



APOSTILA DE

física

POR @ESTUDOPREP

ARTE POR @STUDIES.T

- INTRODUÇÃO À CINEMÁTICA	3
- CINEMÁTICA VETORIAL	6
- CINEMÁTICA ANGULAR	9
- DINÂMICA	10
- GRAVITAÇÃO	18
- ESTÁTICA	20
- HIDROSTÁTICA	21
- TERMOLOGIA	23
- ÓPTICA	30
- ONDULATÓRIA	38
- ELETROSTÁTICA	42
- ELETRODINÂMICA	46
- ELETROMAGNETISMO	50

INTRODUÇÃO À

cinemática

→ É responsável por descrever os movimentos dos corpos sem apresentar qualquer tipo de preocupação com a análise das suas causas.

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

PONTO MATERIAL

- Um corpo que tem dimensões desprezíveis.
- Apesar disso possui massa, carga elétrica e etc.

REFERENCIAL

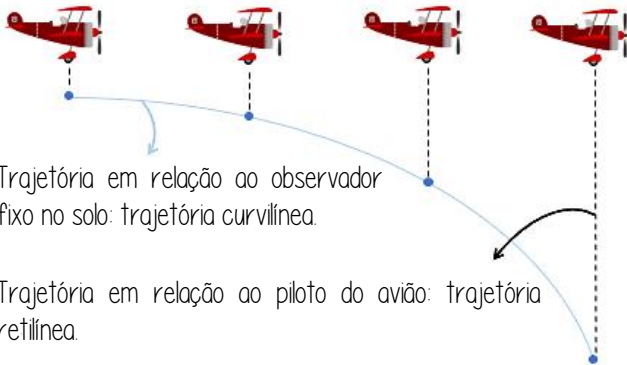
- É um corpo que observa o movimento (ou repouso) de um ponto material.

REPOUSO E MOVIMENTO

- São conceitos relativos pois dependem do referencial adotado.

TRAJETÓRIA

- É o conjunto de posições ocupadas por um ponto material no decorrer do tempo.
- É um conceito relativo.
- A posição de um ponto só pode ser descrita quando se escolhe um referencial.



Trajetória em relação ao observador fixo no solo: trajetória curvilínea.

Trajetória em relação ao piloto do avião: trajetória retilínea.

- A pedra executa trajetórias diferentes, dependendo de quem a observa.

ESPAÇO DE UM MÓVEL

ESPAÇO

- Posição de uma partícula em relação à sua trajetória.
- Função horária do espaço.

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

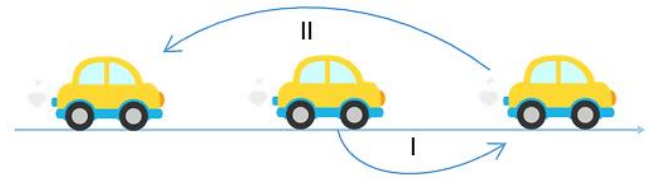
VARIAÇÃO DO ESPAÇO



$$\Delta S = S - S_0$$

DISTÂNCIA PERCORRIDA

- É a soma dos módulos das variações de espaço em cada sentido do movimento.



$$D = |\Delta s_1| + |\Delta s_2|$$

VELOCIDADE

VELOCIDADE ESCALAR MÉDIA

- É a razão entre o espaço percorrido e o tempo gasto para percorrê-lo.
- No SI: $v = m/s$

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S_2 - S_1}{t_2 - t_1}$$

- O sinal do Δs determina o sinal da V_m .
- Se $S_2 > S_1$: $\Delta s > 0$ e $V_m > 0$.
- Se $S_2 < S_1$: $\Delta s < 0$ e $V_m < 0$.
- Se $S_2 = S_1$: $\Delta s = 0$ e $V_m = 0$.

VELOCIDADE ESCALAR INSTANTÂNEA

- É a velocidade escalar média quando o intervalo de tempo se torna extremamente pequeno (quando tende a zero).

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

VELOCIDADE RELATIVA

SENTIDOS CONTRÁRIOS

- APROXIMAÇÃO.



- AFASTAMENTO.



Soma dos módulos das velocidades.

$$V_{AB} = |V_A| + |V_B|$$

MESMO SENTIDO

- APROXIMAÇÃO.



- AFASTAMENTO.



Diferença entre os módulos das velocidades.

$$V_{AB} = |V_A| - |V_B|$$

MOVIMENTOS

MOVIMENTO PROGRESSIVO

- Quando o móvel caminha a favor da orientação positiva da trajetória.
- Seus espaços crescem no decurso do tempo e sua velocidade escalar é positiva.



MOVIMENTO RETRÓGRADO

- Quando o móvel caminha contra a orientação positiva da trajetória.
- Seus espaços decrescem no decurso do tempo e sua velocidade escalar é negativa.



MOVIMENTO UNIFORME (MU)

- A velocidade escalar instantânea é constante e diferente de zero.
- Para intervalos de tempos iguais, o móvel em MU. percorre distâncias iguais.

$$V_m = v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

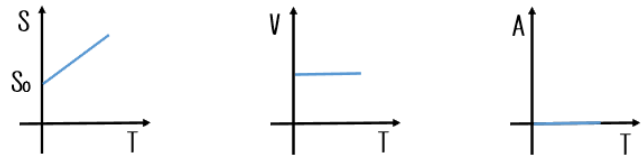
FUNÇÃO HORÁRIA DO ESPAÇO

$$S = S_0 + v.T$$

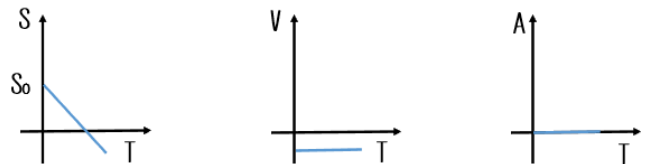
- S: é o espaço para um instante qualquer t.
- S₀: é o espaço para o instante t=0.
- V: é a velocidade escalar instantânea e diferente de 0.

GRÁFICOS

MOVIMENTO UNIFORME PROGRESSIVO (v > 0)



MOVIMENTO UNIFORME RETRÓGRADO (v < 0)



MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO (MUV)

- A velocidade escalar instantânea não é constante (varia com o tempo).
- Para intervalos de tempos iguais, o móvel tem variações de velocidades iguais.

ACELERAÇÃO

ACELERAÇÃO ESCALAR MÉDIA

- É a razão entre a variação da velocidade (Δv) e a variação do tempo (Δt).
- No SI: $u(a) = m/s^2$

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

- O sinal do Δv determina o sinal da A_m .
 - Se $V_2 > V_1$: $\Delta v > 0$ e $A_m > 0$.
 - Se $V_2 < V_1$: $\Delta v < 0$ e $A_m < 0$.
 - Se $V_2 = V_1$: $\Delta v = 0$ e $A_m = 0$.

ACELERAÇÃO ESCALAR INSTANTÂNEA

- É a aceleração escalar média quando o intervalo de tempo se torna extremamente pequeno (quando tende a 0).

$$A = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

MOVIMENTOS

MOVIMENTO ACELERADO

- Quando a velocidade e a aceleração estão no mesmo sentido e o módulo da velocidade aumenta com o passar do tempo.



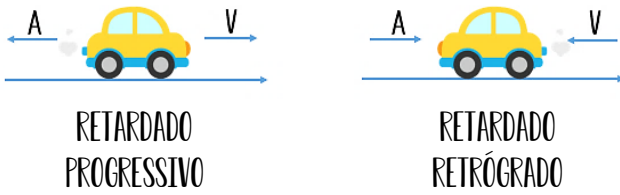
ACELERADO
PROGRESSIVO



ACELERADO
RETRÓGRADO

MOVIMENTO RETARDADO

- Quando a velocidade e a aceleração apresentam sentidos opostos e o módulo da velocidade diminui com o passar do tempo.

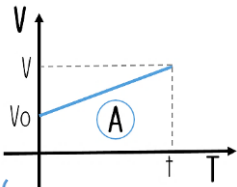


FUNÇÃO HORÁRIA DA VELOCIDADE

$$V = V_0 + A \cdot T$$

- V: é a velocidade para um instante t.
- V₀: é a velocidade para o instante t=0.
- A: é a aceleração escalar instantânea e diferente de 0.

FUNÇÃO HORÁRIA DO ESPAÇO



$$S = S_0 + V_0 \cdot T + \frac{A \cdot T^2}{2}$$

A área é numericamente igual à variação do espaço Δs no intervalo de tempo Δt.

VELOCIDADE ESCALAR MÉDIA

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

- É válido apenas para os MUV.

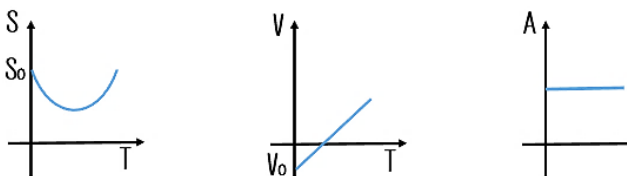
EQUAÇÃO DE TORRICELLI

- "Quando o tempo não é dado, Torricelli é usado".

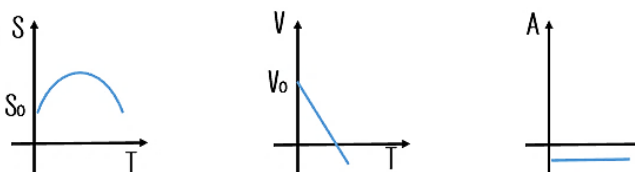
$$V^2 = V_0^2 + 2A \cdot \Delta S$$

GRÁFICOS

MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO (A>0)

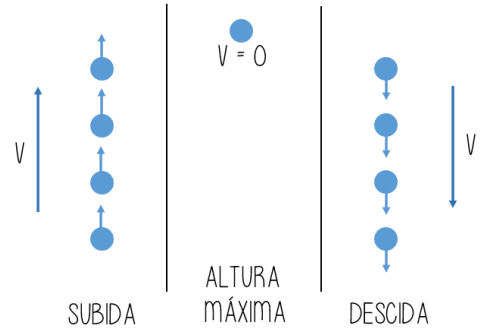


MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO (A<0)



MOVIMENTO VERTICAL NO VÁCUO

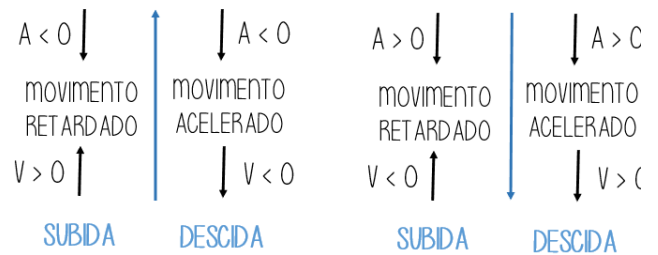
- Um corpo que é lançado verticalmente no vácuo ou abandonado sofre a ação da aceleração da gravidade (g).



TRAJETÓRIAS

PAR CIMA

PARA BAIXO



- A = -g quando a trajetória é orientada pra cima.
- A = +g quando a trajetória é orientada pra baixo.

ALTURA MÁXIMA

- A altura máxima é atingida quando há inversão no sentido do movimento (quando a velocidade se anula).

$$H_{\text{máx}} = \frac{V_0^2}{2g}$$

TEMPO DE SUBIDA E DESCIDA

$$T_s = \frac{V_0}{g}$$

- Os intervalos de tempo que um corpo leva para passar por dois pontos, na subida ou na descida, são iguais.

$$\rightarrow T_{AB} = T_{BA}$$

VELOCIDADE AO PASSAR POR ALTURA H QUALQUER

$$V = \pm \sqrt{V_0^2 - 2gH}$$

- Há dois valores de velocidade que satisfazem o problema.

- As velocidades de um corpo ao passar pela mesma altura na subida e na descida são iguais em módulo, mas de sentidos contrários.

QINEMÁTICA

vetorial

Estuda os movimentos dos corpos levando em consideração a existência de vetores.

DIREÇÃO X SENTIDO

DIREÇÃO

- Refere-se à posição do vetor no espaço.
 - Horizontal.
 - Vertical.
 - Oblíquo.
 - Ângulo em relação à horizontal/vertical.

SENTIDO

- Refere-se à orientação do vetor.
 - Para a direita/esquerda.
 - Para cima/baixo.
 - Para o norte/sul.

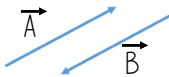
VETORES

- É um ente matemático que representa todos os segmentos orientados com a mesma direção, o mesmo sentido e o mesmo módulo.

DEFINIÇÕES

VETOR OPOSTO

- São vetores que possuem a mesma direção, o mesmo módulo, mas sentidos contrários.



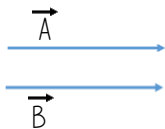
$$\vec{A} = -\vec{B}$$

VETOR NULO E VETOR UNITÁRIO

- VETOR NULO: é quando o módulo do vetor é nulo.
- VETOR UNITÁRIO (VERSOR): é quando o módulo do vetor é 1.

VETORES IGUAIS

- São iguais quando possuem o mesmo módulo, a mesma direção e o mesmo sentido.



$$\vec{A} = \vec{B}$$

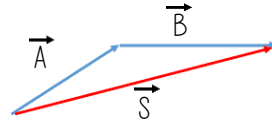
ADIÇÃO DE VETORES

REGRA DA POLIGONAL

- 1º - Devemos tomar \vec{A} e \vec{B} de modo que a origem de \vec{B} coincida com a extremidade de \vec{A} .



- 2º - Trace um vetor com origem coincidente com a origem de \vec{A} e extremidade coincidente com a extremidade de \vec{B} .



$$\vec{S} = \vec{A} + \vec{B}$$

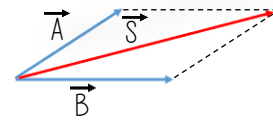
- A ordem de colocação dos vetores não altera o resultado da soma.

REGRA DO PARALELOGRAMO

- 1º - Devemos transladar A e B de modo que suas origens coincidam.



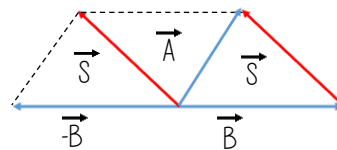
- 2º - Construa um paralelogramo traçando pela extremidade de cada vetor uma reta paralela ao outro vetor.



- O vetor soma será a diagonal desse paralelogramo com origem na origem comum de \vec{A} e \vec{B} .
- O ângulo entre dois vetores é definido como o menor ângulo entre eles quando colocados com origem comum.
- Para calcular é necessário relembrar da lei dos cossenos e dos senos.

SUBTRAÇÃO DE VETORES

- A subtração de vetores também pode ser entendida como a soma do vetor \vec{A} com o oposto do vetor \vec{B} .



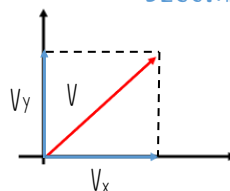
$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$$

MULTIPLICAÇÃO DE UM VETOR POR UM NÚMERO REAL

- DIREÇÃO: a mesma de A.
- SENTIDO: o mesmo de A, se $k > 0$.
o contrário de A, se $k < 0$.
- MÓDULO: $|\vec{P}| = |k| \cdot |\vec{A}|$

$$\vec{P} = k \cdot \vec{A}$$

DECOMPOSIÇÃO DE VETORES



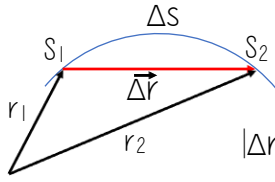
$$V_x = V \cdot \cos\alpha$$

$$V_y = V \cdot \sin\alpha$$

CONCEITOS FUNDAMENTAIS

VECTORES POSIÇÃO E VETOR DESLOCAMENTO

- VETOR POSIÇÃO: é a posição de uma partícula em relação a um sistema de referência.
- VETOR DESLOCAMENTO:



$$\vec{\Delta r} = r_2 - r_1$$

$$|\Delta \vec{r}| < |\Delta s|$$

$|\Delta r| = |\Delta s|$ quando a trajetória é retilínea.

VELOCIDADE

VELOCIDADE VETORIAL MÉDIA

- É o quociente entre a variação do vetor posição $\vec{\Delta r}$ e o intervalo de tempo Δt .

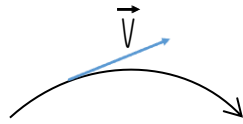
$$\vec{v}_m = \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t}$$

- \vec{v}_m tem a mesma direção e sentido do vetor $\vec{\Delta r}$.

VELOCIDADE VETORIAL INSTANTÂNEA

- É a velocidade vetorial média quando o intervalo de tempo se torna extremamente pequeno (tende a zero).
- É tangente à trajetória e possui o mesmo sentido do movimento.

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t}$$



- O módulo da velocidade vetorial instantânea é igual ao módulo da velocidade escalar instantânea.

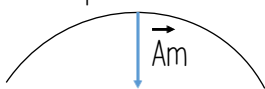
ACELERAÇÃO

ACELERAÇÃO VETORIAL MÉDIA

- É o quociente entre a variação da velocidade vetorial $\vec{\Delta v}$ e o intervalo de tempo Δt .

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

- \vec{a}_m tem a mesma direção e sentido do vetor $\vec{\Delta v}$.
- Se a trajetória for curva, a aceleração vetorial média estará voltada para dentro da concavidade.



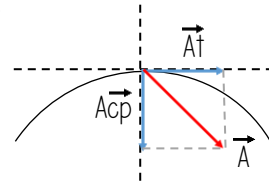
$$|\vec{a}_m| > |a_m|$$

ACELERAÇÃO VETORIAL INSTANTÂNEA

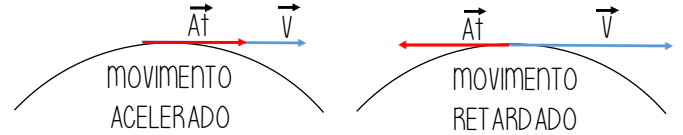
- É a aceleração vetorial média quando o intervalo de tempo se torna extremamente pequeno (tende a zero).

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta v}}{\Delta t}$$

- DECOMPOSIÇÃO DA ACELERAÇÃO VETORIAL INSTANTÂNEA.



- \vec{a}_t (Aceleração tangencial): é tangente à trajetória. Está relacionada com a variação do módulo da velocidade.



- \vec{a}_{cp} (Aceleração centrípeta): é normal à trajetória. Está relacionada com a variação da direção da velocidade.

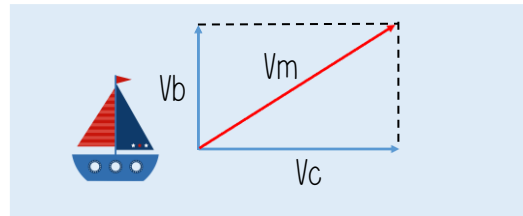
- ▷ É SEMPRE orientado para o centro da curvatura da trajetória.

$$|\vec{a}_{cp}| = \frac{v^2}{R}$$



COMPOSIÇÃO DE MOVIMENTOS

- Consiste na análise de movimentos simultâneos.



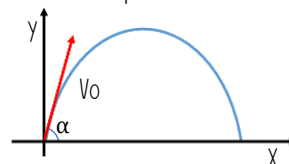
- v_b : velocidade do barco.
- v_c : velocidade da correnteza.
- v_m : velocidade da margem.

$$\vec{v}_m = \vec{v}_b + \vec{v}_c$$

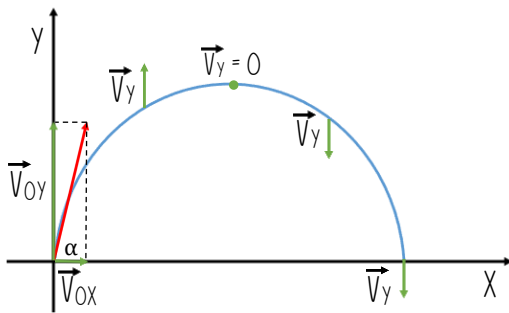
O tempo de travessia será dado pela razão entre a distância entre as margens e o módulo da projeção de v_m nesta direção (v_b).

LANÇAMENTO OBLÍQUO NO VÁCUO

- Para estudar este movimento, deve-se considerar o movimento oblíquo como sendo o resultante entre o movimento vertical (em y) e o movimento horizontal (em x).
- Em Y: o corpo realiza um MUV.
- Em X: o corpo realiza um MU.



MOVIMENTO VERTICAL



$$V_{0y} = V \cdot \sin \alpha$$

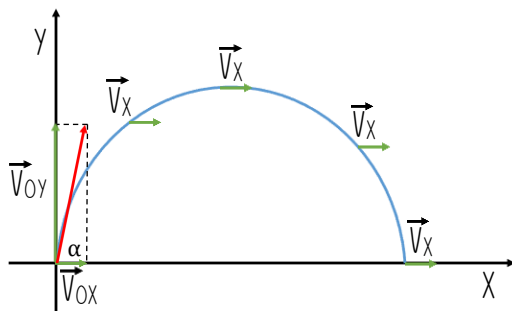
- A velocidade V_y diminui em módulo com o passar do tempo até se anular no ponto de altura máxima.

$$Y = V_{0y} \cdot T + \frac{A \cdot T^2}{2}$$

$$V_y = V_{0y} + A \cdot T$$

$$V_y^2 = V_{0y}^2 + 2AY$$

MOVIMENTO HORIZONTAL

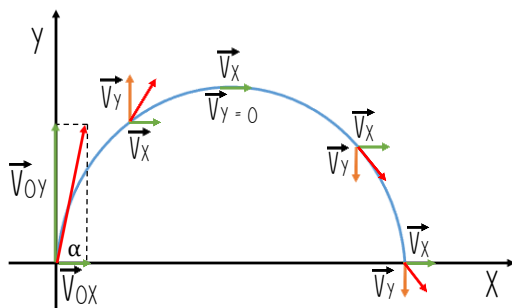


$$V_{0x} = V \cdot \cos \alpha$$

$$X = V_0 \cos \alpha \cdot T$$

$$V = V_0 \cos \alpha$$

COMPOSIÇÃO DOS MOVIMENTOS



$$\vec{V} = \vec{V}_x + \vec{V}_y$$

- No ponto de altura máxima, o módulo da velocidade é mínimo e não nulo (apenas a velocidade vertical se anula).
 - A aceleração é constante e igual a \vec{g} , porém suas decomposições, tangencial e centrípeta, variam.

TEMPO DO MOVIMENTO

- O tempo de subida é igual ao tempo de descida.

$$T = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

ALTURA MÁXIMA

- É o valor de Y quando a velocidade vertical se anula.

$$H_{\max} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

ALCANCE

- É o deslocamento horizontal da partícula desde o lançamento até alcançar o solo (quando $Y=0$).

$$A = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$A_{\max} = \frac{V_0^2}{g}$$

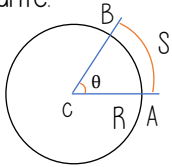
- A fórmula para o alcance só pode ser utilizada quando o corpo atinge o mesmo nível do lançamento.

CINEMÁTICA angular

GRANDEZAS ANGULARES

ESPAÇO ANGULAR

- É o movimento de rotação de um corpo em torno de um eixo ao longo de uma trajetória circular de raio constante.



$$\theta = \frac{S}{R}$$

VELOCIDADE

VELOCIDADE ESCALAR ANGULAR MÉDIA

- É a razão entre a variação de espaço angular $\Delta\theta$ e a variação de tempo Δt .

- No SI: rad/s

$$\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

VELOCIDADE ESCALAR ANGULAR INSTANTÂNEA

- É o valor limite da velocidade escalar angular média quando o intervalo de tempo tende a zero.

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$\omega = \frac{V}{R}$$

ACELERAÇÃO

ACELERAÇÃO ESCALAR ANGULAR MÉDIA

- É a razão entre a variação de velocidade escalar angular $\Delta\omega$ e a variação de tempo Δt .

- No SI: rad/s²

$$\gamma_m = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

$$\gamma = \frac{A_m}{R}$$

ACELERAÇÃO ESCALAR ANGULAR INSTANTÂNEA

- É o valor limite da aceleração escalar angular média quando o intervalo de tempo tende a zero.

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$\gamma = \frac{A}{R}$$

PERÍODO E FREQUÊNCIA

- PERÍODO (T): o menor intervalo de tempo para que ocorra uma repetição.

→ No SI: segundo (s).

$$F = \frac{n}{\Delta t}$$

- FREQUÊNCIA (F): é o número de repetições que ocorrem por unidade de tempo.

→ No SI: hertz (Hz).

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

MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME (MCU)

- É um movimento uniforme em trajetória circular.
- A velocidade escalar linear instantânea e a velocidade escalar angular instantânea são constantes.
- Para intervalos de tempos iguais, o móvel em MCU percorre espaços angulares iguais.

$$\omega_m = \omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$\omega = 2\pi F$$

FUNÇÃO HORÁRIA DO ESPAÇO ANGULAR

$$\theta = \theta_0 + \omega \cdot T$$

MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORMEMENTE VARIADO

- A aceleração escalar instantânea e a aceleração escalar angular instantânea são constantes.

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 T + \frac{\gamma \cdot T^2}{2}$$

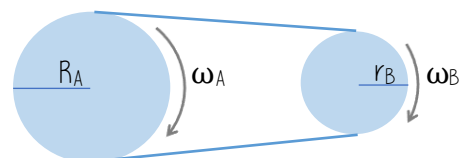
$$\omega = \omega_0 + \gamma \cdot T$$

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

- O MCVU não é periódico (velocidade escalar angular não é constante).

- Cada volta é realizada em intervalos de tempos diferentes.

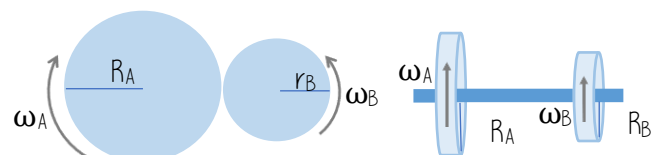
TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO CIRCULAR



$$V_A = V_B$$

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

- Se $R_A > R_B$, então $\omega_A < \omega_B$.



$$V_A = V_B$$

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

$$\omega_A = \omega_B$$

$$\frac{V_A}{R_A} = \frac{V_B}{R_B}$$

- Se $R_A > R_B$, então $V_A < V_B$.

DINÂMICA

Estuda os movimentos dos corpos levando em conta as causas que os produzem ou modificam.

DEFINIÇÕES

MASSA

- Quantidade de matéria presente em um corpo.
- No SI: quilograma (kg).

FORÇA

- A força é responsável pela aceleração (provoca a variação de velocidade).
- No SI: newton (N).
- FORÇA RESULTANTE: é a soma vetorial de todas as forças que agem sobre o corpo.

CLASSES DE FORÇAS

FORÇAS DE CONTATO

- Só existem quando duas superfícies entram em contato.

FORÇAS DE CAMPO

- São forças que existem entre dois corpos mesmo que suas superfícies não estejam em contato.

→ Ex: Força peso.

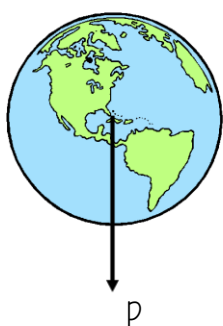
FORÇAS EXTERNAS E INTERNAS

- EXTERNA: quando um agente externo ao sistema exerce a força sobre uma parte do sistema.
- INTERNA: quando uma parte do sistema exerce a força sobre outra parte do mesmo sistema.

PRINCIPAIS FORÇAS

FORÇA PESO

- É a força de campo gravitacional que a terra exerce sobre qualquer objeto colocado próximo à sua superfície.
- Tem direção vertical e sentido para baixo.
- Se a única força a atuar sobre o corpo for o peso (P), ela será a resultante e a aceleração produzida será a da gravidade.



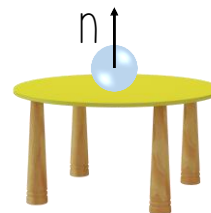
$$P = mG$$

$$G = 10\text{m/s}^2$$

- A massa de um corpo é uma propriedade que ele possui independente de onde estiver.
- O peso depende do valor do campo gravitacional.

FORÇA NORMAL

- É a força entre duas superfícies em contato.
- É sempre perpendicular à superfície.



FORÇA DE TRAÇÃO

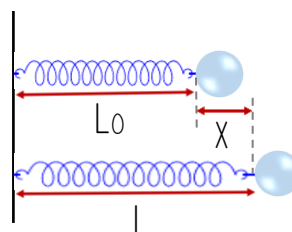
- Força aplicada sobre cordas ou fios.
- Um fio ideal tem massa desprezível, é inextensível e é flexível.



- A TRAÇÃO SERÁ A MESMA POR TODO O FIO.

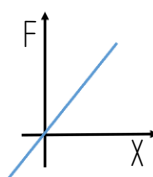
FORÇA ELÁSTICA

- Força que surge quando um corpo interage com uma mola, comprimindo-a ou distendendo-a.



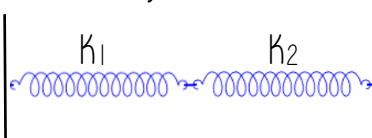
- LEI DE HOOKE

$$F = k.X$$



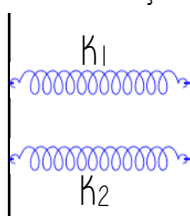
k = constante elástica (depende apenas do material da mola).

ASSOCIAÇÃO DE MOLAS EM SÉRIE.



$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

ASSOCIAÇÃO DE MOLAS EM PARALELO



$$k_{eq} = k_1 + k_2$$

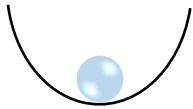
EQUILÍBRIO DE UM CORPO

- Um corpo está em equilíbrio quando a resultante das forças que agem sobre ele é nula.

EQUILÍBRIO ESTÁTICO

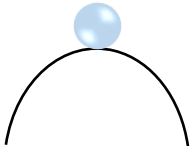
- Quando o corpo está em repouso.

EQUILÍBRIO ESTÁVEL



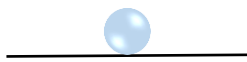
Se deslocarmos o corpo de sua posição de equilíbrio, ele tende a voltar à sua posição inicial.

EQUILÍBRIO INSTÁVEL



Se deslocarmos o corpo de sua posição de equilíbrio, ele tende a se afastar mais ainda de sua posição inicial.

EQUILÍBRIO INDIFERENTE



Se deslocarmos o corpo de sua posição de equilíbrio, ele fica em equilíbrio na nova posição.

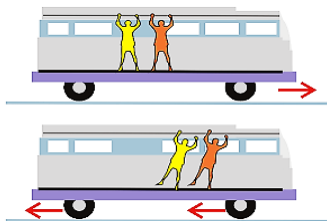
EQUILÍBRIO DINÂMICO

- Quando o corpo possui movimento retilíneo uniforme (velocidade vetorial constante e diferente de zero).

LEIS DE NEWTON

PRINCÍPIO DA INÉRCIA (1ª LEI DE NEWTON)

- "Um corpo tende a permanecer em repouso ou em MRU se a resultante das forças que agem sobre ele for nula."
- A força é a causa que produz num corpo variação de velocidade e, portanto, aceleração.



PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA (2ª LEI DE NEWTON)

- A resultante das forças aplicadas a um ponto material é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida.
→ EQUAÇÃO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA.

$$F_R = m \cdot A$$

- Se aplicarmos em corpos de massas diferentes a mesma força resultante, o corpo de maior massa adquire aceleração de menor módulo.

→ O corpo de maior massa resiste mais a variações em sua velocidade.

→ A massa é a medida de inércia de um corpo.

→ Propriedade invariante do corpo.

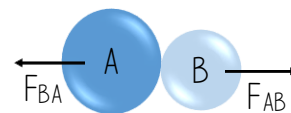
PRINCÍPIO DA AÇÃO E REAÇÃO (3ª LEI DE NEWTON)

- "Se um corpo A exerce uma força sobre outro corpo B, então este corpo B exerce sobre o corpo A uma força de mesmo módulo e direção, mas, de sentido contrário."

- As forças possuem a mesma natureza.

- Ação e reação NÃO se equilibram, pois estão aplicados em corpos diferentes.

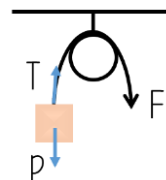
→ Peso e normal NÃO formam um par ação e reação (podem se anular).



ROLDANAS

- São tipos de rodas que, devidamente associadas, podem fornecer uma configuração capaz de diminuir a força necessária para erguer um objeto.

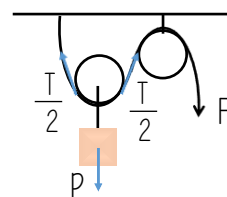
ROLDANA FIXA



- Não diminui a força.

$$F = p$$

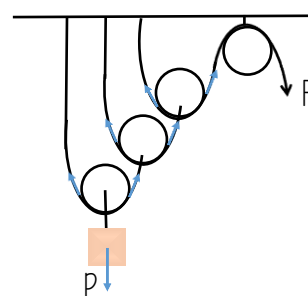
ROLDANAS MÓVEIS



- Diminui a força.

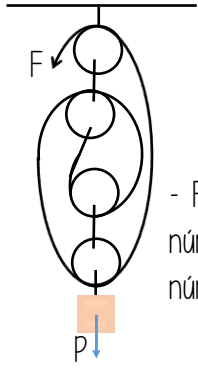
$$F = \frac{p}{2}$$

TALHA EXPONENCIAL



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

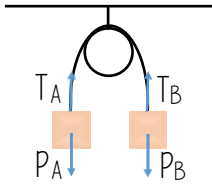
MOITÃO



$$F = \frac{P}{2n}$$

- Fórmula válida apenas quando o número de polias fixas for igual ao número de polias móveis.

MÁQUINA DE ATWOOD

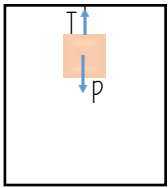


$$\left\{ \begin{array}{l} F_{RA} = m_A \cdot A \\ F_{RA} = P_A - T \\ P_A - T = m_A \cdot A \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} F_{RB} = m_B \cdot A \\ F_{RB} = T - P_B \\ T - P_B = m_B \cdot A \end{array} \right.$$

- Sendo $m_A > m_B$.

ELEVADORES

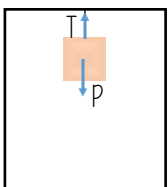
COM ACELERAÇÃO PARA BAIXO



$$\left\{ \begin{array}{l} F_R = m \cdot A \\ F_R = P - T \\ P - T = m \cdot A \end{array} \right.$$

- DESCENDO ACELERANDO OU SUBINDO FREANDO.

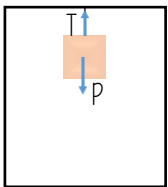
COM ACELERAÇÃO PARA CIMA



$$\left\{ \begin{array}{l} F_R = m \cdot A \\ F_R = T - P \\ T - P = m \cdot A \end{array} \right.$$

- DESCENDO FREANDO OU SUBINDO ACELERANDO.

SEM ACELERAÇÃO

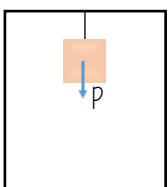


$$\left\{ \begin{array}{l} P = T \end{array} \right.$$

- PARADO OU EM MRU.

- Se tiver uma balança, ela indicará o valor da normal.

EM QUEDA LIVRE



$$\left\{ \begin{array}{l} T \text{ e } N = 0 \\ F_r = P \end{array} \right. \quad A = G$$

FORÇA DE ATRITO

- É uma força de contato que surge sempre que um objeto tende a deslizar sobre outro, e se opõe ao movimento relativo entre eles.

→ O atrito nem sempre é desfavorável ao movimento do corpo.



ATRITO ESTÁTICO

- Quando não há movimento relativo entre os corpos.

- É variável, porém só aumenta até certo limite.

→ Haverá um momento em que ela atingirá um valor máximo e o corpo iniciará o movimento (iminência do movimento).

- A força de atrito estático máxima é igual a força mínima necessária para iniciar o movimento de um corpo.

$$F_{at.e.máx} = \mu_e \cdot N$$

$$0 \leq F_{at.e} \leq \mu_e \cdot N$$

- μ : coeficiente de atrito (adimensional).

→ Depende dos materiais das superfícies de contato e INDEPENDENTE da área de contato entre as superfícies.

ATRITO DINÂMICO

- Atua quando há deslizamento dos corpos.

- NÃO varia.

- Quando a força de atrito estático for ultrapassada pela força aplicada ao corpo, este entrará em movimento, e passaremos a considerar sua força de atrito dinâmico.

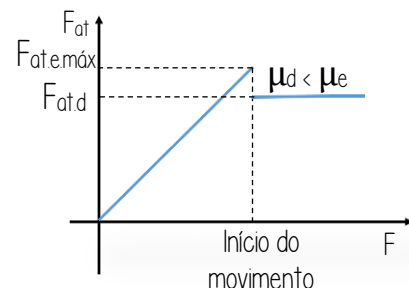
- A força de atrito dinâmico é sempre MENOR que a força aplicada.

→ Independe da velocidade com que o corpo desliza sobre a superfície e da área de contato entre o corpo e a superfície.

$$F_{at.d} = \mu_d \cdot N$$

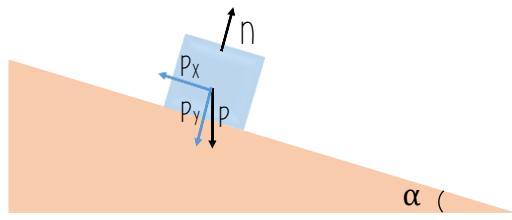
- É mais fácil manter um corpo em movimento do que tirá-lo do repouso.

→ Logo, $\mu_d < \mu_e \rightarrow F_{at.d} < F_{at.e.máx}$



PLANO INCLINADO

SEM ATRITO

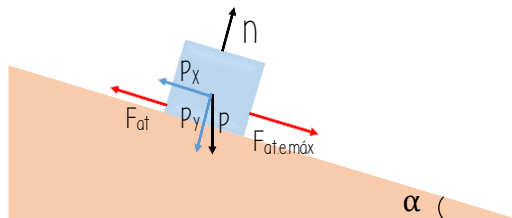


- n e P_y se anulam.
- P_x : componente do peso paralela ao plano.
- P_y : componente do peso perpendicular ao plano.

$$P_y = P \cdot \cos \alpha$$

$$P_x = P \cdot \sin \alpha$$

COM ATRITO



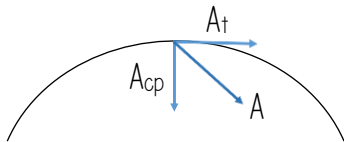
- CORPO NA IMINÊNCIA DE ESCORREGAMENTO.

$$F_{at\text{emáx}} = P_x = P \cdot \sin \alpha$$

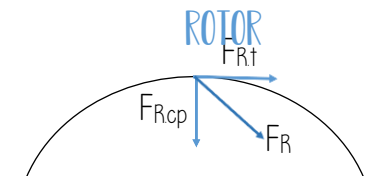
$$n = P_y = P \cdot \cos \alpha$$

$$\mu_e = \tan \alpha$$

DINÂMICA DO MOVIMENTO CIRCULAR



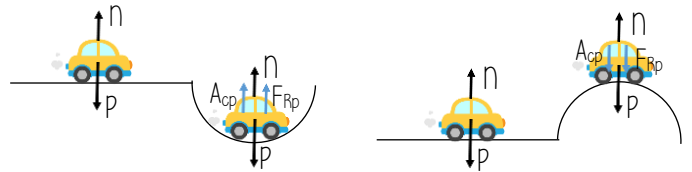
- A_t (Aceleração tangencial): está relacionada com a variação do módulo da velocidade.
 - É tangente à trajetória.
- A_{cp} (Aceleração centrípeta): está relacionada com a variação da direção da velocidade.
 - Sempre aponta para o centro da trajetória.



$$F_{Rt} = m \cdot A_t$$

$$F_{Rcp} = m \cdot A_{cp}$$

MOVIMENTO CIRCULAR NO PLANO VERTICAL



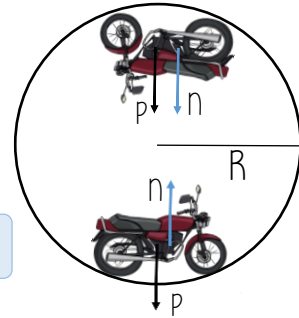
$$n > p$$

$$F_{Rc} = n - p$$

$$n < p$$

$$F_{Rc} = p - n$$

GLOBO DA MORTE



$$F_{Rc} = n + p$$

$$F_{Rc} = n - p$$

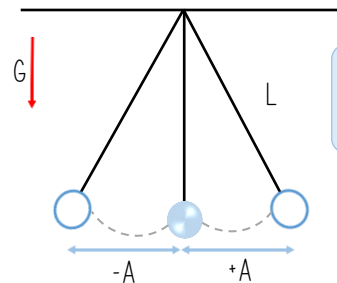
VELOCIDADE MÍNIMA PARA O MOTOQUEIRO NÃO CAIR

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

- Não depende da massa.
- Nesse caso, $n = 0$.

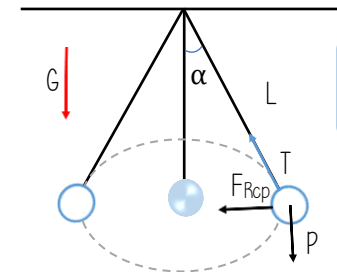
PÊNDULO

PÊNDULO SIMPLES

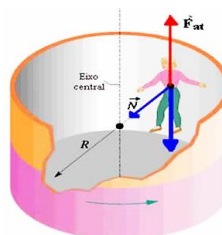


$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{G}}$$

PÊNDULO CÔNICO



$$\omega = \frac{\sqrt{G}}{L \cdot \cos \alpha}$$



- Uma pessoa encostada à parede interna do brinquedo em movimento rotacional não escorrega verticalmente mesmo quando o piso é retirado, pois a força de atrito estático equilibra a força peso.
- A Normal é a resultante centrípeta.

$$\omega = \frac{\sqrt{G}}{\mu_e R}$$

TRABALHO

- Uma força aplicada em um corpo realiza um trabalho quando produz um deslocamento no corpo.
- É uma grandeza escalar.
- NO SI: Joule (J).

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


- TRABALHO MOTOR.

- $\theta > 0$, então $W > 0$.
- Favorece o deslocamento.

- TRABALHO RESISTENTE.


- $\theta < 0$, então $W < 0$.
- Desfavorece o deslocamento.

PARA $\theta = 0^\circ$, $\cos\theta = 1$



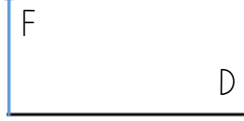
$$W = F \cdot D$$

PARA $\theta = 180^\circ$, $\cos\theta = -1$



$$W = -F \cdot D$$

PARA $\theta = 90^\circ$, $\cos\theta = 0$



$$W = 0$$

TRABALHO NULO

- PESO E NORMAL EM UM DESLOCAMENTO HORIZONTAL.

- O peso e a Normal são perpendiculares ao deslocamento.
- Não é sempre que a força normal não realiza trabalho. Um corpo dentro de um elevador ascendente tem atuando sobre ele uma normal que realiza trabalho positivo, pois força e deslocamento têm o mesmo sentido.

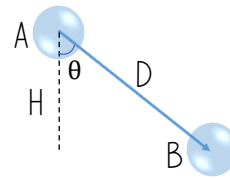
- FORÇA RESULTANTE CENTRÍPETA.

- É perpendicular à trajetória.

TRABALHO DE UMA FORÇA VARIÁVEL

- O trabalho de uma força variável é numericamente igual à área do gráfico F (módulo do vetor F projetado na direção do deslocamento) $\times S$ (posição escalar).
- Se a área estiver abaixo do eixo das abscissas, o trabalho será numericamente igual à área, tomada com sinal negativo.
- Se a força for constante, o trabalho será a área de um retângulo.

TRABALHO DA FORÇA PESO

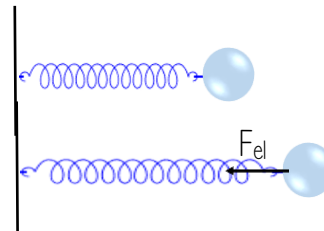


$$W = + M \cdot G \cdot H$$

$$H = \cos\theta \cdot D$$

- Força conservativa.
- Se a força tiver o mesmo sentido do deslocamento, o trabalho será positivo.
- Se a força tiver o sentido contrário ao do deslocamento, o trabalho será negativo.
- O trabalho do peso NÃO depende da trajetória.
- Se um corpo de massa M vai de um ponto A, a uma altura H_1 em relação a um dado referencial, a outro ponto B, a uma altura H_2 , o trabalho é dado por:
 - $W = mg(H_1 - H_2)$
 - Se, $H_2 > H_1$ (corpo sobre): $W < 0$.
 - Se, $H_2 < H_1$ (corpo desce): $W > 0$.

TRABALHO DA FORÇA ELÁSTICA



$$W_{fel} = - \frac{kx^2}{2}$$

- Força conservativa (independe da trajetória).
- A força elástica é variável.
 - Devemos utilizar o gráfico para calcular o trabalho.
- $W_{fel} > 0$: mola reduzindo a deformação (trabalho motor).
- $W_{fel} < 0$: mola está aumentando a deformação

POTÊNCIA

- Quanto menor o tempo, maior a potência do dispositivo que realiza trabalho.
- É uma grandeza escalar.
- NO SI: Watt (W).
- POTÊNCIA MECÂNICA: $P = F \cdot V \cdot \cos\theta$
 - Quando $\theta = 90^\circ$: $P = 0$.
- Cavalovapor (cv): 1 cv = 735 W.
- Horse-power (hp): 1 hp = 746 W.

POTÊNCIA MÉDIA

$$P_m = \frac{W}{\Delta T}$$

POTÊNCIA INSTANTÂNEA

$$p = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{W}{\Delta t}$$

RENDIMENTO

- Se uma máquina recebe uma potência total P_T , utiliza uma potência útil P_U e perde uma potência P_P , então definimos o rendimento da máquina como:

$$\eta = \frac{P_U}{P_T}$$

$$\eta = \frac{W_U}{W_T}$$

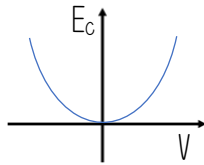
- É uma grandeza adimensional.
- $0 \ll \eta \ll 1$.

ENERGIA

ENERGIA CINÉTICA

- É a energia relacionada ao movimento.
→ Depende do referencial.
- A energia cinética sempre será positiva.

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



TEOREMA DA ENERGIA CINÉTICA

- O trabalho da resultante das forças sobre um sistema é igual à variação da energia cinética deste sistema.

$$W_{FR} = \Delta E_C$$

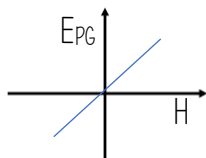
- Se $W_{FR} > 0$ (trabalho motor): há aumento da energia cinética.
- Se $W_{FR} < 0$ (trabalho resistente): há diminuição da energia cinética.

ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

- É a forma de energia relacionada com a gravidade. É a que faz um corpo adquirir velocidade quando cai ou perder velocidade quando arremessado para cima.
- Se encontra "armazenada" em um sistema e pode ser utilizada a qualquer momento.

$$E_{PG} = mGH$$

$$W_P = -\Delta E_{PG}$$

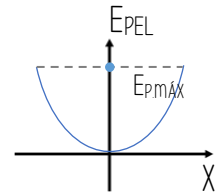


ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA

- É a forma de energia relacionada a elasticidade dos corpos.
- Quanto maior a deformação feita na mola, maior será a força para gerar esta deformação e consequentemente maior será a energia "armazenada".

$$E_{PEL} = \frac{kx^2}{2}$$

$$W_{FEL} = -\Delta E_{PEL}$$



ENERGIA MECÂNICA

- É a energia total de um sistema.
→ É obtida através da soma das energias cinéticas e potencial em um determinado ponto.

$$E_{MEC} = E_C + E_P$$

$$\Delta E_m = E_C - E_P$$

FORÇAS CONSERVATIVAS

- São forças cujos trabalhos independem da trajetória.
→ Força peso.
→ Força elástica.
→ Força elétrica.

SISTEMA CONSERVATIVO

- Um sistema é conservativo quando não há dissipação da energia mecânica, ou seja, transformação em outro tipo de energia como térmica, sonora, luminosa, etc.

$$E_{m,A} = E_{m,B} = \text{constante}$$

$$E_{C,A} + E_{P,A} = E_{C,B} + E_{P,B}$$

SISTEMA DISSIPATIVO

- Quando a energia mecânica é transformada em outro tipo de energia.
- O trabalho depende da trajetória.
→ Força de atrito.
→ Resistência do ar.

$$E_{m,A} = E_{m,B} + |E_{\text{dissipada}}|$$

IMPULSO

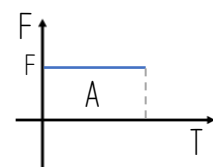
- Considere uma força constante F atuando num ponto material durante um intervalo de tempo. O impulso I dessa força constante nesse intervalo de tempo é dado por:

$$I = F \cdot \Delta T$$

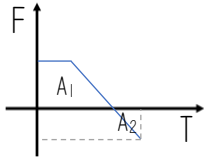
- É uma grandeza vetorial.
→ Possui a mesma direção e o mesmo sentido de F .

INTENSIDADE DO IMPULSO

$$I = A$$



IMPULSO DE UMA FORÇA VARIÁVEL



$$I = I_1 + I_2$$

TEOREMA DO IMPULSO

- O impulso da resultante das forças que atuam sobre um corpo num determinado intervalo de tempo, é igual à variação da quantidade de movimento do corpo no mesmo intervalo de tempo.

$$|F_R| = \Delta Q$$

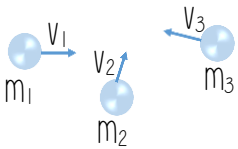
QUANTIDADE DE MOVIMENTO

- Se uma partícula de massa M possui velocidade vetorial instantânea V , então a quantidade de movimento Q do corpo é dada por:

$$Q = m \cdot V$$

- NO SI: kgm/s

QUANTIDADE DE MOVIMENTO DE UM SISTEMA



$$Q_T = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 + m_3 \cdot v_3$$

VARIAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

$$\Delta Q = Q_F - Q_I$$

CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

- Se o sistema é isolado de forças externas, a resultante dessas forças é nula.

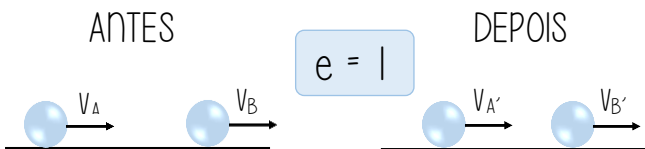
→ Seu impulso também é nulo.

- A quantidade de movimento é constante.

$$Q_I = Q_F$$

CHOQUES

PERFEITAMENTE ELÁSTICO



- Há a conservação da energia cinética e a conservação da quantidade de movimento.

$$\begin{aligned} Q_I &= m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B \\ Q_F &= m_A \cdot v_{A'} + m_B \cdot v_{B'} \\ Q_I &= Q_F \end{aligned}$$

- Corpos idênticos em colisões elásticas e frontais trocam as velocidades.

PARCIALMENTE ELÁSTICO

ANTES $0 < e < 1$ DEPOIS



- Os corpos se separam após o choque.
- A energia cinética **NÃO** se conserva ($E_{CI} > E_{CF}$).
- Conservação da quantidade de movimento.

$$Q_I = Q_F$$

PERFEITAMENTE INELÁSTICO

ANTES $e = 0$ DEPOIS



- Corpos não se separam.
- Energia cinética **NÃO** se conserva ($E_{CI} > E_{CF}$).
- Conservação da quantidade de movimento.

$$Q_I = Q_F$$

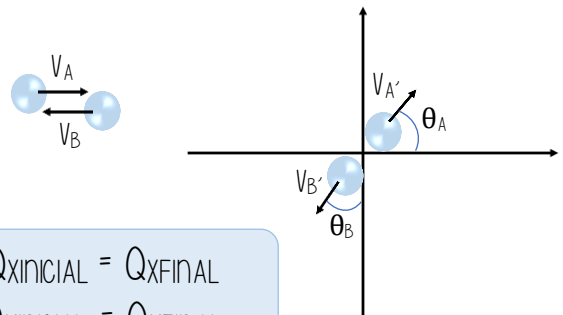
$$\begin{aligned} Q_I &= m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B \\ Q_F &= (m_A + m_B) \cdot v_F \\ Q_I &= Q_F \end{aligned}$$

COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO (E)

TIPO DE COLISÃO	ENERGIA CINÉTICA	QUANTIDADE DE MOVIMENTO	COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO
PERFEITAMENTE ELÁSTICA	Totalmente conservada	Conservada	$e = 1$
PARCIALMENTE ELÁSTICA	Parcialmente conservada	Conservada	$0 < e < 1$
INELÁSTICA	Dissipada ao máximo	Conservada	$e = 0$

$$e = \frac{V_{\text{relafastamento}}}{V_{\text{relaproximação}}}$$

COLISÃO ELÁSTICA BIDIMENSIONAL

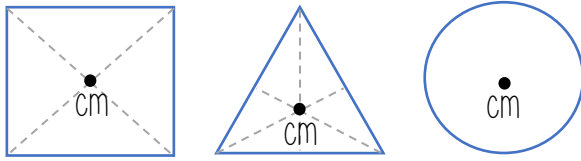


$$\begin{aligned} Q_{X\text{INICIAL}} &= Q_{X\text{FINAL}} \\ Q_{Y\text{INICIAL}} &= Q_{Y\text{FINAL}} \end{aligned}$$

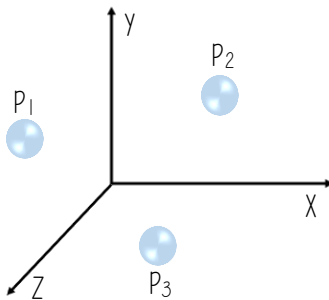
- Tem que decompor as velocidades.

CENTRO DE MASSA

- É o ponto do espaço onde podemos considerar centrada toda a sua massa.
- Em um sistema constituído de material homogêneo, o centro de massa coincide com o seu centro geométrico.



- Em um sistema constituído de várias partículas, o centro de massa é igual à média ponderada entre as posições, tomando como pesos de ponderação as suas massas.



$$X_{cm} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

$$Y_{cm} = \frac{m_1y_1 + m_2y_2 + \dots + m_ny_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

$$Z_{cm} = \frac{m_1z_1 + m_2z_2 + \dots + m_nz_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

QUANTIDADE DE MOVIMENTO DO SISTEMA

$$Q_T = M \cdot V_{cm}$$

RESULTANTE DAS FORÇAS EXTERNAS

$$F_R = M \cdot A_{cm}$$

- Se o sistema de partículas for isolado de forças externas:

$$\rightarrow F_R = 0, A_{cm} = 0 \text{ e } V_{cm} = \text{Cte.}$$

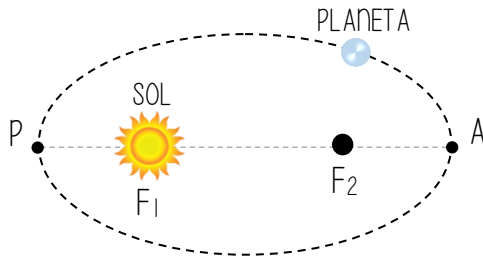
gravitação

GRAVITAÇÃO

LEIS DE KEPLER

1ª LEI - LEI DAS ÓRBITAS

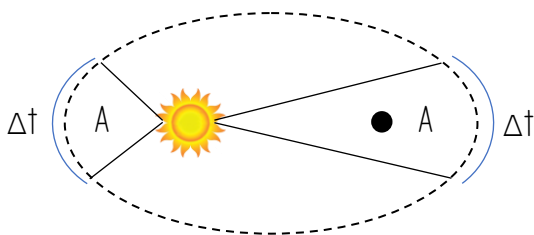
- Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, que ocupa um dos focos da elipse.



- P (PERIÉLIO): Mais perto do sol.
→ Mais rápido.
- A (AFÉLIO): Mais afastado do sol.
→ Mais lento.

2ª LEI - LEI DAS ÁREAS

- O segmento que une o sol a um planeta descreve áreas iguais em intervalos de tempos iguais.



$$A = k \cdot \Delta t$$

- k: velocidade areolar — depende do planeta.
- Os planetas NÃO se movem ao redor do sol com velocidade de módulo constante (periélio e afélio).

3ª LEI - LEI DOS PERÍODOS

- O quadrado do período de translação de cada planeta em torno do sol é proporcional ao cubo do raio médio da respectiva órbita.

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

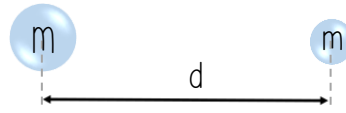
- k: constante de Kepler.
- R: raio médio.

$$R = \frac{R_{af} + R_{per}}{2}$$

- T: Período de translação do planeta (ΔT para uma volta).
→ Mais próximo do sol — ↓ T.
→ Mais afastado do sol — ↑ T.
→ T da Terra = 1.

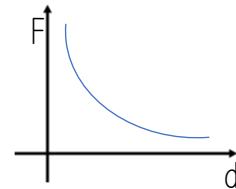
FORÇA GRAVITACIONAL

LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL



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

- F: Força de atração gravitacional entre dois corpos.
- G: Constante de gravitação universal ($= 6,67 \cdot 10^{-11}$).
- M e m: Massa dos corpos.
- d: Distância entre os centros de gravidade dos corpos.

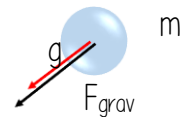


- Todos os corpos que possuem massa estão se atraindo.
- Se eu tenho 2 corpos a uma distância d e depois dobro essa distância, a força diminui 4 vezes.

CAMPO GRAVITACIONAL

- Consideremos um ponto de uma dada região, no qual colocamos uma massa de prova m. Se essa massa ficar sujeita à ação (força) de natureza gravitacional, então, podemos afirmar que nesse ponto existe um campo gravitacional.

$$g = \frac{F_{grav}}{m}$$

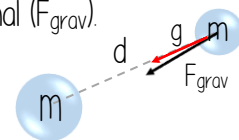


- NO SI: m/s^2 .
- O campo gravitacional não depende da massa de prova m.

CAMPO GRAVITACIONAL DA TERRA

- A Terra (massa M) causa no espaço ao seu redor um campo gravitacional, facilmente perceptível, pois qualquer corpo (massa m) abandonado próximo a ela fica sujeito à força gravitacional (F_{grav}).

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

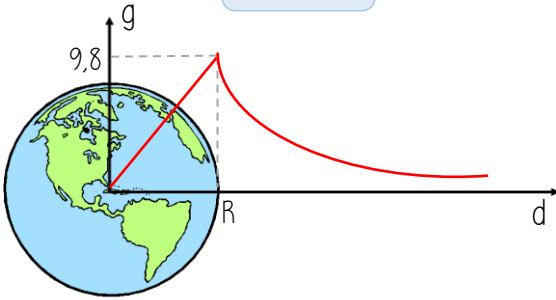


- g: intensidade do campo gravitacional da Terra.
→ Nas proximidades da superfície da Terra, o valor médio do campo gravitacional é $9,8 m/s^2$.
→ À medida que nos afastamos da Terra, esse valor vai diminuindo e podemos determiná-lo para uma certa altitude h.

$$g = \frac{G \cdot M}{(R+h)^2}$$

CAMPO GRAVITACIONAL NA SUPERFÍCIE DA TERRA

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



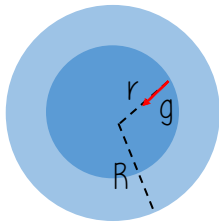
VELOCIDADE DE ESCAPE

- É a menor velocidade com que se deve lançar um corpo da superfície terrestre para que este se livre da atração da terra, isto é, chegue ao infinito com velocidade nula.

$$V_e = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R}}$$

- Para a Terra: $V_e = 11,3 \text{ km/s}$.

CAMPO GRAVITACIONAL NO INTERIOR DA TERRA



$$g = \frac{G \cdot 4 \cdot \pi \cdot \rho \cdot r}{3}$$

CORPOS EM ÓRBITA

- Considere um planeta de raio R e massa M . Seja m a massa de um satélite em órbita circular do planeta à altitude h .

- A força da interação gravitacional entre M e m é responsável pela aceleração centrípeta necessária para manter m em órbita. Essa aceleração é a própria aceleração da gravidade à altitude h .

$$\rightarrow A_{cp} = g_h$$

VELOCIDADE

$$V = \frac{\sqrt{Gm}}{r} = \frac{\sqrt{GM}}{R+h}$$

PERÍODO

$$T^2 = Kr^3$$

- A velocidade e o período independem da massa do satélite.

ENERGIA

ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

$$E_p = - \frac{GmM}{r}$$

ENERGIA CINÉTICA

$$E_c = \frac{GmM}{2r}$$

ESTÁTICA

Estuda e analisa a estabilidade e o equilíbrio dos corpos.

PONTO MATERIAL X CORPO EXTENSO

- PONTO MATERIAL: possui dimensões desprezíveis.
→ Não sofre rotação.
- CORPO EXTENSO: as dimensões são importantes.

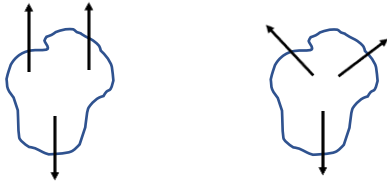
EQUILÍBRIO TRANSLACIONAL

$$F_R = 0 \begin{cases} \text{Equilíbrio estático (repouso)} \\ V = 0 \text{ e } A = 0 \\ \text{Equilíbrio dinâmico (MRU)} \\ V \neq 0 \text{ e } A = 0 \end{cases}$$

EQUILÍBRIO ROTACIONAL

TEOREMA DAS TRÊS FORÇAS

- Sempre que um corpo estiver em equilíbrio translacional e rotacional sob a ação de três forças, estas devem ser paralelas ou concorrentes em um ponto.

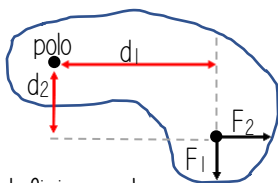


MOMENTO DE UMA FORÇA

- Para iniciar a rotação, não basta apenas aplicar uma força qualquer a um corpo, já que isso não garante que ele começará a girar.

$$M = \pm F \cdot d$$

- M : é o torque da força.
- F : é a intensidade da força aplicada no corpo.
- d : é o braço da alavanca.
→ É definido com a distância entre a linha de ação da força e um ponto qualquer, denominado polo.

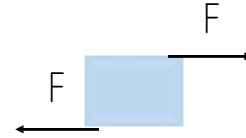


- É necessário definir o polo.
- O corpo pode ter a tendência de rotacionar no sentido horário ou anti-horário.



MOMENTO BINÁRIO

- Quando dispomos de duas forças de mesmo módulo, sentidos opostos e linhas de ação distintas (não colineares).
- O torque resultante é sempre o mesmo (independente do polo escolhido).
- Mesmo que a resultante de forças seja zero, existe aceleração angular.



CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO

- $F_R = 0$ (Equilíbrio translacional).
- $M_R = 0$ (Equilíbrio rotacional).
→ É a soma dos torques que cada força realiza no corpo em relação a um polo.

HIDROSTÁTICA

hidrostática

Estuda os fluidos em equilíbrio (gases e líquidos).

CONCEITO

DENSIDADE E MASSA ESPECÍFICA

DENSIDADE

- É a razão entre a massa de um corpo e o seu volume ocupado.

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

MASSA ESPECÍFICA

- É a razão entre a massa e o volume efetivamente preenchido pelo material, desprezando buracos ou partes ocas.

- Está relacionada às substâncias que constituem o corpo, ou seja, é uma característica do material, não do corpo.

$$\mu_{\text{água}} = 1.10^3 \text{ kg/m}^3$$

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

- Dois objetos feitos do mesmo material sempre terão a mesma massa específica, porém podem apresentar densidades diferentes.

- Corpos constituídos de material homogêneo têm densidade igual à massa específica do material que os constituem.

- DENSIDADE:  tudo.

- MASSA ESPECÍFICA: 

POR QUE OS NAVIOS FLUTUAM?



- Os navios possuem partes ocas (ficam com a densidade menor que da água).

DENSIDADE RELATIVA E PESO ESPECÍFICO

DENSIDADE RELATIVA

- É a razão entre a densidade do material e a densidade da água.

→ É adimensional.

$$d_{\text{REL}} = \frac{d}{d_{\text{água}}}$$

PESO ESPECÍFICO

- Corresponde ao peso por unidade de volume de um material.

- Sob pressão e temperatura cte e num mesmo local, uma substância tem peso específico cte.

$$\gamma = \mu g$$

PRESSÃO

- É a grandeza física escalar definida pela razão entre a intensidade da força (F) exercida perpendicularmente sobre uma superfície de contato e área A dessa superfície.

$$P = \frac{F}{A}$$

- NO SI: N/m² ou Pascal (Pa) 1 atm = 1.10⁵ Pa

- Quanto menor a área, maior a pressão.

- Força tangente não causa pressão.

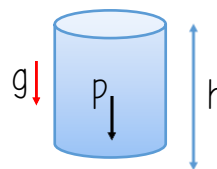
PRESSÃO ATMOSFÉRICA

- Varia com a altitude.

- + altitude = - pressão atmosférica. $P_{\text{atm}} = \mu g h$

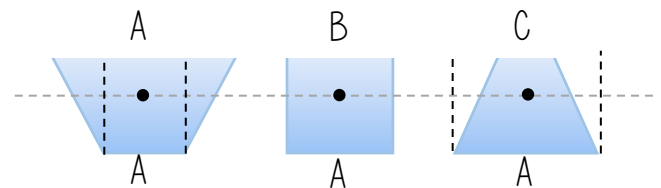
- 1.10⁵ Pa = 1 atm = 760mmHg

PRESSÃO EXERCIDA POR UMA COLUNA FLUÍDA



$$P = \mu g h$$

PARADOXO HIDROSTÁTICO



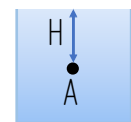
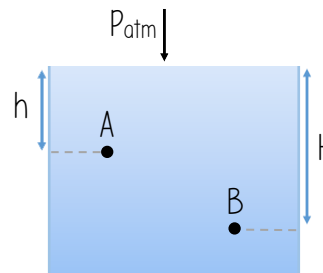
- A pressão exercida por coluna sobre suas bases é igual.

- PESO DO LÍQUIDO: $A > B > C$.

TEOREMA DE STEVIN

- "A diferença entre as pressões de dois pontos de um fluido em equilíbrio é igual ao produto entre a densidade do fluido, a aceleração da gravidade e a diferença entre a profundidade dos pontos".

$$P_B - P_A = \mu G(H-h)$$



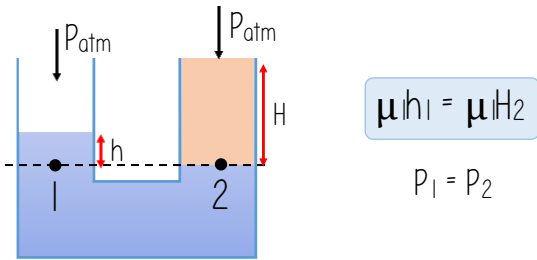
$$P_A = P_{\text{atm}} + dgh$$

TEOREMA DOS PONTOS ISÓBAROS

- Pontos situados no mesmo nível de um líquido em equilíbrio suportam a mesma pressão.

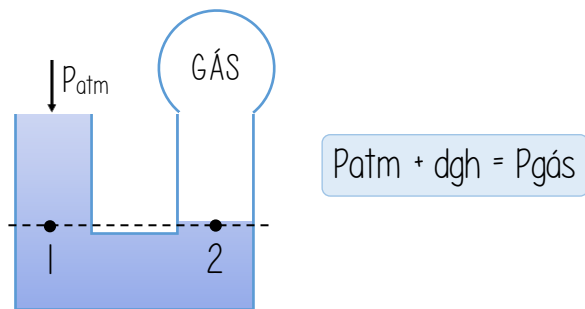
VASOS COMUNICANTES

- Dado um vaso em forma de U, contendo um líquido homogêneo em equilíbrio, o nível das suas colunas é o mesmo.
- Se colocarmos 2 líquidos não-miscíveis, pode ocorrer um equilíbrio com desnível das colunas.



$$\mu_1 h_1 = \mu_2 H_2$$

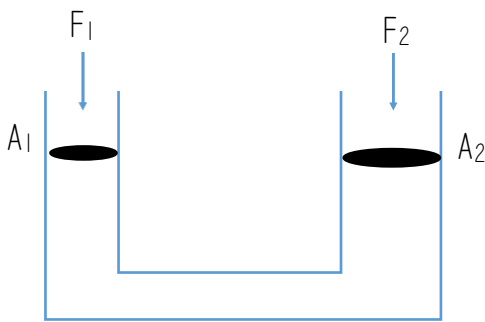
$$P_1 = P_2$$



$$P_{atm} + dgh = P_{gás}$$

PRINCÍPIO DE PASCAL

- "O aumento da pressão exercida em um líquido em equilíbrio é transmitido integralmente a todos os pontos do líquido bem como às paredes do recipiente em que ele está contido".



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

$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

$$A_1 h_1 = A_2 h_2$$

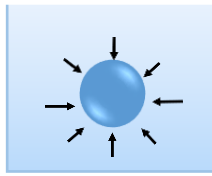
- $F_1 < F_2$ e $d_1 > d_2$
- A força pequena sofre grande deslocamento e a força grande sofre pequeno deslocamento.
- O TRABALHO NA PRENSA HIDRÁULICA.

$$W_1 = W_2$$

- Há ganho de força, mas há perda no deslocamento.

TEOREMA DE ARQUIMEDES

- "Todo corpo imerso em um fluido recebe uma força, de baixo para cima, chamada empuxo."



- Um corpo mergulhado num líquido recebe forças do líquido em toda a sua superfície.

- As componentes horizontais das forças se equilibram e as componentes verticais fornecem uma resultante para cima.

- PESO APARENTE.

- Qualquer corpo mergulhado num líquido tem um peso inferior ao seu peso real.

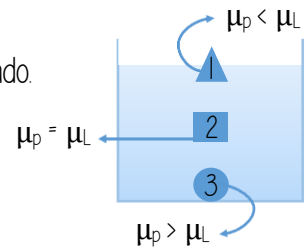
$$P_{ap} = P - E$$

- A pressão aumenta com a profundidade!

EMPUXO

- É o peso do líquido deslocado.

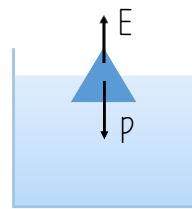
$$E = P_L = \mu_L V_L g$$



- Se o objeto estiver TOTALMENTE encostado no fundo NÃO tem empuxo!!

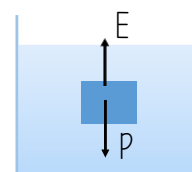
- VOLUME DESLOCADO.

- É o tanto que um corpo desloca do líquido ao ser inserido nele. Esse volume deslocado é o mesmo volume submerso do corpo.



- O corpo é menos denso que o líquido.

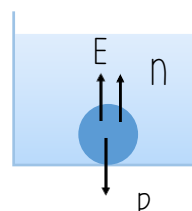
- Flutua.
- $E = P$.
- $\mu_p < \mu_L$



- O corpo tem a mesma densidade que o líquido.

- Submerso.
- $E = P$.
- $\mu_p = \mu_L$

$$\frac{V_p}{V_L} = \frac{\mu_L}{\mu_p}$$



- O corpo é mais denso do que o líquido.

- Afunda.
- $E = P - N$.
- $\mu_p > \mu_L$

TERMOMOLOGIA

termologia

Estuda o calor e seus efeitos sobre a matéria.

TERMOMETRIA

- Estuda a temperatura e as escalas termométricas.

TEMPERATURA

- É a medida do grau de agitação térmica das moléculas.
- Se dois corpos estão com a mesma agitação térmica, estão com a mesma temperatura.

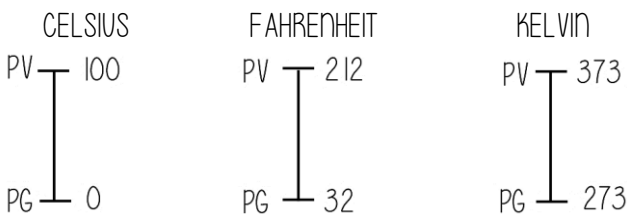
EQUILÍBRIO TÉRMICO

- Dois corpos estão em equilíbrio térmico quando possuem a mesma temperatura.
- LEI ZERO DA TERMODINÂMICA.
 - "Se dois corpos A e B estão em equilíbrio térmico com um corpo C, então A e B estão em equilíbrio térmico entre si".

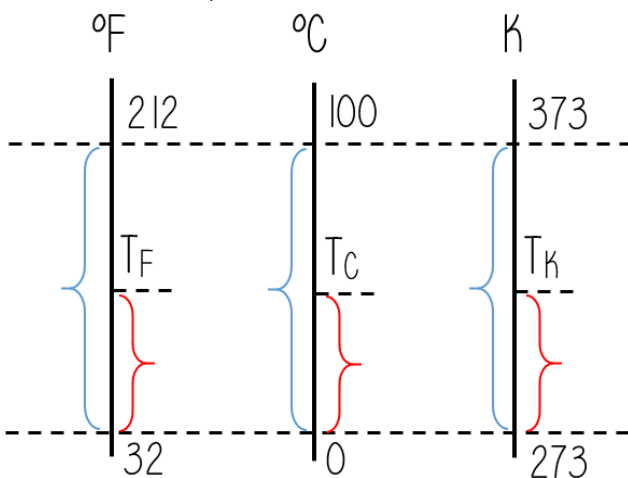
ESCALAS TERMOMÉTRICAS

PONTOS FIXOS FUNDAMENTAIS

- Ponto Gelo (PG): gelo em equilíbrio térmico com água líquida.
- Ponto Vapor (PV): vapor em equilíbrio térmico com água líquida.



RELAÇÃO ENTRE AS ESCALAS

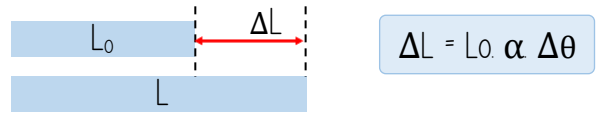


$$\frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_C}{5} = \frac{T_K - 273}{5}$$

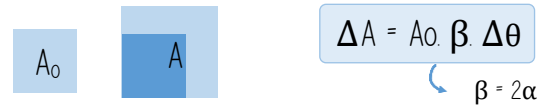
$$\frac{\Delta T_C}{5} = \frac{\Delta T_F}{9} = \frac{\Delta T_K}{5}$$

DILATAÇÃO DOS SÓLIDOS

LINEAR



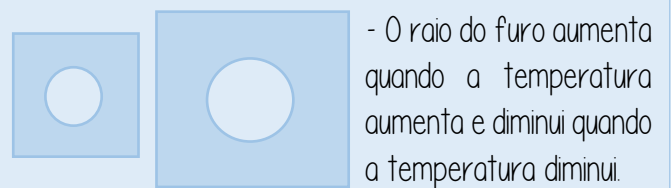
SUPERFICIAL



VOLUMÉTRICA



DILATAÇÃO COM FURO



DILATAÇÃO DOS LÍQUIDOS



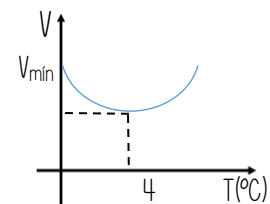
- DILATAÇÃO APARENTE.

→ Não é a quantidade de líquido total que dilatou (o recipiente também dilata. Logo, cabe mais).

$$\Delta V_{REAL} = \Delta V_{APARENTE} + \Delta V_{FRASCO}$$

COMPORTAMENTO ANÔMALO DA ÁGUA

- A água sofre contração de volume quando sua temperatura aumenta no intervalo de 0°C a 4°C e se dilata quando a temperatura aumenta a partir de 4°C.
- A 4°C a água apresenta volume mínimo (densidade máxima).



CALORIMETRIA

- É a parte da física que estuda os fenômenos relacionados as trocas de energia térmica.

CALOR

- É a energia em trânsito, que se desloca obrigatoriamente do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura até que seja atingido o equilíbrio térmico.

- No SI: Joule (J).

→ A unidade mais utilizada para o calor é caloria (cal)

→ $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J} / 1 \text{ kcal} = 10^3 \text{ cal}$

CALOR SENSÍVEL

- É a quantidade de calor que tem como efeito apenas a alteração da temperatura de um corpo.

- O estado físico é constante.

→ $Q > 0$: o corpo ganha calor.

→ $Q < 0$: o corpo perde calor.

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

- Q : quantidade de calor sensível (cal ou J).

- c : calor específico da substância que constitui o corpo.

- m : massa do corpo.

- $\Delta\theta$: variação de temperatura.

CALOR LATENTE

- É a quantidade de calor necessária para variar o estado físico da matéria sem variar a temperatura.

→ $Q > 0$: o corpo funde ou vaporiza.

→ $Q < 0$: o corpo solidifica ou condensa.

$$Q = m \cdot L$$

CAPACIDADE TÉRMICA (C)

- É a quantidade de calor que um corpo necessita receber ou ceder para que sua temperatura varie uma unidade.

- Sua unidade usual é $\text{cal}/^\circ\text{C}$.

- É uma característica do corpo.

→ Massas diferentes da mesma substância apresentam capacidades térmicas diferentes.

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} = m \cdot c$$

CALOR ESPECÍFICO (C)

- É a capacidade térmica por unidade de massa desse corpo.

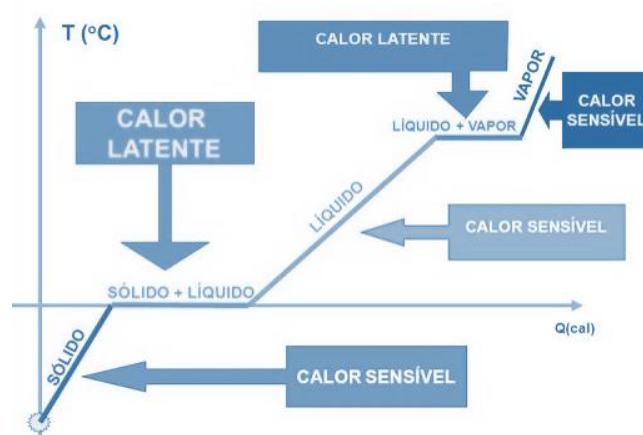
- É uma característica da substância que constitui o corpo (não depende da massa).

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

- Quanto menor o calor específico de uma substância, menor será a quantidade de calor necessária para elevar a sua temperatura.

- Depende do estado de agregação do sistema, sendo maior no estado líquido do que no estado sólido.

CURVA DE AQUECIMENTO



PROPAGAÇÃO DO CALOR

CONDUÇÃO TÉRMICA

- É a propagação de calor na qual a energia (térmica) se transmite de partícula para partícula, sem transporte de energia.

- Ocorrem colisões entre as partículas, alterando sua agitação térmica.

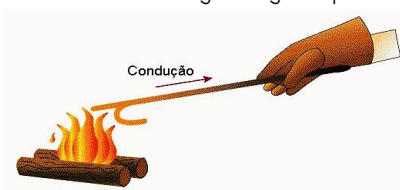
- Não há transporte de partículas através do corpo sólido, apenas interações entre partículas vizinhas.

- É muito reduzida nos meios líquidos e gasosos, e naturalmente não ocorre no vácuo.

- Se a condução for nula ou bastante reduzida, o material é dito isolante térmico.

→ Bons condutores: metais em geral.

→ Maus condutores: gelo, água líquida, madeira...



CONVECÇÃO TÉRMICA

- É a propagação de calor na qual a energia térmica se transmite mediante o transporte de matéria (correntes de convecção).

- Acontece o deslocamento de partículas de uma posição para outra.

- Observável somente em meios fluidos (líquido e gasoso).



IRRADIAÇÃO TÉRMICA

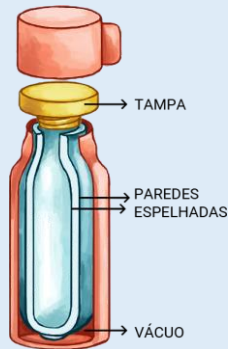
- É a propagação de calor na qual a energia (térmica) se transmite através de ondas eletromagnéticas.
- Também ocorre no vácuo.



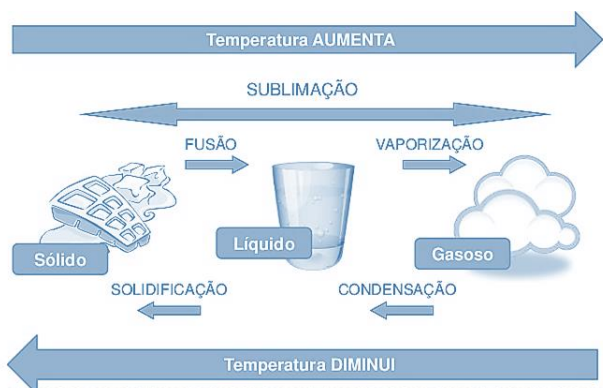
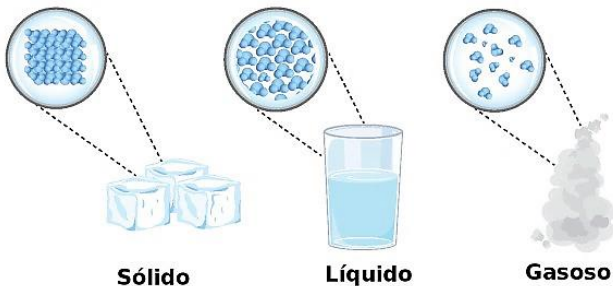
GARRAFA TÉRMICA

- É constituída para impedir a troca de calor entre o conteúdo e o ambiente externo.

- **CONDUÇÃO:** é evitada pelo ar rarefeito colocado entre as paredes duplas e pela tampa isolante.
- **CONVECÇÃO:** é eliminada pelo ar rarefeito e pela tampa.
- **IRRADIAÇÃO:** é dificultada pelas paredes espelhadas, que refletem as radiações, tanto interna como externa.



MUDANÇA DE ESTADO



FUSÃO

- É a passagem de uma substância do estado sólido para o estado líquido através da absorção de calor.
- Há o aumento da temperatura.
- PONTO DE FUSÃO (PF).
 - Temperatura em que uma substância passa da fase sólida para a líquida.
 - Permanece invariável até que toda a matéria sólida se transforme em líquida.
 - É uma propriedade específica da matéria.

SOLIDIFICAÇÃO

- É a passagem do estado líquido para o estado sólido.
 - É a transformação inversa da fusão.
- Há a diminuição da temperatura.
- PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO (PS).
 - Temperatura em que a substância passa da fase líquida para a sólida.
 - Permanece invariável até que toda a matéria líquida se transforme em sólida.
 - É uma propriedade específica da matéria.
 - É igual ao ponto de fusão.

VAPORIZAÇÃO

- É a passagem do estado líquido para o estado gasoso.
- Há o aumento da temperatura.

EVAPORAÇÃO

- É o processo de vaporização do líquido que ocorre na superfície exposta do líquido ao ambiente de forma espontânea e contínua.
- Mudança lenta e gradual.
- EX: Roupas no varal.

EBULIÇÃO

- É o processo de vaporização que não se dá somente na superfície do líquido, mas também dentro dele, formando bolhas.
- Mudança rápida.
- PONTO DE EBULIÇÃO (PE).
 - Temperatura em que uma substância passa da fase líquida para a gasosa.
 - Permanece invariável até que toda a matéria líquida se transforme em gasosa.
 - É uma propriedade específica da matéria.
- EX: Água fervendo.

VAPORIZAÇÃO (CALEFAÇÃO)

- É o processo de vaporização do líquido que envolve grande quantidade de energia.
- Mudança brusca.
- EX: Gota de água caindo em uma chapa quente.

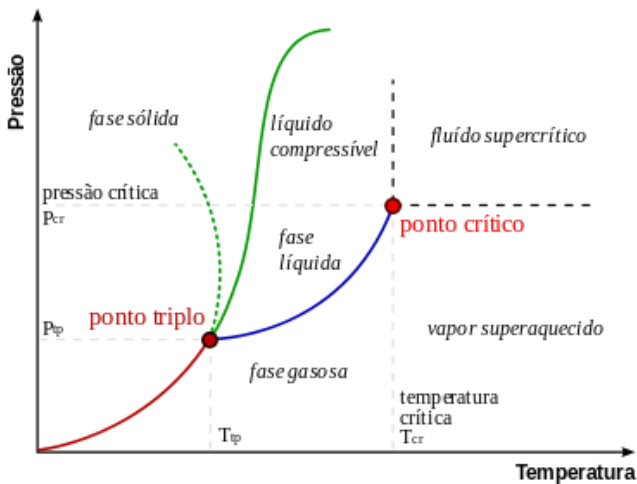
CONDENSAÇÃO (LIQUEFAÇÃO)

- É a passagem do estado de vapor para o estado líquido.
- Há a diminuição da temperatura.
- PONTO DE LIQUEFAÇÃO (PL).
 - Temperatura em que uma substância passa da fase gasosa para a líquida.
 - Permanece invariável até que toda a matéria gasosa se transforme em líquida.
 - É uma propriedade específica da matéria.

SUBLIMAÇÃO

- É a transformação que leva a substância diretamente do estado sólido para o estado gasoso, sem passar pelo estado líquido.
- Há o aumento da temperatura.
- SUBLIMAÇÃO REGRESSIVA.
 - É a transformação inversa: do estado gasoso para o sólido.
 - Há a diminuição da temperatura.

DIAGRAMA DE FASE



- PONTO CRÍTICO (PC).
 - Acima da temperatura, a substância encontra-se na fase gasosa (gás) e não pode ser liquefeita, independente da sua pressão.
- PONTO TRIPLO (PT).
 - Estado comum às três curvas.
 - Equilíbrio entre as três fases da substância.

VAPOR X GÁS

- VAPOR.
 - É aquilo que faz virar líquido apenas alterando a pressão sem alterar a temperatura.
- GÁS.
 - É impossível ser liquefeito só por um aumento de pressão ou só por uma diminuição de temperatura.

GASES

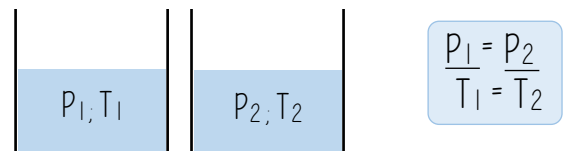
PROPRIEDADES DOS GASES

- A maioria dos gases são compostos moleculares, com exceção dos gases nobres (formados por átomos isolados).
- No estado gasoso as moléculas encontram-se muito mais separadas uma das outras do que nos estados sólidos e líquidos.
- As partículas estão praticamente livres, movimentam-se ao acaso e ocupam todo o volume do recipiente.
- O gás não tem volume constante e não tem forma própria (varia com o recipiente).
- É muito compressível (quando se comprime um gás, as suas partículas aproximam-se e o seu volume diminui).
- A pressão que um gás exerce sobre uma superfície, resulta dos choques das partículas do gás contra essa superfície.
- São miscíveis entre si em qualquer proporção.

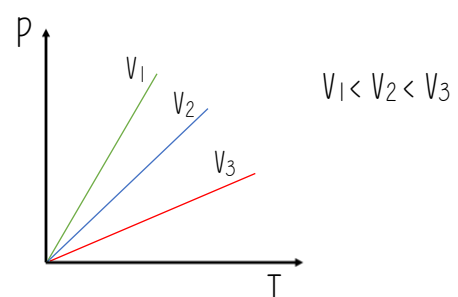
TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

TRANSFORMAÇÃO ISOCÓRICA

- Também chamada de isométrica ou isovolumétrica.
 - PRESSÃO } variam
 - TEMPERATURA } variam
 - VOLUME → constante
- A volume constante, a pressão e a temperatura absoluta de um gás ideal são diretamente proporcionais.

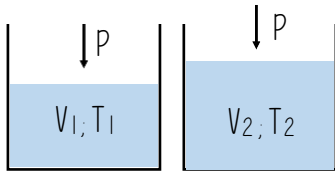


- LEI DE CHARLES.
 - Para um número de moléculas e volume constantes, a pressão é diretamente proporcional à temperatura.
 - Quanto maior for a temperatura do gás, maior será a velocidade das moléculas e o número de choques e a pressão aumenta.



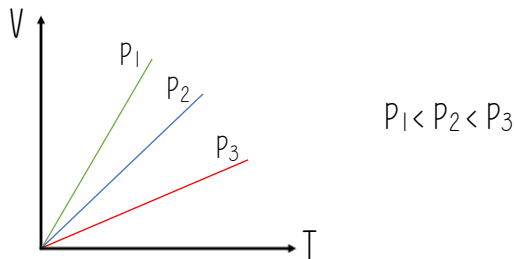
TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA

- PRESSÃO → constante
- TEMPERATURA } variam
- VOLUME } variam
- A pressão constante, o volume e a temperatura absoluta de um gás ideal são diretamente proporcionais.



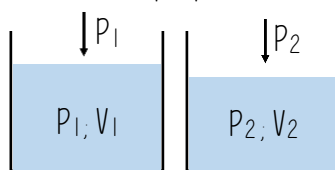
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

- LEI DE GAY-LUSSAC.
 - Para um número de moléculas e pressão constantes, o volume é diretamente proporcional à temperatura.
 - Quanto maior for a temperatura do gás, maior será a velocidade das moléculas e o número de choques e o volume aumenta.



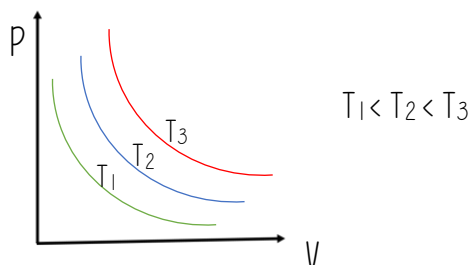
TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA

- PRESSÃO } variam
- VOLUME } variam
- TEMPERATURA → constante
- A pressão e o volume de um gás ideal, mantido em temperatura constante, são inversamente proporcionais.



$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

- LEI DE BOYLE-MARIOTTE.
 - Para um número de moléculas e temperatura constantes, a pressão é inversamente proporcional ao volume.
 - Quanto maior for o volume do gás, menor será o número de choques e a pressão diminuirá.



EQUAÇÃO GERAL DOS GASES PERFEITOS

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

- Nunca esqueça de usar, nessa equação, a temperatura em escala absoluta (Kelvin).

PRINCÍPIO DE AVOGADRO

- "Volumes iguais de diferentes gases perfeitos, se submetidos às mesmas condições de temperatura e pressão, possuem o mesmo número de moléculas".
- MOL: é a quantidade de matéria que contém um número invariável de partículas (constante de Avogadro).

$$\text{CONSTANTE DE AVOGADRO} \\ 6,02 \cdot 10^{23}$$

- 1 mol de um gás é um conjunto de $6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas.

$$n = \frac{m}{M}$$

- Massa molar (M): massa de 1 mol de moléculas (massa de $6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas da substância).

EQUAÇÃO DE CLAPEYRON

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

- Constante universal dos gases perfeitos (R): depende das unidades das variáveis.
 - 0,082 L.atm/K.mol.
 - 8,31 J/mol.K.

$$\text{CNTP} \\ P = 1 \text{ atm.} \\ T = 0^\circ\text{C} (273 \text{ K})$$

TERMODINÂMICA

- Relaciona a Energia térmica e o trabalho mecânico.

TRABALHO

- Relaciona a Energia térmica e o trabalho mecânico.

$$W = P \cdot \Delta V$$

- GÁS REALIZOU TRABALHO.
 - $V_2 > V_1 - \Delta V > 0$ e $W > 0$.
- GÁS RECEBEU TRABALHO.
 - $V_2 < V_1 - \Delta V < 0$ e $W < 0$.
- NÃO HOUVE TRABALHO.
 - $V_2 = V_1 - \Delta V = 0$ e $W = 0$.

- A relação: $W = P \cdot \Delta V$ só pode ser aplicada quando a pressão for constante (transformação isobárica).

$$\rightarrow W = \text{Área.}$$

ENERGIA DE UM SISTEMA

ENERGIA EXTERNA

- É a energia do sistema devido às relações que ele tem como o meio externo (energia cinética e energia potencial).

ENERGIA INTERNA

- É a energia do sistema devido às condições internas.
 - ENERGIA TÉRMICA: é a energia que se associa ao movimento de agitação térmica das moléculas.
 - Não é possível medir diretamente a energia interna U de um sistema (apenas a variação).

$$\Delta U = 3/2 nRT$$

- Se $\Delta T > 0 \rightarrow \Delta U > 0$.
- Se $\Delta T < 0 \rightarrow \Delta U < 0$.
- Se $\Delta T = 0 \rightarrow \Delta U = 0$.

- A lei de Joule para gases ideais diz que a energia interna de uma dada massa de gás ideal é em função somente de sua temperatura.

1ª LEI DA TERMODINÂMICA

- Como um sistema não cria e não destrói energia, então se um gás recebe calor, essa energia pode ser armazenada e/ou transferida ao meio na forma de trabalho.

$$\Delta U = Q - W$$

ΔU

- $\Delta U > 0$: aumenta a energia interna do gás. Aumenta a temperatura e o gás se aquece.
- $\Delta U < 0$: diminui a energia interna do gás, diminui a temperatura e o gás se esfria.

Q

- $Q > 0$: o gás recebe energia do meio externo na forma de calor.
- $Q < 0$: o gás cede energia para o meio externo na forma de calor.

W

- $W > 0$: o gás cede energia para o meio externo na forma de trabalho (sofre expansão).
- $W < 0$: o gás recebe energia do meio externo na forma de trabalho (sofre compressão).

TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA

- A pressão do gás é constante e o volume varia diretamente proporcional à temperatura.

$$\Delta U = Q - W$$

TRANSFORMAÇÃO ISOMÉTRICA

- O volume do gás é constante e a pressão varia diretamente proporcional à temperatura.

$$\Delta U = Q$$

TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA

- A temperatura do gás é constante e o volume varia diretamente proporcional à pressão.

$$Q = T$$

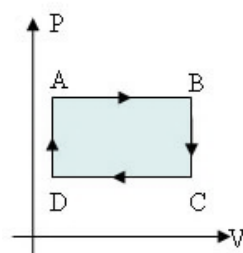
TRANSFORMAÇÃO ADIABÁTICA

- É a transformação em que não há troca de calor entre o gás e o meio externo.

$$\Delta U = - W$$

TRANSFORMAÇÃO CÍCLICA

- É a transformação em que o estado final do gás coincide com o estado inicial.
 - Transformação sofrida por uma máquina térmica que transforma energia térmica em energia mecânica, fazendo o gás, após sofrer transformações, voltar ao seu estado inicial.



$$- P_A = P_B \text{ e } P_C = P_D.$$

$$- V_A = V_B \text{ e } V_B = V_C.$$

- AB: o gás sofre um aquecimento à pressão constante, aumentando o volume.
- BC: o gás sofre um esfriamento a volume constante, diminuindo a pressão.
- CD: o gás sofre um esfriamento à pressão constante, diminuindo o volume.
- DA: o gás sofre um aquecimento a volume constante, aumentando a pressão.

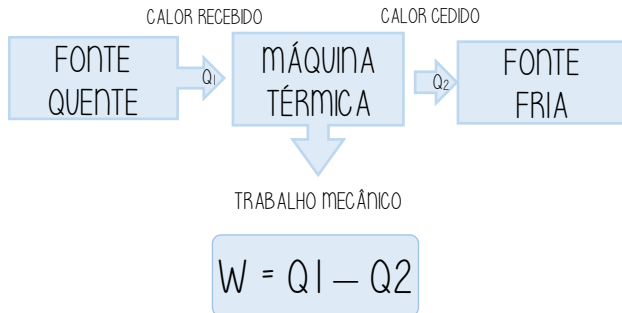
$$W_R = A$$

2ª LEI DA TERMODINÂMICA

- Não é possível transferir calor de um corpo frio para outro corpo quente espontaneamente.

MÁQUINA TÉRMICA

- Retira calor de uma fonte quente, transformando parte desse calor em trabalho e a parte restante cede para a fonte fria.



- O refrigerador faz o processo inverso (ele retira calor da fonte fria e transfere para a fonte quente).

- RENDIMENTO DA MÁQUINA TÉRMICA.

→ É definido como a relação entre a energia útil e a energia total.

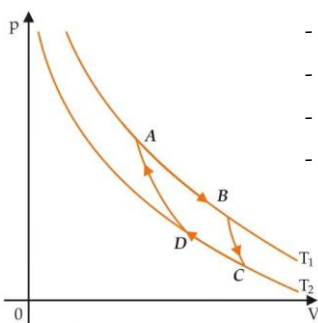
$$\eta = W/Q_1 = 1 - Q_2/Q_1$$

→ O rendimento nunca será 100%.

→ $0 \leq \eta < 1$.

CICLO DE CARNOT

- Carnot estudou a transformação de calor em trabalho, feito pelas máquinas térmicas, com o objetivo de aumentar o rendimento das máquinas (melhorar a eficiência).



- AB e CD são isotérmicas.
- BC e DA são adiabáticas.
- T_1 (temp. da fonte quente).
- T_2 (temp. da fonte fria).

- Em cada ciclo, as quantidades de calor trocadas com as fontes térmicas são proporcionais às respectivas temperaturas absolutas das fontes

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\eta = 1 - T_2/T_1$$

óptica

Estuda a luz e os seus fenômenos.

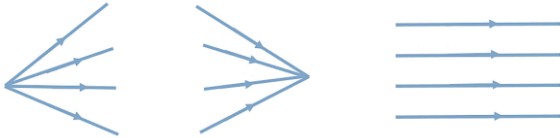
CONCEITOS INICIAIS

RAIOS DE LUZ

- São linhas orientadas que representam, graficamente, a direção e o sentido de propagação da luz.

FEIXE DE LUZ

- É o conjunto de raios de luz.



DIVERGENTE CONVERGENTE PARALELO

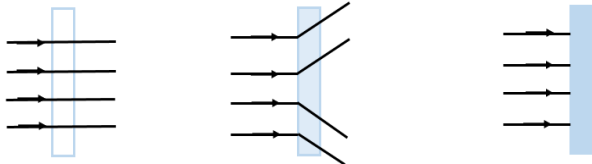
LUMINOSO X ILUMINADO

- Luminoso: são corpos que emitem a luz que produzem.
→ Sol.
- Iluminado: são corpos que refletem a luz que recebem de outro corpo.
→ Lua.

FONTES DE LUZ

- Corpos luminosos + corpos iluminados.
- Monocromática: uma só cor.
- Policromática: duas ou mais cores monocromáticas (sobreposição e luzes de cores diferentes).

MEIOS DE PROPOGAÇÃO



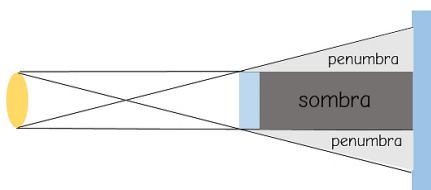
TRANSPARENTE TRANSLÚCIDO OPACO

- A velocidade de propagação no vácuo é sempre a mesma independente da luz monocromática.

PRINCÍPIOS DA ÓPTICA

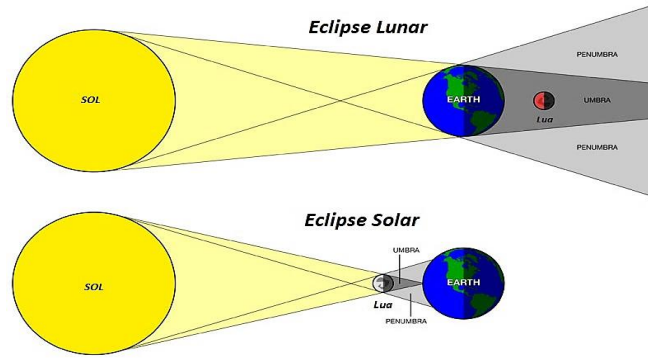
PRINCÍPIO DA PROPAGAÇÃO RETILÍNEA

- Nos meios homogêneos e transparentes, a luz se propaga em linha reta.



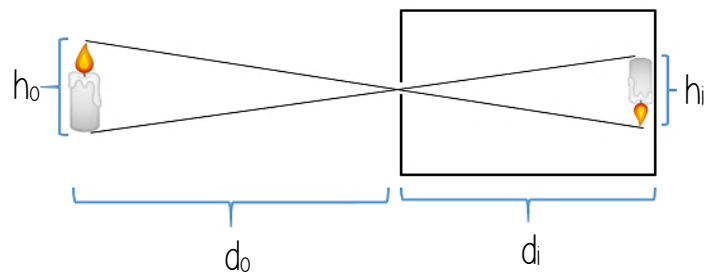
- Sombra: não recebe luz direta da fonte.
- Penumbra: recebe apenas parte da luz direta da fonte.

ECLIPSES



CÂMARA ESCURA

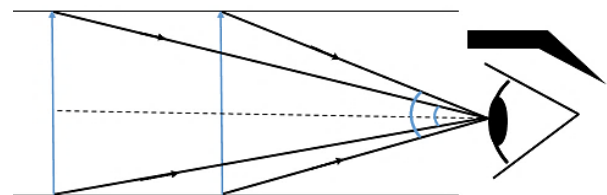
- É uma caixa de paredes opacas com um pequeno orifício.
- A imagem formada é invertida (horizontal e vertical).



- Se aumentar o diâmetro do orifício, a imagem perde nitidez.

$$\frac{h_0}{h_i} = \frac{d_0}{d_i}$$

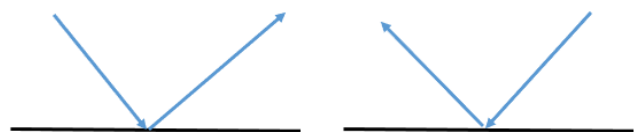
ÂNGULO VISUAL



- Quanto maior a distância, menor é o ângulo visual e menor parece o objeto.

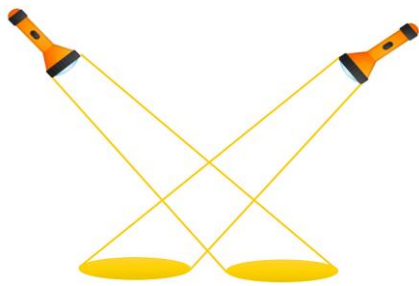
PRINCÍPIO DA REVERSIBILIDADE DOS RAIOS DE LUZ

- A trajetória seguida pela luz independe do sentido de sua propagação.



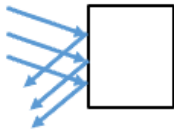
PRINCÍPIO DA INDEPENDÊNCIA DOS RAIOS DE LUZ

- Quando os raios de luz se cruzam, cada um deles segue seu trajeto como se os outros não existissem.



ABSORÇÃO DA LUZ

- BRANCO: é a ausência total de cor (luz pura, reflete todas as cores).



- PRETO: é a ausência total de luz (não reflete nenhuma cor).



- CORPO COLORIDO: um objeto colorido absorve todas as cores e só reflete sua respectiva cor.

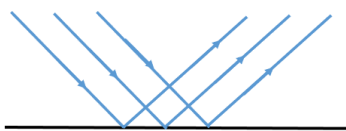


REFLEXÃO DA LUZ

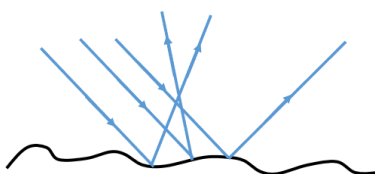
- É o retorno da luz ao meio no qual ela se propagava, ao atingir a superfície que separa dois meios materiais.

TIPOS DE REFLEXÃO

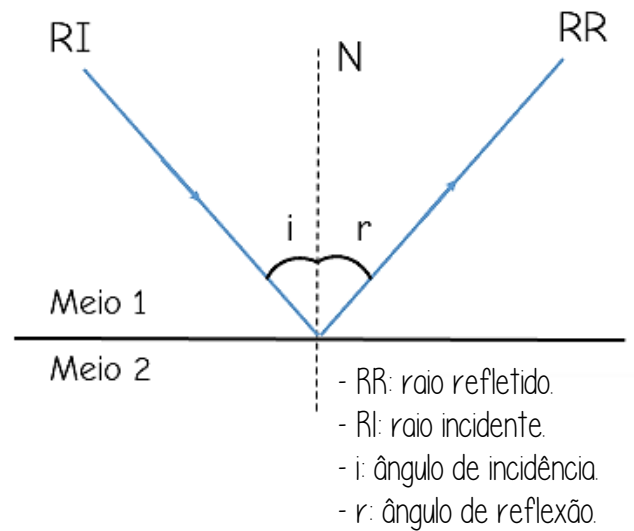
- REFLEXÃO REGULAR: ocorre em superfícies lisas. Os raios que incidem paralelamente são refletidos paralelamente.



- REFLEXÃO DIFUSA: ocorre em superfícies rugosas. Os raios que incidem paralelamente NÃO são refletidos paralelamente.



LEIS DA REFLEXÃO



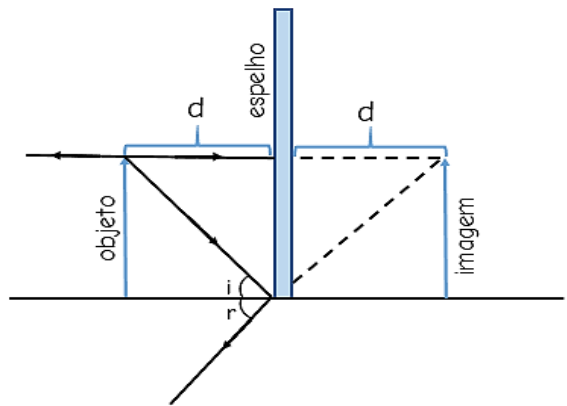
- 1ª LEI DA REFLEXÃO: o raio incidente (RI), o raio refletido (RR) e a normal (N), no ponto de incidência, estão no mesmo plano.

- 2ª LEI DA REFLEXÃO: o ângulo de incidência (i) é igual ao ângulo de reflexão (r).

→ É o ângulo formado em relação a normal!

→ A luz percorre o caminho mais curto possível quando se reflete.

ESPELHO PLANO



- Os prolongamentos de todos os raios refletidos, provenientes do objeto, passam pela imagem.

- O objeto e a imagem são equidistantes do espelho.

→ $p = -p'$

- O objeto e a imagem têm naturezas contrárias: se o objeto é real, a imagem é virtual.

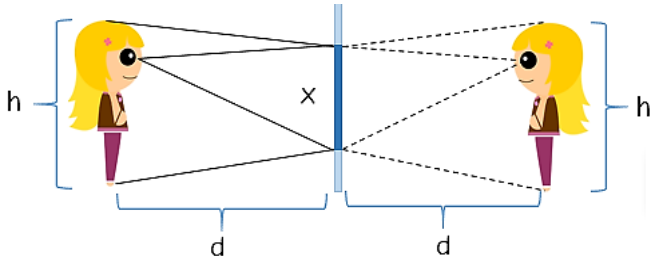
- PONTO REAL: interseção efetiva dos raios luminosos.

- PONTO VIRTUAL: interseção de prolongamentos de raios luminosos.

- A imagem formada no espelho é contrária ao objeto (direita vira esquerda).

CAMPO VISUAL DE UM ESPELHO

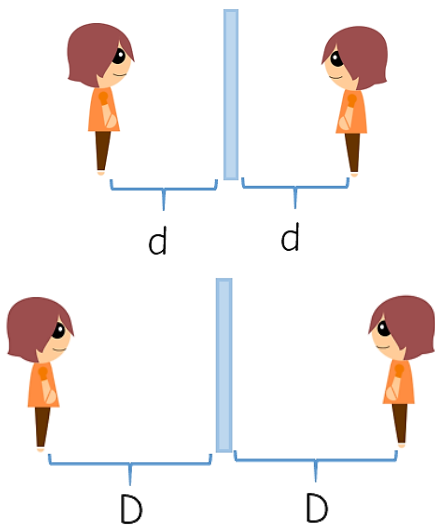
- Depende do tamanho e da posição do espelho e da posição do olho do observador.



- Para que um observador possa se ver de corpo inteiro na frente de um espelho, o tamanho do espelho deve ter, no mínimo, a metade da sua altura.

$$x = h/2$$

TRANSLAÇÃO DE UM ESPELHO PLANO



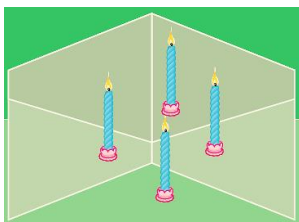
- Sempre que um espelho é transladado paralelamente a si mesmo, a imagem de um objeto fixo sofre translação no mesmo sentido do espelho, mas com comprimento equivalente ao dobro do comprimento da translação do espelho.

$$\rightarrow D = 2d$$

ROTAÇÃO DE UM ESPELHO PLANO

- Se um raio luminoso incide sobre um espelho plano, e rotacionamos um dos extremos desse espelho (mantendo o outro extremo fixo) de certo ângulo, o raio refletido sofrerá uma rotação, no mesmo sentido, de um ângulo duas vezes maior.

IMAGENS MÚLTIPLAS



Número de imagens.

$$n = 360^\circ / \alpha - 1$$

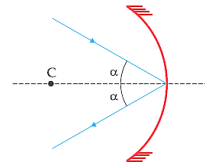
- Se a razão $360^\circ/\alpha$ for par, o objeto pode estar colocado em qualquer posição entre os espelhos.
- Se a razão $360^\circ/\alpha$ for ímpar, para se obter n imagens o objeto deve estar sobre o plano bissetor do ângulo.

ESPELHOS ESFÉRICOS

TIPOS

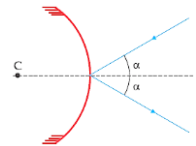
ESPELHO CÔNCAVO

- Quando a calota é espelhada em sua superfície interna.
- Amplia a imagem.
 - Espelho dos dentistas.



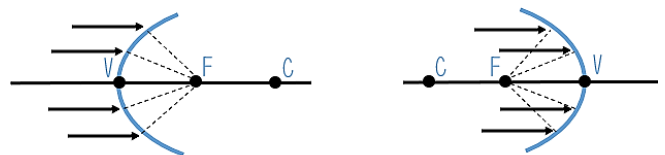
ESPELHO CONVEXO

- Quando a calota é espelhada em sua superfície externa.
- Diminui a imagem.
 - Espelho do mercado.



ELEMENTOS DOS ESPELHOS

- CENTRO DE CURVATURA (C): é o centro da superfície esférica.
- RAIOS DE CURVATURA (R): é o raio de curvatura da superfície esférica.
- EIXO ÓPTICO (CV): é a reta que contém o centro do espelho e o ponto central da superfície espelhada.
- VÉRTICE (V): é a interseção do eixo óptico principal com o espelho.
- FOCO (F): é o ponto onde convergem ou de onde divergem raios luminosos cuja incidência é paralela ao eixo principal.
 - $F = R/2$
 - Côncavo: o foco é real.
 - Convexo: o foco é virtual.

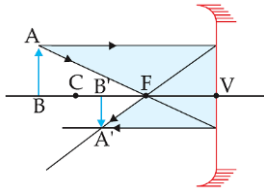


RAIOS NOTÁVEIS

- CENTRO DE CURVATURA (C): o raio incidente (ou o seu prolongamento que contém C) é refletido sobre sua própria reta suporte.
- VÉRTICE (V): o raio incidente que passa pelo vértice é refletido simetricamente em relação ao eixo principal.
- FOCO (F): o raio incidente que passa por F é refletido paralelamente ao eixo principal, e, reciprocamente, raios paralelos ao eixo principal são refletidos passando por F.

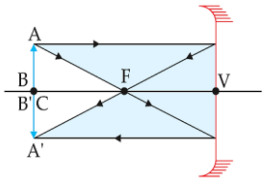
FORMAÇÃO DE IMAGENS NO ESPELHO CÔNCAVO

I – objeto antes do centro de curvatura:



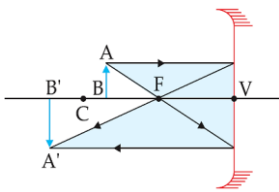
REAL.
MENOR.
INVERTIDA.

II – objeto sobre o centro de curvatura:



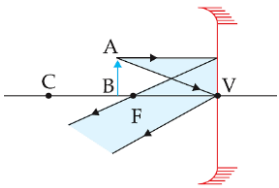
REAL.
IGUAL.
INVERTIDA.

III – objeto entre o centro de curvatura e o foco:



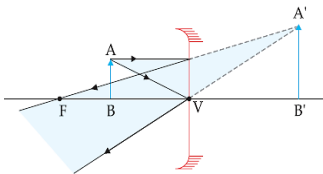
REAL.
MAIOR.
INVERTIDA.

IV – objeto sobre o foco principal.



IMPRÓPRIA.

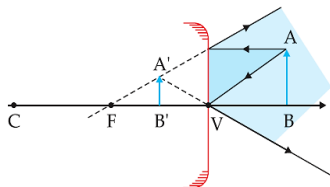
V – objeto entre o foco principal e o vértice:



VIRTUAL.
MAIOR.
DIREITA.

NO ESPELHO CONVEXO

- A imagem é sempre virtual, direta e menor.



VIRTUAL.
MENOR.
DIREITA.

EQUAÇÃO DE GAUSS

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

f = foco do espelho.
P: posição do objeto.
P': posição da imagem.

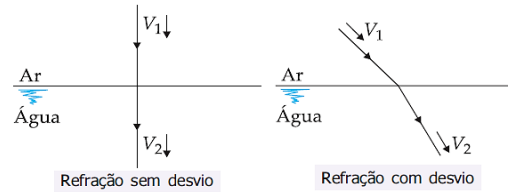
AUMENTO LINEAR TRANSVERSAL

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

i : tamanho da imagem.
O: tamanho do objeto.

REFRAÇÃO DA LUZ

- É a mudança no meio de propagação da luz, acompanhada da variação na sua velocidade de propagação.



- ÍNDICE DE REFRAÇÃO.

$$n = c/v$$

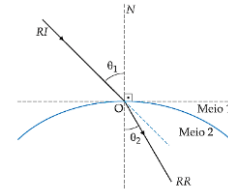
c: velocidade da luz no vácuo.
v: velocidade da luz em um dado meio.

→ $n = 1$ (vácuo).

→ $n > 1$ (meios materiais).

LEIS DA REFRAÇÃO

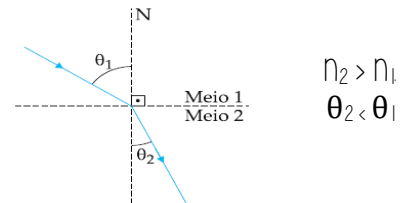
- 1ª: O raio incidente, o raio refratado e a reta normal que passa pelo ponto de incidência são todos coplanares.



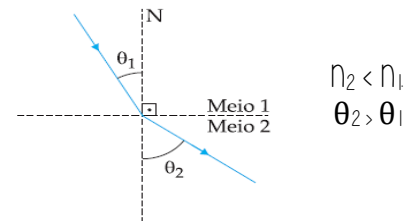
- 2ª: O desvio do raio refratado obedece à Lei de Snell.

$$n_1 \cdot \text{sen} \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen} \theta_2$$

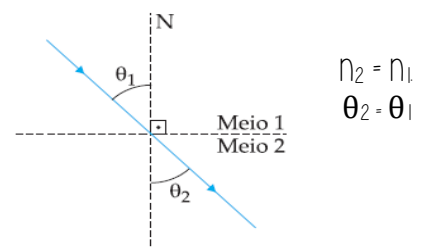
→ Se o meio 2 for mais refringente que o meio 1, o raio de luz refratado se aproxima da normal.



→ Se o meio 2 for menos refringente que o meio 1, o raio de luz refratado se afasta da normal.

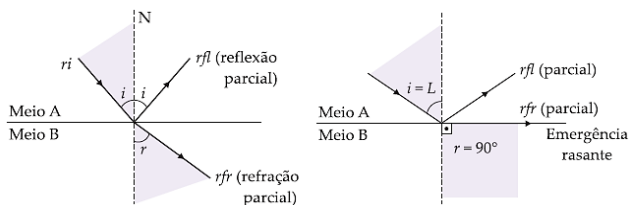


→ Se o meio 2 for tão refringente quanto o meio 1, o raio de luz refratado não apresenta desvio.



ÂNGULO LIMITE

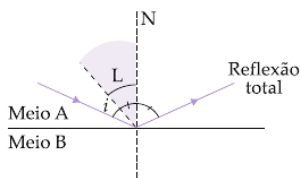
- É o ângulo (L) de incidência no meio mais refringente que gera uma refração rasante ($= 90^\circ$) no meio menos refringente.



$$\text{sen}L = \frac{n_{\text{menor}}}{n_{\text{maior}}}$$

REFLEXÃO TOTAL

- É quando o ângulo de incidência da luz no meio mais refringente for maior do que o ângulo limite.

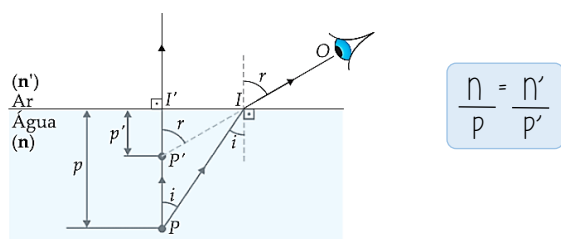


- Condições para ocorrência da reflexão total:
 - Sentido da propagação da luz – do meio mais refringente para o menos refringente.
 - O ângulo de incidência é maior que o ângulo limite L .

DIÓPTRO PLANO

- É o conjunto de dois meios homogêneos e transparentes separados por uma superfície plana S .

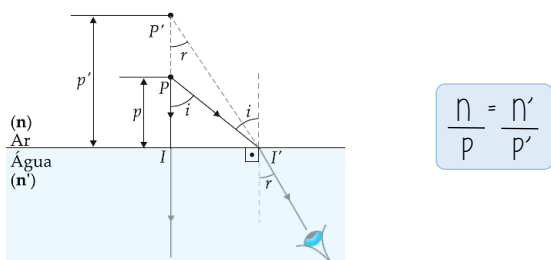
DIÓPTRO AR-ÁGUA



$$\frac{n}{p} = \frac{n'}{p'}$$

- Ao observar um peixe dentro d'água, o que na verdade você vê é a imagem do peixe acima da sua posição real.

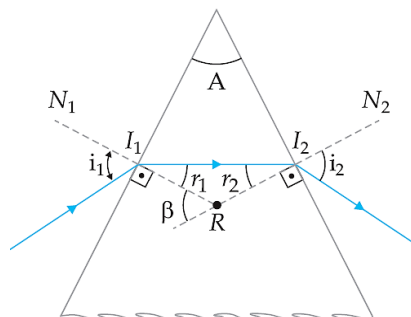
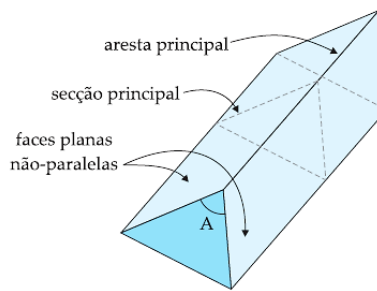
DIÓPTRO ÁGUA-AR



$$\frac{n}{p} = \frac{n'}{p'}$$

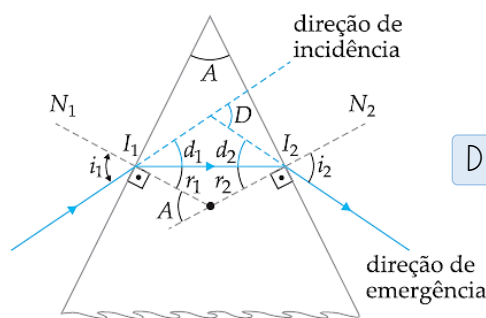
- Se você estiver imerso nas águas de uma piscina observando uma ave, verá a imagem da ave acima de sua posição real.

PRISMA ÓPTICO



$$r_1 + r_2 = A$$

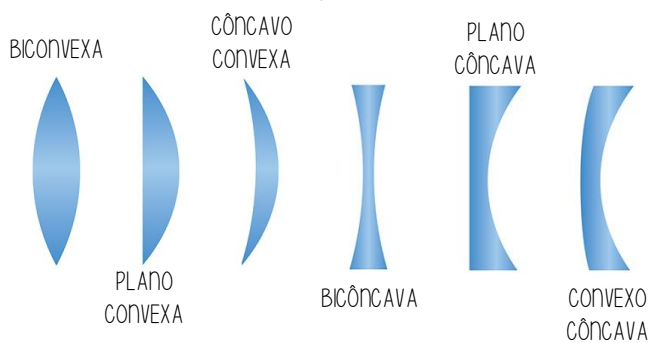
DESVIO ANGULAR TOTAL (D)



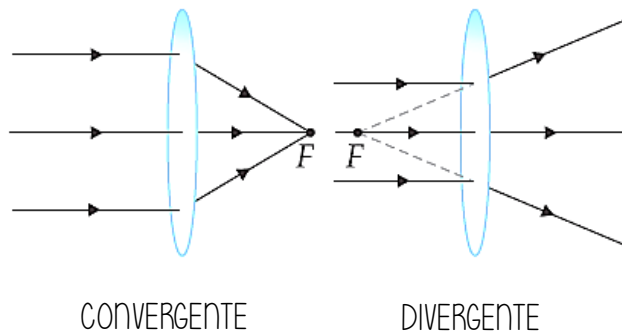
$$D = i_1 + i_2 - A$$

LENSES ESFÉRICAS

CLASSIFICAÇÃO DAS LENTES



COMPORTAMENT ÓPTICO



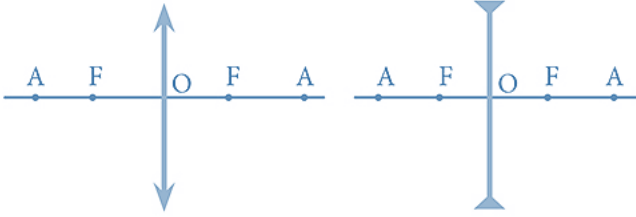
CONVERGENTE

DIVERGENTE

PRINCIPAIS PONTOS DE UMA LENTE

CONVERGENTE

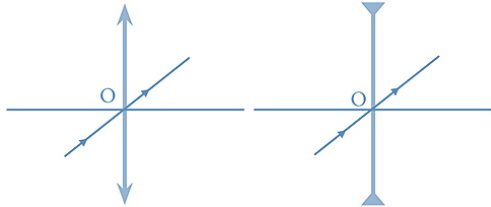
DIVERGENTE



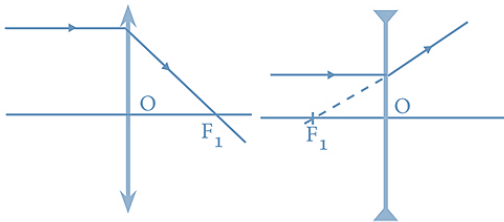
- EP: Eixo principal.
- O: Centro óptico.
- F: Focos da lente.
- A: Pontos antiprincipais.

RAIOS NOTÁVEIS

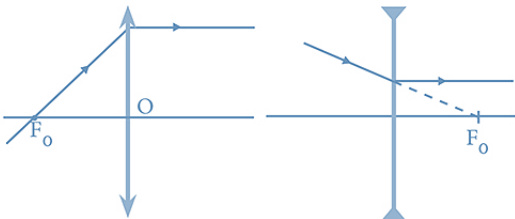
- O raio incidente que passa pelo centro óptico é refratado sem sofrer desvio.



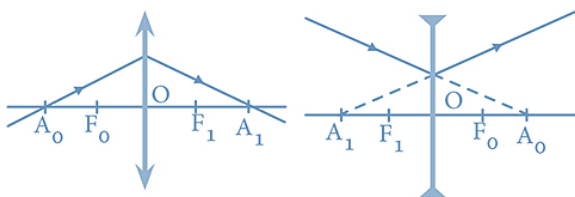
- Raios paralelos ao eixo principal são refratados com desvio passando pela direção do foco imagem.



- Raios passando pela direção do foco objeto são refratados paralelamente ao eixo principal.



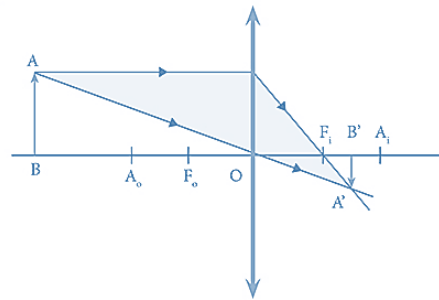
- Raios passando pela direção do ponto antiprincipal objeto são refratados com desvio passando pela direção do ponto antiprincipal imagem, e vice-versa.



CONSTRUÇÃO DE IMAGENS

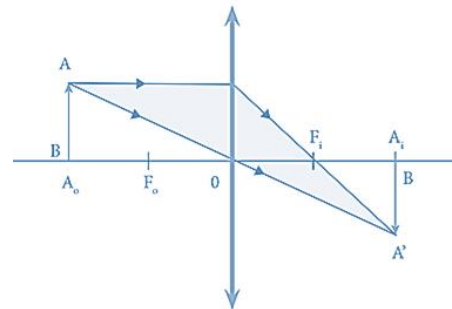
LENSES CONVERGENTES

I – OBJETO ANTES DO PONTO ANTIPIRINCIPAL.



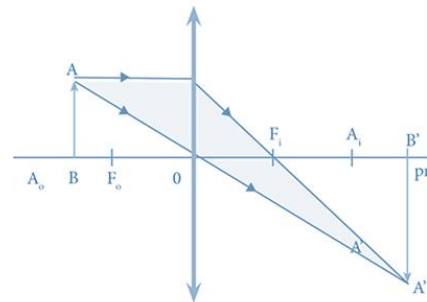
REAL
INVERTIDA.
MENOR.

II – OBJETO SOBRE O PONTO ANTIPIRINCIPAL.



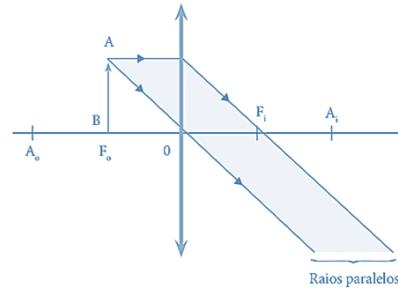
REAL
INVERTIDA.
IGUAL.

III – OBJETO ENTRE O PONTO ANTIPIRINCIPAL E O FOCO.



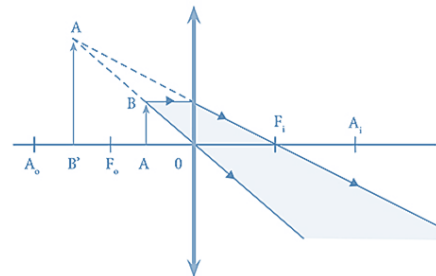
REAL
INVERTIDA.
MAIOR.

IV – OBJETO SOBRE O FOCO.



IMPRÓPRIA

V – OBJETO ENTRE O FOCO E O CENTRO.

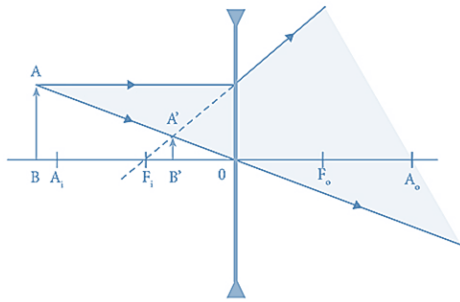


VIRTUAL.
DIREITA.
MAIOR

- É o caso das lupas e das lentes de aumento.

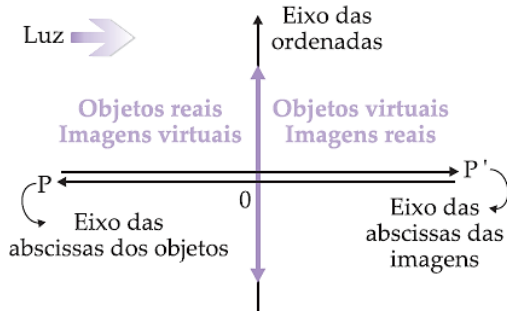
LENTE DIVERGENTES

- SÓ EXISTE 1 CASO.



VIRTUAL
DIREITA.
MENOR

ESTUDO ANALÍTICO



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

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

DISTÂNCIA FOCAL E VERGÊNCIA DAS LENTES

- A distância focal (f) é positiva nas lentes convergentes e negativa nas lentes divergentes.

→ $f > 0$: convergente.

→ $f < 0$: divergente.

- A vergência (V) é o inverso da distância focal.

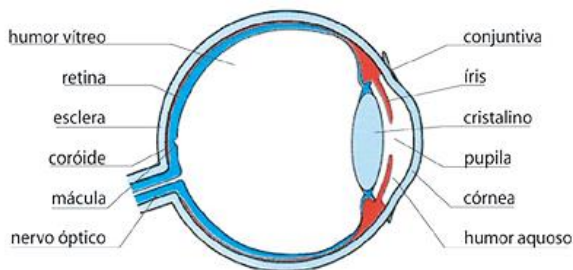
→ $V > 0$: convergente.

→ $V < 0$: divergente.

→ No SI: dioptria (di).

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

ÓPTICA DA VISÃO



ADAPTAÇÃO VISUAL

- É a capacidade apresentada pela pupila de se adequar à luminosidade de cada ambiente, comprimindo-se ou dilatando-se.

→ Ambientes claros: comprime.

→ Ambientes escuros: dilata.

ACOMODAÇÃO VISUAL

- PONTO PRÓXIMO.

→ É a mínima distância que uma pessoa pode enxergar corretamente (25 cm).

→ Os músculos ciliares encontram-se totalmente contraídos.

- PONTO REMOTO.

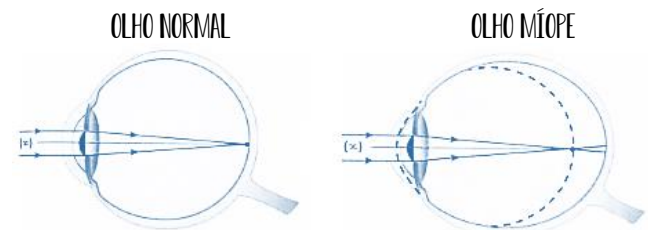
→ É a distância máxima alcançada para uma imagem focada.

→ Os músculos ciliares encontram-se totalmente relaxados.

→ É considerado como sendo o "infinito".

DEFEITOS DA VISÃO

MIOPIA



- CARACTERÍSTICAS.

→ Não enxerga com nitidez objetos no "infinito".

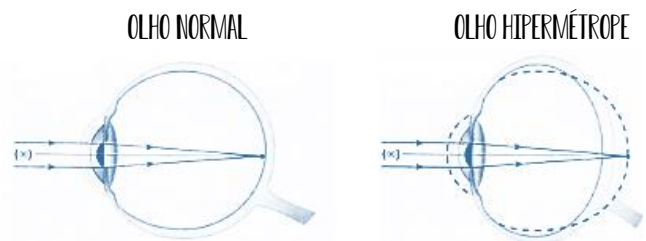
→ Seu ponto remoto é limitado.

→ O globo ocular é alongado.

→ A imagem é formada antes da retina.

→ A correção é feita mediante o uso de lentes divergentes.

HIPERMETROPIA



- CARACTERÍSTICAS.

→ Não enxerga com nitidez objetos mais próximos dos olhos.

→ Seu ponto remoto situa-se mais distante do olho que o normal (25 cm).

→ O globo ocular é curto.

→ A imagem é formada depois da retina.

→ A correção é feita mediante o uso de lentes convergentes.

PRESBIOPIA

- Endurecimento do cristalino e, por conseguinte, a perda da capacidade de acomodação visual.
- CARACTERÍSTICAS:
 - Tem dificuldades em “ver de longe” e também “de perto”.
 - É comum às pessoas com idade superior a 40 anos.
 - A correção é feita mediante o uso de lentes bifocais.

ASTIGMATISMO

- Apresenta um defeito na córnea, com raios de curvatura irregulares, o que ocasiona uma visão manchada dos objetos.
- A correção é feita com o uso de lentes cilíndricas.

ESTRABISMO

- Incapacidade de dirigir para um mesmo ponto os eixos ópticos dos olhos.
- Correção é feita com o uso de lentes prismáticas.

INSTRUMENTOS ÓPTICOS

INSTRUMENTOS DE PROJEÇÃO

- Formam uma imagem final real, projetada numa tela difusora (telões de projetores de slides ou telas de cinemas) ou num anteparo fotossensível (filmes fotográficos) de modo a impressioná-los.
- Ex: projetor de slides, cinemas, câmeras fotográficas...

INSTRUMENTOS DE OBSERVAÇÃO

- Formam uma imagem final virtual que serve de objeto real a um observador, cujo globo ocular completa o instrumento.
- Instrumentos de aumento: lupa e microscópio composto.
- Instrumentos de aproximação: luneta e telescópio.
- Ex: lupas, lunetas, microscópios...

ONDULATÓRIA

ONDAS



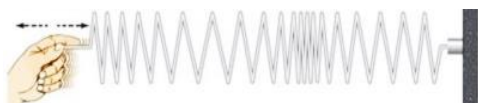
- É uma perturbação que se propaga.
- A onda transporta energia e NÃO a matéria do meio.

FORMAS DE ONDAS

LONGITUDINAL

- A direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração.

→ Ex: ondas sonoras.



TRANSVERSAL

- A direção de propagação da onda é perpendicular à direção de vibração.

→ Ex: ondas eletromagnéticas.



NATUREZA DAS ONDAS

- ONDA MECÂNICA.

- Só se propaga em meios materiais (não se propaga no vácuo), de forma a vibrar os pontos deste meio.

→ Ex: ondas sonoras.

- ONDA ELETROMAGNÉTICA.

- Se propaga tanto no vácuo quanto em certos meios materiais, sem vibrar os pontos do meio.

→ Ex: micro-ondas.

CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS

- FREQUÊNCIA (f): é o número de oscilações da onda, por um certo período de tempo (depende apenas da fonte).

→ No SI: hertz (Hz).

- PERÍODO (T): é o tempo necessário para a fonte produzir uma onda completa.

→ No SI: segundos (s).

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

- COMPRIMENTO DE ONDA (λ): é o tamanho de uma onda.

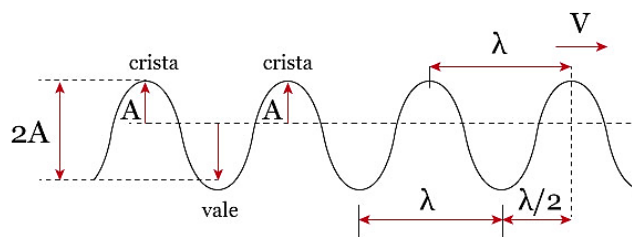
→ No SI: lambda (λ).

- VELOCIDADE (V): só depende do meio de propagação da onda.

$$V = \lambda \cdot f$$

- AMPLITUDE (A): é a "altura" da onda.

→ Quanto maior for a amplitude, maior será a quantidade de energia transportada.



- VALE: é o ponto mais baixo de uma onda.

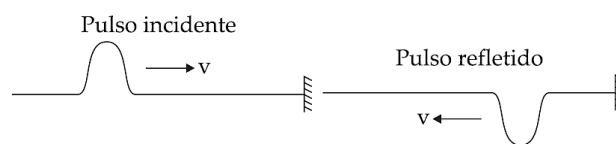
- CRISTA: é o ponto mais alto de uma onda.

FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

REFLEXÃO DE ONDAS

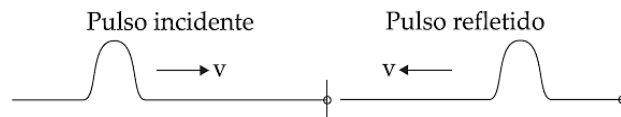
EXTREMO FIXO

- Há reflexão com inversão de fase.



EXTREMO LIVRE

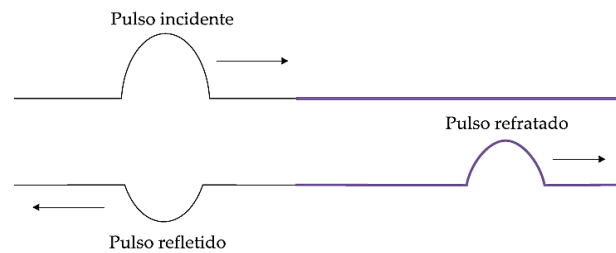
- Há reflexão sem inversão de fase.



REFRAÇÃO DE ONDAS

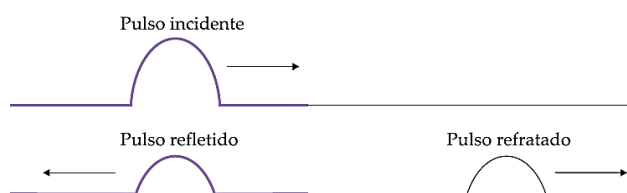
- LEVE → PESADA.

- O pulso refletivo volta com inversão de fase.



- PESADA → LEVE.

- O pulso refletivo volta sem inversão de fase.



$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

- Quanto maior o μ , menor a velocidade.

- Quanto menor o μ , maior a velocidade.

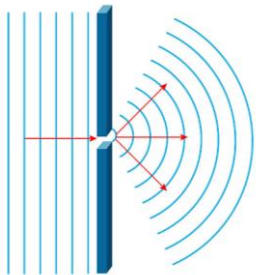
CONCORDÂNCIA E OPOSIÇÃO DE FASE

- Duas fases são concordantes quando separadas por um número par de $\lambda/2$.
- Duas fases são opostas quando separadas por um número ímpar de $\lambda/2$.

PRINCÍPIO DE HUYGENS

- "Cada ponto de uma frente de onda pode ser considerado como uma nova fonte de ondas secundárias, que são produzidas no mesmo sentido de propagação e com a mesma velocidade no meio".

DIFRAÇÃO

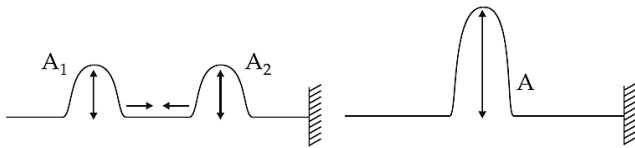


- Propriedade que as ondas têm de atravessarem obstáculos.

INTERFERÊNCIA DE ONDAS

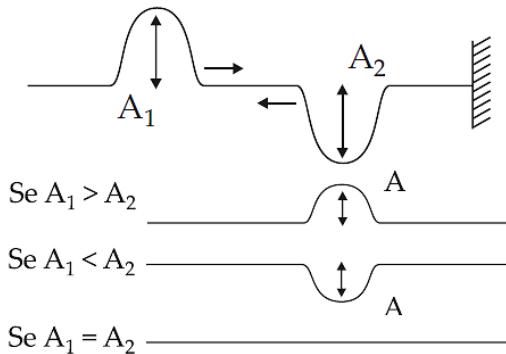
CONSTRUTIVA

- Os pulsos se encontram em concordância de fases.



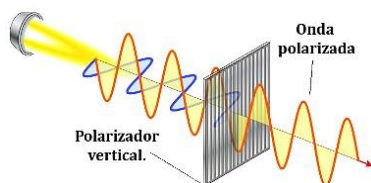
DESTRUTIVA

- Os pulsos se encontram com fases invertidas.



POLARIZAÇÃO

- É o fenômeno no qual uma onda transversal, vibrando em várias direções, tem uma de suas direções de vibração selecionada, enquanto as vibrações nas demais direções são impedidas de passar por um dispositivo (polarizador).

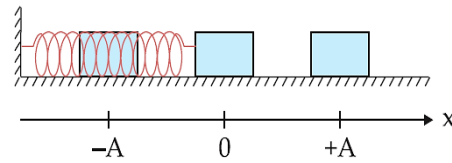


MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

MOVIMENTO PERIÓDICO

- Um fenômeno é periódico quando se repete identicamente em intervalos de tempo iguais.
- O período (T) é o menor intervalo de tempo para a repetição do fenômeno.

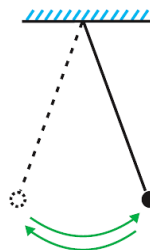
SISTEMA MASSA-MOLA



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

- O período depende da massa (m) do ponto material em movimento e da constante elástica (k), mas não depende da amplitude da oscilação (A).

PÊNDULO SIMPLES



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

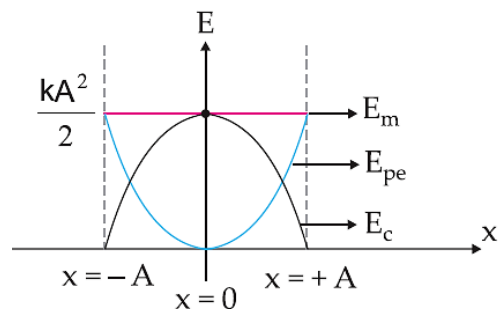
- Para aumentar o período, devemos aumentar o comprimento do fio.

ENERGIA NO MHS

- ENERGIA POTENCIAL: $E_p = \frac{kx^2}{2}$

- ENERGIA MECÂNICA: $E_m = \frac{kA^2}{2}$

- ENERGIA CINÉTICA: $E_c = \frac{k}{2}(A^2 - x^2)$



ACÚSTICA

ONDAS SONORAS

- São ondas mecânicas que vibram em uma frequência de 20 a 20.000 Hz, sendo normalmente perceptíveis pelo ouvido humano.
- Não se propagam no vácuo.
- abaixo de 20 Hz: infra-som e acima de 20.000 Hz: ultra-som

VELOCIDADE DO SOM

- $V_{\text{sólidos}} > V_{\text{líquidos}} > V_{\text{gases}}$.
- A velocidade da luz no ar é próxima de 300.000 km/s.
- A velocidade do som no ar a 15°C é 340 m/s.

CARACTERÍSTICAS DO SOM

ALTURA

- Diferencia sons graves (menor frequência) de sons agudos (maior frequência).
- Depende apenas da frequência do som.
- Som agudo = som alto = som de alta frequência.
- Som grave = som baixo = som de baixa frequência.

INTENSIDADE

- Diferencia sons fracos (menor intensidade) dos sons fortes (maior intensidade).
- Intensidade física (I):

$$I = \frac{Pot}{A}$$

- Intensidade sonora (β):

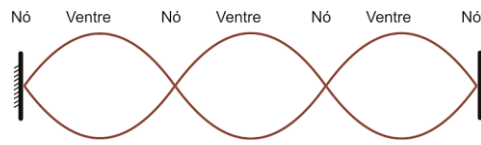
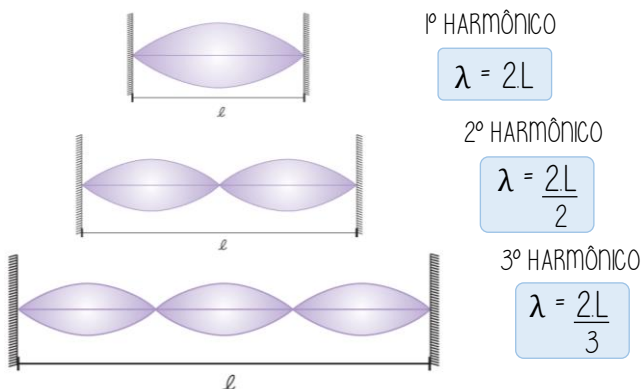
$$\beta = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

→ No SI: decibel (dB).

TIMBRE

- Diferencia a fonte do som.
- Permite diferenciar dois sons de mesma altura e mesma intensidade, mas que são emitidos por instrumentos diferentes.

CORDAS VIBRANTES



- Em geral, para o n-ésimo harmônico (n ventres):

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

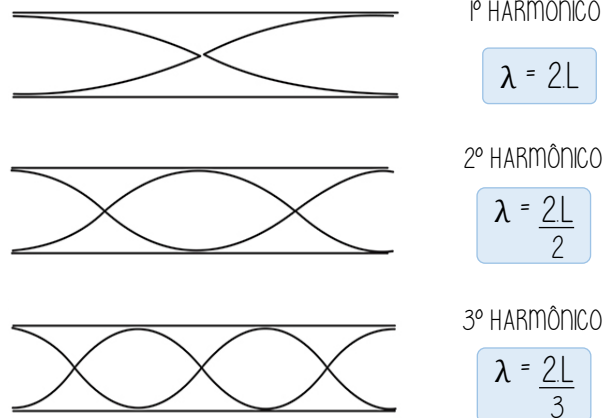
- A frequência dos harmônicos:

$$F_n = \frac{n \cdot v}{2L}$$

$$f_n = n \cdot f_1$$

TUBOS SONOROS

TUBOS ABERTOS

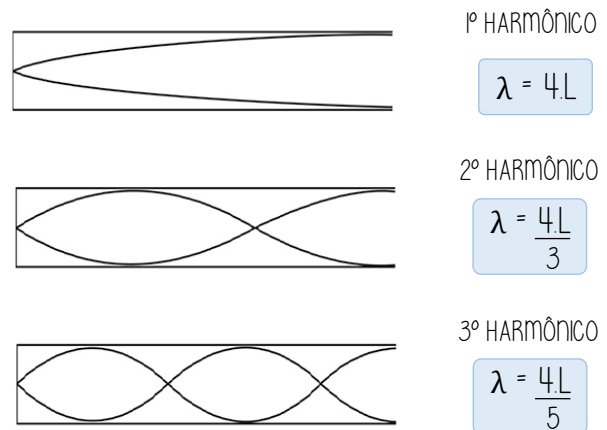


- Tubos abertos possuem todos os harmônicos.

→ $n = 1, 2, 3 \dots$

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

TUBOS FECHADOS



- Tubos fechados só possuem harmônicos ímpares.

→ $i = 1, 3, 5 \dots$

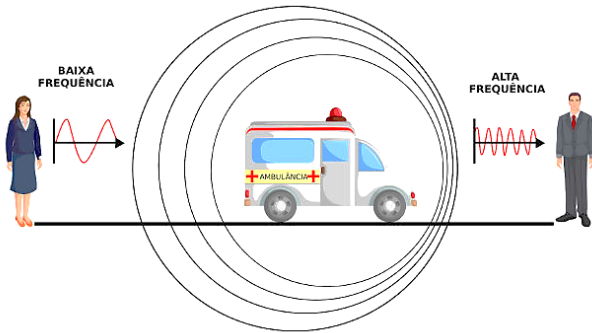
$$\lambda = \frac{4L}{i}$$

EFEITO DOPPLER

- É um fenômeno ondulatório caracterizado pela mudança do comprimento de onda ou da frequência de uma onda emitida por uma fonte que se movimenta em relação a um observador.

$$f = f_0 \left(\frac{V + V_o}{V + V_f} \right)$$

- $f > f_0$: a fonte se aproxima do observador com velocidade V_f ou o observador se aproxima da fonte com velocidade V_o .
- $f < f_0$: a fonte se afasta do observador com velocidade V_f ou o observador se afasta da fonte com velocidade V_o .
-



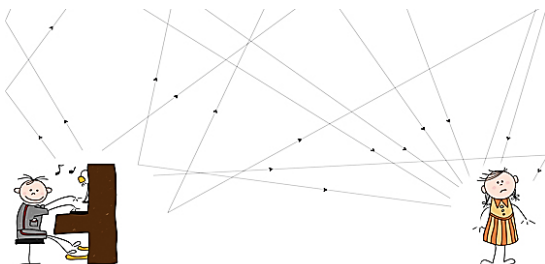
- O observador que vê a ambulância afastando-se ouvirá um som com maior comprimento de onda e menor frequência, portanto, mais grave.
- O observador que vê a ambulância aproximando-se ouvirá um som com maior frequência e menor comprimento de onda, portanto, mais agudo.

ECO E REVERBERAÇÃO

- ECO: é o som refletido que é percebido com intervalo de tempo suficiente para ser distinguido do som original.



- REVERBERAÇÃO: é quando o intervalo de tempo não é suficiente para distinguir o som refletido do original.



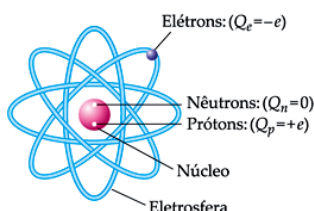
eletrostática

ELETROSTÁTICA

CARGAS ELÉTRICAS

NÚCLEO

- É a parte central do átomo em que se localiza praticamente toda a massa do átomo.



- PRÓTONS: carga elétrica positiva.
- NÊUTRONS: carga elétrica nula.

ELETROSFERA

- É uma região do espaço em torno do núcleo onde gravitam partículas menores (elétrons).
- ELÉTRONS: carga elétrica negativa.

QUANTIDADE DE CARGA ELÉTRICA (Q)

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

e: quantidade de carga elétrica elementar.

- O próton e o elétron têm valores absolutos iguais, embora tenham sinais opostos.
 - $Q_p = +e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
 - $Q_e = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
 - $Q_n = 0$.
- No SI: Coulomb (C).
- Se o corpo eletrizado perdeu elétrons, ele possui excesso de cargas positivas ($q > 0$).
- Se o corpo eletrizado ganhou elétrons, ele possui excesso de cargas negativas ($q < 0$).
- O módulo da carga adquirida por um corpo é dada pelo número de elétrons que saem ou entram nesse corpo.

$$|q| = n \cdot |e|$$

PRINCÍPIOS DA ELETROSTÁTICA

- PRINCÍPIO DA ATRAÇÃO E DA REPULSÃO.
 - "Cargas elétricas de mesmo sinal repelem-se e cargas elétricas de sinais opostos atraem-se".
- PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DAS CARGAS ELÉTRICAS.
 - "Num sistema eletricamente isolado, a soma algébrica das quantidades de cargas positivas e negativas é constante".

PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

- Um corpo está eletrizado quando tiver um número diferente de prótons e elétrons.

ELETRIZAÇÃO POR ATRITO

- Quando dois corpos são atritados, pode ocorrer a passagem de elétrons de um corpo para outro.



- Os dois corpos envolvidos ficam carregados com cargas iguais, em intensidade, porém de sinais contrários.

ELETRIZAÇÃO POR CONTATO

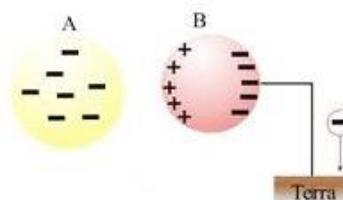
- Quando colocamos dois corpos condutores em contato, um eletrizado e o outro neutro, pode ocorrer a passagem de elétrons de um para o outro, fazendo com que o corpo neutro se eletrize.



- Os corpos condutores ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal, e não necessariamente em mesma intensidade.
- A soma das cargas dos corpos é igual antes e após o contato, se o sistema for eletricamente isolado.
- Um corpo eletrizado em contato com a terra será neutralizado.
 - Se ele tiver falta de elétrons, estes serão dados pela terra.
 - Se ele tiver elétrons em excesso, estes serão descarregados na terra.
 - Se forem esféricos, essas cargas serão diretamente proporcionais aos respectivos raios.

ELETRIZAÇÃO POR INDUÇÃO

- Aproxima-se (sem encostar) um corpo A eletrizado, de um corpo neutro e isolado B.

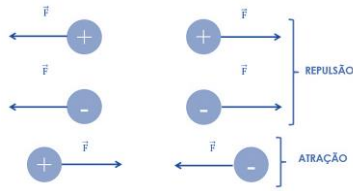


- Os elétrons livres do induzido (corpo B) são atraídos/repelidos dependendo do sinal da carga do indutor (corpo A).
- Em seguida o induzido é ligado à terra, ainda na presença do indutor e em seguida desliga-se o induzido da terra.
- O induzido estará eletrizado com sinal oposto à carga do indutor.

FORÇA ELÉTRICA

LEI DE DUFAY

- "Cargas elétricas de mesmo sinal se repelem e de sinais contrários se atraem".



LEI DE COULOMB

- CARGA ELÉTRICA PUNTIFORME.

→ É o corpo eletrizado cuja extensão pode ser desprezada em relação às distâncias que o separam de outros corpos eletrizados.

- LEI DE COULOMB.

→ "A intensidade da força elétrica que surge entre dois corpos eletrizados é diretamente proporcional aos valores absolutos de suas cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa esses dois corpos".

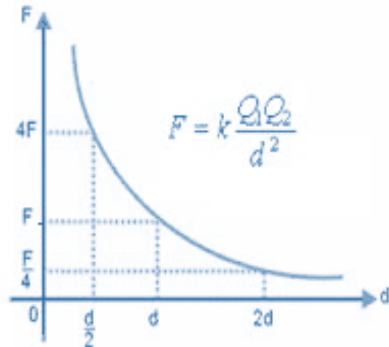
$$F_e = k \frac{|Q_1||Q_2|}{d^2}$$

F_e : força elétrica (N).

Q_1, Q_2 : cargas dos corpos 1 e 2 (C).

d : distância entre as cargas (m).

k : constante eletrostática do meio — $9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$



TEOREMA DAS CASCAS ESFÉRICAS

- TEOREMA 1

→ Uma casca uniformemente carregada atrai ou repele uma partícula carregada que está fora da casca, como se toda a carga da casca estivesse concentrada no seu centro.

→ Supondo que a carga na casca é muito maior do que a da partícula.

- TEOREMA 2

→ Se uma partícula carregada estiver localizada no interior de uma casca uniformemente carregada, não haverá nenhuma força eletrostática resultante da casca sobre a partícula.

CAMPO ELÉTRICO

- Uma carga elétrica origina, em torno de si, um campo de atuação de forças.

VETOR CAMPO ELÉTRICO

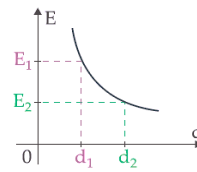
- A força e o campo sempre têm a mesma direção.

- Se $q > 0$: a força tem o mesmo sentido do campo.

- Se $q < 0$: a força tem o sentido contrário ao do campo.

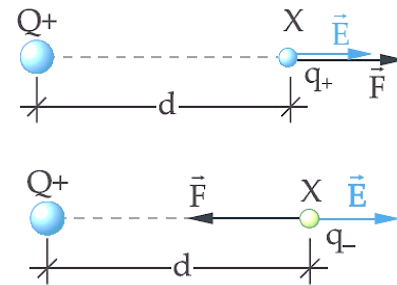
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{|q|}$$

CARGA ELÉTRICA ISOLADA

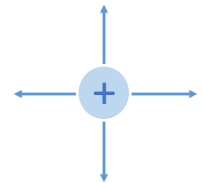


$$E = k \frac{|Q|}{d^2}$$

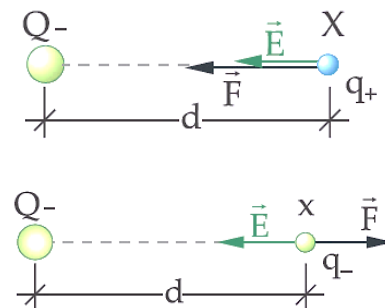
CARGA Q POSITIVA



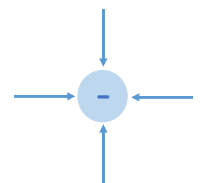
- A Carga elétrica positiva sempre gera campo elétrico com sentido de afastamento, em relação a ela, nos pontos ao seu redor.



CARGA Q NEGATIVA

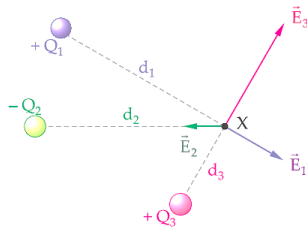


- A Carga elétrica negativa sempre gera campo elétrico com sentido de aproximação, em relação a ela, nos pontos ao seu redor.



VÁRIAS CARGAS ELÉTRICAS

- Quando numa região do espaço existir mais de uma carga elétrica, os pontos dessa região sofrem influência dos campos elétricos devido a essas cargas.

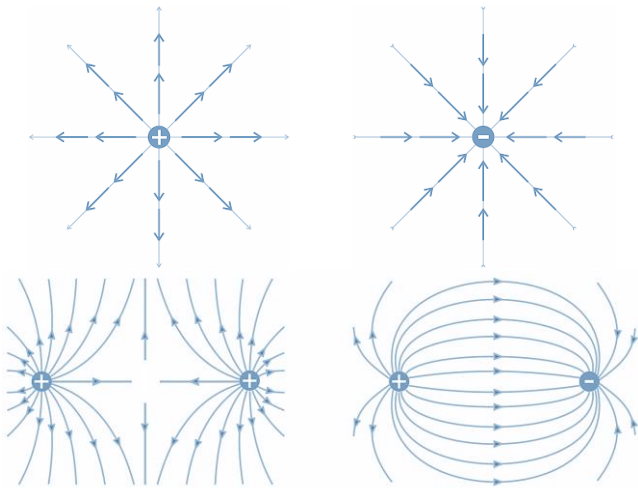


$$E = E_1 + E_2 + E_3$$

LINHAS DE FORÇA

- São a representação geométrica convencional para indicar a presença de campos elétricos, sendo representadas por linhas que tangenciam os vetores campo elétrico resultante em cada ponto (jamais se cruzam).

- Têm a mesma orientação do vetor campo elétrico.



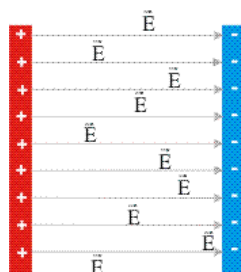
- Cargas elétricas de sinais iguais: as linhas de campo se repelem.

- Cargas elétricas de sinais opostos: as linhas de campo se atraem.

CAMPO ELÉTRICO UNIFORME

- É um campo elétrico que possui, em todos os pontos de atuação, mesmo módulo, direção e sentido.

- Suas linhas de campo são representadas por retas paralelas entre si.



POTENCIAL ELÉTRICO

ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA

- Energia ligada à atuação de um campo elétrico.

$$E_p = k \cdot \frac{Qq}{d}$$

CARGA PUNTIFORME

- Se o campo elétrico é gerado por uma carga puntiforme, pode-se demonstrar que o potencial de um ponto (em relação a um referencial no infinito) é dado por:

- No SI: volt (V).

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

- O potencial pode ser negativo ou positivo, dependendo do sinal da carga.

VÁRIAS CARGAS PUNTIFORMES

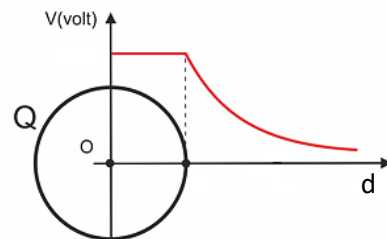
- O potencial elétrico num ponto qualquer desse campo é dado pela soma algébrica dos potenciais individuais que cada carga produziria nesse campo.

$$V = \sum k \cdot \frac{Q}{d}$$

CONDUTOR ESFÉRICO ELETRIZADO

- Um condutor esférico, de raio R, quando eletrizado com certa carga Q, gera um potencial elétrico V.

- No estado de equilíbrio, esse potencial elétrico é constante em todos os pontos do condutor e varia inversamente com a distância do ponto analisado até o centro do condutor, para pontos externos.



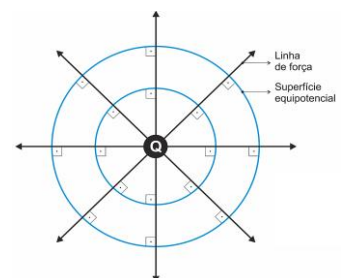
- NO INTERIOR E NA SUPERFÍCIE: $V = k \cdot \frac{Q}{R}$

- NO EXTERIOR: $V = k \cdot \frac{Q}{d}$

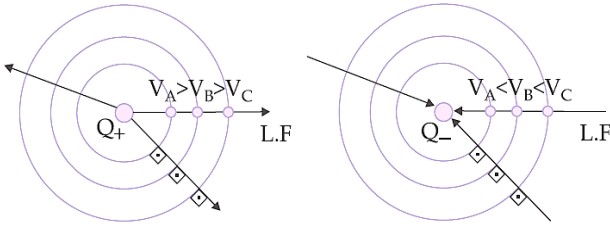
SUPERFÍCIES EQUIPOTENCIAIS

- É uma superfície em que todos os seus pontos têm o mesmo potencial elétrico.

- Em qualquer ponto de uma superfície equipotencial, o vetor campo elétrico é perpendicular à superfície e conseqüentemente à linha de força que o tangencia também.



- Percorrendo-se uma linha de força no seu sentido, encontramos potenciais elétricos cada vez menores.



TRABALHO DE UMA FORÇA ELÉTRICA

- O trabalho independe da trajetória.

- CAMPO ELÉTRICO UNIFORME: $W = qEd$

- CAMPO ELÉTRICO QUALQUER: $U_{AB} = V_A - V_B = \frac{W_{AB}}{q}$

CONDUTORES

CONDUTORES EM EQUILÍBRIO ELETROSTÁTICO

- É todo o condutor que não apresenta movimento ordenado de cargas, de modo que não exista uma direção e um sentido preferencial para a locomoção dos portadores de carga.

- PROPRIEDADES.

- O campo elétrico no interior deste condutor é nulo.
- O potencial elétrico em todos os pontos (internos ou superficiais) deste condutor é constante.
- Nos pontos da superfície desse condutor em equilíbrio, o vetor campo elétrico tem direção perpendicular a essa superfície.
- As cargas elétricas em excesso distribuem-se na superfície do condutor, não permanecendo em seu interior.

- DENSIDADE ELÉTRICA SUPERFICIAL.

$$\sigma = \frac{\Delta Q}{\Delta A}$$

$$\sigma = \frac{Q}{4\pi R^2}$$

- Quantidade de carga elétrica distribuída em uma área.
- Condutor esférico.

BLINDAGEM ELETROSTÁTICA

- A superfície do condutor funciona como uma blindagem eletrostática para os aparelhos que se encontram lá dentro.

CAPACITÂNCIA

- A capacitância de um condutor relaciona seu potencial (V) com a carga armazenada por ele (Q):

- No SI: F (farad).

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

- A capacidade eletrostática do condutor independe do material de que é feito, mas tão-somente de suas dimensões e do meio no qual se encontra.

- CAPACIDADE ELETROSTÁTICA DE UM CONDUTOR ESFÉRICO.

$$C = \frac{R}{k}$$

ELETRODINÂMICA

CORRENTE ELÉTRICA

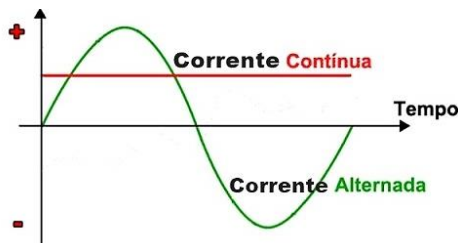
- É o movimento ordenado entre as cargas elétricas presentes em um condutor metálico.
- Essa organização do movimento acontece quando se cria um campo elétrico dentro desse condutor, fazendo com que seus elétrons livres desenvolvam um movimento ordenado.

SENTIDOS DA CORRENTE ELÉTRICA

- Sentido real: é o movimento dos elétrons e acontece do polo negativo para o polo positivo (ocorre nos condutores sólidos).
- Sentido convencional: é o sentido da corrente elétrica que corresponde ao sentido do campo elétrico no interior do condutor, que vai do polo positivo para o negativo. É sempre usado para análise da corrente elétrica.

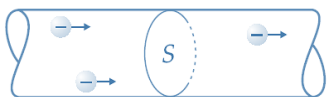
TIPOS DE CORRENTE ELÉTRICA

- CORRENTE CONTÍNUA.
 - Mantém o seu sentido constante.
- CORRENTE ALTERNADA.
 - A intensidade e o sentido variam periodicamente.



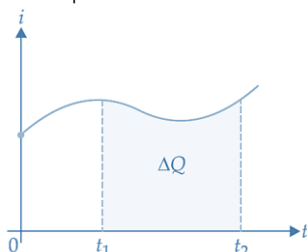
INTENSIDADE DA CORRENTE ELÉTRICA (i)

- É uma grandeza que mede a quantidade de carga elétrica que atravessa determinada área de um condutor em determinado intervalo de tempo.



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

- É uma grandeza escalar.
- No SI: ampère (A).



$$i \stackrel{N}{=} \frac{\text{ÁREA}}{\Delta T}$$

EFEITO JOULE

- Quando um condutor é aquecido ao ser percorrido por uma corrente elétrica, ocorre a transformação de energia elétrica em energia térmica.

POTENCIAL ELÉTRICO

- É a quantidade de energia térmica que passa por ele durante uma quantidade de tempo.
- No SI: watt (W).

$$P = \frac{E}{\Delta T} = \frac{\Delta Q U}{\Delta T} = U i$$

- O sentido da corrente elétrica convencional é do potencial elétrico maior para o potencial elétrico menor.
 - Os elétrons se movimentam, espontaneamente, no sentido contrário.

RESISTORES

- É todo dispositivo elétrico que transforma exclusivamente energia elétrica em energia térmica (efeito joule).

RESISTÊNCIA ELÉTRICA

- Representa a dificuldade que os portadores de carga encontram para se movimentarem através do condutor.
- É a relação entre a ddp aplicada (U) e a correspondente intensidade de corrente elétrica (i).

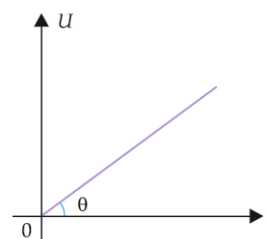
$$R = \frac{U}{i}$$

- Condutor ideal: a resistência elétrica é nula.
- Isolante ideal: a resistência elétrica é infinita.
- É uma característica do condutor.

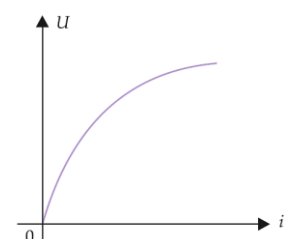
PRIMEIRA LEI DE OHM

- Postula que um condutor ôhmico (resistência constante) mantido à temperatura constante, a intensidade (i) de corrente elétrica será proporcional à diferença de potencial (ddp) aplicada entre suas extremidades.

$$\rightarrow U = R i$$



Condutor ôhmico.



Condutor não-ôhmico.

SEGUNDA LEI DE OHM

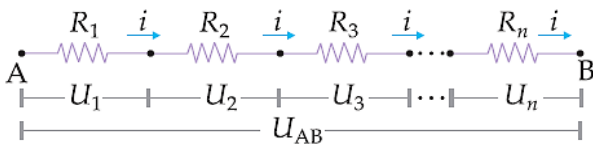
- Estabelece que a resistência elétrica de um material é diretamente proporcional ao seu comprimento, inversamente proporcional à sua área de secção transversal.

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

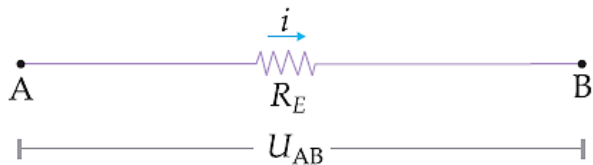
- R: resistência.
- L: comprimento.
- ρ : resistividade do condutor (depende do material).
- A: área de secção transversal.

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE



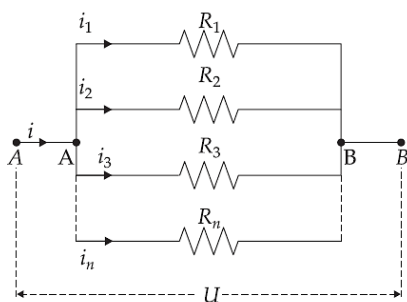
- RESISTOR EQUIVALENTE.



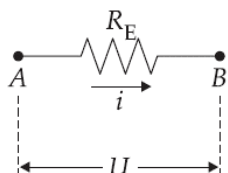
$$R_E = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

- A corrente elétrica é a mesma em todos os resistores.
- A ddp nos extremos da associação é igual à soma das ddp's em cada resistor.
- A resistência equivalente é igual à soma das resistências dos resistores associados.
- O resistor associado que apresentar a maior resistência elétrica estará sujeito à maior ddp.
- A potência dissipada é maior no resistor de maior resistência elétrica.
- A potência total consumida é a soma das potências consumidas em cada resistor.

ASSOCIAÇÃO EM PARALELO



- RESISTOR EQUIVALENTE.



$$\frac{1}{R_E} = \sum \frac{1}{R}$$

→ "n" resistores iguais em paralelo.

$$R_E = \frac{R}{n}$$

→ Dois resistores em paralelo.

$$R_E = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

- A ddp é a mesma para todos os resistores.
- A corrente elétrica total da associação é a soma das correntes elétricas em cada resistor.
- O inverso da resistência equivalente é igual à soma dos inversos das resistências associadas.
- A corrente elétrica é inversamente proporcional à resistência elétrica (na maior resistência passa a menor corrente elétrica).
- A potência elétrica é inversamente proporcional à resistência elétrica (no maior resistor temos a menor dissipação de energia).
- A potência total consumida é a soma das potências consumidas em cada resistor.

CURTO-CIRCUITO

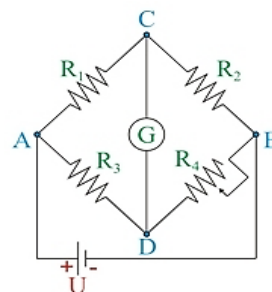
- Dizemos que um elemento de um circuito está em curto-circuito quando ele está sujeito a uma diferença de potencial nula.



- A corrente SEMPRE vai optar pelo caminho que tiver menos resistência elétrica.

PONTE DE WHEATSTONE

- Consiste em dois ramos de circuito contendo dois resistores cada um e interligados por um galvanômetro.



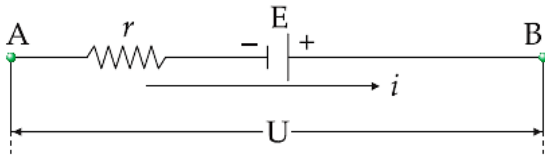
$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

(A) MEDIDORES ELÉTRICOS (V)

- AMPERÍMETRO: é utilizado para medir a intensidade da corrente elétrica (sempre em série).
- VOLTÍMETRO: é utilizado para medir a tensão elétrica entre dois pontos (sempre em paralelo).

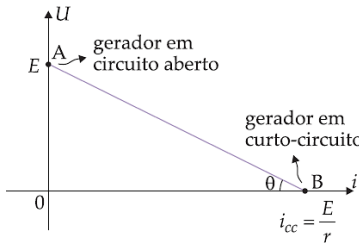
GERADORES

- É todo dispositivo capaz de transformar qualquer tipo de energia em energia elétrica.



- A corrente flui do polo negativo ao polo positivo.

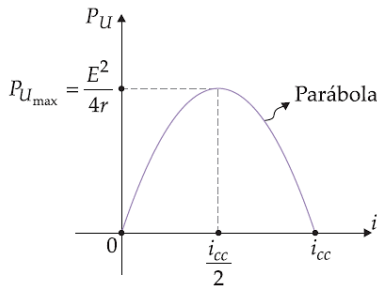
- EQUAÇÃO DO GERADOR.



$$U = E - r \cdot i$$

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

POTÊNCIAS NO GERADOR



$$P_U = P_T - P_D$$

ou seja

$$P_U = E i - r i^2$$

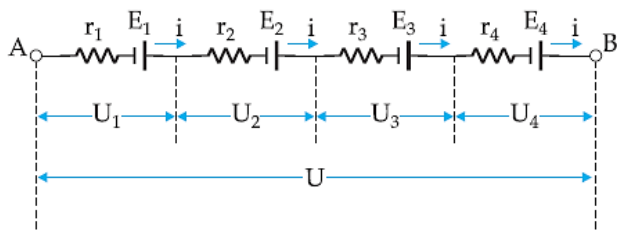
- RENDIMENTO DO GERADOR.

$$\eta = \frac{P_U}{P_T} = \frac{U \cdot i}{E \cdot i} = \frac{U}{E}$$

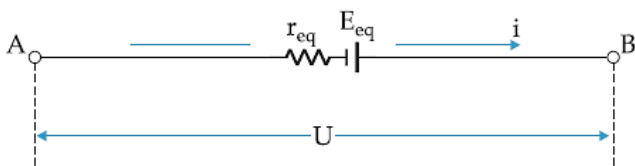
ASSOCIAÇÃO DE GERADORES

ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

- O polo positivo de um deve estar ligado ao polo negativo do outro.



- GERADOR EQUIVALENTE.



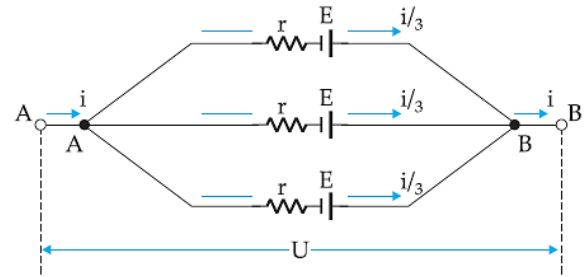
$$r_{eq} = r_1 + r_2 + r_3$$

$$E_{eq} = E_1 + E_2 + E_3$$

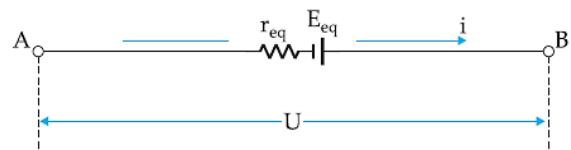
ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

- Devemos ligar o polo positivo com o polo positivo e o polo negativo com o polo negativo.

- VANTAGEM: aumento do rendimento.



- GERADOR EQUIVALENTE.

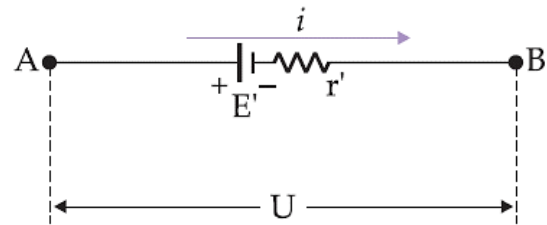


$$\frac{1}{r_{eq}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$$

$$E_{eq} = E$$

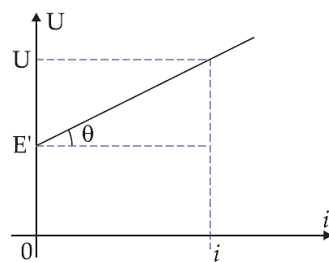
RECEPTORES

- É qualquer elemento de circuito que transforme energia elétrica em outra forma de energia que não a elétrica.



- A corrente flui do polo positivo para o polo negativo.

- EQUAÇÃO DO RECEPTOR.



$$U = E' + r' \cdot i$$

$$\text{tg } \theta = r'$$

POTÊNCIAS NO RECEPTOR

$$P_U = P_T + P_D$$

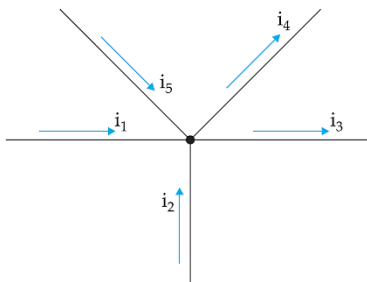
- RENDIMENTO DO RECEPTOR.

$$\eta = \frac{P_U}{P_T} = \frac{E' \cdot i}{U \cdot i} = \frac{E'}{U}$$

LEIS DE KIRCHHOFF

LEI DOS NÓS

- "A soma das intensidades das correntes que chegam a um nó é igual à soma das intensidades das correntes que saem".

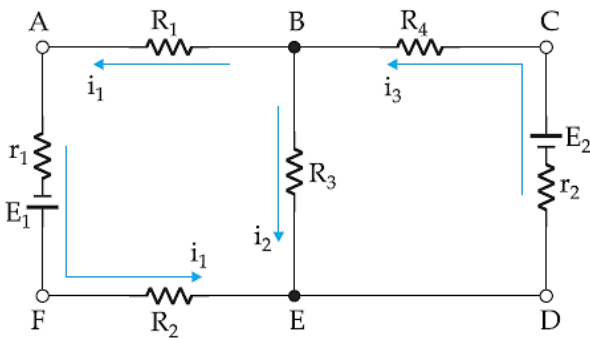


$$i_1 + i_2 + i_5 = i_3 + i_4$$

LEI DAS MALHAS

- "Ao se percorrer uma malha, num determinado sentido, até se retornar ao ponto de partida, a soma algébrica das ddps é nula."

→ Malha: qualquer percurso fechado.



- Atenção no sentido!

CAPACITORES

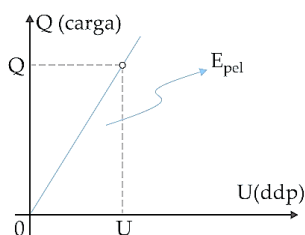
- São elementos elétricos capazes de armazenar carga elétrica e, conseqüentemente, energia potencial elétrica.

CAPACITÂNCIA

- É a razão entre a carga (Q) que o capacitor pode armazenar quando submetido a uma tensão (U).

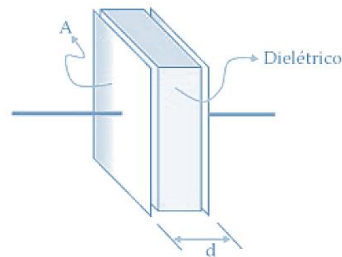
$$C = \frac{Q}{U}$$

ENERGIA ARMAZENADA NUM CAPACITOR



$$E_p = \frac{Q.U}{2} = \frac{C.U^2}{2}$$

CAPACIDADE ELETROSTÁTICA DO CAPACITOR PLANO



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

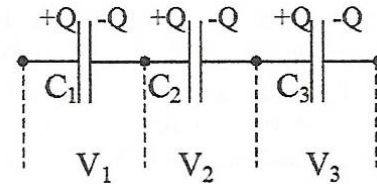
- A capacidade eletrostática do capacitor plano depende das seguintes grandezas:

- Área das placas: A.
- Distância entre as placas: d.
- Permitividade elétrica do meio: ϵ .

ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES

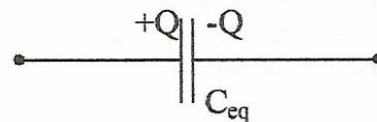
ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

- Todos os capacitores ficam carregados com a mesma carga elétrica Q.



$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

- CAPACITOR EQUIVALENTE

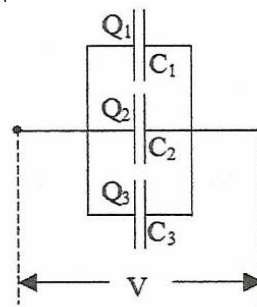


$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

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

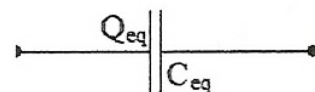
ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

- A carga elétrica Q armazenada na associação é igual à soma das cargas elétricas armazenadas em cada capacitor.



$$Q_{eq} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

- CAPACITOR EQUIVALENTE



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

ELETRICIDADE

magnetismo

ÍMÃS

- Objeto capaz de provocar um campo magnético à sua volta e pode ser natural ou artificial.

- ÍMÃ NATURAL: é feito de minerais com substâncias magnéticas.

- ÍMÃ ARTIFICIAL: é feito de um material sem propriedades magnéticas, mas que pode adquirir permanente ou instantaneamente características de um ímã natural.



PROPRIEDADES DOS ÍMÃS

- POLOS MAGNÉTICOS.

→ Um ímã é composto por dois polos magnéticos (norte e sul).

- ATRAÇÃO E REPULSÃO.

→ Polos de mesmo nome se repelem e polos de nomes diferentes se atraem.



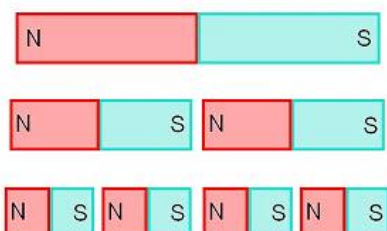
- POLO MAGNÉTICO X POLO GEOGRÁFICO.

→ Os polos norte e sul geográficos não coincidem com os polos norte e sul magnéticos.



- INSEPARABILIDADE DOS POLOS.

→ É impossível separar os polos magnéticos de um ímã (toda vez que este for dividido serão obtidos novos polos).



PROPRIEDADE MAGNÉTICA DOS MATERIAIS

- FERROMAGNÉTICO: é feito de material capaz de manter as propriedades magnéticas mesmo após cessar o processo de imantação.

→ São fortemente atraídas pelos ímãs.

→ Ex: ferro, cobalto, níquel...

- PARAMAGNÉTICO: são materiais que possuem elétrons desemparelhados, que, ao serem submetidos a um campo elétrico externo, ficam alinhados no mesmo sentido do campo, que desaparece assim que o campo externo é retirado.

→ São fracamente atraídos pelos ímãs.

→ Ex: alumínio, sódio, magnésio...

- DIAMAGNÉTICO: são materiais que, se colocados na presença de um campo magnético externo, estabelecem em seus átomos um campo magnético em sentido contrário ao que foi submetido, mas que desaparece assim que o campo externo é removido.

→ Não são atraídos por ímãs.

→ Ex: ouro, mercúrio, chumbo...

CAMPO MAGNÉTICO

CAMPO MAGNÉTICO DOS ÍMÃS

- É a região do espaço na qual um ímã manifesta sua ação.

- É representado pelo vetor campo magnético (B).

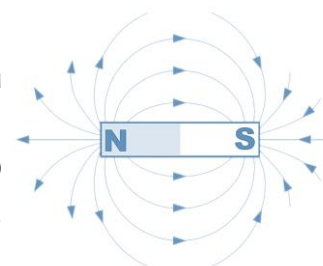
- No SI: tesla (T).

- O vetor campo magnético é tangente às linhas de indução magnética e no sentido destas.

- DIREÇÃO: é definida pelo eixo NS.

- SENTIDO: polo norte.

- INTENSIDADE: quanto mais próximas entre si estiverem as linhas de indução magnética, mais intenso é o campo magnético na região.



LINHAS DE INDUÇÃO MAGNÉTICA

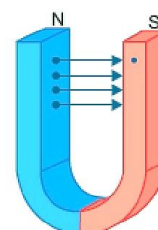
- As linhas de indução saem do polo norte e chegam ao polo sul.

- Também existem no interior do ímã (são linhas fechadas).

CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME

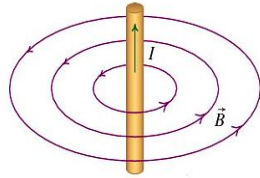
- Em todos os pontos o vetor B tem a mesma direção, o mesmo sentido e a mesma intensidade.

- As linhas de indução são retas paralelas igualmente espaçadas e orientadas.



CAMPO DE UM CONDUTOR RETILÍNEO

- As linhas de indução do campo magnético de um condutor reto, percorrido por uma corrente elétrica, são circunferências concêntricas ao condutor, situadas em planos perpendiculares a ele.



- DIREÇÃO: tangente à linha de indução que passa pelo ponto desejado.

- SENTIDO: determinado pela regra da mão direita.

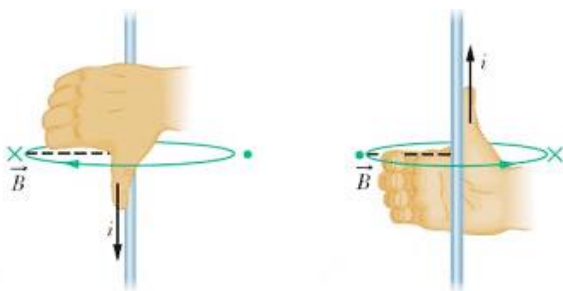
- INTENSIDADE: à distância r do fio a intensidade B será a mesma em todos os pontos.

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

- REPRESENTAÇÃO.



REGRA DA MÃO DIREITA

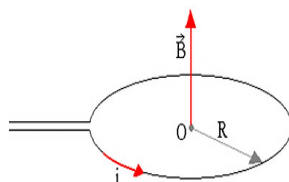


- Com a mão direita e o polegar orientado no sentido da corrente, os outros dedos curvados apontam no sentido da corrente.

CAMPO EM UMA ESPIRA CIRCULAR

- DIREÇÃO: perpendicular ao plano da espira.

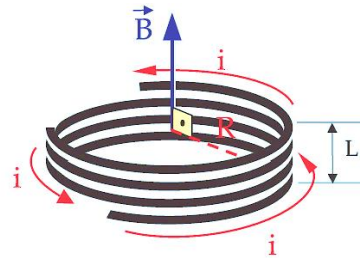
- SENTIDO: dado pela regra da mão direita.



- INTENSIDADE: é calculada pela expressão:

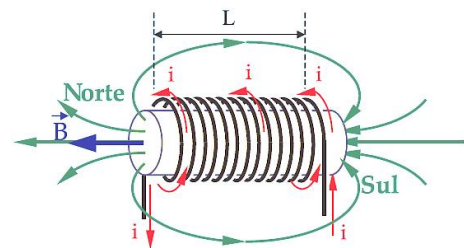
$$B = \frac{\mu_0 i}{2R}$$

- Ao acoplar "n" espiras iguais, empilhadas, forma-se uma "bobina" com essas espiras (bobina chata).



$$B = \frac{n \cdot \mu_0 i}{2R}$$

CAMPO EM UM SOLENÓIDE



- Externamente o campo é praticamente nulo.

- No interior do solenóide, o vetor B é constante.

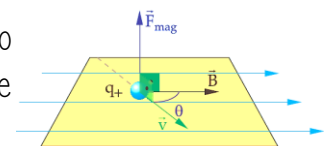
→ DIREÇÃO: a mesma do eixo do solenóide.

→ SENTIDO: determinado pela regra da mão direita.

→ INTENSIDADE: $B = \frac{n \cdot \mu_0 i}{L}$

FORÇA MAGNÉTICA

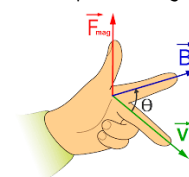
- É o resultado da interação entre dois corpos dotados de propriedades magnéticas.



→ A força magnética passa a existir quando uma partícula eletricamente carregada movimentar-se em uma região onde atua um campo magnético.

- DIREÇÃO: perpendicular ao plano determinado pelos vetores B e v.

- SENTIDO: determinado pela "regra da mão esquerda".

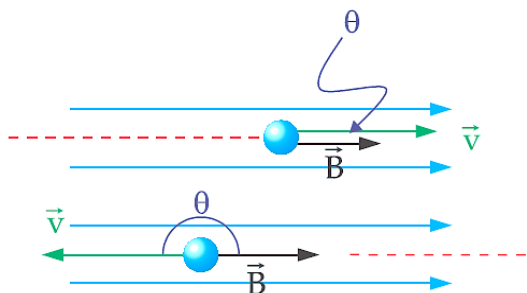


- INTENSIDADE: proporcional à velocidade v e à carga q:

$$F_m = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta$$

CARGA ELÉTRICA LANÇADA EM CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME

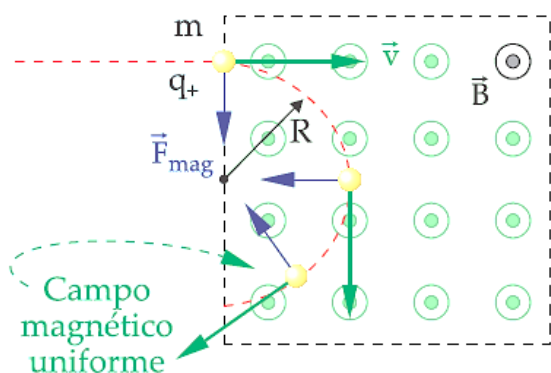
- 1 – VETOR VELOCIDADE (v) É PARALELO AO VETOR B .
 → A força magnética é nula e a carga descreve movimento retilíneo uniforme.



- 2 – VETOR VELOCIDADE (v) É PERPENDICULAR AO VETOR B .

→ A força magnética tem intensidade:

$$F_m = |q| \cdot v \cdot B$$



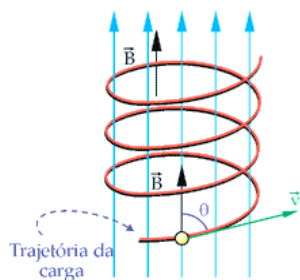
→ A carga descreve um movimento circular uniforme de raio R .

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

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

- 3 – VETOR VELOCIDADE (v) É OBLÍQUO AO VETOR B .

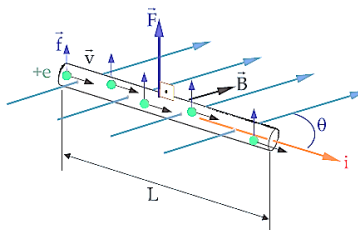
→ A carga descreve um movimento helicoidal uniforme.



→ A força magnética é a resultante centrípeta e tem intensidade:

$$F_m = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta$$

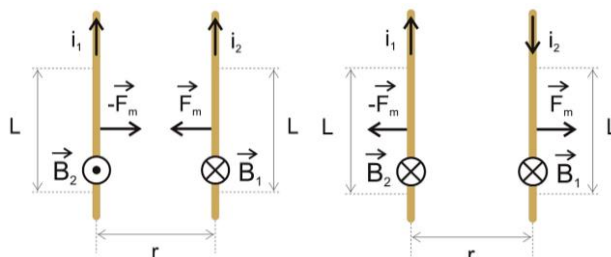
FORÇA MAGNÉTICA SOBRE CONDUTORES RETILÍNEOS



$$F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \text{sen}\theta$$

- DIREÇÃO: perpendicular ao condutor e ao vetor B .
- SENTIDO: é dado pela regra da mão esquerda.

FORÇA MAGNÉTICA ENTRE CONDUTORES RETILÍNEOS PARALELOS



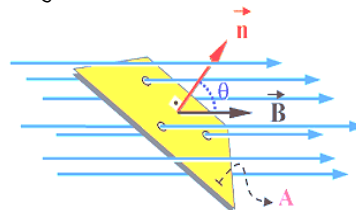
- Quando as correntes nos condutores têm mesmo sentido, a força entre eles é de aproximação e quando as correntes têm sentidos contrários, a força entre eles é de afastamento.

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

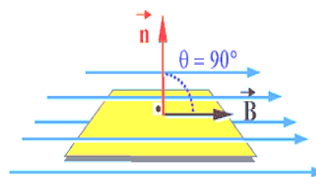
INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

FLUXO MAGNÉTICO

- É uma grandeza escalar que mede o número de linhas de indução que atravessam a área A num campo magnético de indução B .

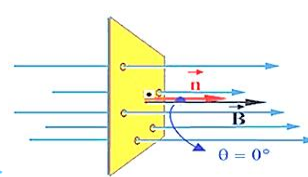


$$\Phi = B \cdot A \cdot \text{cos}\theta$$



FLUXO MAGNÉTICO NULO.

$$\Phi = 0$$



FLUXO MAGNÉTICO MÁXIMO.

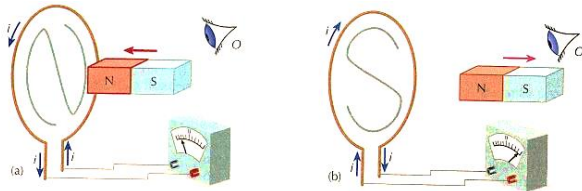
$$\Phi = B \cdot A$$

INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

- Se um circuito fechado é submetido a uma variação de fluxo magnético, haverá nele uma corrente elétrica induzida, cujo sentido e intensidade depende dessa variação do fluxo magnético.

LEI DE LENZ

- A corrente elétrica induzida num circuito gera um campo magnético que se opõe à variação do fluxo magnético que induz essa corrente.



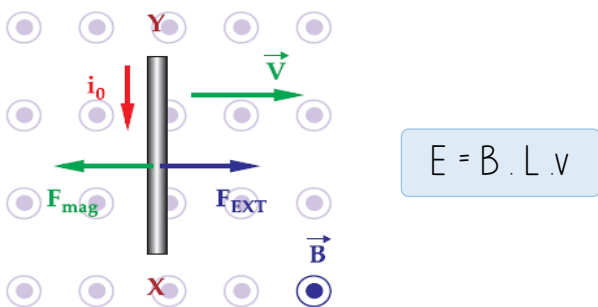
LEI DE FARADAY-NEUMANN

- Também chamada de lei da indução magnética.
- Relaciona a força eletromotriz gerada entre os terminais de um condutor sujeito à variação do fluxo magnético com o módulo da variação do fluxo em função de um intervalo de tempo em que esta variação acontece:

$$E = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta T}$$

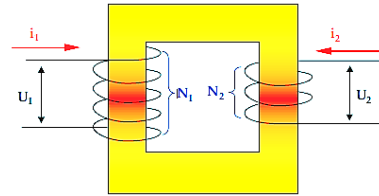
- O sinal negativo nessa expressão inclui a ela o sentido da indução dado pela lei de Lenz (a força eletromotriz induzida se opõe à variação do fluxo que a origina).

FEM INDUZIDA EM CONDUTORES RETILÍNEOS



TRANSFORMADORES

- São dispositivos cujo funcionamento baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética.
- São capazes de aumentar ou reduzir valores de tensão.



$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{i_2}{i_1}$$