

CINEMÁTICA

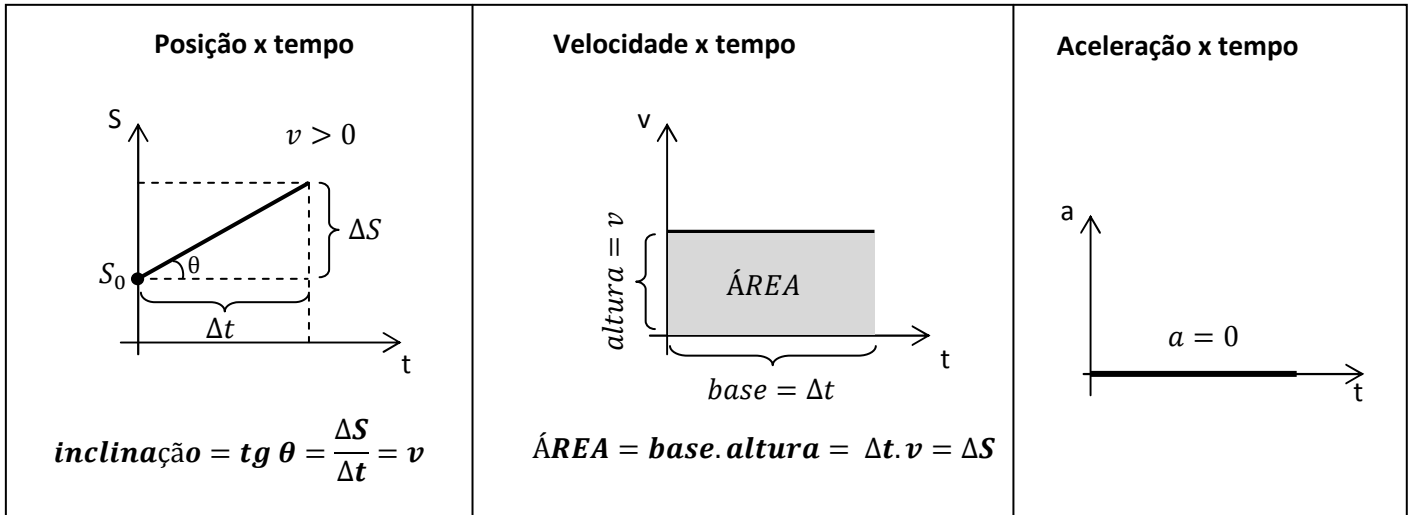
MRU – MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME

Velocidade constante e diferente de zero;
 Aceleração nula;
 O móvel percorre espaços iguais em intervalos de tempos iguais

Função horária da posição

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

Gráficos:



MRUV – MO VIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO

Aceleração constante e diferente de zero;
 Velocidade varia uniformemente com o tempo;
 O móvel apresenta as mesmas variações de velocidade nos mesmos intervalos de tempo.

Função horária da posição

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

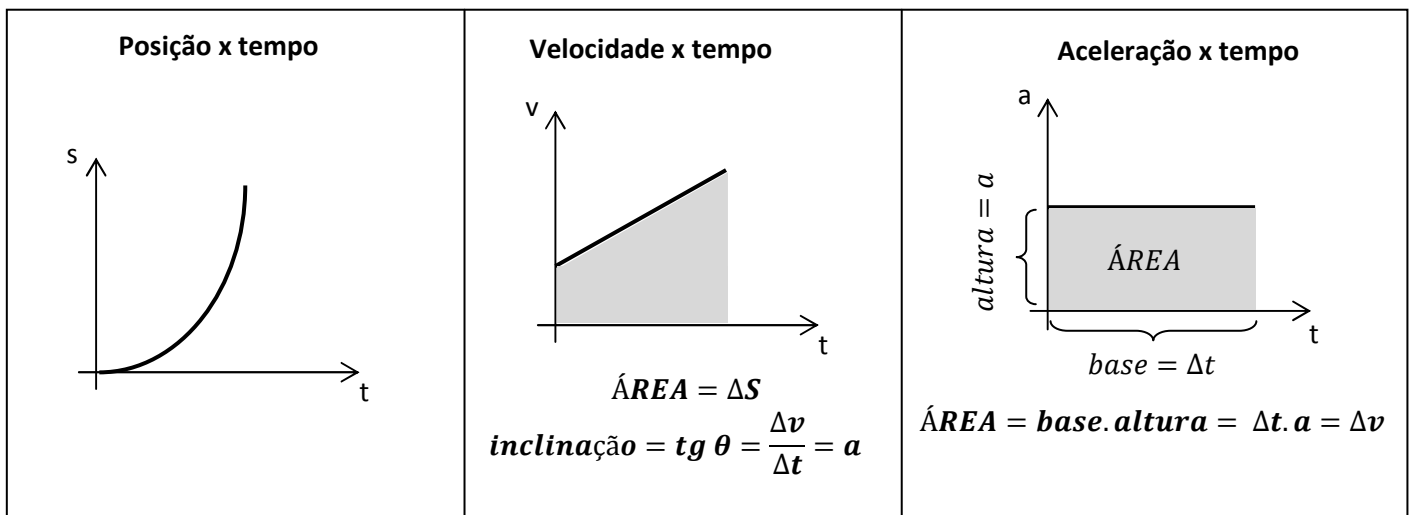
Função horária da velocidade

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

Equação de Torricelli

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

Gráficos:



MCU – MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME

Frequência constante;
 Período constante;
 Velocidade linear constante *em módulo*;
 Aceleração centrípeta constante *em módulo*;
 Velocidade angular constante;
 Aceleração tangencial nula.

Relação entre período e frequência

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

Velocidade linear

$$\vec{v} = 2\pi R f$$

Velocidade angular

$$\omega = 2\pi f$$

Relação entre velocidade linear e angular

$$\vec{v} = \omega R$$

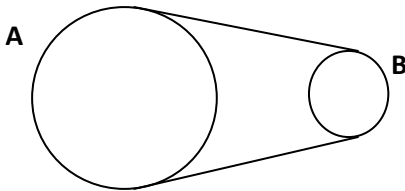
Aceleração centrípeta

$$\vec{a}_c = \frac{v^2}{R}$$

$$\vec{a}_c = \omega^2 R$$

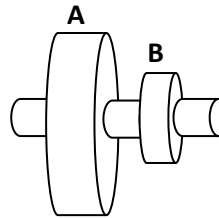
Acoplamento de polias

Correia



$$\begin{aligned} R_A &> R_B \\ f_A &< f_B \\ \omega_A &< \omega_B \\ \vec{v}_A &= \vec{v}_B \\ R_A \cdot f_A &= R_B \cdot f_B \\ \vec{a}_{cA} &< \vec{a}_{cB} \end{aligned}$$

Eixo



$$\begin{aligned} R_A &> R_B \\ f_A &= f_B \\ \omega_A &= \omega_B \\ \vec{v}_A &> \vec{v}_B \\ \vec{a}_{cA} &> \vec{a}_{cB} \end{aligned}$$

DINÂMICA

LEIS DE NEWTON

1ª LEI: PRINCÍPIO DA INÉRCIA ↔ MASSA

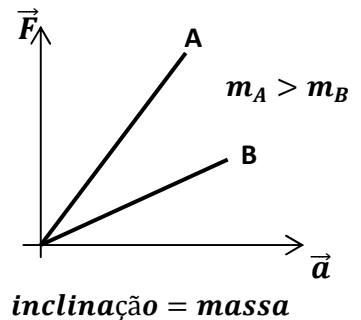
Tendência de um corpo em permanecer como está.

$$\vec{F}_R = 0 \begin{cases} \vec{v} = 0 \rightarrow \text{REPOUSO} \rightarrow \text{EQUILÍBRIO ESTÁTICO} \\ \vec{v} \neq 0 \text{ e } \vec{v} = \text{const} \rightarrow \text{MRU} \rightarrow \text{EQUILÍBRIO DINÂMICO} \end{cases}$$

2ª LEI: PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

$$\vec{F}_R \neq 0 \leftrightarrow \vec{a} \neq 0 \rightarrow \vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

Força resultante e aceleração possuem a mesma direção e mesmo sentido;
 Força e aceleração são diretamente proporcionais;
 Massa e aceleração são inversamente proporcionais.



3ª LEI: PRINCÍPIO DA AÇÃO E REAÇÃO

Formam par ação-reação as forças que:

- Atuam em corpos distintos (por isso nunca se anulam, ou seja, nunca se equilibram);
- Possuem o mesmo módulo (intensidade);
- Possuem a mesma direção;
- Possuem sentidos opostos;
- Possuem mesma natureza (ambas de campo ou ambas de contato);
- Ocorrem ao mesmo instante.

Força peso

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

Força elástica

$$\vec{F}_e = -k \cdot x$$

Força centrípeta

$$\vec{F}_c = \frac{m \cdot \vec{v}^2}{R}$$

Força de atrito

$$\vec{f}_{at_{e_{máx}}} = \mu_e \cdot \vec{N}$$

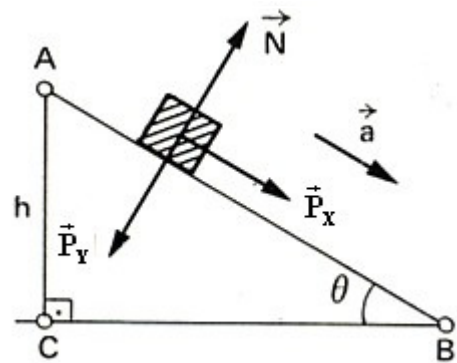
na iminência do movimento

$$\vec{f}_{at_c} = \mu_c \cdot \vec{N}$$

no repouso

Força normal

Sempre perpendicular ao plano



$$\begin{aligned} \vec{P}_x &= \vec{P} \cdot \text{sen}\theta \\ \vec{P}_y &= \vec{P} \cdot \text{cos}\theta \end{aligned}$$

TRABALHO (ENERGIA)

$$W = \vec{F} \cdot d \cdot \text{cos}\theta$$

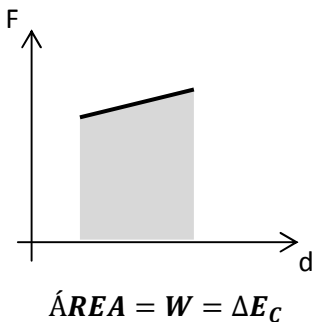
É uma grandeza escalar;

Não depende da trajetória e nem do tempo.

Forças perpendiculares a direção do movimento não realizam trabalho;

Em movimentos uniformes ($v = \text{constante}$) a força resultante não realiza trabalho;

A força centrípeta **nunca** realiza trabalho.



Teorema da energia cinética

$$W = \Delta E_c$$

$$\vec{F} \cdot d = \frac{m}{2} (\vec{v}^2 - \vec{v}_0^2)$$

POTÊNCIA MÉDIA

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

RENDIMENTO

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}}$$

$$\eta = \frac{W_{\text{útil}}}{W_{\text{total}}}$$

$$\eta = \frac{ENERGIA_{\text{útil}}}{ENERGIA_{\text{total}}}$$

POTÊNCIA INSTANTÂNEA

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

ENERGIA MECÂNICA

$$E_M = E_C + E_P$$

Energia cinética

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

Energia potencial gravitacional

$$E_p = m\vec{g}h$$

Energia potencial elástica

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

sistemas conservativos → *livres de forças dissipativas* → $E_M = \text{constante}$

DINÂMICA IMPULSIVA

Impulso

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

É uma grandeza vetorial de mesma direção e sentido da força;
Não é uma grandeza instantânea;
É diretamente proporcional a força para um mesmo intervalo de tempo;
Produzido por forças de campo ou de contato.

Quantidade de movimento

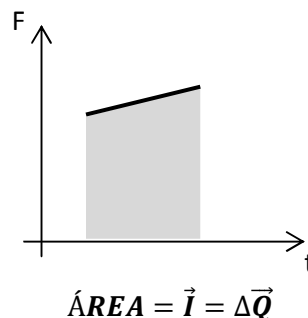
$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

É uma grandeza vetorial de mesma direção e sentido da velocidade;
É uma grandeza instantânea;
É diretamente proporcional a velocidade;
Em movimentos curvilíneos é constante apenas em módulo.

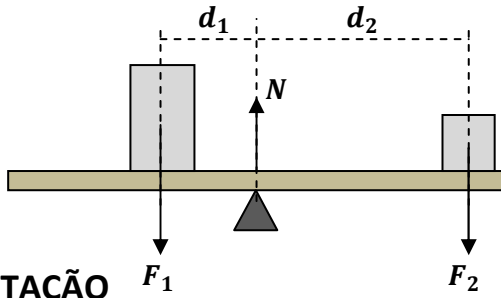
Teorema do impulso

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

$$\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot (\vec{v} - \vec{v}_0)$$



ESTÁTICA

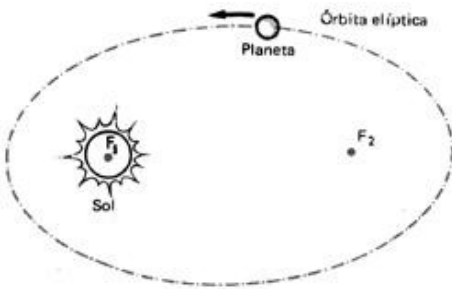


$$\vec{F}_R = 0 \rightarrow \vec{N} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\vec{M}_R = 0 \rightarrow \vec{F}_1 \cdot d_1 = \vec{F}_2 \cdot d_2$$

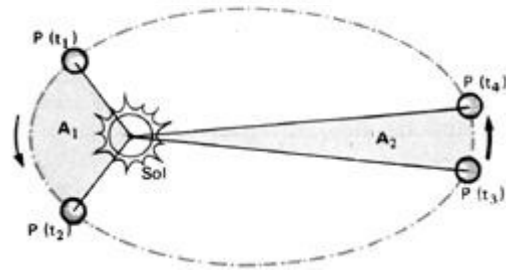
GRAVITAÇÃO LEIS DE KEPLER

1ª LEI: ÓRBITAS



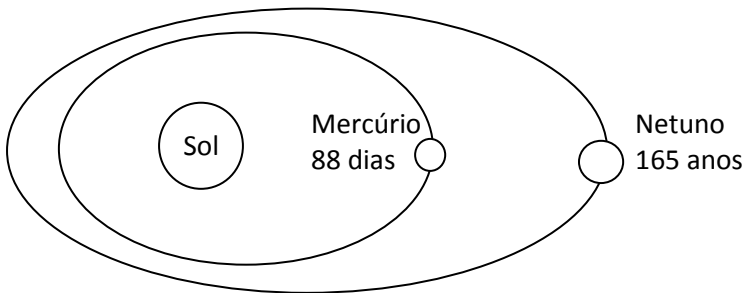
Qualquer planeta gira em torno do Sol em uma órbita elíptica e o Sol ocupa um dos focos da elipse.

2ª LEI: ÁREAS



A linha imaginária que une o planeta ao Sol varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais.

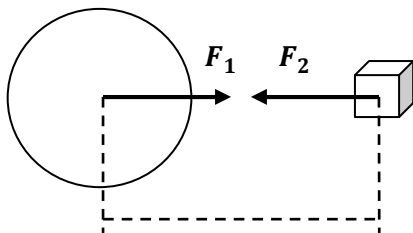
3ª LEI: PERÍODOS



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

Quanto maior o raio médio da órbita maior o período de translação;
O período de translação não depende da massa dos planetas;
O período de translação depende apenas do raio médio da órbita.

LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL



$$\vec{F} = \frac{GMm}{d^2}$$

As forças de ATRAÇÃO gravitacional formam um par AÇÃO-REAÇÃO;
Quanto maior as massas, maior é a força de atração;
Quanto maior a distância que separa os corpos, menor é a força de atração.

ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

$$\vec{g} = \frac{GM}{(h + R)^2}$$

A aceleração da gravidade não depende da massa do corpo que está em órbita;
A aceleração gravitacional muda com a **LATITUDE** e com a **ALTITUDE**;

HIDROSTÁTICA

PRESSÃO HIDROSTÁTICA (Efetiva)

$$p_h = d \cdot \vec{g} \cdot h$$

A pressão hidrostática não depende do volume.
A pressão hidrostática é diretamente proporcional à profundidade.

PRESSÃO TOTAL (Absoluta)

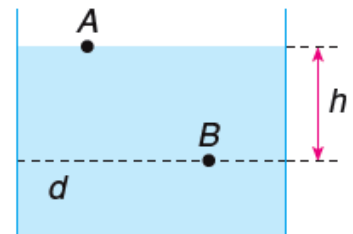
$$p_t = p_{atm} + d \cdot \vec{g} \cdot h$$

$$p_{atm} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa} = 76 \text{ cm Hg} = 760 \text{ mm Hg} = 1 \text{ atm}$$

TEOREMA DE STEVIN

$$\Delta p = d \cdot \vec{g} \cdot \Delta h$$

Pontos situados a uma mesma profundidade em um mesmo líquido possuem mesma pressão.



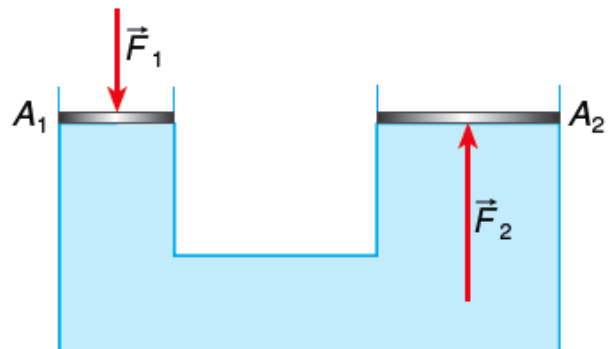
PRINCÍPIO DE PASCAL

A variação de pressão provocada em um ponto de um líquido se transmite integralmente a todos os pontos do líquido e as paredes do recipiente que o contém.

$$p_1 = p_2$$

$$W_1 = W_2$$

$$\frac{\vec{F}_1}{\vec{F}_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{d_2}{d_1}$$



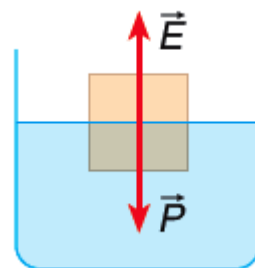
PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

Um corpo mergulhado em um fluido em equilíbrio, recebe um empuxo vertical, de baixo para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo.

Quando um corpo encontra-se completamente submerso:

$$V_{LD} = V_C$$

$$\vec{E} = d_{LD} \cdot V_{LD} \cdot \vec{g}$$



CORPOS FLUTUANTES

$$d_{LD} \cdot V_{LD} = d_C \cdot V_C$$

FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

Refração: onda passa de um meio para outro alterando a velocidade e o comprimento de onda, porém mantendo constante a frequência e o período.

Difração: onda passa por fenda ou contorna obstáculo.

As dimensões do obstáculo devem ser comparáveis ao comprimento de onda.

Interferência: superposição de ondas que se propagam no mesmo meio e possuem a mesma frequência.

Polarização: ocorre apenas com ondas transversais.

Batimento: superposição de ondas de frequências muito próximas.

Ressonância: um é induzido a vibrar por influência de outro, na mesma fase deste.

Ondas estacionárias: superposição de ondas idênticas, propagando-se em sentidos opostos.

ACÚSTICA

Qualidades fisiológicas do som

Altura → **frequência** $\left\{ \begin{array}{l} \text{agudo (maior frequência)} \\ \text{grave (menor frequência)} \end{array} \right.$

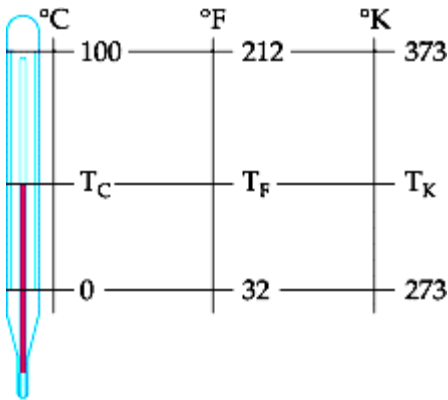
Intensidade → **amplitude** $\left\{ \begin{array}{l} \text{forte} \\ \text{fraco} \end{array} \right.$

Timbre → **diferenciar fontes sonoras**

TERMOLOGIA

Temperatura	Medida do grau de agitação molecular.
Sensação térmica	São utilizados os termos quente, frio, morno, etc. É o sentido do tato que nos proporciona a sensação térmica. Sensação térmica não é sinônimo de temperatura.
Lei zero	Se dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro, estão em equilíbrio térmico entre si.
Zero absoluto	Menor estado de agitação molecular (energia interna nula). 0K (zero Kelvin) = -273°C

TERMOMETRIA



$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

$$\Delta 1^{\circ}C = \Delta 1K = \Delta 1,8^{\circ}F$$

Dilatação dos Sólidos

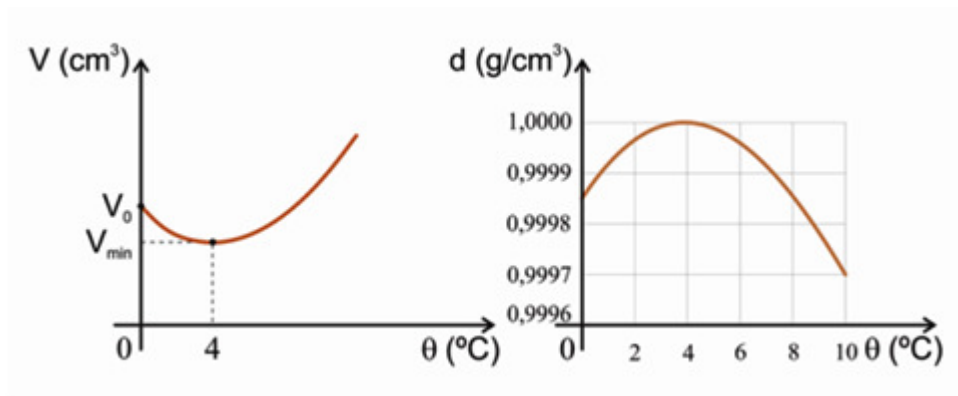
Dilatação Linear (variação do comprimento)	$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$
Dilatação Superficial (variação da área)	$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$
Dilatação Volumétrica (variação do volume)	$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$

As dilatações são diretamente proporcionais às quantidades iniciais, aos coeficientes de dilatação e as variações de temperatura;
O coeficiente de dilatação depende apenas da natureza dos materiais;
Chapas com orifícios dilatam como se fossem maciças (o perímetro do orifício aumenta).

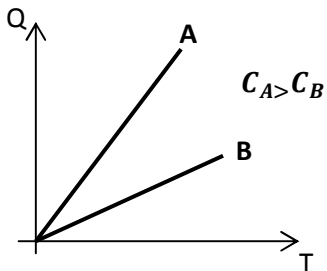
Relação entre os coeficientes de dilatação

$$\frac{\alpha}{1} = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3}$$

Dilatação anômala (irregular) da água

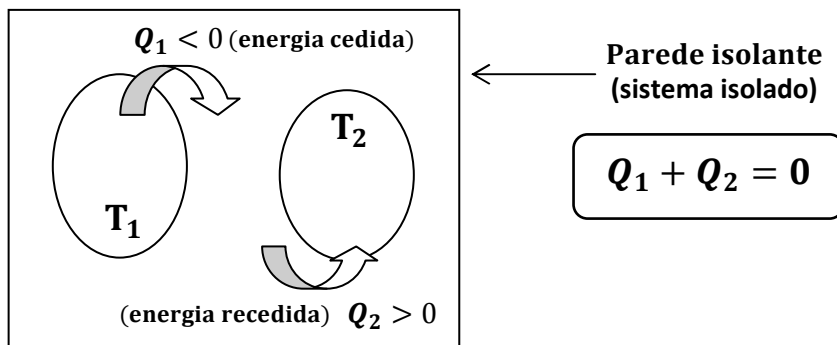


CALORIMETRIA

TIPOS	Características	
Calor	Energia em trânsito devido exclusivamente a diferença de temperatura.	Equações
Calor sensível	Energia que produz mudança de temperatura ($\Delta T \neq 0$).	$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$
Calor latente	Energia que produz mudança de fase (estado). Durante uma mudança de fase a temperatura permanece constante se a pressão for mantida constante ($\Delta T = 0$).	$Q = m \cdot L$
Calor específico	Energia na forma de calor que deve ser fornecida a unidade de massa de uma substância, para que a temperatura dessa substância aumente de 1°C .	$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$
Capacidade térmica	Energia na forma de calor que deve ser fornecida ao corpo, para que a temperatura desse corpo aumente de 1°C .  <i>inclinação = capacidade térmica</i>	$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad C = m \cdot c$

PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA CALORIMETRIA

A soma algébrica das energias na forma de calor trocadas por corpos termicamente isolados é nula.



PROPAGAÇÃO DE CALOR

TIPOS	Ocorrência	Características mais importantes
Condução	Nos sólidos.	Não há deslocamento de matéria; Ocorre apenas transporte de energia; A propagação ocorre por vibração; Não ocorre no vácuo.
Convecção	Nos fluidos (exclusivamente).	Ocorre circulação contínua de matéria; Não ocorre no vácuo.
Irradiação	No vácuo (ou em alguns meios materiais).	Ocorre por meio de ondas eletromagnéticas; Todos os corpos emitem infravermelho; Corpo que absorve mais do que emite, se aquece.

ESTUDO DOS GASES

EQUAÇÃO GERAL DOS GASES

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P \cdot V}{T}$$

EQUAÇÃO DE CLAPEYRON

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

TERMODINÂMICA

ENERGIA INTERNA

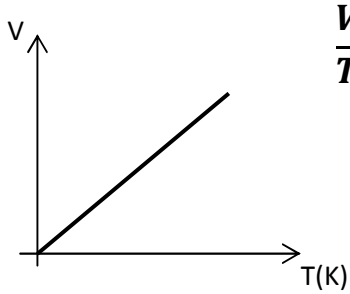
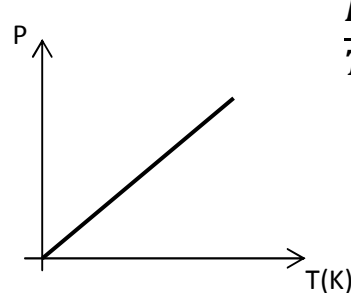
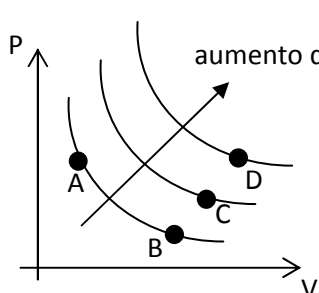
$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

aquecimento $\rightarrow \Delta T > 0 \rightarrow T > T_0 \rightarrow \Delta U > 0 \rightarrow$ *aumento da energia interna*
resfriamento $\rightarrow \Delta T < 0 \rightarrow T < T_0 \rightarrow \Delta U < 0 \rightarrow$ *diminuição da energia interna*
transformação isotérmica $\rightarrow \Delta T = 0 \rightarrow T = T_0 \rightarrow \Delta U = 0 \rightarrow$ *não há variação da energia interna*

TRABALHO

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

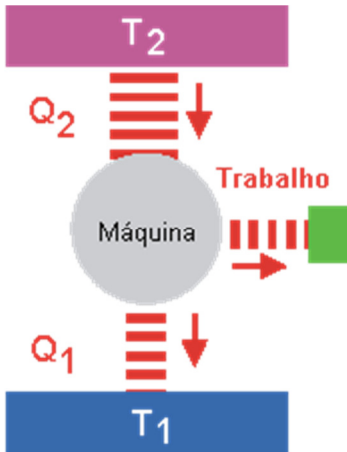
expansão $\rightarrow \Delta V > 0 \rightarrow V > V_0 \rightarrow W > 0 \rightarrow$ realizado pelo gás
compressão $\rightarrow \Delta V < 0 \rightarrow V < V_0 \rightarrow W < 0 \rightarrow$ realizado sobre o gás
transformação isocórica $\rightarrow \Delta V = 0 \rightarrow V = V_0 \rightarrow W = 0 \rightarrow$ não há realização de trabalho

Transformações	Característica
Isobárica	Temperatura constante  $\frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T}$ <p>Volume e temperatura são diretamente proporcionais.</p>
Isocórica (isométrica ou Isovolumétrica)	Volume constante  $\frac{P_0}{T_0} = \frac{P}{T}$ <p>Pressão e temperatura são diretamente proporcionais.</p>
Isotérmica	Temperatura constante $P_0 \cdot V_0 = P \cdot V$  $T_A = T_B$ $T_B < T_C < T_D$ <p>Pressão e volume são inversamente proporcionais. A curva chama-se isoterma. A temperatura é constante ao longo de uma mesma curva.</p>

1ª LEI DA TERMODINÂMICA

$$Q = W + \Delta U$$

2ª LEI DA TERMODINÂMICA

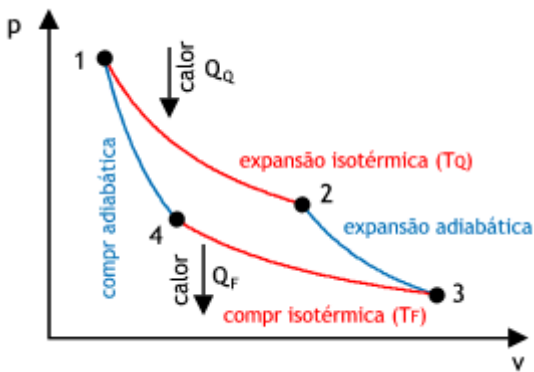


$$W = Q_2 - Q_1$$

$$\eta = \frac{W}{Q_2}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_1}{Q_2}$$

CILCO DE CARNOT



O ciclo de Carnot fornece o máximo rendimento **possível** de uma máquina térmica.

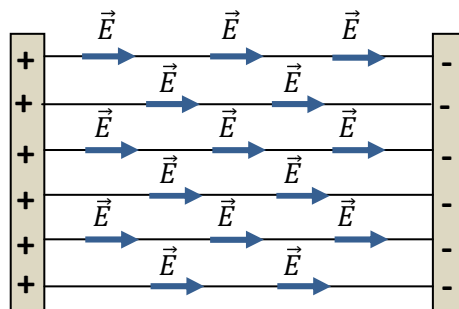
$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

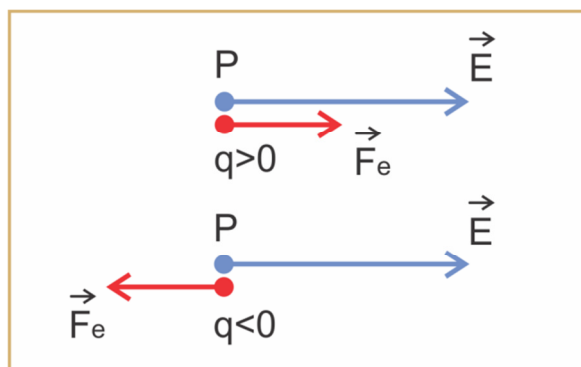
ATRITO	Apenas se eletrizam por atrito corpos de naturezas diferentes; Os corpos se eletrizam com cargas de sinais opostos; Os corpos se eletrizam com cargas de mesmo módulo; Após o atrito os corpos se atraem.
CONTATO	Os corpos se eletrizam com cargas de mesmo sinal; Os módulos das cargas dependem das dimensões; Após o contato os corpos se repelem.
INDUÇÃO	No induzido ocorre separação das cargas; O induzido fica eletrizado com carga de sinal oposto a do indutor.

<p>FORÇA ELÉTRICA (Lei de Coulomb)</p> $\vec{F} = \frac{k_0 \cdot Q \cdot q }{d^2}$	<p>CAMPO ELÉTRICO</p> $\vec{E} = \frac{F}{ q }$ $\vec{E} \cdot d = U$
<p>CAMPO ELÉTRICO DE CARGA PUNTIFORME</p> $\vec{E} = \frac{k_0 \cdot Q }{d^2}$	<p>ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA</p> $E = \frac{k_0 \cdot Q \cdot q}{d}$
<p>POTENCIAL ELÉTRICO</p> $V = \frac{E_p}{q}$ $V = \frac{k_0 \cdot Q}{d}$	<p>TRABALHO DA FORÇA ELÉTRICA</p> $W = q \cdot U = q \cdot (V_A - V_B)$

CAMPO ELÉTRICO UNIFORME (C.E.U)



O sentido das linhas de campo indicam o sentido de **diminuição** do potencial elétrico;
 Cargas positivas abandonadas em um campo elétrico ficam sujeitas à força elétrica e buscam, espontaneamente, os menores potenciais;
 Cargas negativas abandonadas em um campo elétrico ficam sujeitas à força elétrica e buscam, espontaneamente os maiores potenciais;
 Um movimento espontâneo ocorre sempre no sentido de diminuir a energia potencial.



CAPACITORES (condensadores)

Tem por finalidade acumular cargas elétricas.

Capacitância → dá idéia da capacidade do capacitor de armazenar cargas.

$$C = \frac{Q}{U}$$

Capacitância não depende da carga nem da ddp.

Capacitor plano

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$$

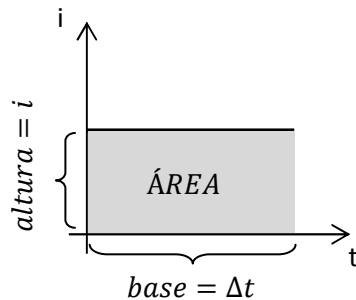
Capacitância é diretamente proporcional à área;
Capacitância é inversamente proporcional à distância.

ELETRODINÂMICA

Corrente elétrica → movimento ordenado de elétrons.

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

$$i = \frac{n \cdot e}{\Delta t}$$



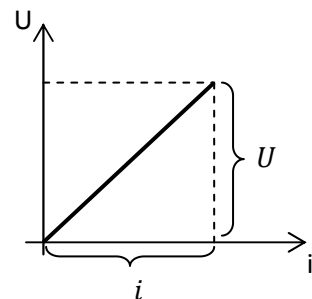
$$\text{ÁREA} = \text{base} \cdot \text{altura} = \Delta t \cdot i = \Delta Q$$

Resistência elétrica → transforma energia elétrica em energia na forma de calor (efeito Joule).

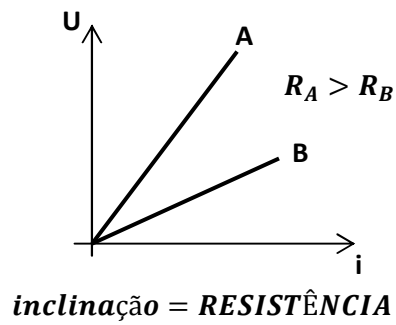
LEI DE OHM

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

Resistência elétrica não depende da diferença de potencial e da corrente.



$$\text{inclinação} = \text{tg } \theta = \frac{U}{i} = R$$

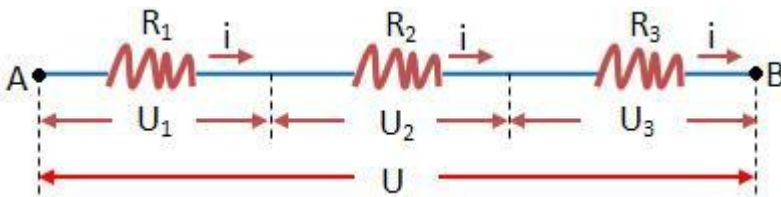


$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

A resistividade elétrica depende apenas do material e da temperatura.

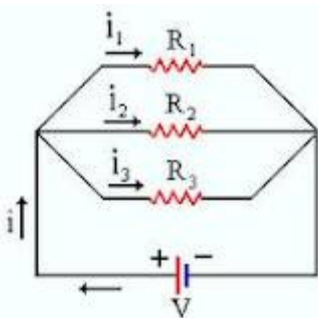
ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Série



$i = i_1 = i_2 = i_3$
$U_{TOTAL} = U_1 + U_2 + U_3$
$R_{TOTAL} = R_1 + R_2 + R_3$

Paralelo



$U = U_1 = U_2 = U_3$
$i_{TOTAL} = i_1 + i_2 + i_3$
$\frac{1}{R_{TOTAL}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

POTÊNCIA ELÉTRICA

$$P = i \cdot U$$

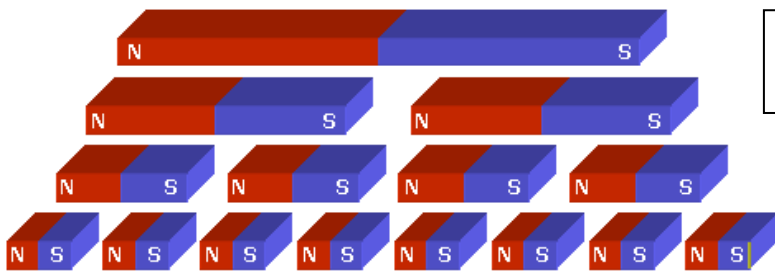
$$P = i^2 \cdot U$$

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

Energia elétrica

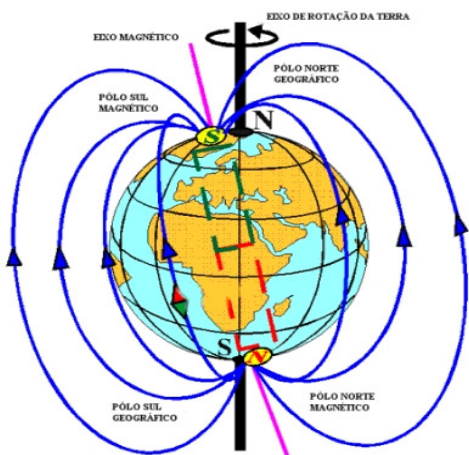
$$E = P \cdot \Delta t$$

MAGNETISMO



Polos magnéticos de mesmo nome se repelem e de nomes contrários se atraem.

Inseparabilidade dos polos ou inexistência do mono pólo magnético.

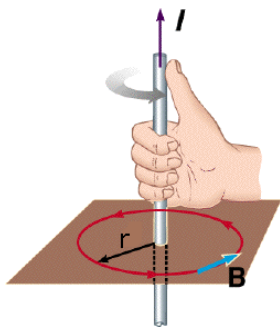


O norte da bússola é atraído pelo norte geográfico da Terra (sul magnético) e o sul da bússola é atraído pelo sul geográfico da Terra (norte magnético).

Eletromagnetismo

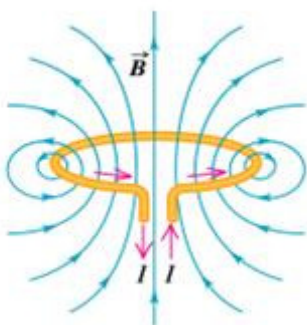
Campo magnético criado por corrente elétrica (experiência de Oersted).

Condutores retilíneos



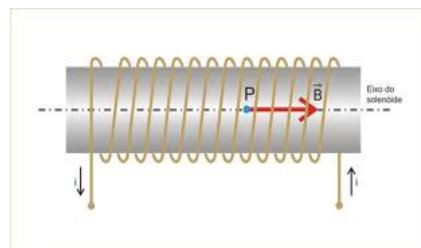
$$\vec{B} = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{i}{R}$$

Espiras circulares



$$\vec{B} = \frac{\mu}{2} \cdot \frac{i}{R}$$

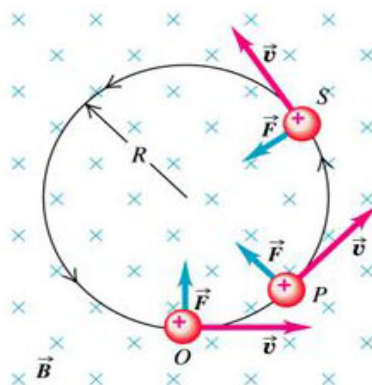
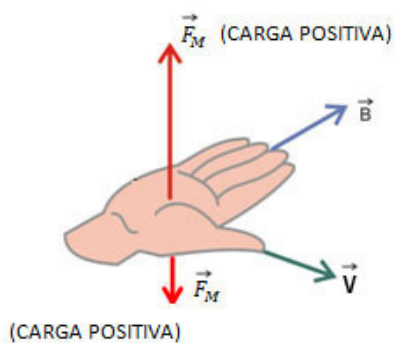
Solenóides



$$\vec{B} = \frac{\mu \cdot N \cdot i}{l}$$

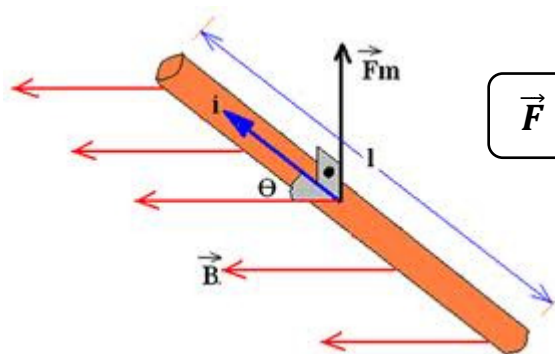
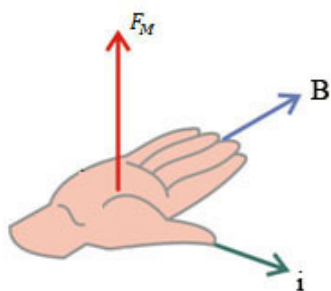
FORÇA MAGNÉTICA

Força magnética sobre carga



$$\vec{F} = \vec{B} \cdot q \cdot \vec{v} \cdot \text{sen}\alpha$$

Força magnética sobre fio



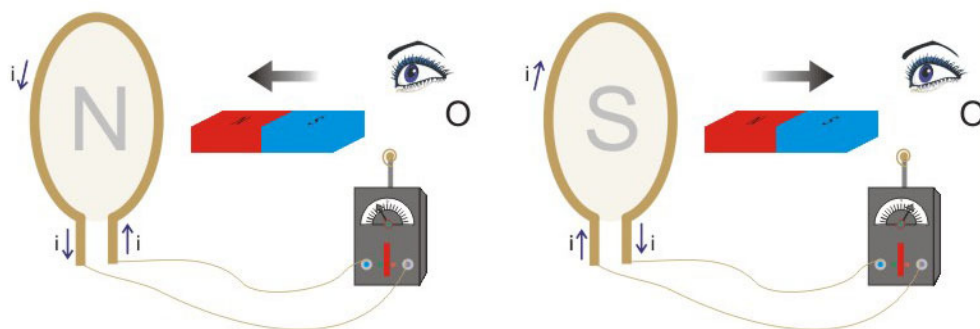
$$\vec{F} = \vec{B} \cdot i \cdot l \cdot \text{sen}\alpha$$

INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

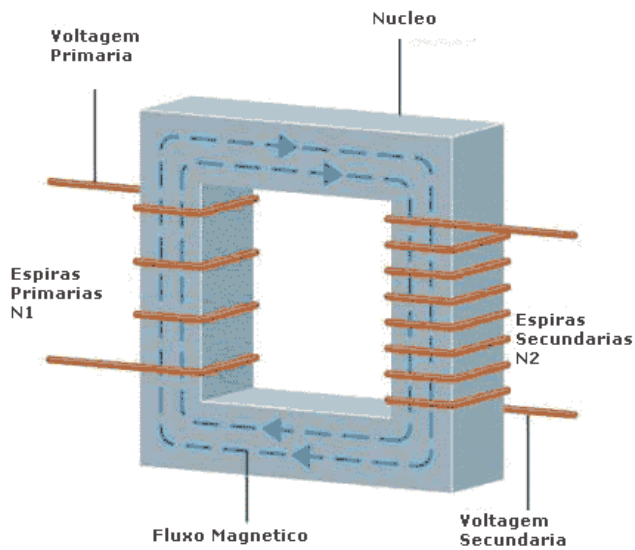
$$\Phi = \vec{B} \cdot A \cdot \text{cos}\alpha$$

$$\varepsilon = \frac{-\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = \vec{B} \cdot l \cdot \vec{v}$$



TRANSFORMADORES

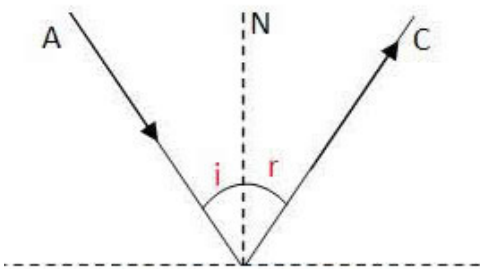


$$\frac{U_P}{U_S} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{i_S}{i_P}$$

Transformadores somente funcionam com corrente alternada.

ÓPTICA

Reflexão



Raio incidente, raio refratado e raio normal são coplanares.
O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

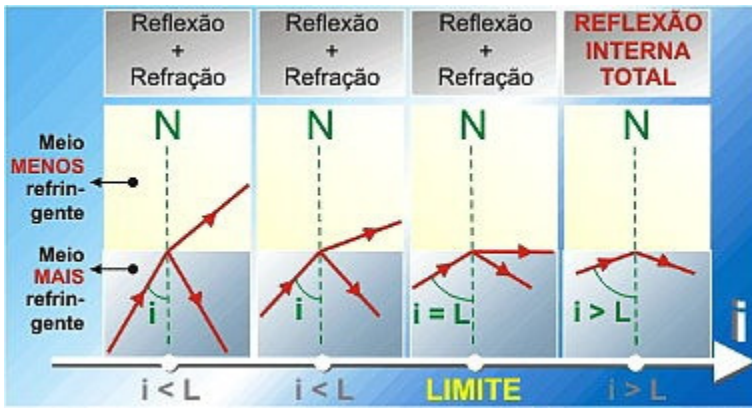
Refração



Raio incidente, raio refratado e a normal são coplanares.

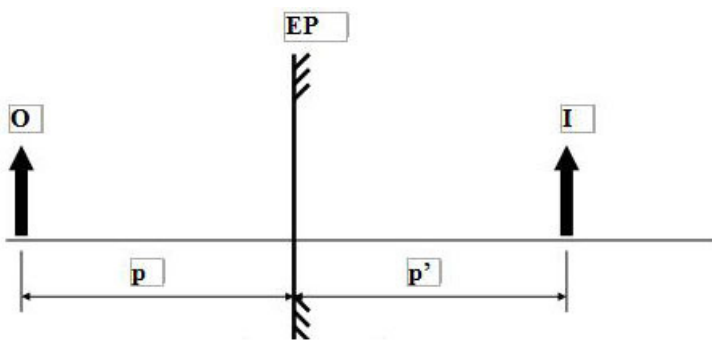
$$\frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Reflexão total

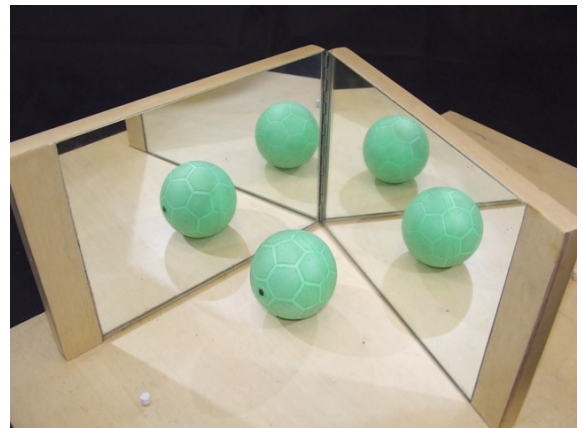


$$\text{sen } \hat{L} = \frac{n_2(\text{menos})}{n_1(\text{mais})}$$

Espelhos planos



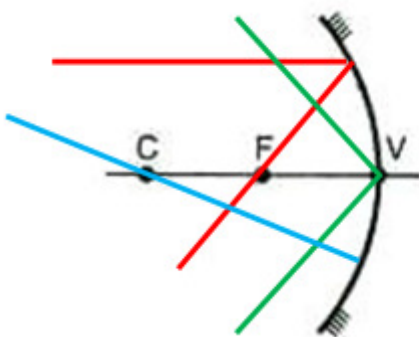
$$\begin{aligned} i &= o \\ p' &= p \end{aligned}$$



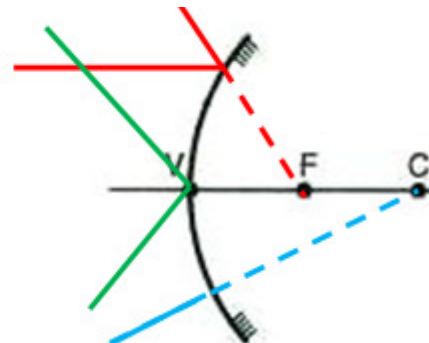
$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

Espelhos esféricos

Côncavo



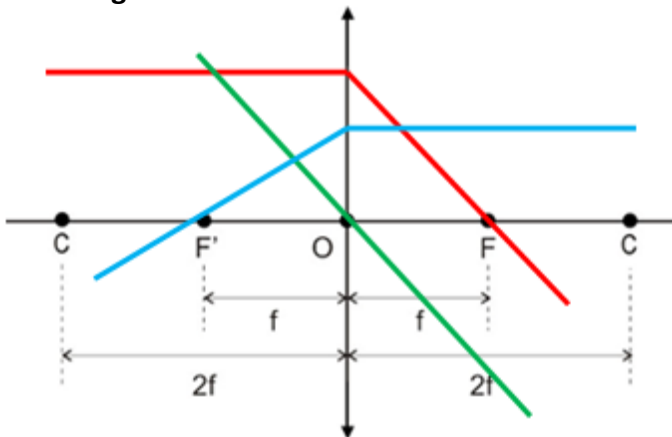
Convexo



Todo raio que incidir paralelamente ao eixo principal reflete passando pelo foco e vice-versa;
 Todo raio que incidir sobre o centro de curvatura retorna sobre si mesmo na mesma direção.
 Todo raio que incidir no vértice reflete-se simetricamente em relação ao eixo principal

Lentes

Convergente

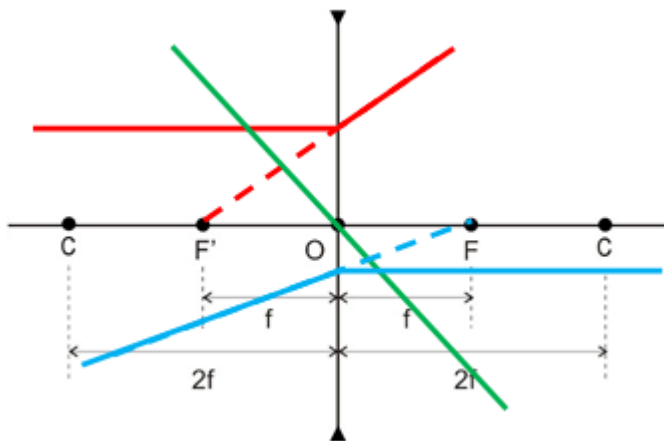


Um raio incidente, paralelo ao eixo principal, refrata-se passando pelo foco imagem da lente.

Um raio incidente, passando pelo centro óptico, atravessa a lente sem sofrer desvio.

Um raio incidente, passando pelo foco objeto da lente, refrata-se e emerge paralelamente ao eixo principal.

Divergente



Equação de Gauss

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

f + = lente convergente ou espelho côncavo

f - = lente divergente ou espelho convexo

p + = objeto real

p' + = imagem real

p' - = imagem virtual

Equação do aumento linear

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

Vergência

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