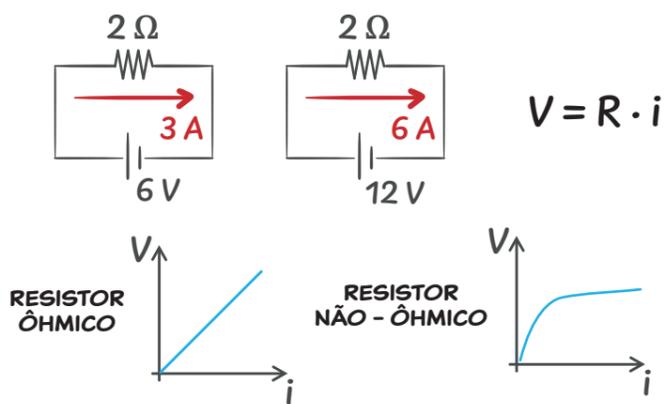
DIFERENÇA DE POTENCIAL OU TENSÃO (V, U)



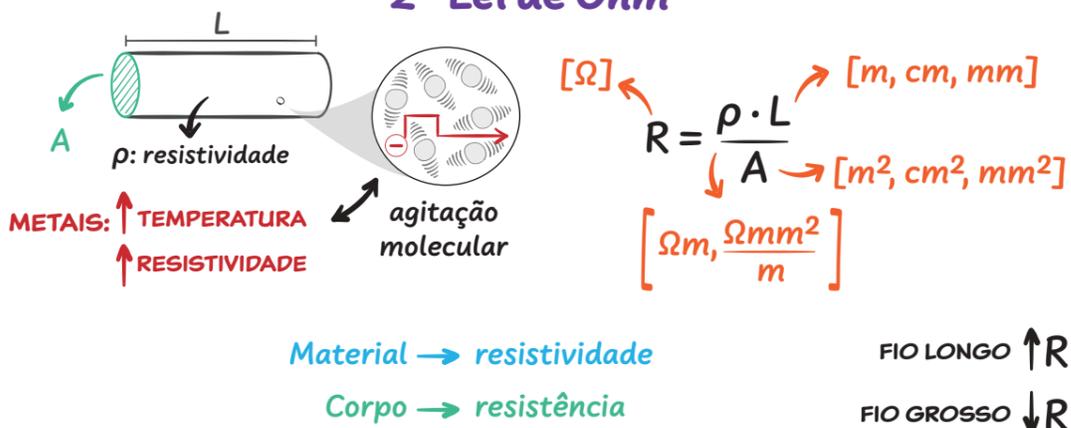
RESISTÊNCIA ELÉTRICA



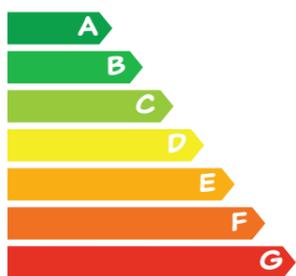
1º Lei de Ohm



2º Lei de Ohm

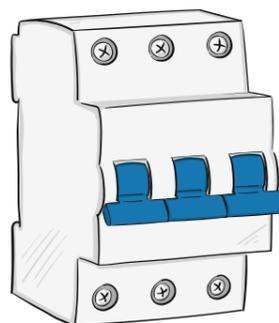


CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA



$E = P \cdot \Delta t$
 $[J = W \cdot s]$
 $[kWh = kW \cdot h]$

$\times (3,6 \cdot 10^6)$
kWh J
 $\div (3,6 \cdot 10^6)$



Disjuntores

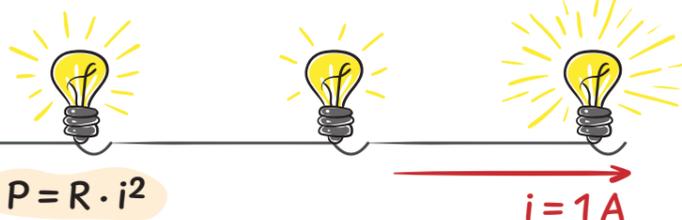
Quando a corrente supera um valor limite, o disjuntor interrompe o circuito.

Potência Elétrica

$P = i \cdot V$

QUANDO A CORRENTE É A MESMA

$P = 2 \text{ W}$ $P = 1 \text{ W}$ $P = 4 \text{ W}$
 $R = 2 \Omega$ $R = 1 \Omega$ $R = 4 \Omega$



QUANDO A TENSÃO É A MESMA



ATENÇÃO!

$P = i \cdot V = R \cdot i^2 = \frac{V^2}{R}$

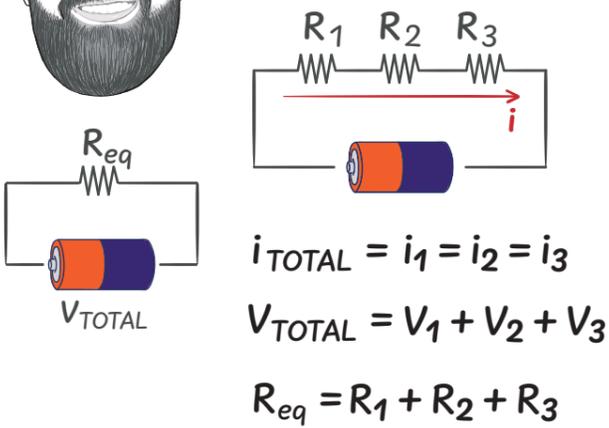
Os três modos devem dar a mesma resposta.



ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES



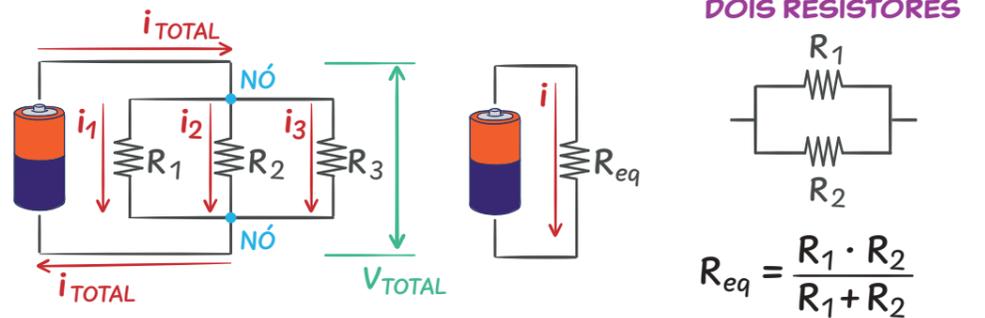
Em Série



LEMBRE-SE:
 $V = R \cdot i$

COMPARANDO
POTÊNCIAS:
 $P = R \cdot i^2$

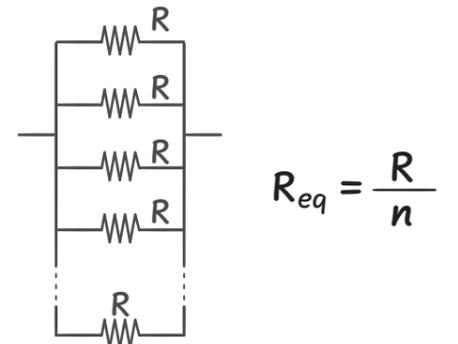
Em paralelo



DOIS RESISTORES

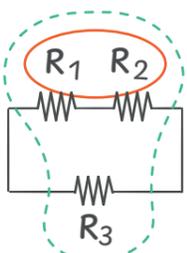
$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

n RESISTORES IGUAIS



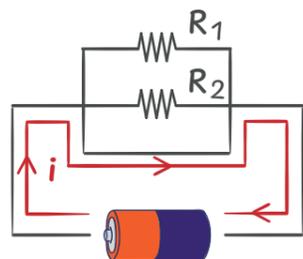
Em paralelo, a resistência equivalente é **SEMPRE MENOR** do que todas as resistências.

Mista



1º - Série
2º - Paralelo

Curto - circuito



Fio sem resistência colocado em paralelo com resistores.

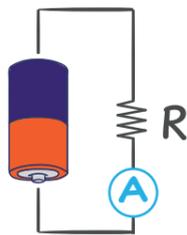
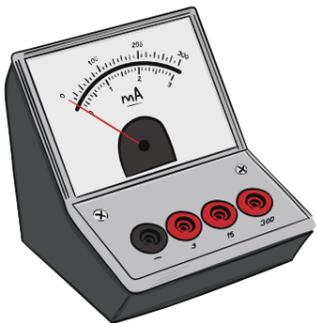
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

COMPARANDO
POTÊNCIAS:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO

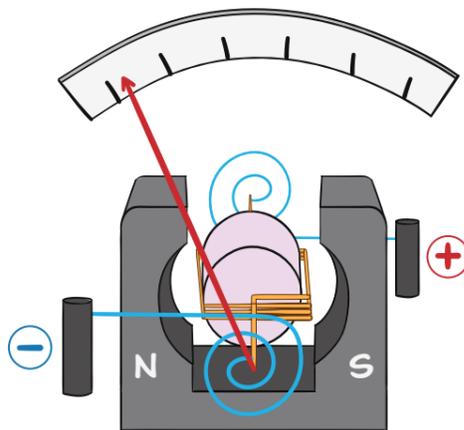
Amperímetro — A —



Conectado em série para medir a **CORRENTE**.

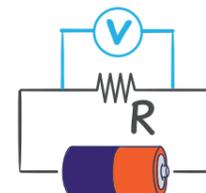
Amperímetro ideal = sem resistência.

Galvanômetro — G —

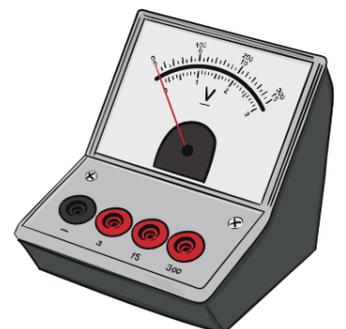


Mede **CORRENTES PEQUENAS**.

Voltímetro — V —

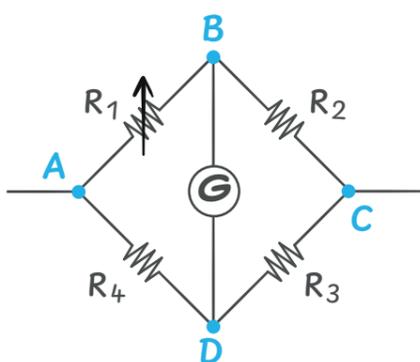


Conectado em paralelo para medir **TENSÃO**.



Volímetro ideal = Resistência infinita

PONTE DE WHEATSTONE



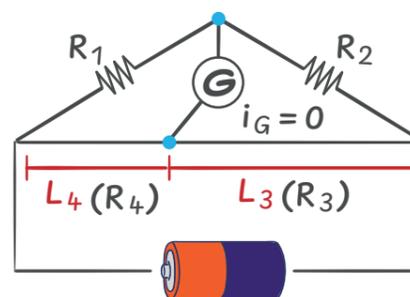
$i_G = 0$ → Ponte em equilíbrio

$$V_{BD} = 0$$

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$$

OBS: Reostato (R variável)

Ponte de fio



$$R_1 \cdot L_3 = R_2 \cdot L_4$$

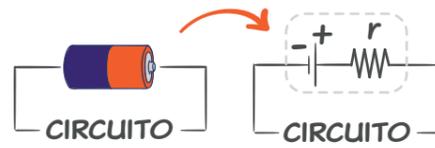
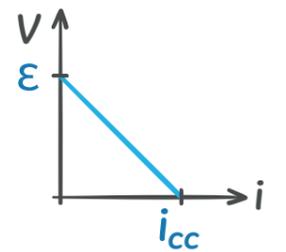
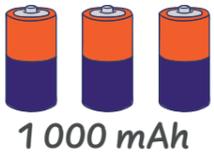


Gráfico V x i



Carga de uma pilha/bateria



$$q = i \cdot \Delta t$$

[mAh] [mA] [h]

mAh C

$\times 3,6$

$\div 3,6$

Tensão fornecida = Força Eletromotriz - Tensão dissipada

$$V = \epsilon - r \cdot i$$

RENDIMENTO

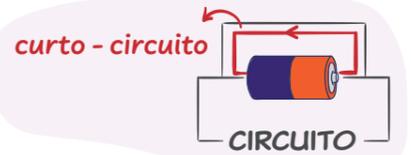
$$\eta = \frac{V}{\epsilon}$$

Potência fornecida = Potência gerada - Potência dissipada

$$V \cdot i = \epsilon \cdot i - r \cdot i^2$$

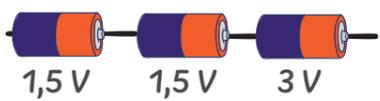
CORRENTE

$$i = \frac{\epsilon}{r + R_{\text{CIRCUITO}}}$$



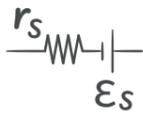
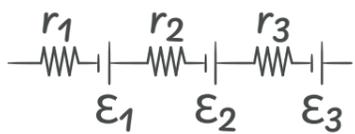
Associação de geradores

EM SÉRIE



$$\epsilon_s = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3$$

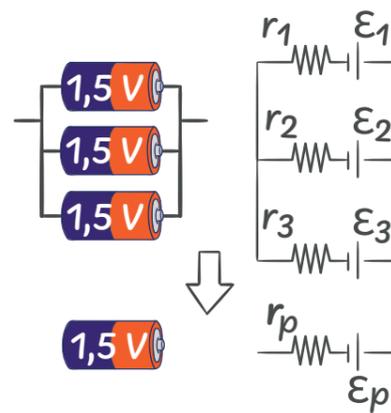
$$r_s = r_1 + r_2 + r_3$$



maior ε

maior r

EM PARALELO



$$\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_3 = \epsilon_p$$

$$r_1 = r_2 = r_3 = r$$

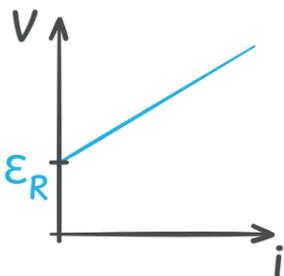
$$r_p = \frac{r}{n}$$

nº de geradores

menor r



Gráfico V x i



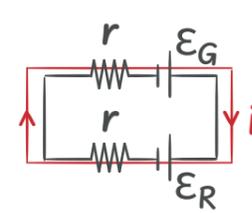
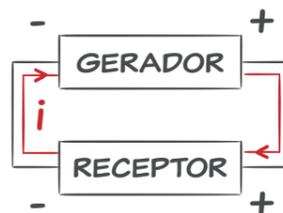
Um mesmo aparelho pode funcionar como gerador e receptor por exemplo:

- celular carregador: bateria = receptor
- celular funcionando: bateria = gerador

Tensão recebida = Tensão útil + Tensão dissipada

$$V = \epsilon_R + r \cdot i$$

força contraeletromotriz

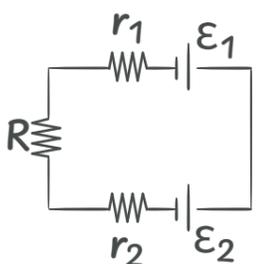


$$\epsilon_G > \epsilon_R$$

Gerador: corrente sai no +

Receptor: corrente entra no +

CIRCUITOS COM GERADOR E RECEPTOR



RESISTOR

$$V = R \cdot i$$

GERADOR

$$V = \epsilon_G - r_G \cdot i$$

RECEPTOR

$$V = \epsilon_R + r_R \cdot i$$

MAIOR ε: ε_G

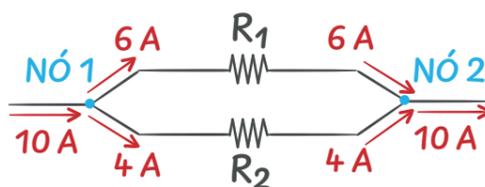
menor ε: ε_R

CORRENTE

$$i = \frac{\epsilon_G - \epsilon_R}{R_{\text{resistores}} + r_G + r_R}$$

LEIS DE KIRCHHOFF

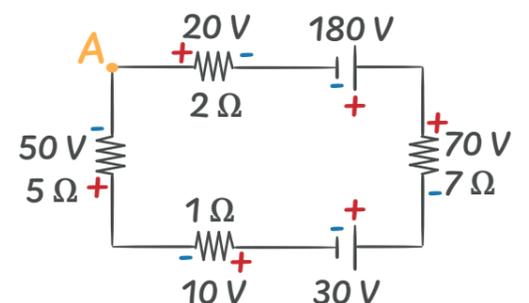
1ª Lei (Lei dos Nós)



Soma das correntes que chegam em um nó é igual à soma das correntes que saem desse nó.

(conservação da carga)

2ª Lei (Lei das Malhas)



$$\epsilon_G = 180 \text{ V} \quad \epsilon_R = 30 \text{ V}$$

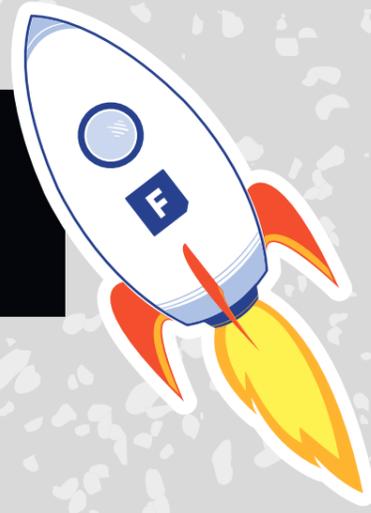
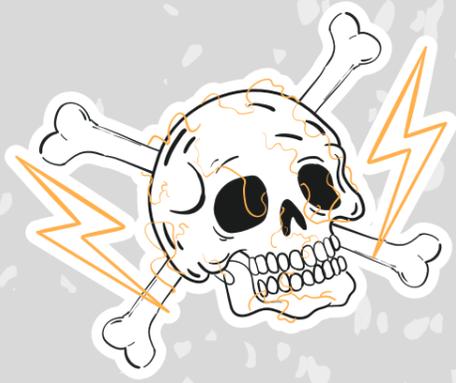
$$R_{\text{TOTAL}} = 15 \Omega \quad i = 10 \text{ A}$$

A → A (sentido horário)

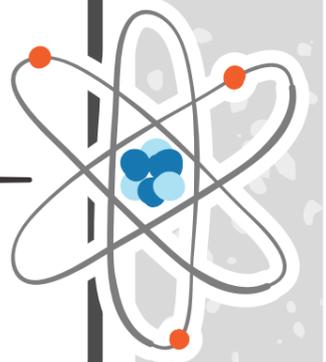
$$+20 \text{ V} - 180 \text{ V} + 70 \text{ V} + 30 \text{ V} + 10 \text{ V} + 50 \text{ V} = 0$$

A soma das tensões em uma malha fechada é sempre zero.

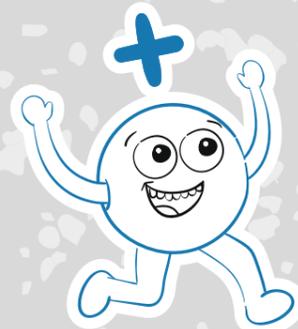
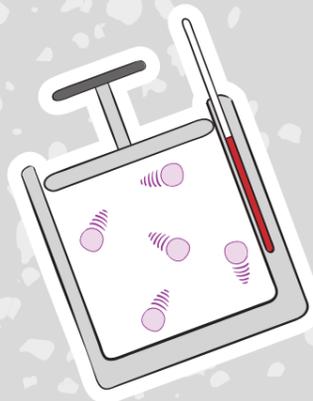
(conservação da energia)



Física



ELETROMAGNETISMO





FÍSICA
PROFESSOR
COELHO



MAGNETISMO

CARGAS ELÉTRICAS EM:
• REPOUSO, GERAM CAMPO ELÉTRICO
• MOVIMENTO, GERAM CAMPO ELÉTRICO E CAMPO MAGNÉTICO.

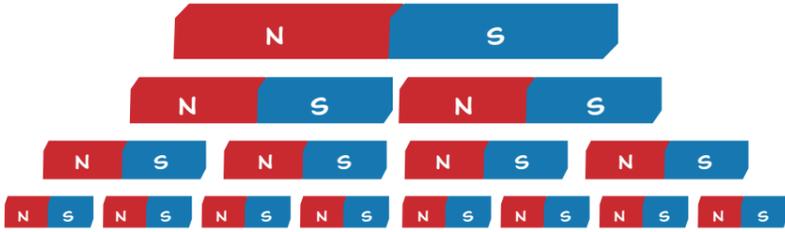


Ímã elementar

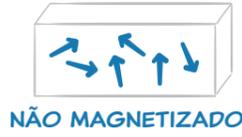
Efeito magnético de um elétron.

Polos Magnéticos

SEMPRE DOIS!!



Propriedades magnéticas



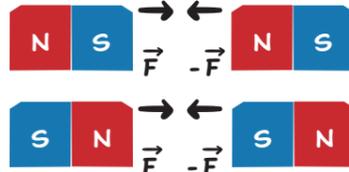
NÃO MAGNETIZADO



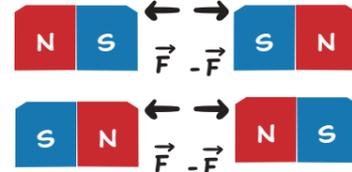
MAGNETIZADO

É possível desmagnetizar um objeto aquecendo-o acima do Ponto Curie ou com choques mecânicos

Princípio da Atração e Repulsão



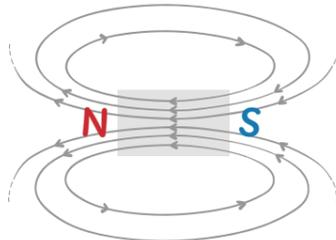
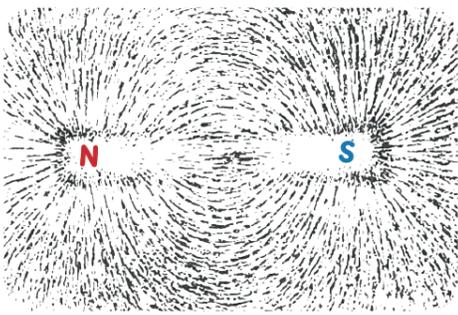
POLOS OPOSTOS SE ATRAEM.



POLOS IGUAIS SE REPELEM.

As forças entre os ímãs constituem pares ação e reação.

Campo Magnético

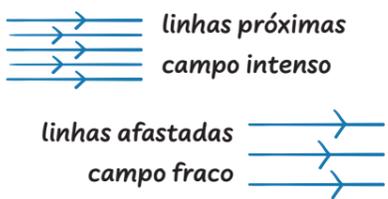


Dentro do ímã, as linhas de campo magnético se orientam do **polo sul** ao **polo norte**.

Fora do ímã, as linhas de campo magnético se orientam do **polo norte** ao **polo sul**.

As linhas de campo magnético são **sempre fechadas**.

INTENSIDADE DO CAMPO



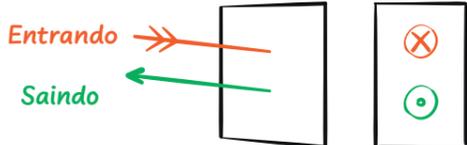
VETOR CAMPO MAGNÉTICO (VETOR INDUÇÃO MAGNÉTICA)



É sempre tangencial às linhas de campo (linhas de indução)

[T (tesla), G (gauss)]
1T = 1 · 10⁴G

REPRESENTAÇÃO DO VETOR CAMPO MAGNÉTICO PERPENDICULAR AO PLANO



Comportamento magnético dos materiais



Inicialmente desmagnetizado.

FERROMAGNÉTICO



MAGNETIZAÇÃO FORTE ATRAÍDOS POR ÍMÃS
Ex: ferro, cobalto, níquel

PARAMAGNÉTICO



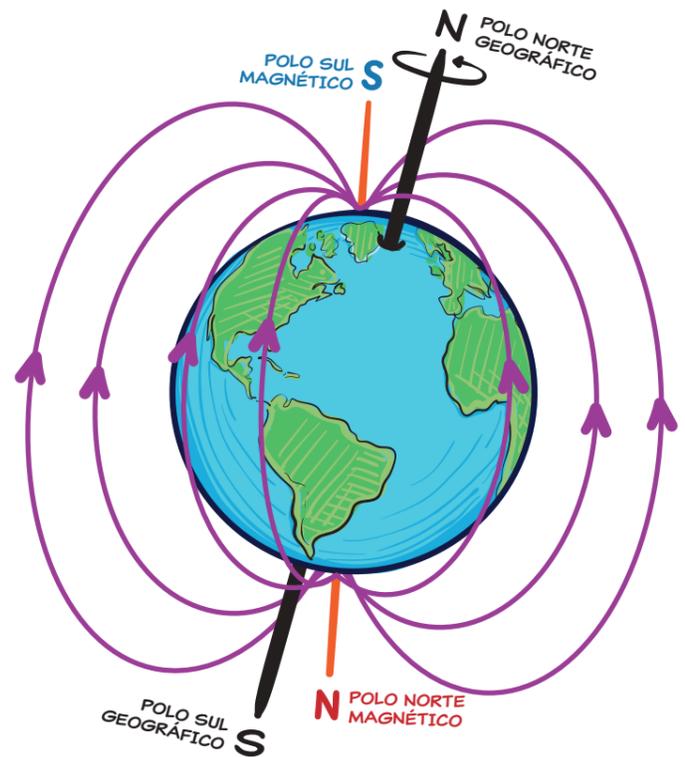
MAGNETIZAÇÃO DESPREZÍVEL
Ex: madeira, alumínio

DIAMAGNÉTICO



MAGNETIZAÇÃO CONTRÁRIA REPELIDOS POR ÍMÃS
Ex: ouro, prata, cobre

Magnetismo Terrestre



O campo magnético terrestre protege a superfície contra partículas de alta energia, que são direcionadas aos polos, gerando as auroras.



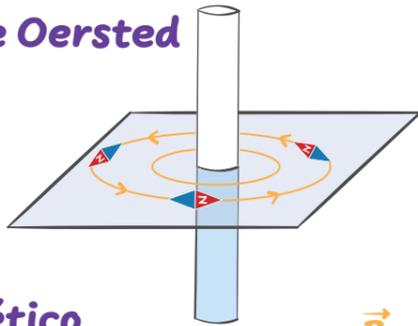
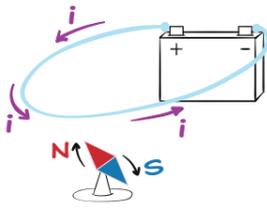
Bússolas são agulhas imantadas que apontam para o **polo sul magnético**.



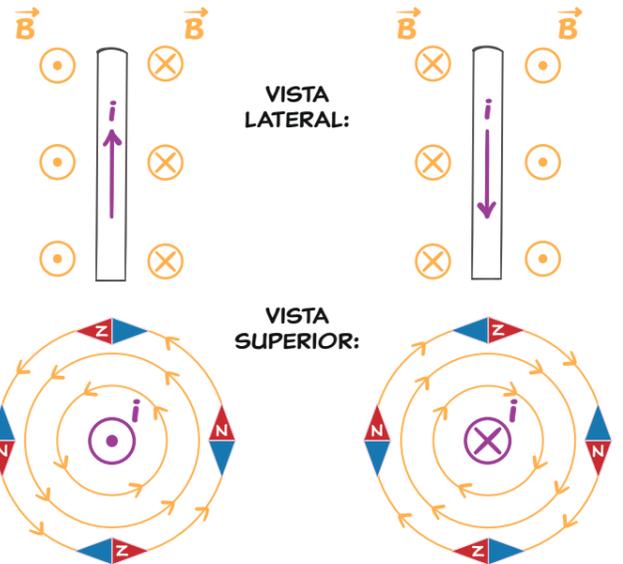


FIO RETILÍNEO PERCORRIDO POR CORRENTE ELÉTRICA

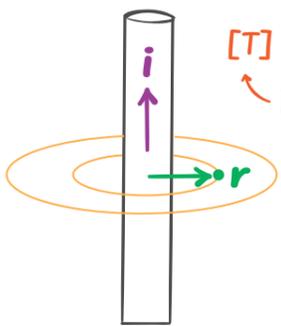
Experimento de Oersted



Orientação do campo magnético - Regra da mão direita



Módulo do campo magnético

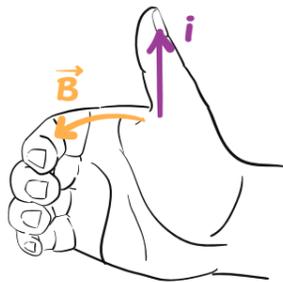


$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi r}$$

LEMBRANDO:
1 T = 1 · 10⁴ G

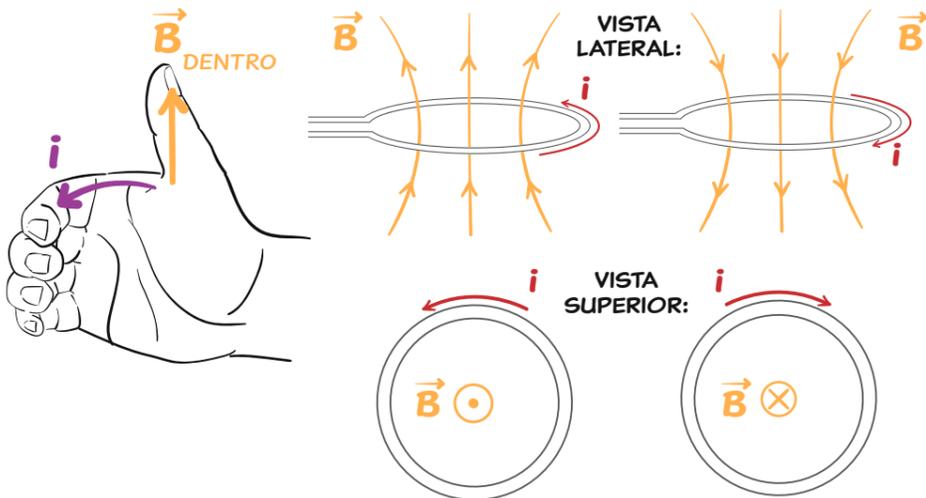
PERMEABILIDADE MAGNÉTICA DO VÁCUO/AR:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

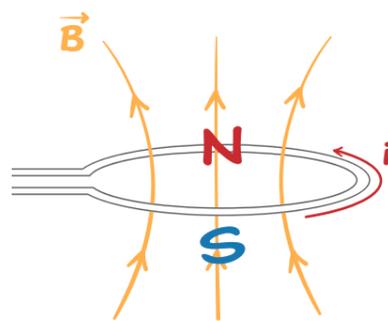


ESPIRA PERCORRIDA POR CORRENTE ELÉTRICA

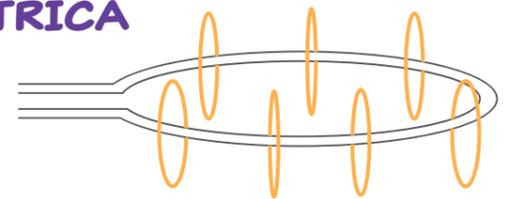
Orientação do campo magnético - Regra da mão direita



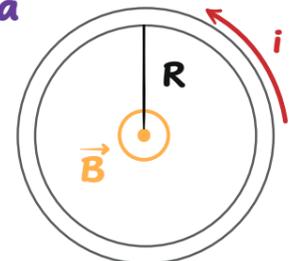
Polos magnéticos da espira



As linhas de campo saem do polo norte e entram no polo sul.

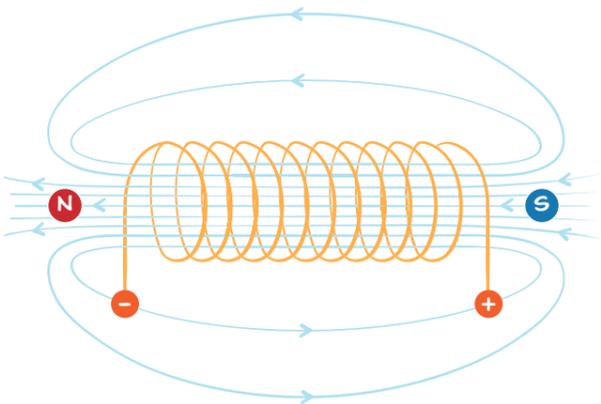


Módulo do campo magnético no centro da espira



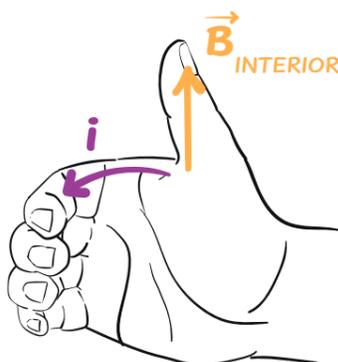
$$B_{\text{espira}} = \frac{\mu_0 \cdot i}{2R}$$

SOLENOIDE PERCORRIDO POR CORRENTE ELÉTRICA



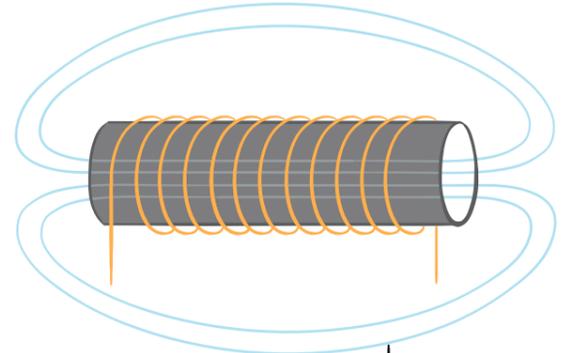
O campo magnético é uniforme no interior do solenoide.

Orientação do campo magnético - Regra da mão direita



Eletroímã

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_R$$

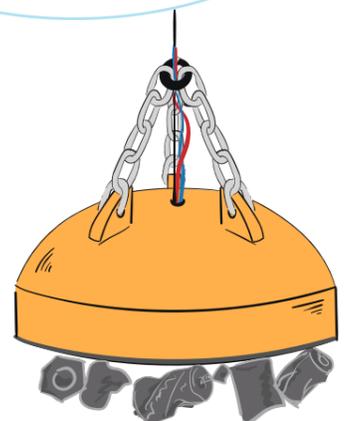


Módulo do campo magnético no interior do solenoide

$$B_{\text{solenoid}} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{L}$$

Comprimento do solenoide

Multiplicamos a permeabilidade magnética do vácuo com a permeabilidade magnética relativa do material colocado no interior do solenoide, fortificando o campo.





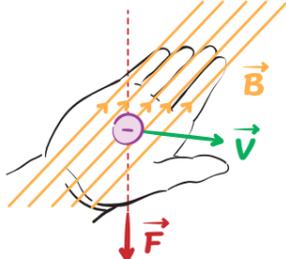
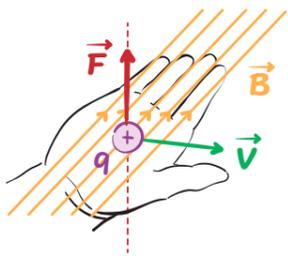
FORÇA MAGNÉTICA SOBRE UMA CARGA



Orientação da força magnética Regra da mão direita

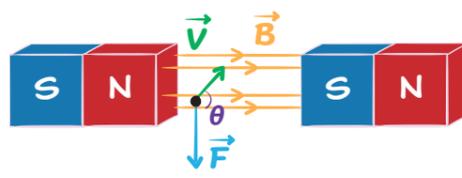
CARGA POSITIVA

CARGA NEGATIVA



A força magnética é sempre perpendicular ao campo magnético e à velocidade da carga

Módulo da força magnética

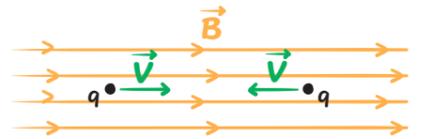


$$F = q \cdot B \cdot v \cdot \text{sen}(\theta)$$

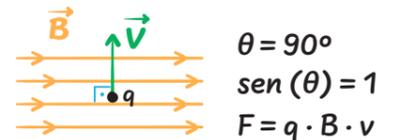
[N] [C] [T] [m/s]

A força magnética não realiza trabalho sobre a carga.

CASOS ESPECIAIS



$\theta = 0^\circ$ $\text{sen}(\theta) = 0$ $\theta = 180^\circ$
 $F = 0$

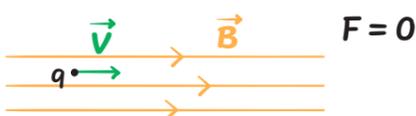


$\theta = 90^\circ$
 $\text{sen}(\theta) = 1$
 $F = q \cdot B \cdot v$

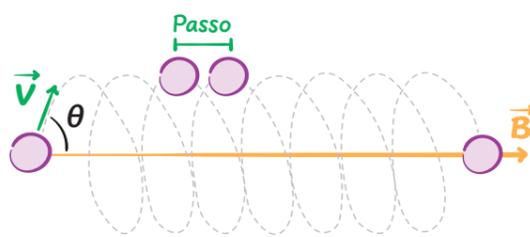
MOVIMENTO DE CARGAS EM CAMPO MAGNÉTICO

Carga lançada paralelamente ao campo magnético

A carga descreve um Movimento Retilíneo Uniforme (MRU).

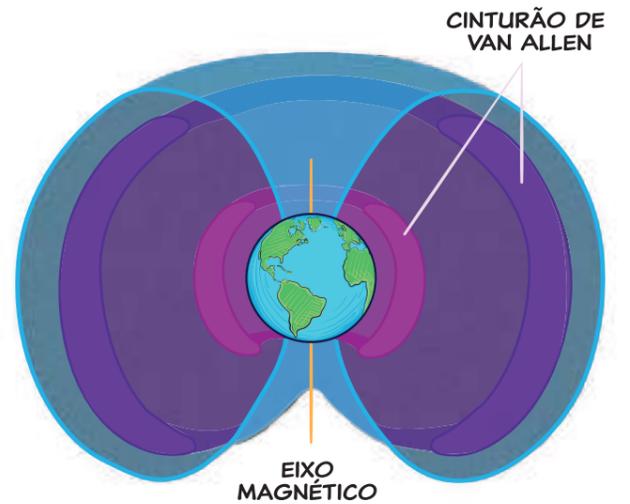


Carga lançada obliquamente ao campo magnético



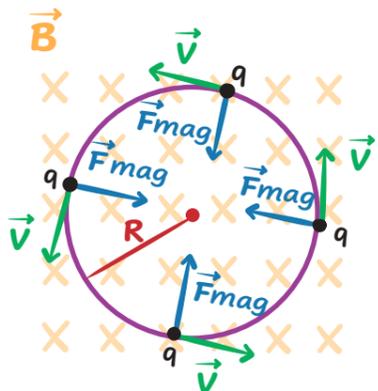
$$\text{Passo} = T \cdot v \cdot \cos(\theta)$$

A carga descreve um Movimento Helicoidal Uniforme (MCU). É a soma dos outros dois.



As partículas carregadas vindas do espaço realizam movimento helicoidal no campo magnético terrestre, viajando até os polos, onde provocam as auroras quando colidem com a atmosfera.

Carga lançada perpendicularmente ao campo magnético



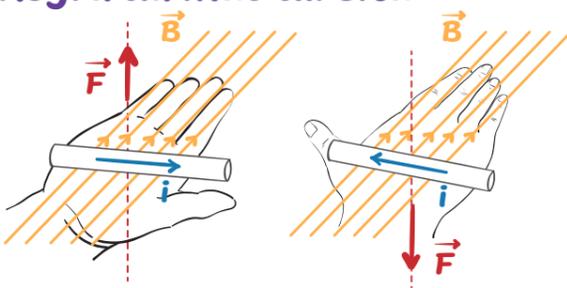
$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

$$T = \frac{2\pi m}{q \cdot B} \text{ Período}$$

A carga descreve um Movimento Circular Uniforme (MCU).

FORÇA MAGNÉTICA SOBRE UM CONDUTOR

Orientação da força magnética Regra da mão direita



A força magnética é sempre perpendicular ao campo magnético e à corrente elétrica.

Módulo da força magnética

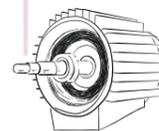
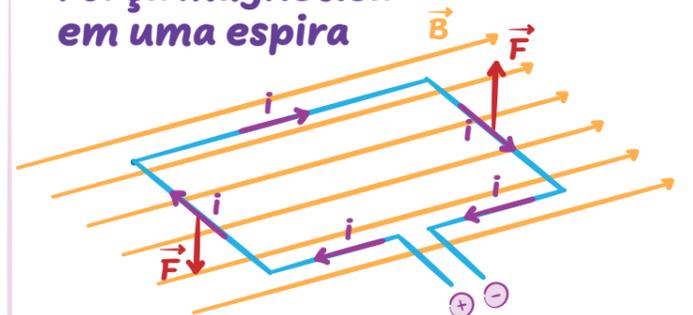


$$F = i \cdot B \cdot L \cdot \text{sen}(\theta)$$

[N] [A] [T] [m]

A força magnética é capaz de realizar trabalho sobre condutores.

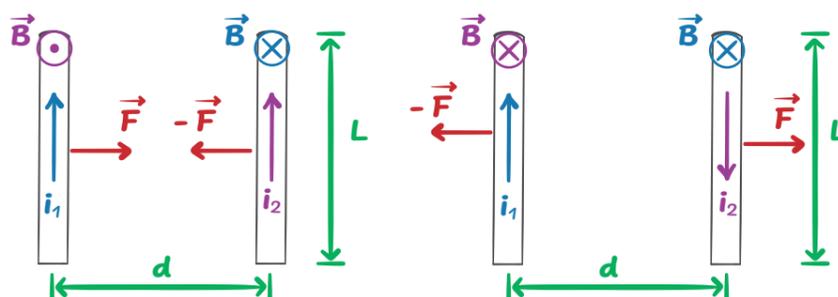
Força magnética em uma espira



A força magnética tem a capacidade de provocar rotação na espira. Esse é o princípio do motor elétrico.

Força magnética entre dois fios paralelos

Condutores percorridos por correntes de mesmo sentido se atraem.



Condutores percorridos por correntes de sentidos opostos se repelem.

$$F = \frac{\mu \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot L}{2\pi \cdot d}$$

PERMEABILIDADE MAGNÉTICA DO VÁCUO/AR: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$

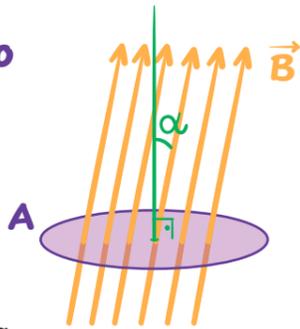


INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Fluxo Magnético

$$\phi = B \cdot A \cdot \cos(\alpha)$$

[Wb] [T] [m²]

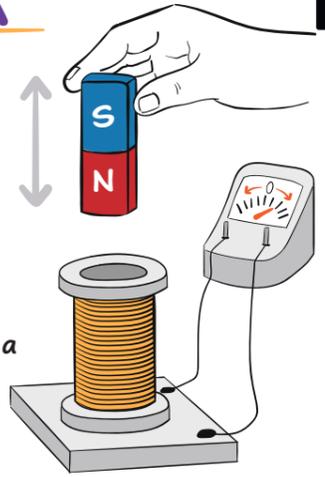


Lei de Faraday

$$\epsilon = -N \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta T}$$

[V] [Wb] [s]

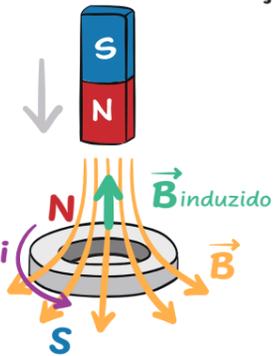
nº espiras



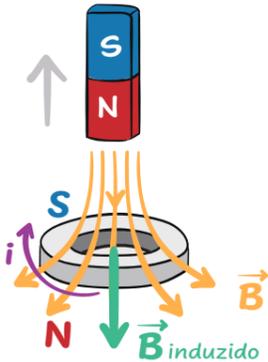
A variação de fluxo magnético induz a ocorrência de força eletromotriz (inclusive em espiras abertas).

Lei de Lenz

O campo magnético induzido se opõe à variação de fluxo magnético.



Quando o ímã está se aproximando da espira, o campo magnético da espira é no sentido que gera força de repulsão magnética.

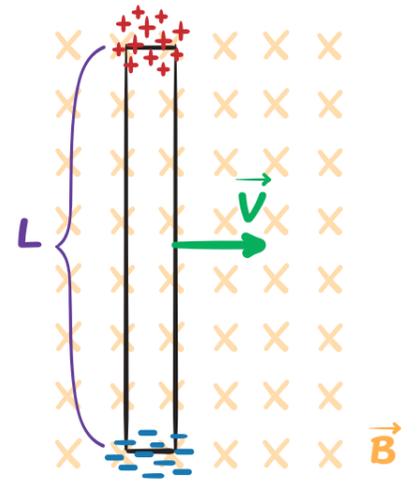


Quando o ímã está se afastando da espira, o campo magnético da espira é no sentido que gera força de atração magnética.

FEM induzida em um condutor retilíneo

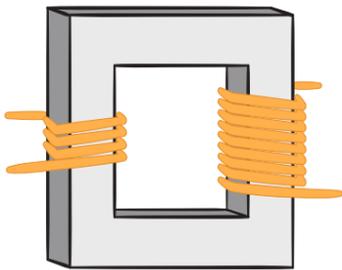
$$\epsilon = vBL$$

A força magnética induz a separação de cargas e o surgimento da força eletromotriz.



TRANSFORMADORES

Tensão primária U_p
(aplicada no transformador)



Tensão secundária U_s
(fornecida pelo transformador)

Transformação de tensão

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

nº espiras

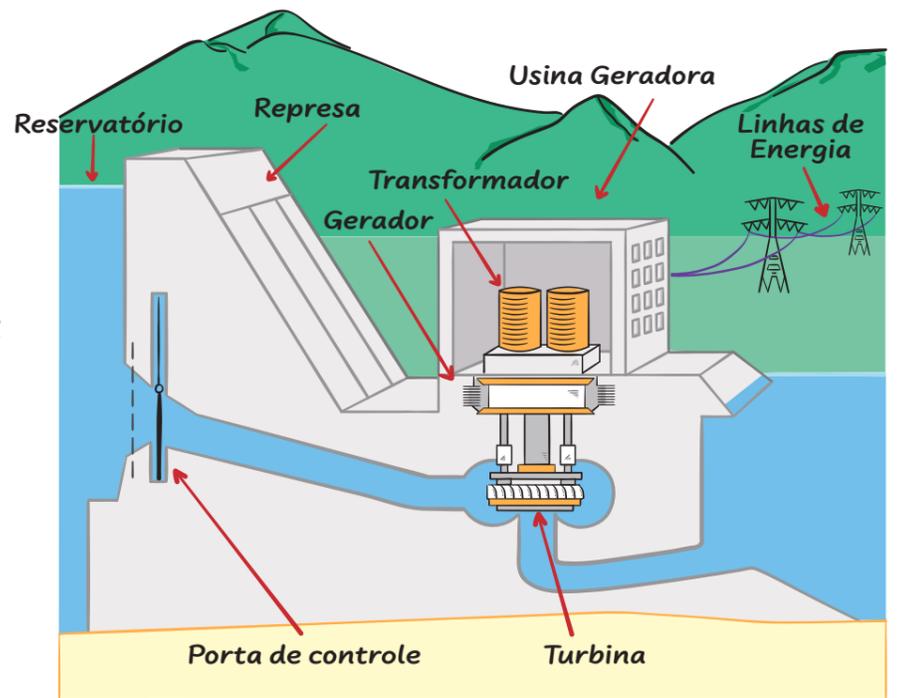
Conservação de Energia

$$P_p = P_s$$
$$U_p \cdot i_p = U_s \cdot i_s$$

FIQUE ATENTO!!
O transformador **NÃO FUNCIONA EM CORRENTE CONTÍNUA** (como em baterias), somente em tensão alternada.

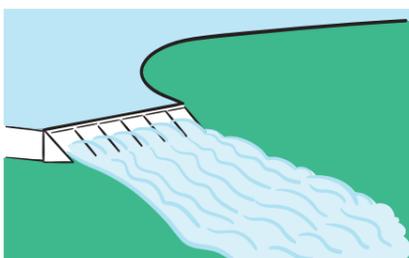


Usinas



O gerador converte energia mecânica em energia elétrica usando a indução eletromagnética (Lei de Faraday e Lei de Lenz).

Sistema de Transmissão

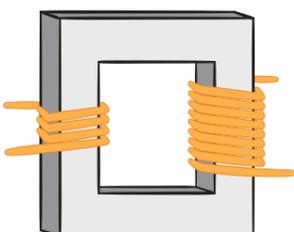


PERDAS (CALOR) linhas de transmissão

$$P_D = R_F \cdot i_T^2$$



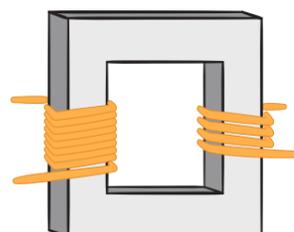
TENSÃO FORNECIDA PELA USINA



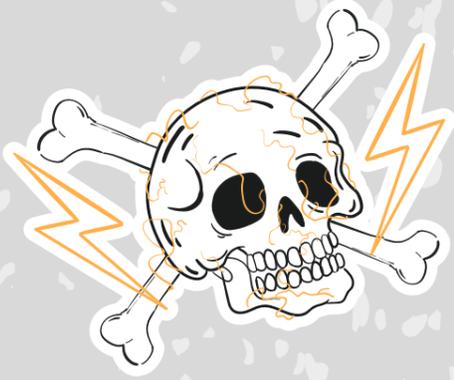
ELEVA A TENSÃO (ALTA TENSÃO)

DIMINUI A CORRENTE (BAIXA CORRENTE)

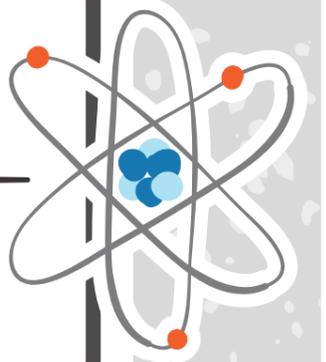
DIMINUI A TENSÃO PARA AS CIDADES (13,8 kV)



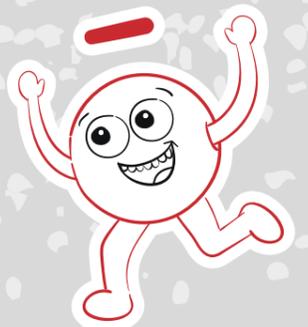
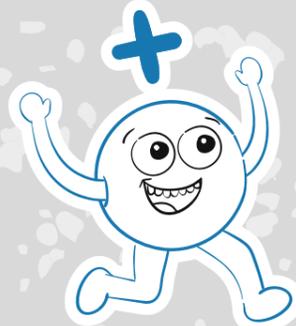
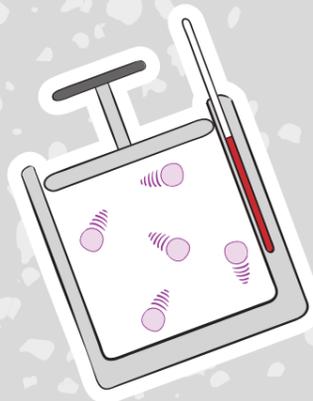
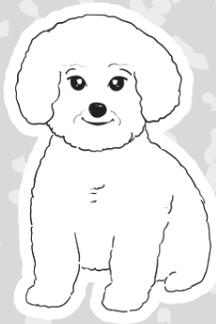
DIMINUI A TENSÃO PARA AS RESIDÊNCIAS (220 V OU 110 V)



Física



FÍSICA MODERNA



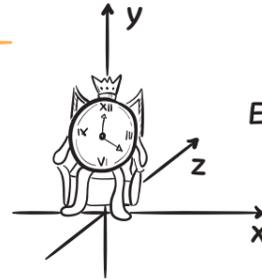


FÍSICA
PROFESSOR
COELHO

NA FÍSICA CLÁSSICA

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

Não existem limites para a velocidade de um corpo



Espaço, tempo e massa são absolutos



TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

1ª Postulado: As leis da física são as mesmas para qualquer REFERENCIAL INERCIAL.

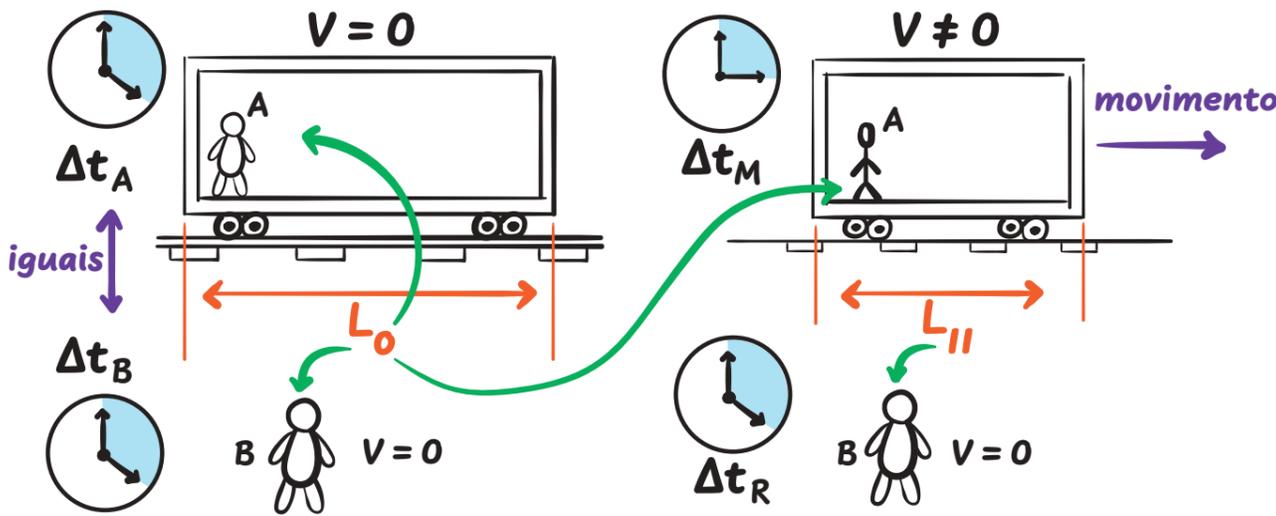
2ª Postulado: A velocidade da luz no vácuo é SEMPRE a mesma para qualquer referencial inercial ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

AUMENTO DE MASSA



$$m_R < m_M$$
$$m_M = \gamma \cdot m_R$$

DILATAÇÃO DO TEMPO E CONTRAÇÃO DO COMPRIMENTO



$$\Delta t_R = \gamma \cdot \Delta t_M \rightarrow \Delta t_R > \Delta t_M$$
$$L_0 = \gamma \cdot L_{II} \rightarrow L_0 > L_{II}$$

FATOR DE LORENTZ: $\gamma \geq 1$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} \rightarrow 1 - (\frac{v}{c})^2 > 0$$

$V < C$ Nenhuma velocidade pode ser maior que C.

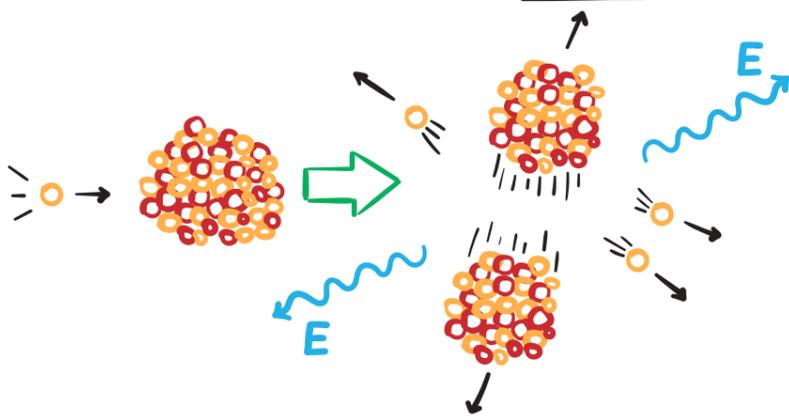
MASSA \leftrightarrow ENERGIA

$$E = mc^2$$

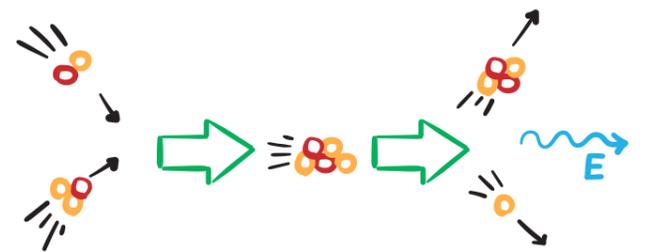
O Nêutron
O Próton

Parte da massa de transforma em energia nas reações nucleares

FISSÃO NUCLEAR USINAS



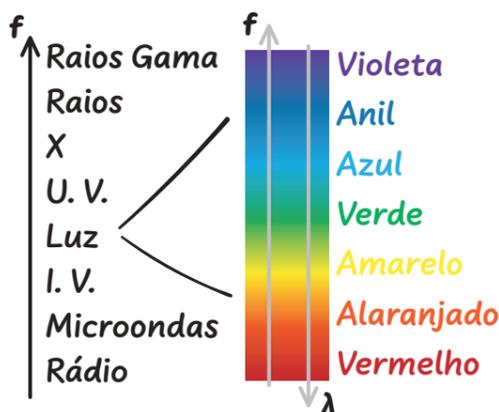
FUSÃO NUCLEAR SOL



TEORIA QUÂNTICA

$$E = h \cdot f$$

→ Frequência da radiação [Hz]
Energia do fóton [J, eV]



Constante de Planck
 $h = 6,64 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
ou
 $h = 4,15 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$
 $\div 1,6 \cdot 10^{-19}$
 $\text{J} \leftrightarrow \text{eV}$
 $\times 1,6 \cdot 10^{-19}$

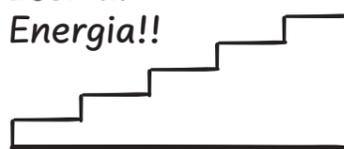
GRANDEZAS CONTINUAS

• Rampa

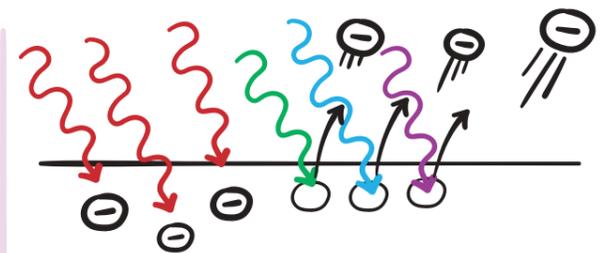


GRANDEZAS DISCRETAS

• Escada
• Energia!!



EFEITO FOTOELÉTRICO



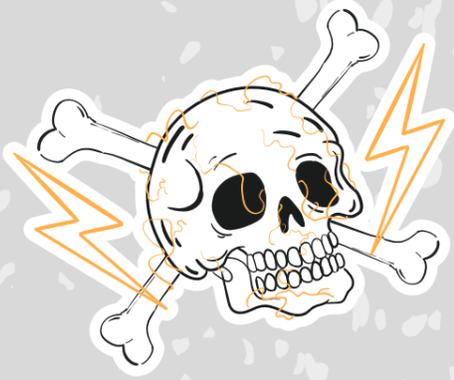
$$E_{\text{CINÉTICA}} = E_{\text{FÓTON}}$$

$$E = h \cdot f - \Phi$$

Função Trabalho

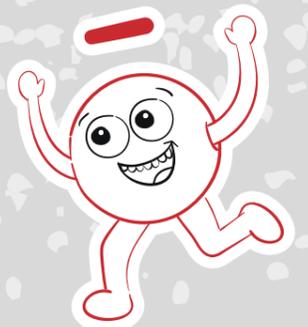
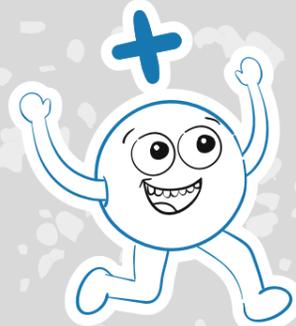
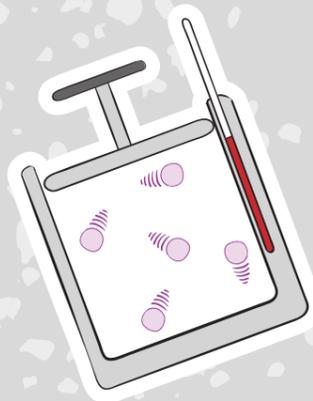
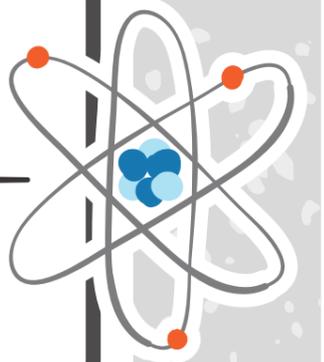
Para cada material: $f_{\text{min}} = \frac{\Phi}{h}$





Física

ANÁLISE DIMENSIONAL





ANÁLISE DIMENSIONAL



ESTUDA AS RELAÇÕES ENTRE
GRANDEZAS FÍSICAS E SUAS UNIDADES.

GRANDEZAS FUNDAMENTAIS

GRANDEZA	UNIDADE (S.I)	SÍMBOLO DIMENSIONAL
massa	quilograma [kg]	M
comprimento	metro [m]	L
tempo	segundo [s]	T
corrente elétrica	ampere [A]	I
temperatura	kelvin [K]	θ
intensidade luminosa	candela [cd]	J
quantidade de matéria	mol [mol]	N

HOMOGENEIDADE DIMENSIONAL

Ambos os lados de uma igualdade possuem a mesma dimensão.

$$W = \Delta E_C \rightarrow \frac{1}{2} m v^2$$

$F \cdot d \rightarrow M^1 \cdot L^1 \cdot T^{-2} \cdot L^1$
 $\left[\text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$
 $M^1 \cdot L^2 \cdot T^{-2} = M^1 \cdot L^2 \cdot T^{-2}$

EQUAÇÃO DIMENSIONAL

Na Mecânica, o mais comum é analisar apenas massa, comprimento e tempo.

$$[X] = M^a \cdot L^b \cdot T^c$$

Velocidade $[v] = \left[\frac{m}{s} \right] = \frac{L^1}{T^1} = M^0 \cdot L^1 \cdot T^{-1}$

Aceleração $[a] = \left[\frac{m}{s^2} \right] = \frac{L^1}{T^2} = M^0 \cdot L^1 \cdot T^{-2}$

Força ($F = m \cdot a$)

$$[N] = \left[\text{kg} \cdot \frac{m}{s^2} \right] = M^1 \cdot \frac{L^1}{T^2} = M^1 \cdot L^1 \cdot T^{-2}$$



Na dúvida, é possível dividir uma unidade nas suas constituintes para facilitar a análise dimensional!

CONVERSÃO DE UNIDADES

Velocidade $\left[\frac{L^1}{T^1} \right]$

Envolve duas grandezas dimensionais distintas.

$$\frac{m}{s} \Leftrightarrow \frac{km}{h}$$

Converte-se cada uma separadamente:

$$1 \text{ km} = 1.000 \text{ m}$$

$$1 \text{ h} = 3.600 \text{ s}$$

Agora, é só juntar:

$$\frac{1 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{1.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}}$$

$$1 \text{ km/h} = \frac{1 \text{ m/s}}{3,6}$$

$$\frac{km}{h} \xrightarrow{\div 3,6} \frac{m}{s} \xrightarrow{\times 3,6} \frac{km}{h}$$

Área $[L^2]$

A dimensão de comprimento está elevada ao quadrado.

$$m^2 \Leftrightarrow cm^2$$

Então, encontra-se a relação entre comprimentos e faz-se o mesmo:

$$1 \text{ m} = 10^2 \text{ cm}$$

$$(1 \text{ m})^2 = (10^2 \text{ cm})^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$$

$$m^2 \xrightarrow{\times 10^4} cm^2 \xrightarrow{\div 10^4} m^2$$

Volume $[L^3]$

A dimensão de comprimento está elevada ao cubo.

$$m^3 \Leftrightarrow L$$

Primeiro, uma relação entre litro e o sistema métrico:

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$$

Agora, monta-se a conversão de comprimento e eleva-se ao cubo:

$$1 \text{ m} = 10 \text{ dm}$$

$$(1 \text{ m})^3 = (10 \text{ dm})^3$$

$$(1 \text{ m})^3 = 10^3 \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$$

$$m^3 \xrightarrow{\times 10^3} L \xrightarrow{\div 10^3} m^3$$

Densidade $\left[\frac{M^1}{L^3} \right]$

Envolve duas grandezas dimensionais distintas.

$$\frac{g}{L} \Leftrightarrow \frac{kg}{m^3}$$

Converte-se cada uma separadamente:

$$1 \text{ kg} = 1.000 \text{ g}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ L}$$

Unindo-as:

$$\frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = \frac{1.000 \text{ g}}{1.000 \text{ L}}$$

$$1 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/L}$$

$$\frac{kg}{m^3} \xrightarrow{\times 1} \frac{g}{L} \xrightarrow{\div 1} \frac{kg}{m^3}$$