

NOVEMBRO / Semana 3

FÓRMULAS DE FÍSICA PARA O ENEM



MECÂNICA

- Movimento Retilíneo Uniforme - MRU

Velocidade escalar média

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Relação geral

$$\text{Para } \Delta t_1 = \Delta t_2 \Rightarrow v_m = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

Para um percurso de dois trechos

$$\text{Para } \Delta s_1 = \Delta s_2 \Rightarrow v_m = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2}$$

$$\text{Para } \Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3 \Rightarrow v_m = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3}$$

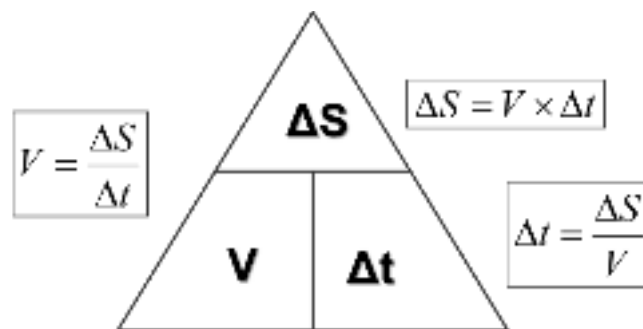
Para um percurso de três trechos

$$\text{Para } \Delta s_1 = \Delta s_2 = \Delta s_3 \Rightarrow v_m = \frac{3v_1v_2v_3}{v_1v_2 + v_1v_3 + v_2v_3}$$

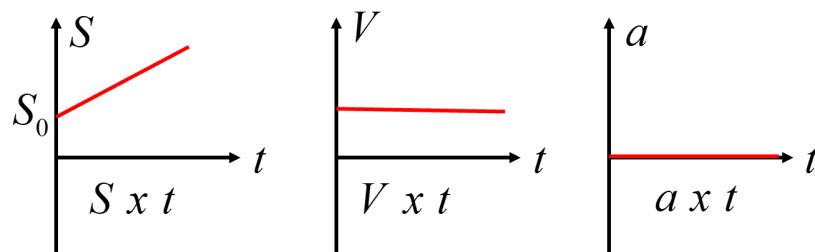
Função horária da posição

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

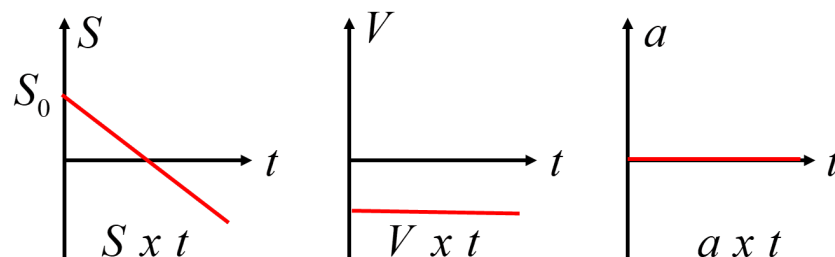
“Regra” do triângulo



Movimento uniforme progressivo



Movimento uniforme retrógrado



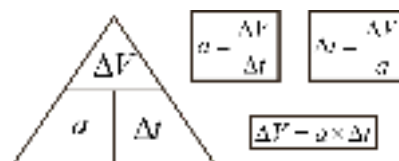
- Mecânica - Movimento Retilíneo Uniformemente Variado - MRUV

Aceleração escalar média

$$a_m = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Função horária da velocidade

$$V = V_0 + at$$



Use quando não interessar o espaço.

Equação da velocidade média

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{V + V_0}{2}$$

Use quando não interessar a aceleração ou nas questões de gráfico S x t.

Equação de Torricelli

$$V^2 = V_0^2 + 2a\Delta S$$

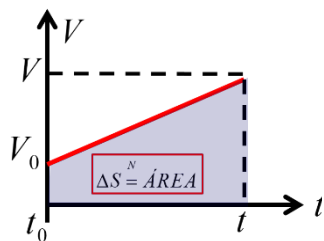
Use quando não interessar o tempo.

Função horária do espaço

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Use quando s, a e t forem de interesse no exercício.

Propriedades do gráfico v x t



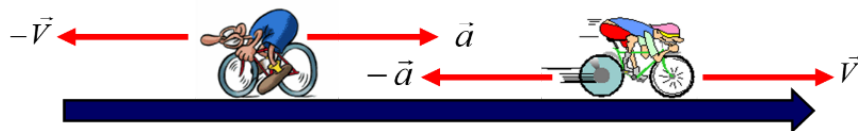
Válido para o MU e o MUV



Classificação

$$\left. \begin{array}{l} V < 0 \\ a < 0 \end{array} \right\} \text{Movimento acelerado} \left\{ \begin{array}{l} V > 0 \\ a > 0 \end{array} \right.$$

Aceleração e Velocidade possuem o mesmo sinal.

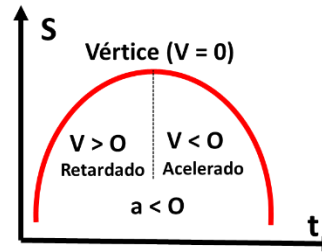
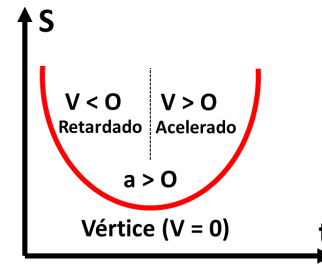


$$\left. \begin{array}{l} V < 0 \\ a > 0 \end{array} \right\} \text{Movimento retardado} \left\{ \begin{array}{l} V > 0 \\ a < 0 \end{array} \right.$$

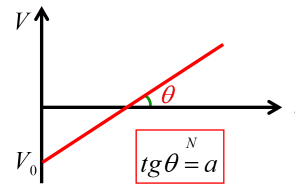
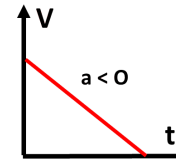
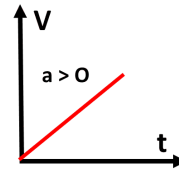
Aceleração e Velocidade possuem sinais diferentes.

Gráficos

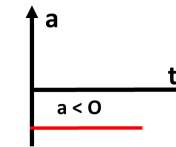
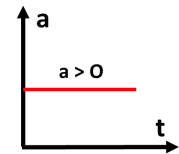
S x t



V x t



a x t



- Movimentos livres da resistência do ar

Queda livre

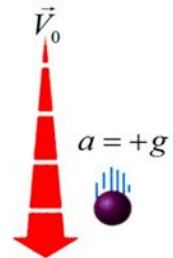


$$V_0 = 0$$

$$a = +g$$

$$t_{\text{queda}} = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

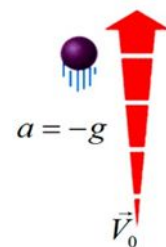
Lançamento vertical para baixo



$$V_0 \neq 0$$

$$a = +g$$

Lançamento vertical para cima

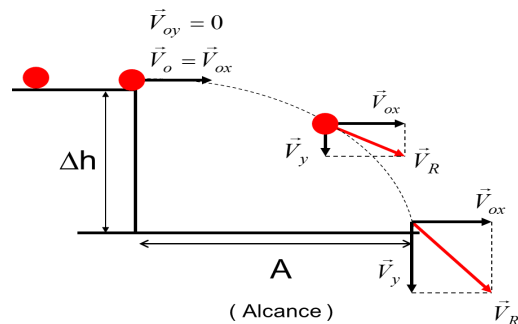


$$V_0 \neq 0$$

$$a = -g$$

$$H_{\text{max}} \rightarrow v = 0$$

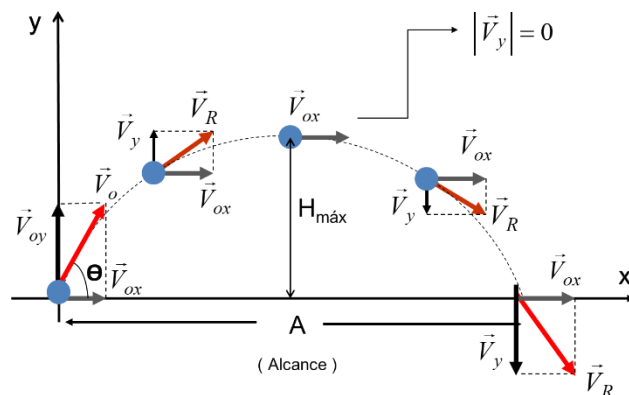
Lançamento horizontal



Vertical: M.U.V. (queda livre)
Horizontal: M.U. (M.R.U.)

$$|V_{y_i} = 0| \quad \left| t_{\text{queda}} = \sqrt{\frac{2h}{g}} \right| \quad \left| A = V_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} \right|$$

Lançamento oblquo



$$|V_{y_i} = V_0 \cdot \cos \theta| \quad |V_{0_y} = V_0 \cdot \sin \theta|$$

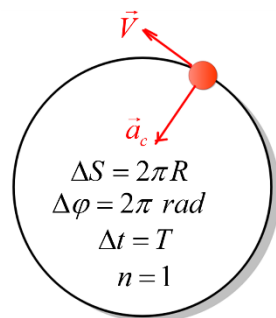
$$t_{\text{max}} = \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin \theta}{g} \quad t_d = t_s = \frac{V_0 \cdot \sin \theta}{g}$$

$$h_{\text{máx}} = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \theta}{2g} \quad A = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g}$$

$$A = V_0 \cdot \cos \theta \cdot t \quad A_{\text{máx}} > \theta - 45^\circ$$

$$y(x) = \tan \theta - \frac{g}{2V_0^2 \cos^2 \theta} x^2$$

- Movimentos circulares

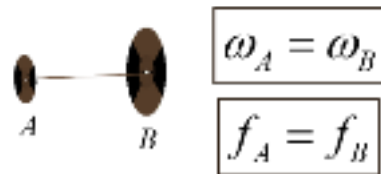
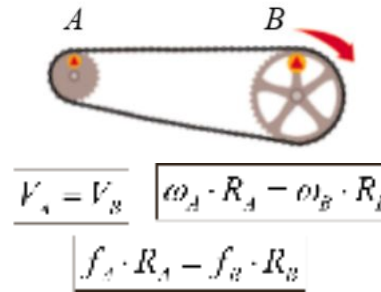
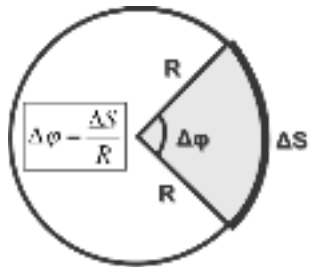


Velocidade linear

$$\begin{cases} V = \omega R \\ V = \frac{2\pi R}{T} \\ V = 2\pi Rf \end{cases}$$

Velocidade angular

$$\begin{cases} \omega = \frac{V}{R} \\ \omega = \frac{2\pi}{T} \\ \omega = 2\pi f \end{cases}$$



Função horária angular do MCU:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t$$

Aceleração angular: $\gamma = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$

Função horária angular do MCUV:

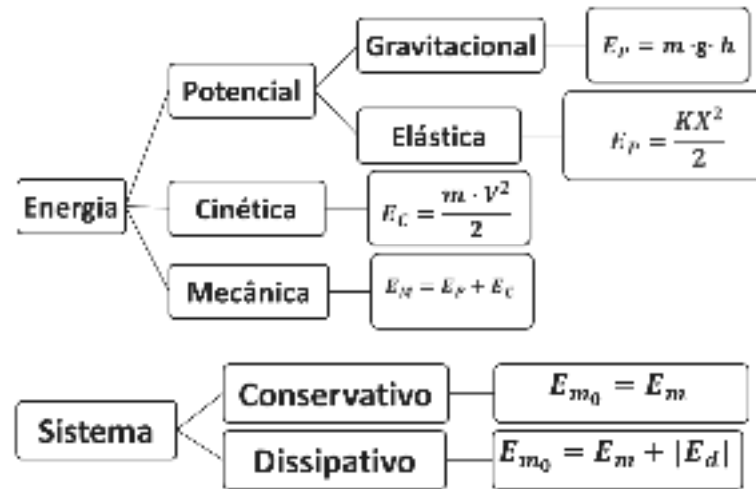
$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\gamma t^2}{2}$$

Equação de Torricelli:

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\gamma\Delta\varphi$$

DINÂMICA

- Energia



- Trabalho Mecânico

$$\text{Trabalho} \left\{ \begin{array}{l}
 \text{Força constante} \{ T = F \cdot d \cdot \cos \theta \\
 \text{Força variável} \{ T = \overset{N}{\text{Área}} \\
 \text{Força peso} \{ T = \pm mgh \\
 \text{Força elástica} \{ T = \pm \frac{k \cdot x^2}{2} \\
 \text{Dissipado} \Rightarrow T_{F_{at}} = -\mu \cdot N \cdot d = \Delta E_c
 \end{array} \right.$$

Potência e rendimento

Podemos definir potência como sendo a rapidez com um trabalho é realizado.

$$P = \frac{|T|}{\Delta t}$$

A potência instantânea é definida para um intervalo de tempo Δt extremamente pequeno. Matematicamente pode ser representado por:

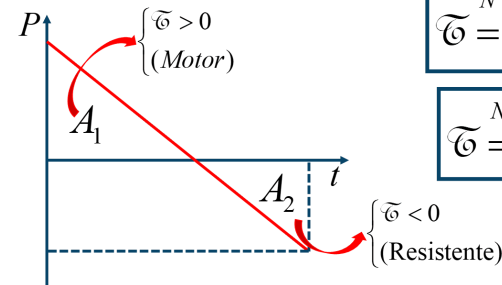
$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|T|}{\Delta t}$$

Para o caso particular em que a força é constante e paralela ao deslocamento, o módulo do deslocamento coincide com a variação de espaço, daí:



$$P = \frac{F \cdot d}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{F \cdot \Delta S}{\Delta t} \Rightarrow P = F \cdot V$$

Dado um diagrama da potência em função do tempo, a “área” compreendida entre o gráfico e o eixo dos tempos expressa o valor algébrico do trabalho ou da energia transferida.



$$\mathcal{E} = \sum^N \text{Áreas}$$

$$\mathcal{E} = A_1 + A_2$$

Em Física, a noção de rendimento está relacionada ao trabalho ou à potência. O rendimento η (letra grega “eta”) é dado pela relação entre a potência útil (P_u) e a potência total recebida (P_t):

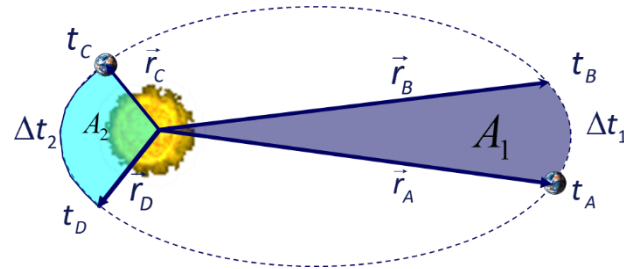
$$\eta = \frac{P_u}{P_t}$$

- **Mecânica dos fluidos**

$$\begin{array}{l}
 \text{Hidroestática} \left\{ \begin{array}{l}
 \text{densidade} \Rightarrow d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = d \cdot V \Rightarrow V = \frac{d}{m} \\
 \text{pressão} \left\{ \begin{array}{l}
 \text{sólidos} \Rightarrow p = \frac{F_{\text{normal}}}{A} \\
 \text{líquidos} \Rightarrow p = d \cdot g \cdot h
 \end{array} \right. \\
 \text{teoremas} \left\{ \begin{array}{l}
 \text{Pascal} \Rightarrow \text{se } h_1 = h_2 \Rightarrow p_1 = p_2 \left\{ \begin{array}{l} \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \\ d_1 h_1 = d_2 h_2 \end{array} \right. \\
 \text{Stevin} \Rightarrow p_{\text{total}} = p_{\text{atm}} + d \cdot g \cdot h \\
 \text{Arquimedes} \Rightarrow E = d_{\text{líquido}} \cdot V_{\text{imerso}} \cdot g
 \end{array} \right.
 \end{array} \right. \\
 \\
 \text{Hidrodinâmica} \left\{ \begin{array}{l}
 \text{Equação da continuidade} \Rightarrow d_1 A_1 V_1 = d_2 A_2 V_2 \\
 \text{Equação de Bernoulli} \Rightarrow d_1 + dgh_1 + \frac{dV_1^2}{2} = d_2 + dgh_2 + \frac{dV_2^2}{2}
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Gravitação

Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol que ocupa um dos focos dessa elipse.

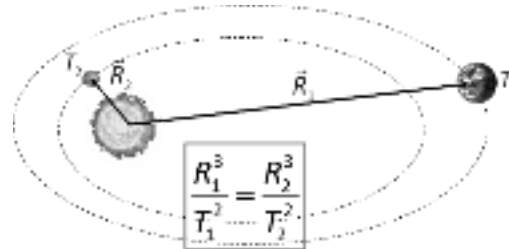


Leis de Kepler

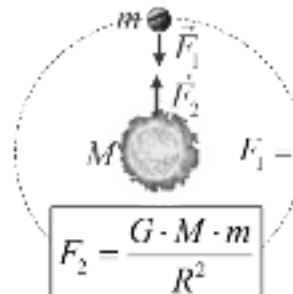
Lei das áreas

$$\frac{A_1}{\Delta t_1} = \frac{A_2}{\Delta t_2}$$

Lei dos períodos



Lei de Newton



$$F_2 = \frac{G \cdot M \cdot m}{R^2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P \Rightarrow F_1 = m \cdot g \Rightarrow g = \frac{GM}{R^2} \\ F_c \Rightarrow F_1 = \frac{m \cdot V^2}{R} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{GM}{R}} \\ F_c \Rightarrow F_1 = m \cdot \omega^2 \cdot R \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}} \end{array} \right.$$

$g = \frac{GM}{R^2}$

$V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$

$T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$

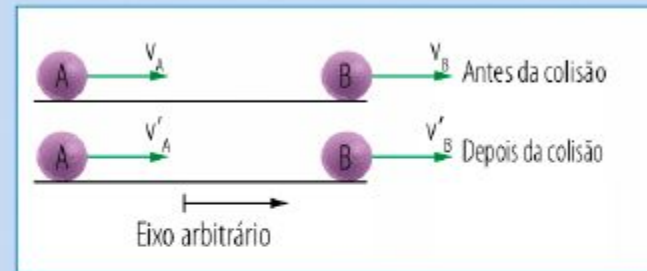
$V_c = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

- **Impulso e quantidade de movimento**

Impulso: $\vec{I} = \vec{F} \Delta t$
Quantidade de movimento: $\vec{Q} = m\vec{v}$ $\vec{Q}_{\text{total}} = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \dots + \vec{Q}_n = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots + m_n\vec{v}_n$
Se não houver forças externas no sistema, $\vec{Q}$ é conservado.
Teorema do impulso: $\vec{I} = \Delta\vec{Q}$

Colisões
Coeficiente de restituição: $e \equiv \left \frac{\text{velocidade relativa de afastamento}}{\text{velocidade relativa de aproximação}} \right $
Colisão perfeitamente elástica
Energia cinética se conserva: $e = 1$
Colisão inelástica
Energia cinética não se conserva: $E_{C,\text{final}} < E_{C,\text{inicial}}$ $e = 0$
Colisão parcialmente elástica
Energia cinética não se conserva: $E_{C,\text{final}} < E_{C,\text{inicial}}$ $0 < e < 1$

Casos particulares:



$$\text{Se } m_A = m_B \rightarrow v'_A = v_B \text{ e } v'_B = v_A$$

$$\text{Se } m_A \gg m_B \rightarrow v'_A \approx v_A \text{ e } v'_B \approx 2v_A - v_B$$

Centro de massa

$$\text{Posição: } x_{CM} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + \dots + m_n x_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

TERMOLOGIA

- Escalas termométricas

Relação entre temperaturas

$$\frac{\theta_c}{5} = \frac{\theta_k - 273}{5} = \frac{\theta_f - 32}{9}$$

Relação entre variações de temperaturas

$$\frac{\Delta C}{5} = \frac{\Delta K}{5} = \frac{\Delta F}{9}$$

- Dilatação térmica

Linear (L = comprimento)

$$\Delta L = L - L_0$$

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

$$L = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta \theta)$$

$$\text{Unidade de } \alpha = \frac{1}{^\circ\text{C}} \text{ ou } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta A = A - A_0$$

Superficial (A = área)

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta \theta$$

$$\beta = 2\alpha$$

$$A = A_0 (1 + \beta \cdot \Delta \theta)$$

$$\Delta V = V - V_0$$

Volumétrica (V = volume)

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

$$\gamma = 3\alpha$$

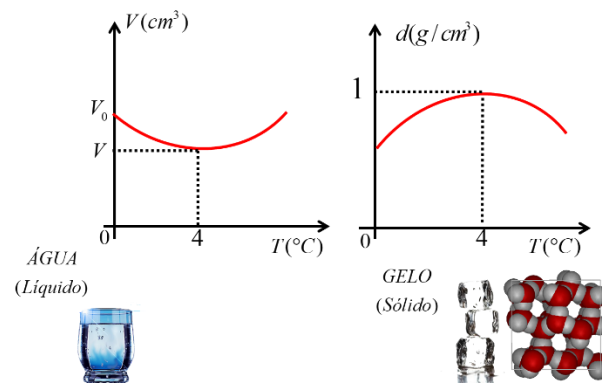
$$V = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta \theta)$$

Dilatação dos líquidos

$$\Delta V_{\text{liq}} = \Delta V_{\text{rec}} + \Delta V_{\text{rec}}$$

$$V_{\text{ap}} = V_{\text{liq}} - V_{\text{rec}}$$

Dilatação anômala da água



- Calorimetria

Quantidade de calor (Q)

Latente

$$Q_{\text{lat}} = m \cdot L$$

Sensível

$$Q_{\text{sen}} = m \cdot c \cdot \Delta \theta$$

Capacidade térmica (C)

$$C = m \cdot c$$

$$C = \frac{Q}{\Delta \theta}$$

Potência ou fluxo térmico (P)

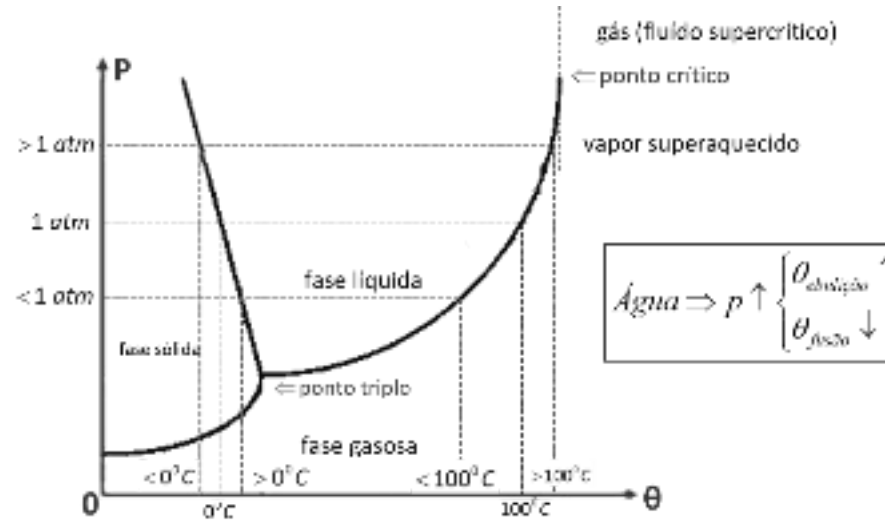
$$P_{fonte} = \frac{Q_{fonte}}{\Delta t_{tempo}}$$

$$P_{util} = \eta \cdot P_{fonte}$$

Equilíbrio térmico

$$\Sigma Q = 0$$

Diagrama de fases da água



Fluxo ou potência térmica

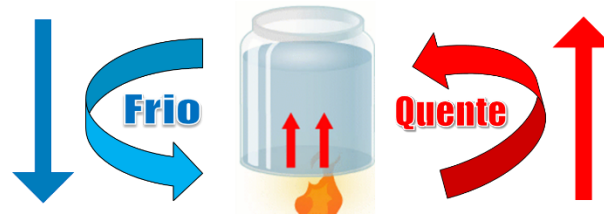
$$f = \frac{Q}{\Delta t}$$

Lei de Fourier

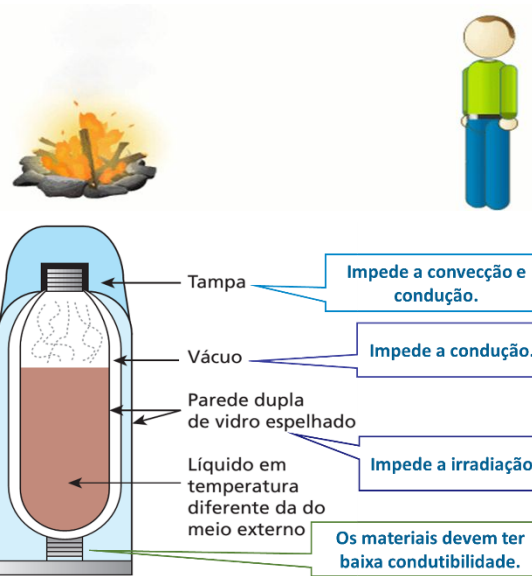
$$f = \frac{K \cdot A \cdot |\Delta \theta|}{l}$$

Propagação do calor

Convecção é o processo de propagação de calor no qual a energia térmica muda de local, acompanhando o deslocamento do próprio material aquecido.



Irradiação é o processo de propagação de calor no qual a energia, denominada radiante, apresenta-se na forma de ondas eletromagnéticas, principalmente como infravermelhas.



Garrafa térmica

- Gases e termodinâmica

Equação de
Clapeyron

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

Lei geral dos gases

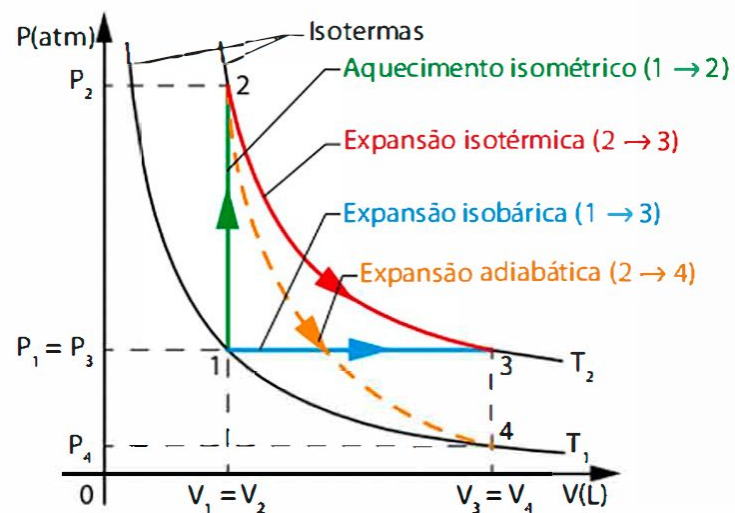
$$\frac{P_o \cdot V_o}{n_o \cdot T_o} = \frac{P_i \cdot V_i}{n_i \cdot T_i}$$

Mistura de gases

$$\frac{P_{\text{total}} \cdot V_{\text{total}}}{T_{\text{total}}} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} + \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Gases perfeitos

Transformações



Variação de energia interna

Gases monoatômicos

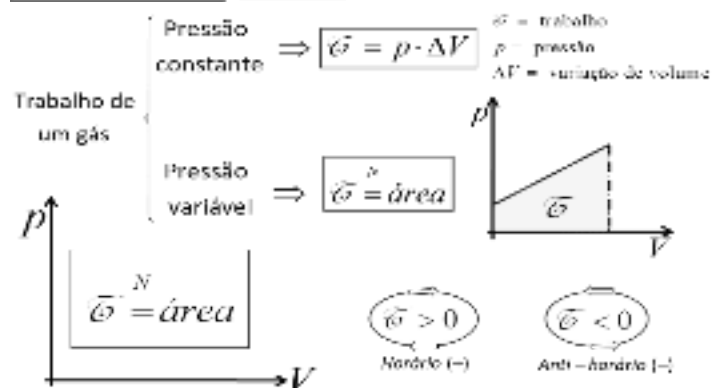
$$\Delta U = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} p \cdot \Delta V$$

Gases diatômicos

$$\Delta U = \frac{5}{2} n \cdot R \cdot \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} p \cdot \Delta V$$



Trabalho de um gás

1ª Lei da Termodinâmica

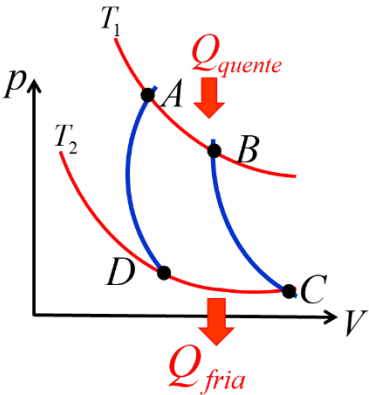
$\Delta U = Q - T$

- $Q > 0 \Rightarrow$ o gás recebe calor
- $Q < 0 \Rightarrow$ o gás cede calor
- $Q = 0 \Rightarrow$ transformação adiabática
- $T > 0 \Rightarrow$ expansão $\Rightarrow$ o gás realiza trabalho
- $T < 0 \Rightarrow$ compressão $\Rightarrow$ o gás sofre trabalho
- $\Delta U > 0 \Rightarrow \Delta T > 0 \Rightarrow$ aquecimento
- $\Delta U < 0 \Rightarrow \Delta T < 0 \Rightarrow$ resfriamento
- $\Delta U = 0 \Rightarrow \Delta T = 0 \Rightarrow$ isotérmica

2ª Lei da Termodinâmica

É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho.

- A $\rightarrow$ B: Expansão isotérmica reversível – O sistema recebe calor.
- B $\rightarrow$ C: Expansão adiabática reversível – O sistema não troca calor.
- C $\rightarrow$ D: Compressão isotérmica reversível – O sistema envia uma quantidade de calor à fonte fria.
- D $\rightarrow$ A: Compressão adiabática reversível – O sistema não troca calor.



Ciclo de Carnot

Máquinas térmicas

	Real	Máximo teórico
Rendimento	$\eta = 1 - \frac{ Q_{fria} }{ Q_{quente} }$ $\eta = \frac{T}{ Q_{fria} }$	$\eta = 1 - \frac{ T_{fria} }{ T_{quente} }$ $\frac{ Q_{fria} }{ Q_{quente} } = \frac{T_{fria}}{T_{quente}}$
Trabalho	$T \cdot Q_{fonte quente} \cdot Q_{fonte f}$	

Máquinas frigoríficas

$$e = \frac{Q_{FRL}}{T}$$

$$e = \frac{Q_{Fria}}{Q_{Quente} - Q_{Fria}}$$

$$e = \frac{\text{energia utilizada}}{\text{energia adquirida}}$$

ΔU = variação de energia interna

n = número de moles

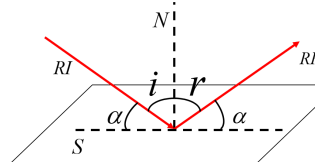
R = constante universal dos gases

ΔT = variação de temperatura (medida em kelvin)

e = eficiência térmica

- Óptica geométrica

Espelho plano



Se o espelho for rotacionado de um ângulo α , a imagem rotará de 2α .

Tamanho mínimo do espelho

Associação de espelhos

N = número de imagens

virtuais.

o = número de objetos

reais.

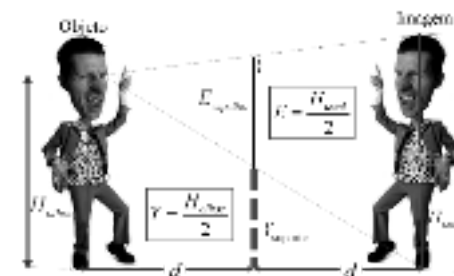
α = ângulo entre os espelhos

$$N = \frac{360}{\alpha} - 1$$

Distância focal

Espelhos esféricos

Aumento linear transversal



$$f = \frac{R}{2}$$

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

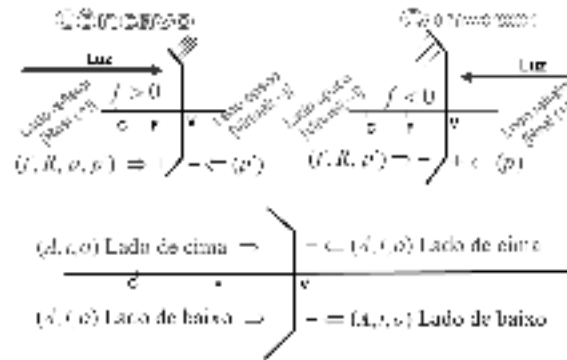
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$A = \frac{i}{o}$$

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

$$A = \frac{f}{f - p}$$

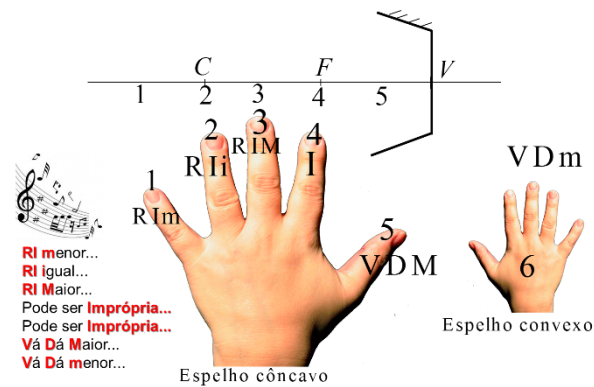
$$A = \frac{f - p'}{f}$$



Referencial Gaussiano

ELEMENTO	Adote	CONCLUSÃO:
Natureza do espelho (f)	$f > 0$	Espelho côncavo
	$f < 0$	Espelho convexo
	$f = \infty$	Espelho plano
Distância do objeto ao espelho (p)	$p > 0$	Objeto real
	$p < 0$	Objeto virtual
Distância da imagem ao espelho (p')	$p' > 0$	Imagem real (invertida)
	$p' < 0$	Imagem virtual (direita)
Aumento linear transversal (A)	$A > 0$	Imagem direita (virtual)
	$A < 0$	Imagem invertida (real, projetada)
Módulo do aumento linear transversal (Tamanho da imagem)	$ A > 1$	Imagem maior que o objeto
	$ A = 1$	Imagem igual ao objeto
	$ A < 1$	Imagem menor que o objeto

Construção de imagens



Refração da luz

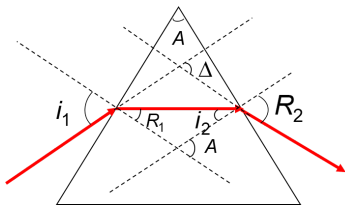
Índice de refração: $n_A = \frac{c}{v_A} \geq 1$

Lei de Snell: $n_A \cdot \text{sen}\hat{i} = n_B \cdot \text{sen}\hat{r}$

Ângulo limite: $\text{sen}\hat{L} = \frac{n_{(\text{menor})}}{n_{(\text{maior})}}$

Dioptro plano: $p' = \frac{n_{\text{observador}}}{n_{\text{objeto}}} \cdot p$

Prismas



$$A = i_1 + R_2 - A$$

$$A = R_1 + i_2$$

Na condição de desvio mínimo temos:

$$i_1 = R_2 \text{ e } i_2 = R_1$$

$$\Delta = 2i_1 - A$$

$$A = 2R_1$$

$$V = \left(\frac{n_{\text{meio}}}{n_{\text{lente}}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\text{Face} \begin{cases} \text{Plana} \rightarrow \frac{1}{R} = 0 \\ \text{Convexo} \rightarrow R < 0 \\ \text{Côncavo} \rightarrow R > 0 \end{cases}$$

Lentes esféricas

Bordas finas ou convexas

Bordas grossas ou côncavas

Biconvexa

Plano-convexa

Côncavo-convexa

Bicôncava

Plano-côncava

Convexo-côncava

	Borda Fina	Borda grossa
$n_L > n_{\text{meio}}$	convergente	divergente
$n_L < n_{\text{meio}}$	divergente	convergente

- V → vergência [dioptria (m⁻¹)]
- f → distância focal [metro (m)]
- d → distância entre as lentes
- R₁ → Raio de curvatura da 1ª face
- R₂ → Raio de curvatura da 2ª face

Associação de lentes

Lentes separadas:



$$V_R = V_1 + V_2 - V_1 \cdot V_2 \cdot d$$

Lentes justapostas:



$$V_R = V_1 + V_2$$

- **Oscilações e ondas**

MHS (movimento harmônico simples)
Posição: $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$
Velocidade: $v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \varphi_0)$
Velocidade máxima: $ v_{\text{máx.}} = \omega A$
Aceleração: $a(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi_0)$
Aceleração máxima: $ a_{\text{máx.}} = \omega^2 A$

Sistema massa-mola
Velocidade angular: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$
Período: $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$
Frequência: $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$
Energia potencial: $E_p = \frac{kx^2}{2}$
Energia potencial máxima: $E_{p,\text{máx.}} = \frac{kA^2}{2}$
Energia cinética: $E_c = \frac{mv^2}{2}$
Energia cinética máxima: $E_{c,\text{máx.}} = \frac{kA^2}{2}$
Energia mecânica: $E_M = \frac{kA^2}{2}$

Pêndulo simples

Velocidade angular: $\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$

Período: $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$

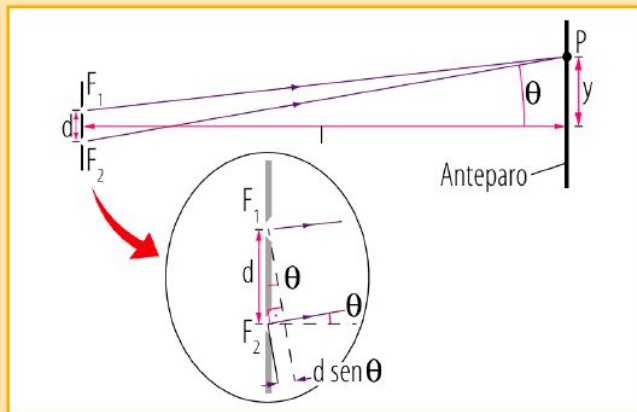
Frequência: $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\ell}}$

Ondas Periódicas

Velocidade de propagação: $v = \lambda f$

Equação de onda: $y = A \cos \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) + \varphi_0 \right]$

Interferência



Interferência construtiva: $\frac{yd}{\ell} = p \frac{\lambda}{2}$, p é par

Interferência destrutiva: $\frac{yd}{\ell} = i \frac{\lambda}{2}$, i é ímpar

Cordas vibrantes

Velocidade de propagação de ondas: $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

Corda presa nas duas extremidades

Comprimento de onda: $\lambda_n = \frac{2\ell}{n}$

Frequência: $f_n = n \frac{v}{2\ell} = n f_1$

Corda presa em apenas uma extremidade

Comprimento de onda: $\lambda_n = \frac{4\ell}{n}$

Frequência: $f_n = n \frac{v}{4\ell} = n f_1$

Tubos sonoros

Fechado em uma extremidade e aberto na outra:

$$\text{Comprimento de onda: } \lambda_n = \frac{4\ell}{n}$$

$$\text{Frequência: } f_n = n \frac{v}{4\ell} = n f_1$$

Aberto em ambas as extremidades:

$$\text{Comprimento de onda: } \lambda_n = \frac{2\ell}{n}$$

$$\text{Frequência: } f_n = n \frac{v}{2\ell} = n f_1$$

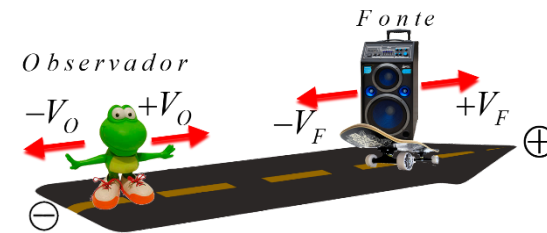
Batimento

Efeito Doppler

$$\text{Frequência: } f_{\text{aparente}} = \left[\frac{v_{\text{som}} \pm v_{\text{observador}}}{v_{\text{som}} \mp v_{\text{fonte}}} \right] f_{\text{real}}$$

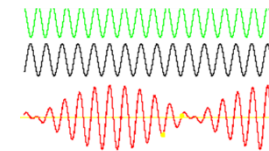
Sinal superior: aproximação entre observador e fonte.

Sinal inferior: afastamento entre observador e fonte.

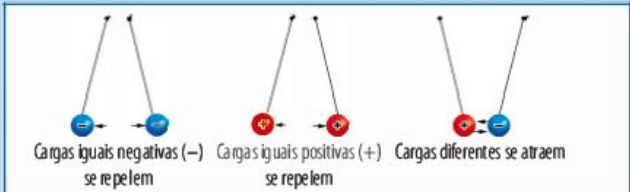


$$f_{\text{RESULTANTE}} = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

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



- Eletrostática



Cargas iguais negativas (-) se repelem Cargas iguais positivas (+) se repelem Cargas diferentes se atraem

Eletização por indução:



Lei de Coulomb: $F_B = K \frac{q_1 q_2}{d^2}$ / Campo elétrico: $E = \frac{F_B}{q}$

Campo elétrico de carga puntiforme: $|E| = \frac{K|Q|}{d^2}$

Linhas de campo:



Carga elétrica positiva Carga elétrica negativa

Campo elétrico no interior de um condutor esférico: $\vec{E}_{int} = \vec{0}$

Campo elétrico no exterior de um condutor esférico: como se toda a carga estivesse concentrada em um ponto no centro da esfera: $|E_{ext}| = \frac{K|Q|}{d^2}$

Potencial elétrico: $V = \frac{E_{Potencial\ elétrica}}{q}$

Potencial elétrico de uma carga puntiforme: $V = \frac{Kq}{d}$ ($V_\infty = 0$)

Potencial elétrico gerado por várias cargas:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n = \frac{Kq_1}{r_1} + \frac{Kq_2}{r_2} + \dots + \frac{Kq_n}{r_n}$$

Trabalho de A até B: $\tau_{AB} = q(V_A - V_B)$

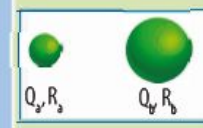
Energia potencial elétrica de duas cargas puntiformes: $E_p = \frac{KQq}{d}$

Potencial elétrico no interior de um condutor carregado:

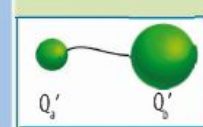
$$V_{int} = cte$$

Potencial elétrico no exterior de um condutor carregado com carga Q: como se toda a carga estivesse concentrada no centro do condutor: $V_{ext} = \frac{KQ}{r}$

Antes



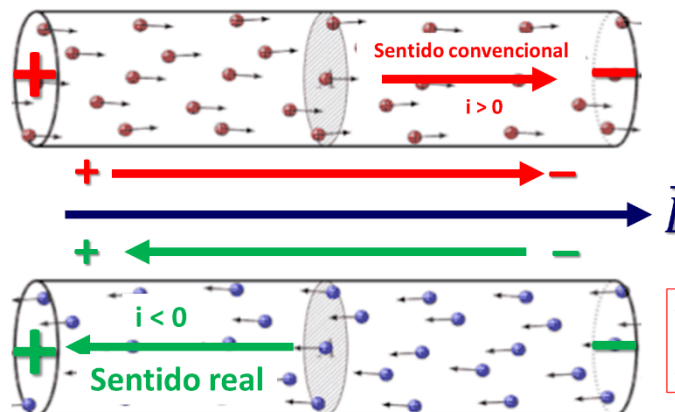
Depois



$$V_f = \frac{V_a R_a + V_b R_b}{R_a + R_b}$$

- Eletrodinâmica

Corrente elétrica



A velocidade média dos elétrons em um circuito é cerca de 0,05 mm/s.

A "rapidez" da corrente elétrica se dá por conta do campo elétrico que é estabelecido próximo a velocidade da luz.

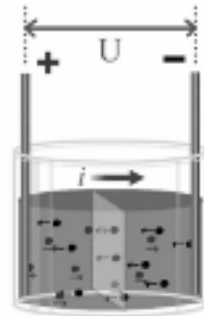
A corrente elétrica quando percorre um circuito elétrico pode produzir os seguintes efeitos: Térmico (efeito Joule), luminoso, magnético, químico e fisiológico (choque elétrico).

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

- i = intensidade média de corrente elétrica [ampère (A)].
- ΔQ = quantidade de carga [coulomb (C)].
- Δt = intervalo de tempo [segundo (s)].
- n = número de portadores de carga.
- e = carga elementar.
- $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$$\Delta Q = n \cdot e$$

A quantidade total de cargas elétricas é a soma dos módulos das quantidades de cargas positivas e negativas.



$$i = \frac{|\Delta Q_{\text{cátions}}| + |\Delta Q_{\text{ânions}}|}{\Delta t}$$

Corrente iônica

$$R = \frac{U}{i}$$

- R = resistência elétrica (Ω).
- U = ddp ou tensão (V).
- i = corrente elétrica (A).

Resistência elétrica

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

- $R \Rightarrow$ resistência elétrica [ohm (Ω)]
- $\rho \Rightarrow$ resistividade [ohm x metro ($\Omega \cdot \text{m}$)]
- $L \Rightarrow$ comprimento do fio [metro (m)]
- $A \Rightarrow$ área [metro quadrado (m^2)]

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

$$P = R \cdot i^2$$

$$E = P \cdot \Delta t \quad E = R \cdot i^2 \cdot \Delta t$$

Potência e energia

Associação de resistores

Em série

$$i_{\text{Série}} = i_1 = i_2 = i_3 = i_4$$

Todos os resistores são percorridos pela mesma corrente elétrica.

$$U_{\text{Série}} = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

A ddp total é a soma das ddp's parciais.

$$R_{\text{Série}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

A resistência equivalente é igual à soma das resistências associadas.

Em paralelo

$$i_{\text{Paralelo}} = i_1 + i_2 + i_3$$

Os resistores são percorridos por correntes elétricas que são inversamente proporcionais aos seus respectivos valores.

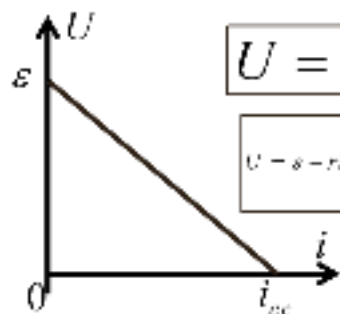
$$U_{\text{Paralelo}} = U_1 = U_2 = U_3$$

A ddp total é a mesma para todos os resistores.

$$\frac{1}{R_{\text{Paralelo}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

O inverso da resistência equivalente é igual à soma dos inversos das resistências associadas.

Gerador

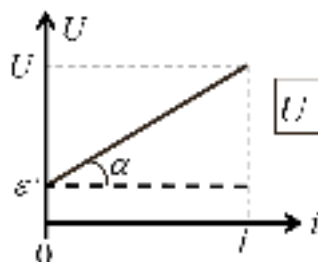


$$U = \varepsilon - ri$$

$$\begin{aligned} & \bullet i = 0 \Rightarrow U = \varepsilon \text{ (circuito aberto)} \\ U = \varepsilon - ri & \\ & \bullet U = 0 \Rightarrow i = i_{sc} = \frac{\varepsilon}{r} \text{ (curto circuito)} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{U}{\varepsilon}$$

Receptor



$$U = \varepsilon + ri$$

$$\tan \alpha = r$$

$$\eta = \frac{\varepsilon}{U}$$



**VISITE NOSSO SITE
E SIGA NOSSAS REDES**

