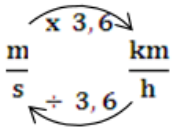
Formulário de Física – Professor Panosso

MECÂNICA

CINEMÁTICA

Velocidade escalar média: variação temporal da posição.

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



Aceleração escalar média: variação temporal da velocidade.

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

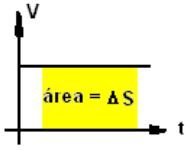
Movimento Uniforme (M. U.) : espaços iguais em tempos iguais (v = cte).

$$S = S_0 + vt$$

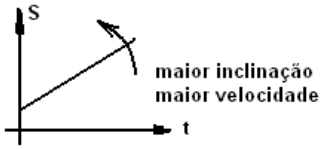
$\begin{cases} v+: \text{movimento progressivo} \\ v-: \text{movimento retrógrado} \end{cases}$

Gráficos:

V x t



S x t



Movimento Uniformemente variado (M.U.V): taxa constante de variação da velocidade, aceleração constante (a = cte).

$$v = v_0 + at$$

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

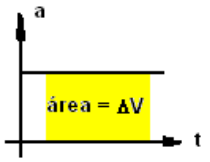
$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S$$

Classificação do movimento:

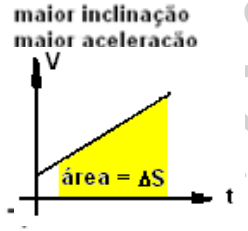
	a+	a-
v+	M. acelerado	M.retardado
v-	M.retardado	M. acelerado

Gráficos:

a x t



v x t



s x t: reta tangente é a velocidade instantânea

Queda livre: MUV, vertical para baixo, o corpo é solto a partir do repouso ($V_0 = 0$).

$$v = gt$$

$$\Delta S = \frac{gt^2}{2}$$

$$v^2 = 2g\Delta s$$

Lançamento vertical para baixo: o corpo é lançado para baixo ($V_0 \neq 0$).

$$v = v_0 + gt$$

$$\Delta S = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

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

Lançamento vertical para cima: movimento retardado na subida e acelerado na descida.

$$v = v_0 - gt$$

$$\Delta S = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$v^2 = v_0^2 - 2g\Delta S$$

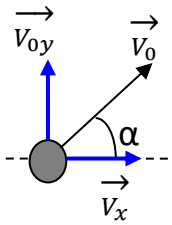
Lançamento horizontal: composição de 2 movimentos. (x : MU e y: MUV)

(v_x é constante) $\Delta S_x = v_x t$

(v_{0y} é nula) $v_y = gt$

$$\Delta S_y = \frac{gt^2}{2}$$

Lançamento oblíquo: composição de 2 movimentos. Decompor v_0 nos eixos x e y.



$$v_x = v_0 \cos \propto$$

$$v_{0y} = v_0 \text{sen} \propto$$

(Direção x: é M.U.) $\Delta S_y = v_x . t$

(Direção y: é lançamento vertical para cima. No ponto mais alto da trajetória $v_Y = 0$.

$$v_y = v_{0y} - gt$$

$$S_y = S_{0y} + v_{0y} - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g\Delta S_y$$

Velocidade vetorial: $\vec{V}_M = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$

Aceleração vetorial: mudar módulo e ou sentido do vetor velocidade (aceleração tangencial) e ou mudar direção do vetor velocidade (aceleração centrípeta).

$$\vec{a}_{total} = \vec{a}_{centrípeta} + \vec{a}_{tangencial}$$

$$a_{cp} = \frac{V^2}{R}$$

Composição de movimento:

$$\vec{v}_{resultante} = \vec{v}_{relativo} + \vec{v}_{arrasto}$$

Movimento circular uniforme (M.C.U.): Velocidade linear e angular constantes

www.professorpanosso.com.br
panosso panosso panosso

Formulário de Física – Professor Panosso

Frequência e período.

$$f = \frac{\text{nº voltas}}{\Delta t} \text{ ou } f = \frac{1}{T}$$

Velocidade angular.

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

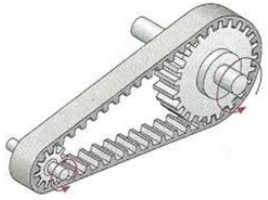
Velocidade linear.

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R f$$

$$v = \omega R$$

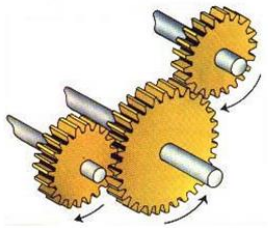
Acoplamentos do Movimento circular: transmitir movimento de ponto para outro. Três tipos:

Corrente (correia)
v = para todos



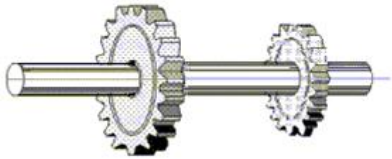
$$R_1 . f_1 = R_2 . f_2$$

Contato (engrenagens)
v = para todos



$$R_1 . f_1 = R_2 . f_2$$

Eixo comum
f = para todos



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

DINÂMICA

Leis de Newton

1º Lei (lei da inércia) : todo corpo tende a permanecer em repouso (equilíbrio estático) ou em MRU (equilíbrio dinâmico), até que uma força o retire desse estado. Maior massa, maior inércia.

2º Lei (princípio fundamental da dinâmica): a soma vetorial de todas as forças que atuam em um corpo(força resultante), vai produzir uma aceleração, é inversamente proporcional a massa desse corpo.

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

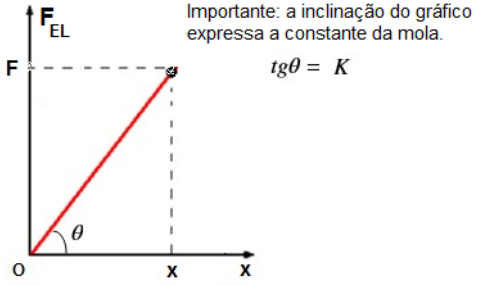
3º Lei (ação e reação): a toda ação vai corresponder uma outra força de mesmo módulo, mesma direção, mas sentido oposto. Uma força em cada corpo, logo ação não anula reação.

Força Peso (P): resultado da interação gravitacional entre duas massas. Massa de um corpo é um invariante.

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

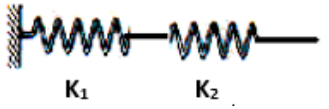
Força Elástica: retornar à posição natural (chamada de força restauradora), onde x é a deformação, k é a constante elástica.

$$F_{EL} = kx$$



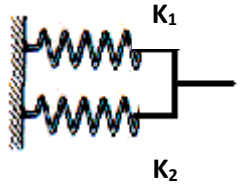
Associação de molas

Série: constante elástica equivalente diminui.



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

Paralelo: constante elástica equivalente aumenta.



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

Força de atrito: aspereza das superfícies, surge do movimento ou tentativa de movimento entre superfícies, 2 tipos:

Força de atrito estático: quando não há movimento, é variável (igual ao valor da força de solicitação) até um limite.

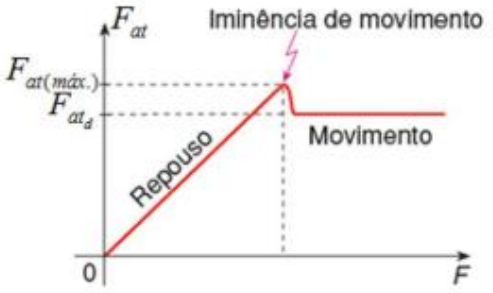
$$F_{estático} = \mu_e N$$

Força de atrito dinâmico: é constante, em geral menor do que a fat estática, seu módulo não depende da força de solicitação.

www.professorpanosso.com.br

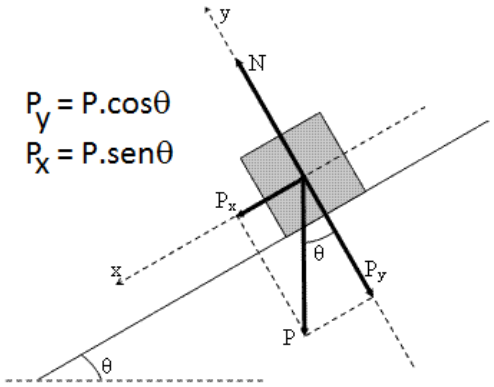
Formulário de Física – Professor Panosso

$$F_{dinâmico} = \mu_d N$$

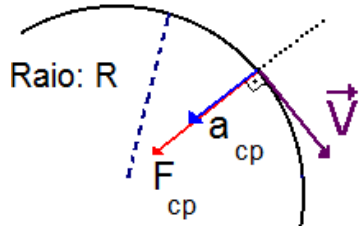


Em geral $\mu_E \geq \mu_D$, ou seja é mais difícil arrancar do repouso do que manter o movimento (freio ABS).

Plano inclinado: é uma máquina simples, pois vai dividir a força peso, facilitando o deslocamento na vertical, rampas de aceso.



Força centrípeta: é a resultante para ocorrer movimento curvilíneo, aponta para o centro da circunferência e é perpendicular à velocidade. Produz uma aceleração centrípeta (mudar apenas a direção do vetor velocidade).



Fcp é perpendicular a velocidade linear.

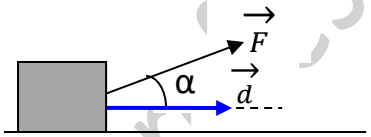
$$F_{CP} = m\frac{v^2}{R}$$

panosso

Trabalho e Energias

Trabalho (τ) : força provocando um deslocamento.

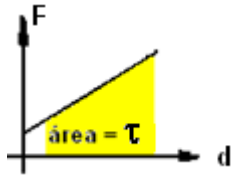
$$\tau_F = F.d.\cos\alpha$$



Se F for variável, o trabalho é obtido através da área do gráfico F x d.

0° ≤ α < 90° : trabalho motor.
α = 90° : não há trabalho.
90° < α ≤ 180° : trabalho resistente.

panosso



Trabalho da força peso (τ) : + na descida e – na subida, não depende da trajetória.

$$\tau_P = \pm mgh$$

Trabalho da força de atrito (τ) : é sempre resistente.

$$\tau_{Fat} = -Fat.d$$

Trabalho da força elástica (τ) : + se ela voltar para a posição natural, - se estiver sendo deformada.

$$\tau_{el} = \pm\frac{kx^2}{2}$$

Potência mecânica (P) : trabalho realizado num certo tempo.

$$P = \frac{\tau}{\Delta t} = F.v$$

Rendimento (n)

$$n = \frac{P_{útil}}{P_{Total}}$$

Energia: capacidade de realizar trabalho. associação a posição ou a velocidade de um sistema.

Energia cinética (E_C): associação ao movimento de um corpo.

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

T.E.C. (teorema da energia cinética) : o trabalho da força resultante (ou soma do trabalho de todas as forças) é igual a variação da energia cinética.

$$\sum \tau = E_{Final} - E_{Inicial}$$

$$\tau_{F_R} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

Energia potencial (E_P): associação a posição, 2 tipos:

(gravitacional) $E_{POT} = mgh$

(elástica) $E_{POT} = \frac{kx^2}{2}$

Sistema mecânico conservativo: livre de forças dissipativas.

$$E_{MEC_{FINAL}} = E_{MEC_{INICIAL}}$$

Sistema mecânico dissipativo: perde parte da energia mecânica devido a forças dissipativas, a diferença das energias é a quantidade dissipada.

$$E_{MEC_{INICIAL}} > E_{MEC_{FINAL}}$$

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

www.professorpanosso.com.br

Formulário de Física – Professor Panosso

Gravitação

Geocentrismo x heliocentrismo:
Geocentrismo (Aristóteles e Cláudio Ptolomeu, Tycho Brahe), Terra no centro, durou 1500 anos, defendido pela Igreja Católica.

Heliocentrismo (Nicolau Copérnico, Galileu e Kepler), sol no centro, datado do século XVI, modelo atual.

Leis de Kepler

1ª Lei (lei das órbitas): todo planeta executa uma órbita elíptica com o sol em um dos focos.

2ª Lei (lei das áreas): o vetor posição, que liga o centro do sol ao centro do planeta, varre áreas iguais em tempos iguais. A velocidade de translação de um planeta é variável, mas a velocidade areolar é constante.

$$V_{AREOLAR} = \frac{A_1}{\Delta t_1} = \frac{A_2}{\Delta t_2} = \text{cte}$$

A velocidade linear de translação de um planeta é maior no periélio e menor no afélio. ($v_P > v_A$).

Velocidade no periélio é maior que no afélio.

3ª Lei (lei dos períodos): O quadrado do período de revolução dividido pelo cubo do raio médio da órbita é uma constante para os planetas de que giram em torno do sol. Válido para qualquer corpo orbitando um outro de massa maior.

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3} = \frac{T_3^2}{R_3^3} = \text{cte}$$

Força gravitacional: massa atrai massa, varia com o inverso do quadrado da distância entre as duas massas.

$$F_{Gr} = \frac{GMm}{d^2}$$

Campo gravitacional: varia com a distância ao centro do corpo.

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

Velocidade de órbita do satélite: não depende da massa m do satélite.

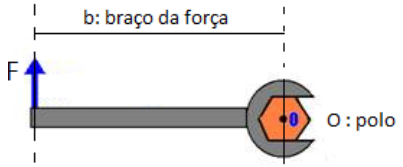
$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

Estática

Equilíbrio de ponto material: soma vetorial de todas as forças deve ser nula, não deve haver translação.

$$\sum \vec{F} = 0$$

Momento de uma força (M): também chamado de torque, é a capacidade de uma força em rotacionar um corpo.



b: braço da força é a distância perpendicular as retas paralelas que contém a força e o polo.

$$\vec{M} = \vec{F}.b$$

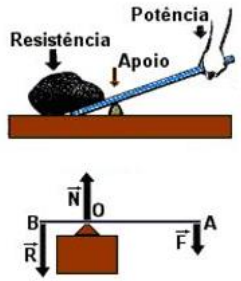
Equilíbrio de corpo extenso: 2 condições para ocorrer: não pode haver translação, nem poder haver rotação.

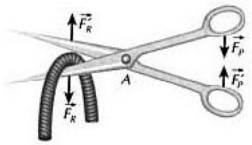
$$\sum \vec{F} = 0 \text{ (não transladar)}$$

$$\sum \vec{M} = 0 \text{ (não rotacionar)}$$

Alavancas: máquinas simples, existem 3 tipos possíveis.

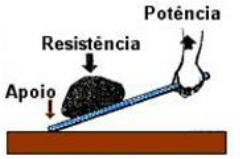
INTERFIXA

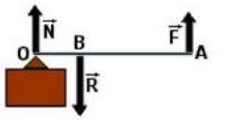


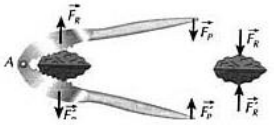


Tesoura: apoio no meio

INTER-RESISTENTE

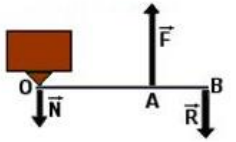


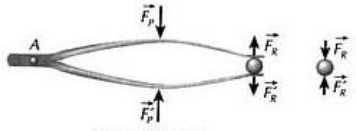




Quebra nozes: resistência no meio

INTERPOTENTE





Pinça: força potente no meio

www.professorpanosso.com.br
panosso
panosso
panosso

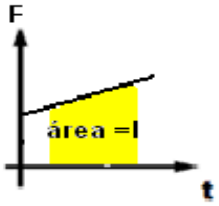
Formulário de Física – Professor Panosso

Dinâmica impulsiva

Impulso de uma força (I): empurrão produzido por uma força.

(p/ força constante) $\vec{I} = \vec{F}\Delta t$

Propriedade gráfica (força variável)



Quantidade de movimento (Q): ou momento linear.

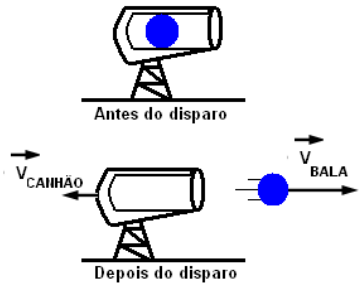
$$\vec{Q} = m\vec{v}$$

Teorema do impulso: o impulso de uma força é igual a variação da quantidade de movimento (equação vetorial).

$$\vec{I} = \vec{Q}_{Final} - \vec{Q}_{Inicial}$$

Sistema mecânico isolado: livre de forças externas (I = 0), vai conservar quantidade de movimento. Ex: canhão e a bala (maior massa, terá menor velocidade).

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



Colisões (ou choques mecânicos): conservar quantidade de movimento, classificação de acordo com o coeficiente de restituição (e).

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

Coeficiente de restituição (e): velocidades relativas: classificar o tipo de colisão.

$$e = \frac{|V_{afastamento}|}{|V_{aproximação}|}$$

e = 1 → choque perfeitamente elástico, vai conservar a energia cinética do sistema.
0 < e < 1 → choque parcialmente elástico, vai dissipar parte da energia cinética.
e = 0 → choque inelástico, maior dissipação possível de energia cinética, os corpos ficam unidos (juntos) depois da colisão.

Hidrostática

Densidade :

$$d = \frac{m}{V} \qquad \frac{g}{cm^3} \xrightarrow{\times 10^3} = \frac{kg}{m^3}$$

Para a água: $1g/cm^3 = 1kg/l = 10^3 kg/m^3$.

Pressão (P) : força perpendicular aplicada em um certa área, válido para sólidos (depende da área de contato).

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

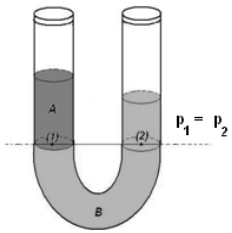
Pressão da coluna de líquido : pressão hidrostática, depende da profundidade da coluna e da densidade do líquido (não depende da área).

$$p = d_{líquido} \cdot g \cdot h$$

Pressão absoluta (total) : contar a pressão existente na superfície do líquido.

$$p_{total} = p_{atm} + d_{líquido} \cdot g \cdot h$$

Vasos comunicantes: Pontos na mesma horizontal em um mesmo líquido, em equilíbrio vão ter a mesma pressão.



Princípio de Pascal: o acréscimo de pressão em um líquido em equilíbrio, é integralmente distribuído por todos os pontos. Exemplo: prensa hidráulica.

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

Empuxo(E): força exercida pelo líquido, vertical para cima, para tentar retirar um corpo de seu interior. Depende do volume de líquido deslocado (parte submersa do corpo).

$$E = d_{líquido} \cdot V_{deslocado} \cdot g$$

TERMOFÍSICA

Termometria

Conversão de escalas termométricas:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{\theta_K - 273}{5}$$

Calorimetria

Calor sensível (Q): variar a temperatura de um corpo (C = capacidade térmica do corpo; c = calor específico da substância; C = m.c).

(para um corpo) $Q = C \cdot \Delta\theta$

(para substância) $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$

Calor latente (Q): mudar estado físico de um corpo (L = calor latente de transição).

www.professorpanosso.com.br
panosso panosso panosso

Formulário de Física – Professor Panosso

$$Q = m.L$$

Potência térmica (P): quantidade de calor num certo intervalo de tempo.

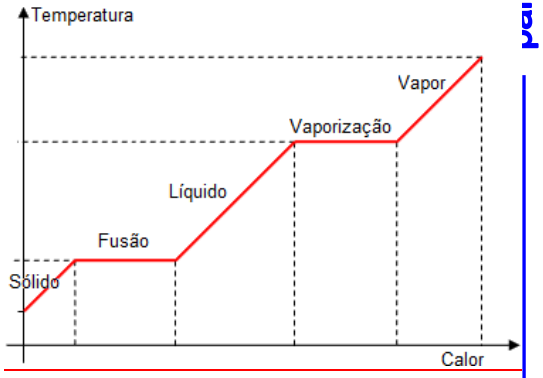
$$P = \frac{Q}{\Delta t}$$

Sistema termicamente isolado: a soma algébrica dos calores trocados entre os corpos é sempre nula.

$$\sum Q = 0$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \cdots = 0$$

Curva de aquecimento: para uma substância pura e cristalina ocorre variação de temperatura ou mudança de estado.



Dilatação térmica

Dilatação de sólido: variação das dimensões do corpo em função da variação da temperatura.

Importante: quanto maior o valor do coeficiente de dilatação de um material, maior será a variação de suas dimensões.

Existem 3 tipos de dilatação de sólidos:

Dilatação linear:

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

Dilatação superficial:

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

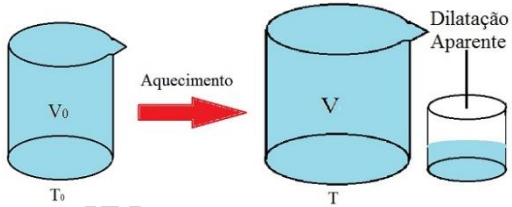
Dilatação volumétrica:

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

Relação dos coeficientes:

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

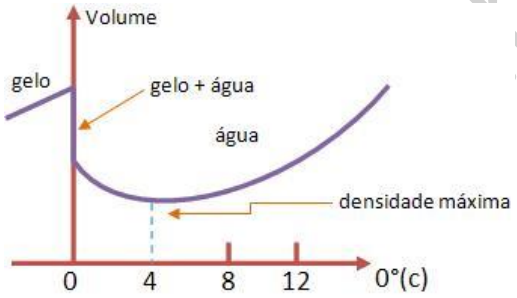
Dilatação de líquido: só possui dilatação volumétrica, se estiver em um recipiente deve – se considerar a dilatação dos 2, (a parte do líquido que derrama é chamada de dilatação aparente).



$$\Delta V_{LIQ} = V_0.\gamma_{LIQ}.\Delta\theta$$

$$\Delta V_{LIQ} = \Delta V_{RECIP.} + \Delta V_{APAR.}$$

Comportamento anômalo da água: dilatação num resfriamento de 4ºC até 0ºC.

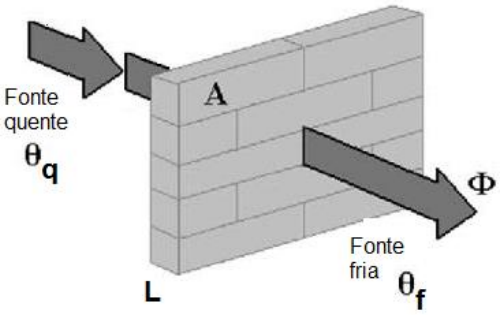


Transferência de Calor

Condução: ocorre em sólido, o calor vai se propagando de uma molécula para outra.

Lei de Fourier: cálculo do fluxo de calor (Φ) através de um corpo sólido, onde k é a condutividade térmica do material.

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{k.A.(\theta_q - \theta_f)}{L}$$



Convecção : ocorre em líquido e gases, surgem as correntes de convecção, diferença de densidade (quente sobe e frio desce). Brisas marítima e terrestre.

Irradiação (ou radiação): o calor é transferido através das ondas infravermelho (ondas de calor), único que ocorre no vácuo. Todo corpo acima de zero kelvin emite ondas de infravermelho (ondas de calor).

Estudo dos gases

Equação de Clapeyron: descrever o estado do gás (R: constante universal dos gases).

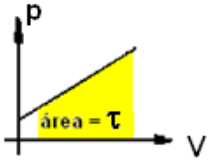
$$p.V = n.R.T$$

Equação de geral: descrever uma transformação (mudança) gasosa, no mínimo 2 grandezas devem mudar.

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

Termodinâmica

Trabalho do gás (τ): ocorre quando gás variar seu volume, cálculo do trabalho a partir da área do diagrama P x V.



www.professorpanosso.com.br

Formulário de Física – Professor Panosso

τ + : o gás se expandiu;
τ = 0 : transformação isovolumétrica;
τ - : o gás foi comprimido.

Energia interna do gás (U): está relacionada com a temperatura do gás, (energia potencial = "energia guardada"). Para gás ideal e monoatômico, temos:

$$\mathbf{U = \frac{3}{2} n.R.T}$$

Variação da energia interna do gás (ΔU): ocorre quando variar a temperatura.

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

ΔU + : o gás foi aquecido;
ΔU =0: transformação isotérmica ou transformação cíclica;
ΔU - : o gás foi resfriado.

1º lei da termodinâmica: relação das formas de energia de um gás.

$$\mathbf{Q = \tau + \Delta U}$$

Q + : o gás recebeu calor do meio;
Q = 0 : transformação adiabática;
Q - : o gás cedeu calor para o meio.

Ciclo termodinâmico: diagrama p x V é uma figura fechada, estado inicial coincide com o estado final. O trabalho do ciclo é a área da figura fechada.

Importante: $\Delta U_{CICLO} = 0$.

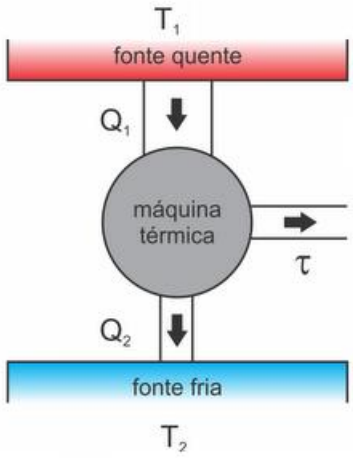
$$\mathbf{Q_{ciclo} = \tau_{ciclo}}$$

2 tipos de ciclo
C. horário (motor)→ trabalho positivo.
C. anti-horário (refrigerador)→ trabalho negativo.

Máquina térmica: opera em ciclos (horário) convertendo calor em trabalho, motor a explosão.

$$\mathbf{\tau = Q_1 - Q_2}$$

Q_1 : calor recebido da fonte quente;
Q_2 : calor rejeitado para a fonte fria;
τ : trabalho realizado em cada ciclo.

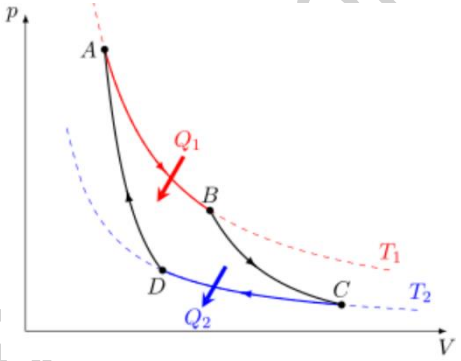


Rendimento(n):

$$\mathbf{n = \frac{\tau}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}}$$

Ciclo de Carnot: teórico, ciclo motor de maior rendimento possível, formado 2 isotermas e 2 adiabáticas.

$$\mathbf{n = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}}$$



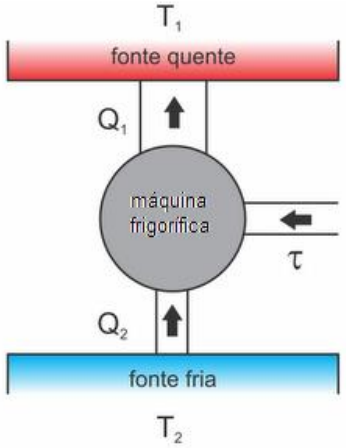
2ª Lei da termodinâmica:
É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho, em outras palavras uma máquina térmica nunca vai apresentar um rendimento de 100%.

Máquina frigorífica: opera em ciclos (anti-horário), sofrendo trabalho do meio externo para retirar calor da fonte fria e jogar na fonte quente.

$$\mathbf{Q_1 = \tau + Q_2}$$

Q_1 : calor jogado para a fonte quente;
Q_2 : calor retirado da fonte fria;

τ : trabalho externo realizado sobre o gás em cada ciclo.



Eficiência térmica(e): expressa pela relação entre a quantidade de calor retirada da fonte fria (Q_2) e o trabalho externo (τ) envolvido nessa transferência.

$$\mathbf{e = \frac{Q_2}{\tau}}$$

ÓPTICA GEOMÉTRICA

Luz

Onda eletromagnética cuja velocidade de propagação depende do meio onde está. No vácuo (maior valor) sua velocidade é de v = c ≅ 300.000 km/s.

Ano - luz: distância percorrida pela luz em um ano no vácuo.

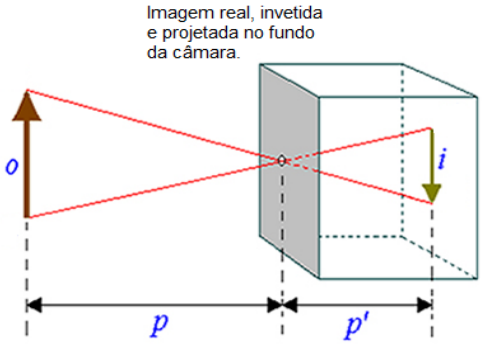
$$\mathbf{d = c.t \cong 9,5x10^{15} m}$$

www.professorpanosso.com.br
panosso

Formulário de Física – Professor Panosso

Princípios de óptica geométrica:
1º - princípio da propagação retilínea da luz: a luz se propaga em linha reta em um meio homogêneo, isotrópico e transparente.
2º - princípio da independência da luz: os raios de luz se cruzam e não se interferem, independência da luz.
3º - princípio da reversibilidade da luz: trajetória do raio de luz não depende do sentido de propagação (reversibilidade).

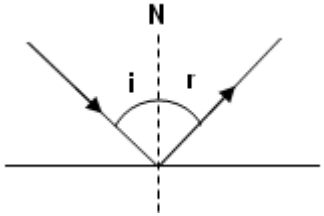
Câmara escura de orifício: máquina fotográfica rudimentar, semelhança de triângulos.



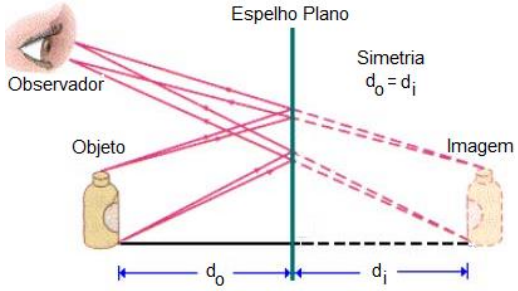
$$\frac{i}{o} = \frac{p'}{p}$$

Reflexão da luz: luz atinge um obstáculo bate e volta. 2 tipos de reflexão: difusa (espalhar luz) e especular ou regular (luz organizada)

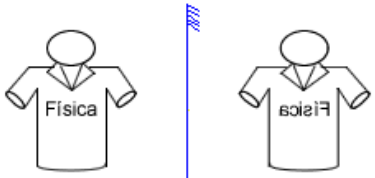
2 leis:
1º: o raio incidente, a reta normal (imaginária) e o raio refletido são coplanares.
2º: o ângulo de incidência e o ângulo de reflexão são igual (medidos sempre em relação a reta normal) i = r.



Espelho plano: sistema óptico refletor (reflexão especular). 2 propriedades:
Estigmatismo (1 objeto conjuga apenas 1 imagem)
Simetria (distância entre o objeto e o espelho plano é igual a distância entre a imagem e o espelho).
Produz imagens virtuais direitas e iguais para objetos reais.

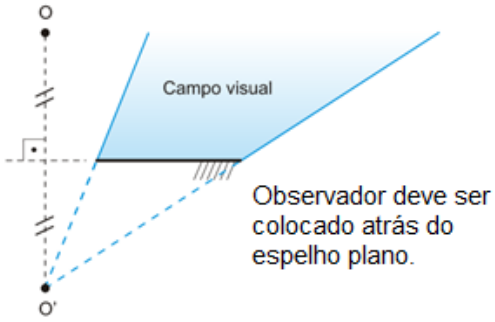


Reversão de objetos extensos (lado direito vira lado esquerdo).



Importante: espelho plano não deforma a imagem conjugada!

Campo visual de espelho plano: depende da posição do observador, da posição e do tamanho do espelho.



Translação do espelho:

$$\Delta S_{imagem} = 2.\Delta S_{espelho}$$

Rotação de espelho plano: espelho varia um ângulo α, o raio refletido varia um ângulo Δ.

$$\Delta = 2.\alpha$$

Associação de 2 espelhos planos com um vértice em comum, formando um ângulo α, N é o número de imagens formadas:

$$N = \frac{360^0}{\alpha} - 1$$

Espelho esférico: espelhamento de uma calota esférica. 2 tipos de espelho, côncavo e convexo.

Postulados de Gauss (raios notáveis)
1º: todo raio que incidir paralelo ao eixo principal vai refletir na direção do foco e vice e versa (reversibilidade).
2º: todo raio que incidir no centro de curvatura vai refletir sobre si mesmo.
3º: todo raio que incidir no vértice vai refletir simétrico em relação ao eixo principal.

Formação de Imagens
Espelho Côncavo: 5 casos possíveis.

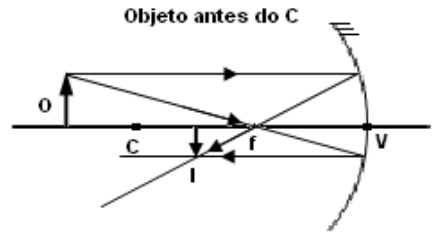


Imagem: real, invertida, menor.

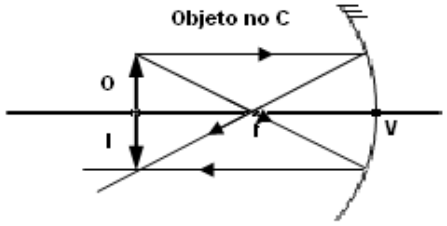


Imagem: real, invertida, igual.

www.professorpanosso.com.br
panosso
panosso
panosso

Formulário de Física – Professor Panosso

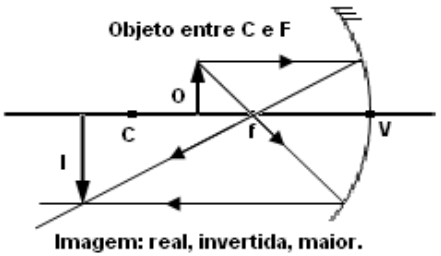


Imagem: real, invertida, maior.

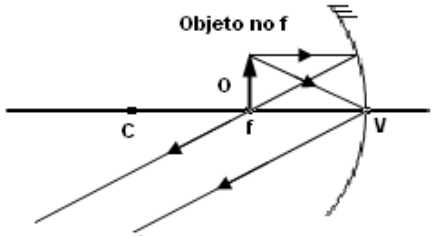


Imagem imprópria: formar no infinito

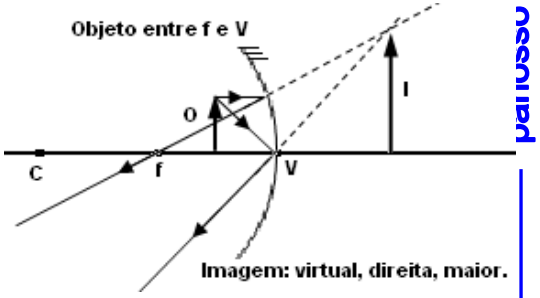


Imagem: virtual, direita, maior.

Espelho Convexo: **caso único**, imagem não depende da posição do objeto.

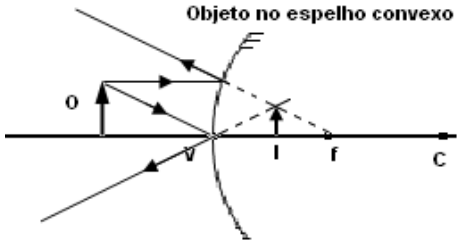


Imagem: virtual, direita, menor.

Estudo analítico : obter as características da imagem formada através de contas.

Equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \; ou \; f = \frac{p.p'}{p+p'}$$

Equação do aumento linear:

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

Estudo dos sinais:

Objeto:
p+ e o + para todos os casos;

Imagem:

p'+ (imagem real) vai ter sempre **i-** (imagem invertida);
p'- (imagem virtual) vai ter sempre **i+** (imagem direita);

Sinal do espelho esférico
f+: e.e. côncavo, **f-**: e.e. convexo.

Refração da luz: troca de meio de propagação, mudança na velocidade de propagação da luz e desvio para uma incidência oblíqua.

Índice de refração absoluto do meio (n): medir a refringência do meio.

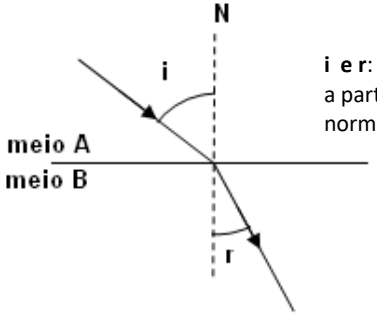
$$n_{meio} = \frac{c}{v_{meio}}$$

Índice de refração relativo ($n_{A,B}$): comparar 2 meios ópticos.

$$n_{A,B} = \frac{n_A}{n_B} = \frac{v_B}{v_A}$$

Leis da refração:
1º: o raio incidente, a reta normal e o raio refratado são coplanares.
2º: Lei de Snell – Descartes.

$$n_A sen i = n_B sen r$$



i e r: medidos a partir da reta normal.

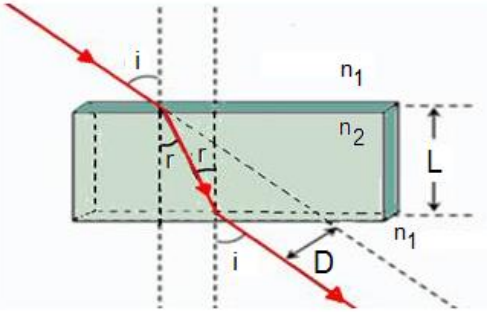
Ângulo limite (L): só quando a luz se propaga do meio + refringente para o meio – refringente.

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

Elevação aparente da imagem: objeto e observador em meios ópticos diferentes.

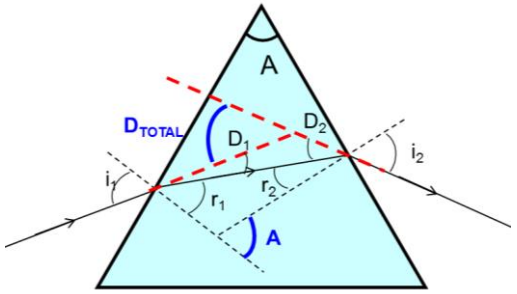
$$\frac{d_i}{d_o} = \frac{n_{observador}}{n_{objeto}}$$

Lâminas de faces paralelas: desvio lateral da luz.



$$D = L.\frac{sen(i-r)}{cos r}$$

Prisma refrator: formato triangular, 2 refrações. A : ângulo de refringência ou de abertura.



1º refração:

$$n_{meio} sen i_1 = n_{prisma} sen r_1$$

www.professorpanosso.com.br

Formulário de Física – Professor Panosso

A: ângulo de refringência do prisma (ou ângulo refrator, ou abertura)

$$A = r_1 + r_2$$

2º refração:

$$n_{prisma} \operatorname{sen} r_2 = n_{meio} \operatorname{sen} i_2$$

Desvio total:

$$D_{total} = i_1 + i_2 - A$$

Desvio mínimo: ocorre quando i = A/2, logo $i_1 = i_2 = i$ e $r_1 = r_2 = r$.

$$D_{minimo} = 2(i - r)$$

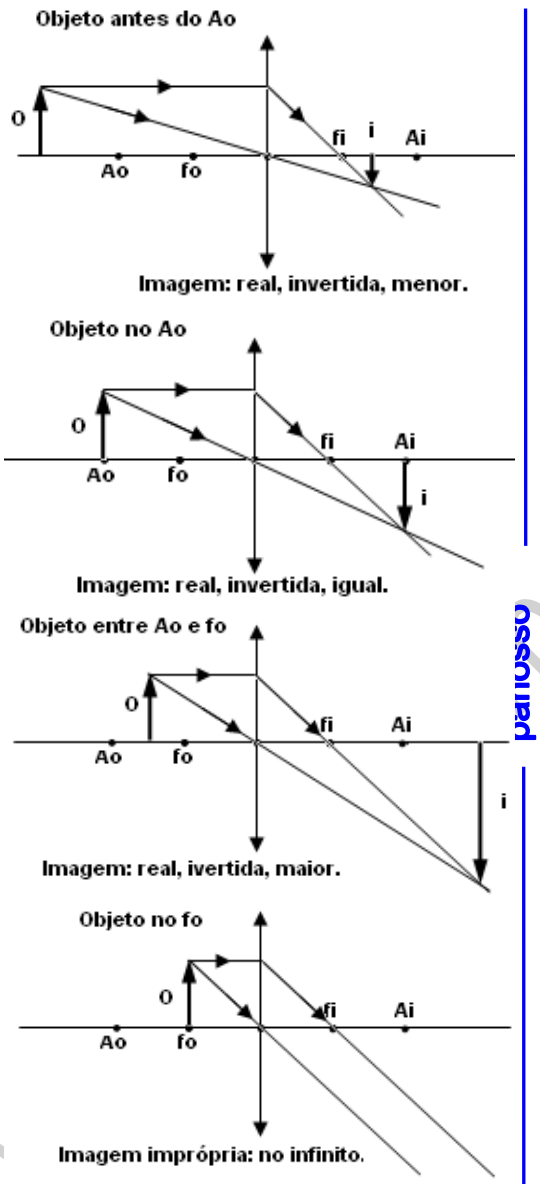
Lentes esféricas: 2 tipos de lentes convergente e divergente.

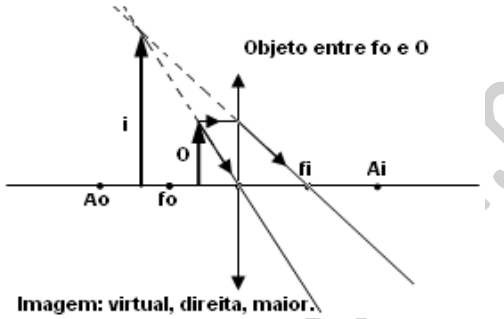
Postulados de Gauss (raios notáveis)

1º: todo raio que incidir paralelo ao eixo principal vai refratar na direção do foco imagem.
2º todo raio que incidir pelo foco objeto vai refratar paralelo ao eixo principal.
3º: todo raio que incidir no centro óptico vai refratar sem sofrer desvio.
4º: todo raio que incidir na direção do ponto anti principal objeto vai refratar na direção do ponto anti principal imagem.

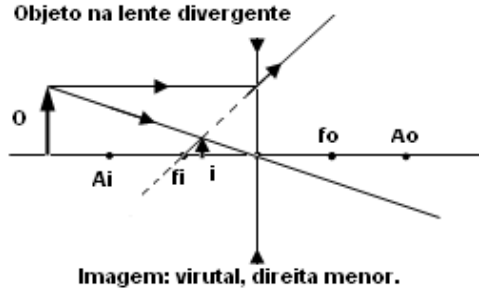
Formação de Imagens

Lente convergente: 5 casos possíveis.





Lente divergente: caso único, imagem não depende da posição do objeto.



Estudo analítico : obter as características da imagem formada através de contas.

Equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \; ou \; f = \frac{p.p'}{p + p'}$$

Equação do aumento linear:

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

Estudo dos sinais:

Objeto:
p+ e o + : para todos os casos;
Imagem:
Sinal da lente
f+: lente convergente, **f-**: lente divergente.

p'+ (imagem real) vai ter sempre **i-** (imagem invertida);
p'- (imagem virtual) vai ter sempre **i+** (imagem direita);

Vergência da lente (V): popularmente chamada de grau de uma lente, f só pode em ser metros. Vergência é medida em dioptrias (di).

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

Equação de Halley (V): também chamada de equação dos fabricantes de lentes. Determinar a vergência da lente através do seu formato (raios das superfícies)

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

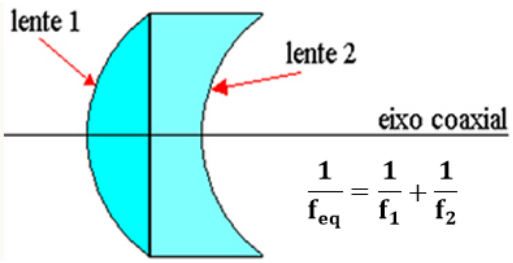
Superfície convexa → R: positivo
Superfície côncava → R: negativo
Superfície plana → R: infinito

Associação de lentes: 2 tipos.

www.professorpanosso.com.br

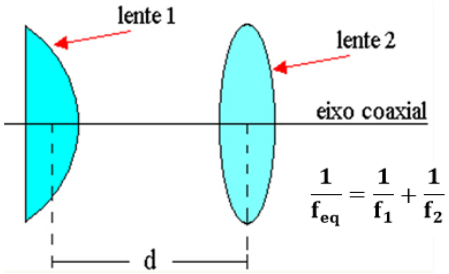
Formulário de Física – Professor Panosso

Justaposição de lentes



$$\frac{1}{f_{eq}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

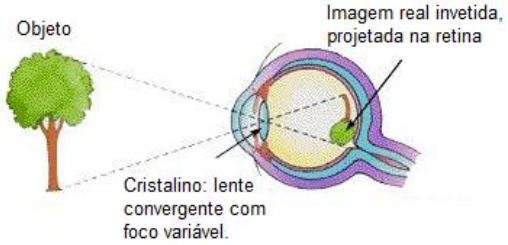
Eixo comum



$$\frac{1}{f_{eq}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$$

Óptica da visão

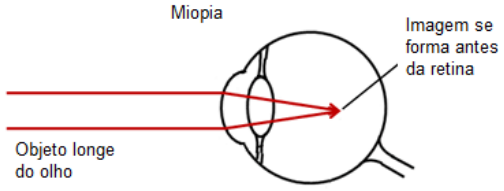
Olho Humano: formação de imagens reais, invertidas e sobre a retina, como em uma máquina fotográfica simples. O cristalino é uma lente natural convergente do olho.

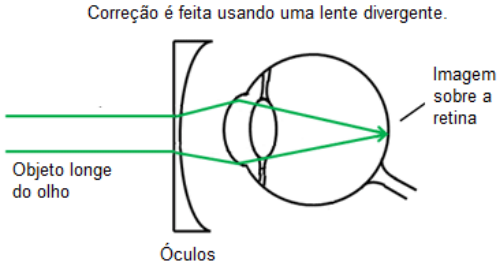


Visão emétrope (olho sem defeito): Pode enxergar objeto localizados desde 25cm (ponto próximo: pp) até o infinito (ponto remoto: pr).

Ametropias da Visão (defeitos)

Miopia: dificuldade de enxergar objetos longe do olho, a imagem vai se formar antes da retina, o ponto remoto não está no infinito.



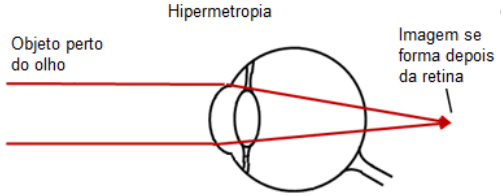


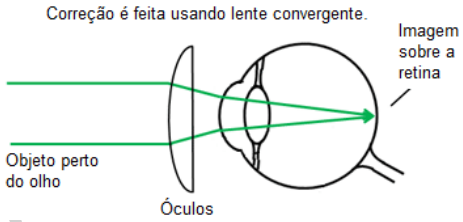
Correção com lentes divergentes!

(d_{PRM} : distância do ponto remoto do míope).

$$V = -\frac{1}{d_{PRM}}$$

Hipermetropia: dificuldade de enxergar objetos perto do olho, a imagem vai se formar depois da retina, o ponto próximo não está localizado a 25 cm do olho.





Correção com lentes convergentes!

(d_{PPH} : distância do ponto próximo do hipermetrope)

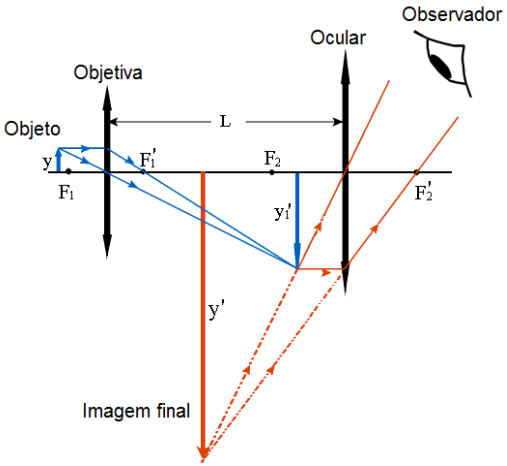
$$V = 4 - \frac{1}{d_{PPH}}$$

Astigmatismo: é uma necessidade de correção visual comum que pode resultar em visão borrada ou distorcida em todas as distâncias. A correção é feita com lente cilíndrica.

Presbiopia (vista cansada): é uma condição relacionada à idade que afeta a maioria das pessoas. À medida que ficamos mais velhos, podemos ter dificuldade em focalizar objetos mais próximos, especialmente com pouca luz. A correção é feita com uso de lentes convergentes como na hipermetropia.

Instrumentos ópticos

Microscópio composto: formado por duas lentes convergentes afastadas por uma distância maior que a soma dos focos.



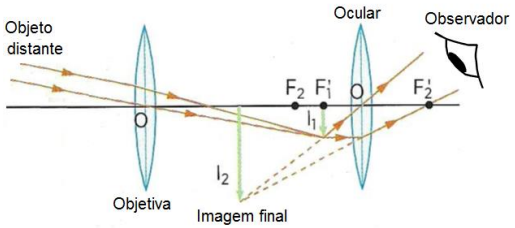
A ampliação total é dado por:

$$A = A_{ob} . A_{oc}$$

Telescópio refrator: formado por duas lentes convergentes afastadas por uma distância menor que a soma dos focos.

www.professorpanosso.com.br

Formulário de Física – Professor Panosso



O aumento visual (ou angular) é dado por:

$$G = \frac{f_{ob}}{f_{oc}}$$

ONDULATÓRIA

Onda

Onda: variação de uma grandeza física que se propaga para as regiões vizinhas, não transporta matéria nem arrasta o meio. Uma onda será classificada em mecânica (precisa de um meio para se propagar) ou eletromagnética (não precisa de um meio para se propaga). Quanto ao modo de vibração, pode ser longitudinal ou transversal.

Frequência e período.

$$f = \frac{n^{o}\ ondas}{\Delta t} \text{ ou } f = \frac{1}{T}$$

Equação fundamental de onda:

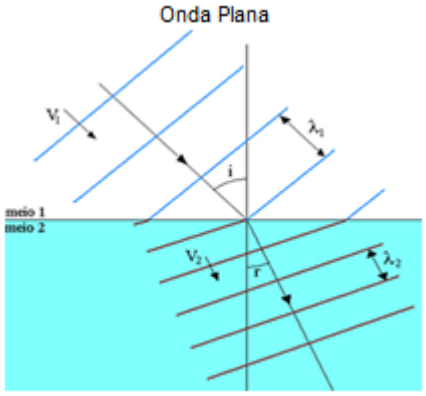
$$v = \lambda . f = \frac{\lambda}{T}$$

Fenômenos Ondulatórios

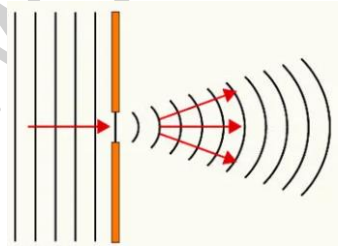
A velocidade de uma onda depende do meio, enquanto a frequência só depende da fonte.

Reflexão: a onda bate em um obstáculo e volta (não muda velocidade).
Refração: a onda troca de meio de propagação. Mudança na velocidade de propagação e no comprimento de onda. (Frequência não muda).

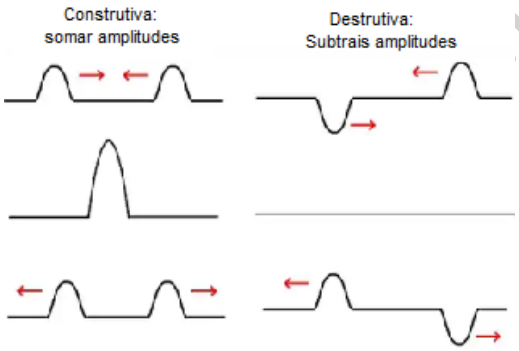
$$\frac{seni}{senr} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$$



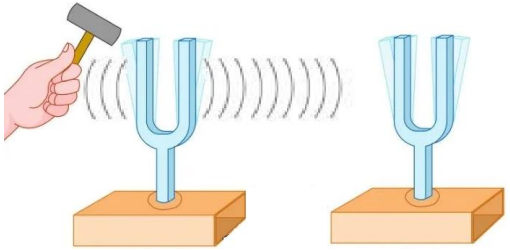
Difração: capacidade de uma onda em contornar um obstáculo, ou fenda. Ocorre quando o tamanho da onda é próximo do tamanho do obstáculo.



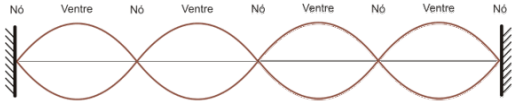
Interferência: superposição de duas ondas, podem existem dois efeitos: interferência construtiva ou destrutiva.



Polarização: é quando uma onda é forçada a oscilar num determinado plano escolhido. O polarizador óptico só permite a passagem de uma frequência.
Ressonância: a tendência de um sistema a oscilar em máxima amplitude em certas frequências, conhecido como 'frequências ressonantes'.



Onda estacionária: formada pela superposição de 2 ondas idênticas se propagando no mesmo meio em sentidos opostos. Formação de harmônicos.



Batimento: superposição de 2 ondas sonoras com frequências muito próximas, variação da intensidade percebida pelo ouvinte.

$$f_{bat} = f_{maior} - f_{menor}$$

Acústica

Altura do som: expressa a frequência do som. Audição humana: 20hz a 20Khz.

Som baixo: baixa frequência (grave)
Som alto: alta frequência (agudo).

Intensidade do som: expressa o volume do som: som muito intenso: volume alto (grande amplitude) som pouco intenso: volume baixo (pequena amplitude).

Intensidade sonora:

$$I = \frac{P_{ot}}{Area}$$

Nível sonoro: ($I_0 = 10^{-12} W/m^2$, menor nível audível pelo ser humano), é medido em deciBell (B).

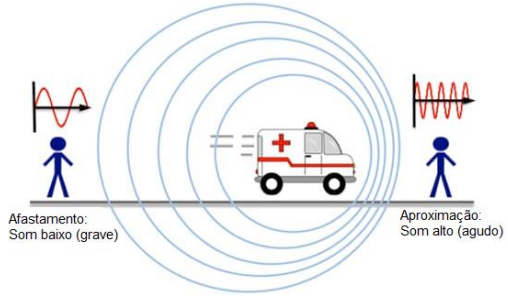
$$N = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Timbre: formato da onda sonora, mesma frequência, mas de fontes diferentes.

Efeito Dopler: movimento entre fonte sonora e ouvinte. A frequência emitida (f_{real}) é diferente da ouvida ($f_{aparente}$).

www.professorpanosso.com.br
panosso
panosso
panosso

Formulário de Física – Professor Panosso



Aproximação: som agudo.
Afastamento: som grave.

$$f_{ap} = f_{real}\left(\frac{v_{som} \pm v_{ouvinte}}{v_{som} \pm v_{fonte}}\right)$$

Corda Vibrante: só emite sons harmônicos

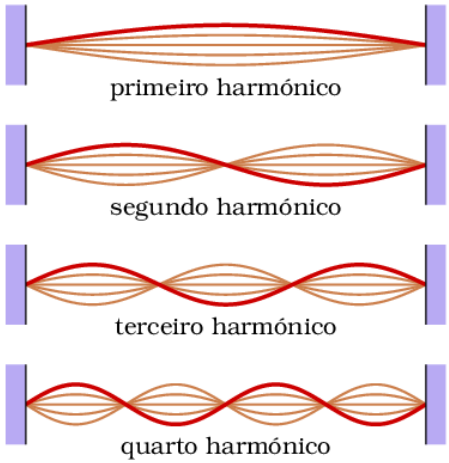
Velocidade do som na corda: (equação de Taylor)

$$v = \sqrt{\frac{F_{tração}}{\rho}}$$

onde ρ é a densidade linear de massa da corda: ρ = m/L. (ρ = kg/m)

Frequência dos harmônicos na corda:
(n é a ordem do harmônico). Maior n, menor λ e maior f.

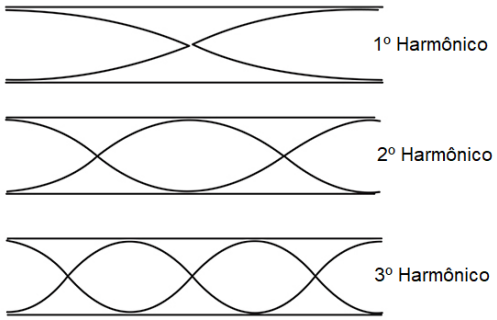
$$f_n = n\frac{v}{2L} = nf_1$$



Tubos sonoros: só emite sons harmônicos, 2 tipos de tubo.

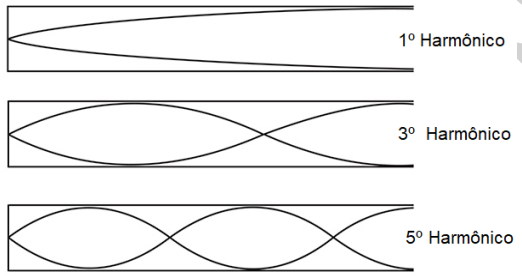
Tubo aberto: aberto em ambos os lados, em cada abertura tem um ventre. Mesma análise da corda vibrante.

$$f_n = n\frac{v}{2L} = nf_1$$



Tubo fechado: um lado aberto e outro fechado, na abertura tem um ventre, na parte fechada tem um nó, só pode n ímpar.

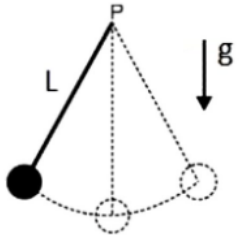
$$f_n = n\frac{v}{4L} = nf_1$$



MHS

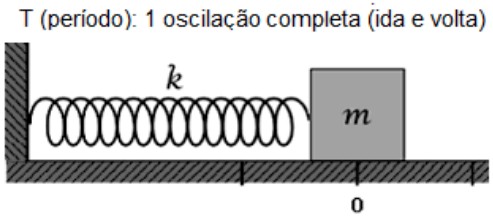
Movimento oscilatório e periódico.

Pêndulo simples:



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

Sistema massa mola:



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

Elongação (x):

$$x = A\cos(\varphi_0 + \omega t)$$

velocidade (v):

$$v = -\omega A\,sen(\varphi_0 + \omega t)$$

aceleração (a):

$$a = -\omega^2 A\cos(\varphi_0 + \omega t)$$

No MHS, a aceleração depende da posição.

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

ELETRICIDADE

Eletrostática

Carga de um corpo(Q): múltiplo da carga elementar (e = 1,6 x 10^{-19}C). Ganhar elétrons usar sinal negativo, perder usar positivo.

$$Q = \pm n.e$$

Processos de eletrização:

Atrito: eletrização mútua, ocorre com corpos isolantes. No final, corpos carregados com a mesma quantidade de carga, mas de sinais opostos.

Contato: ocorre com corpos condutores, distribuir carga proporcional ao tamanho de cada corpo. No final, corpos carregados cargas de mesmo sinal.

Indução: ocorre com corpos condutores, polarização do induzido, não há contato

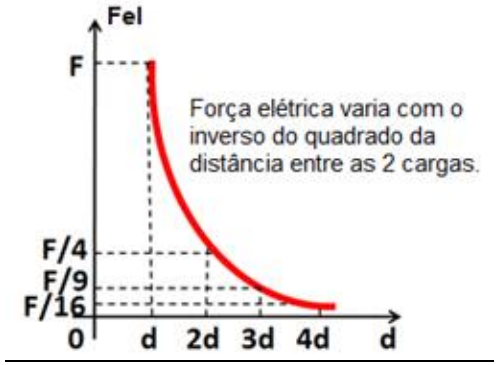
www.professorpanosso.com.br
panosso
panosso
panosso

Formulário de Física – Professor Panosso

entre os corpos, no final, corpos carregados com cargas de sinais opostos.

Força elétrica: age a distância. Grandeza vetorial, constante eletrostática para o vácuo (≅ ar) vale k = 9x $10^9 Nm^2/C^2$.

$$\mathbf{F_{EL} = \frac{k|Q||q|}{d^2}}$$

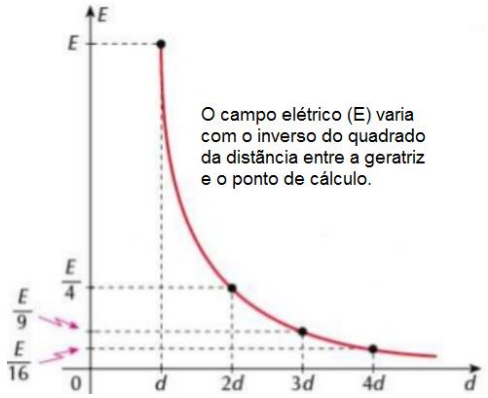


Força elétrica devido à várias cargas: soma vetorial das forças que agem sobre uma carga elétrica (o número de forças sobre essa carga equivale ao número de cargas menos 1).

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

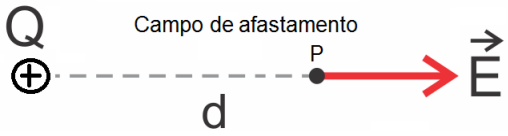
Campo elétrico: região de atuação, ou influência de uma carga geratriz (Q : produz o campo elétrico).

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

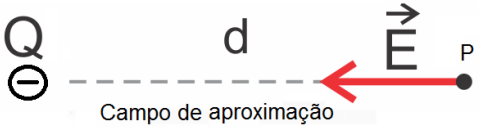


Grandeza vetorial.

Q+ : produz campo de afastamento;



Q-: produz campo de aproximação.



O campo pode ser estudado a partir da carga de prova (q: sofre a ação do campo).

$$\mathbf{F_{EL} = |q|E}$$

q+: $\vec{E}$ e $\vec{F}_{EL}$ tem a mesma direção e sentido.

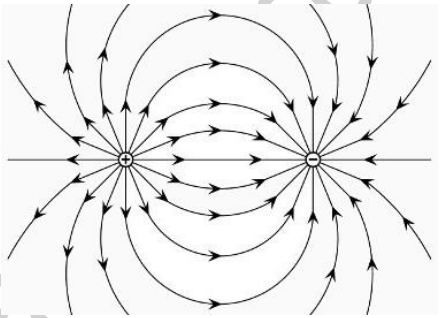
q-: $\vec{E}$ e $\vec{F}_{EL}$ tem a mesma direção mas sentidos opostos.

Linhas de força: descrição geral do campo elétrico, devem seguir 3 regras:

1º: as linhas de forças saem da geratriz positiva e chegam na geratriz negativa.

2º: a intensidade do campo é proporcional a densidade de LF (proximidade ou quantidade).

3º: o vetor campo elétrico é sempre tangente a uma LF e no mesmo sentido dela.



Campo devido à várias cargas: soma vetorial dos campos gerados por cada uma das cargas.

$$\vec{E}_R = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \cdots$$

Trabalho da força elétrica (τ) : Fel é uma força conservativa, o trabalho não depende da trajetória (grandeza escalar).

$$\tau_{A\to B} = k.Q.q\left(\frac{1}{d_A} - \frac{1}{d_B}\right)$$

Energia potencial elétrica : no infinito temos E_{POT} nula.

$$\mathbf{E_{POT} = \frac{k.Q.q}{d}}$$

Trabalho e energia potencial: o trabalho da fel equivale a - ΔE_{POT}

$$\tau_{A\to B} = E_{POT_A} - E_{POT_B}$$

Potencial elétrico (V) : grandeza escalar. Capacidade de entregar E_{POT} a uma carga de prova. Q+ produz volt positivo e Q- produz volt negativo.

Carga geratriz $\mathbf{V = \frac{k.Q}{d}}$

Carga de prova $\mathbf{V = \frac{E_{pot}}{q}}$

Superfície equipotencial: Mesmo potencial elétrico em todos os pontos, é sempre perpendicular as linhas de força.

Trabalho e potencial elétrico:

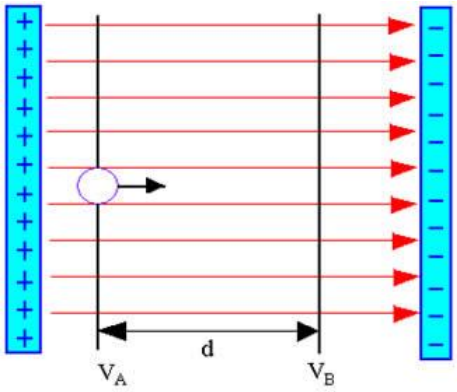
$$\tau_{A\to B} = q.(V_A - V_B)$$

onde $V_A - V_B = U_{AB}$, chamado de diferencia de potencial ao tensão elétrica.

Campo elétrico uniforme (C.E.U.): o vetor campo é constante em todos os pontos. Ocorre entre duas placas paralelas e igualmente carregadas com cargas opostas.

www.professorpanosso.com.br

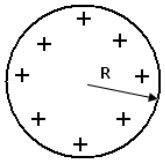
Formulário de Física – Professor Panosso



Uma carga q fica sujeita a uma Fel constante, movimento da carga é M.U.V. (acelerador de partículas).

$$E.d = U_{AB}$$

Condutor em equilíbrio eletrostático: livre do movimento de cargas elétricas, as cargas em excesso vão ficar na superfície.



O potencial elétrico é o mesmo em todos os pontos do condutor: $V_{INTERNO}=V_{SUPERFÍCIE}=V_{CONDUTOR}$

O campo elétrico interno é nulo e na superfície é perpendicular a todos os pontos.

Para um condutor esférico:

$$E_{interno} = 0$$

$$E_{superfície} = \frac{1}{2}\frac{k.Q}{R^2}$$

$$E_{próximo} = \frac{k.Q}{R^2}$$

$$V_{int} = V_{sup.} = \frac{k.Q}{R}$$

Capacitância de um condutor:

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

Para um condutor esférico:

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

Capacitor: dispositivo para armazenar energia elétrica, guardando cargas elétricas, formado por 2 placas metálicas paralelas (armaduras) com um isolante entre elas.

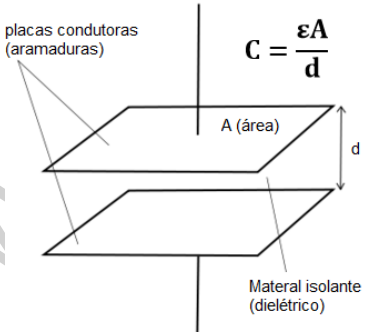
Capacitância (C): medida em Farad (F).

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

Energia armazenada:

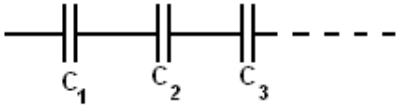
$$E_{arm} = \frac{QU}{2} = \frac{QU^2}{2}$$

Capacitor plano (ε : permissividade elétrica do meio)



Associação de capacitores:

Série: mesma carga para todos, diminui a capacitância.



$$Q_T = Q_1 = Q_2 = \cdots = Q_n$$

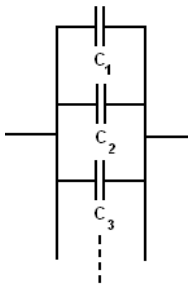
$$U_T = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$$

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

Para 2 capacitores em série:

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

Paralelo: mesma ddp para todos, aumento de capacitância.



$$Q_T = Q_1 + Q_2 + \cdots + Q_n$$

$$U_T = U_1 = U_2 = \cdots = U_n$$

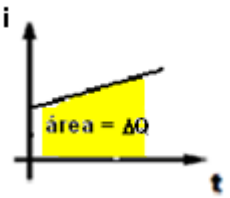
$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$$

Eletrodinâmica

Corrente elétrica (i): movimento ordenado de portadores de carga.

$$i_{média} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

A quantidade de cargas transportada pode ser dada por: $\Delta Q = ne$ ($e = 1{,}6 \times 10^{-19} C$)

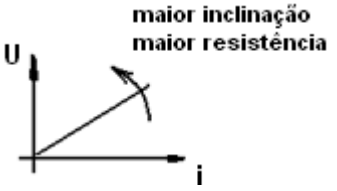


Resistência elétrica: oposição a corrente causada pelo meio condutor.

(1º lei de Ohm)

$$U = R.i$$

Condutor ôhmico tem R = constante, gráfico U x i deve ser linear.



(2º lei de Ohm) : depende do formato do condutor e do material.

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

ρ: resistividade elétrica do material que o condutor é feito.

R e L: grandezas diretas.

R e A: grandezas inversas.

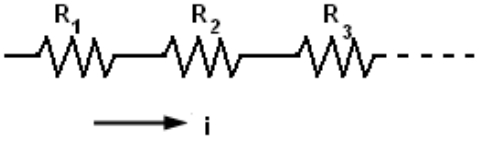
www.professorpanosso.com.br
panosso
panosso
panosso

Formulário de Física – Professor Panosso

Resistor: converter energia elétrica em energia térmica.

Associação de resistores:

Série: mesma corrente para todos, quando o circuito é interrompido nenhum elemento da série vai funcionar.

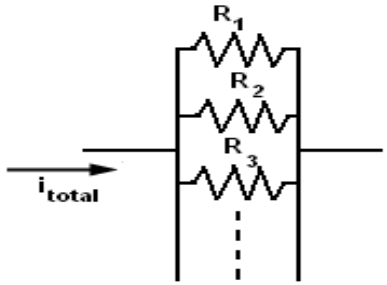


$$i_T = i_1 = i_2 = \cdots = i_n$$

$$U_T = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

Paralela: mesma tensão (ddp) para todos, são circuitos independentes, pois um não interfere no funcionamento do outro.



$$i_T = i_1 + i_2 + \cdots + i_n$$

$$U_T = U_1 = U_2 = \cdots = U_n$$

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

Para 2 resistores em paralelo:

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

Associação mista: possui resistores associados em série e em paralelo ao mesmo tempo. Valem as regras das duas associações.

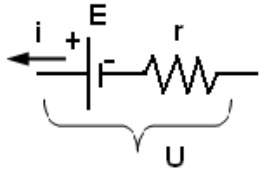
Potência elétrica: relação da energia elétrica consumida num certo tempo, num resistor vale:

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

Energia elétrica : depende do tempo de funcionamento e da potência do equipamento. Conta de luz vem em kWh.

$$\tau = P.\Delta t$$

Gerador elétrico : converter em energia elétrica uma forma qualquer de energia.
E: força eletromotriz (fem) e r: resistência interna são constantes, U e i são variáveis do ccto.



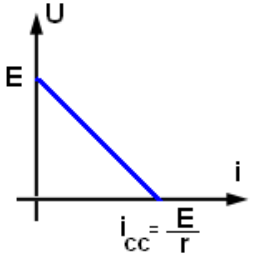
Equação do gerador (E > U) e suas potências.

$$U = E - ri$$

3 potências:

$$P_{útil} = U.i \qquad P_{dissipada} = r.i^2 \qquad P_{total} = E.i$$

Curva característica do gerador:



M.T.P. (máxima transferência de potência) um gerador opera em MTP, quando r = R_{eq} (casamento de impedância), maior potência útil possível.

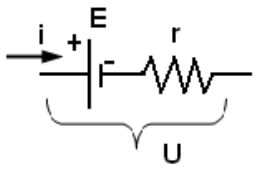
Rendimento (n)

$$n = \frac{P_{útil}}{P_{total}} = \frac{U}{E}$$

Ccto gerador e resistor (lei de Pouillet)

$$i = \frac{E}{r + R_{eq}}$$

Receptor elétrico : converter energia elétrica em uma forma qualquer de energia, que não seja só energia térmica.
E: força contra eletromotriz (fcem) e r: resistência interna são constantes, U e i são variáveis do ccto.



Equação do receptor (U > E) e suas potências.

$$U = E + ri$$

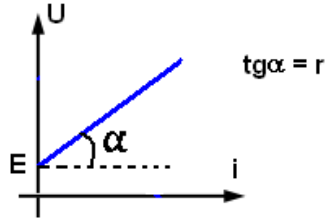
3 potências:

$$P_{total} = U.i \qquad P_{dissipada} = r.i^2 \qquad P_{útil} = E.i$$

Rendimento (n)

$$n = \frac{P_{útil}}{P_{total}} = \frac{E}{U}$$

Curva característica do receptor:



Ccto de malha única: gerador, receptor e resistor formado um único caminho para a corrente.

$$i = \frac{E_{gerador} - E_{receptor}}{\sum r + R_{eq}}$$

www.professorpanosso.com.br

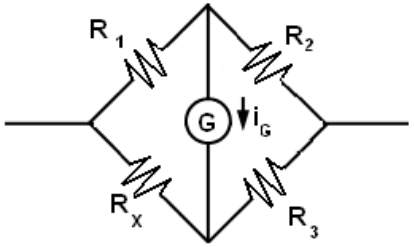
Formulário de Física – Professor Panosso

Amperímetro: medir corrente elétrica, ligar em série ao elemento medido. Amperímetro ideal: tem R interna nula.

Galvanômetro: idem ao amperímetro, medir pequenas correntes elétricas.

Voltímetro: medir tensão elétrica (ddp) ligar em paralelo ao elemento medido. Voltímetro ideal: tem R interna infinita.

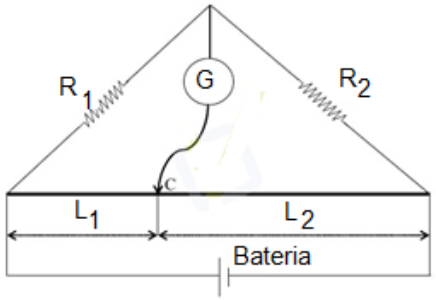
Ponte de Wheatstone: medir um resistor elétrico desconhecido.



Quando $i_G = 0$, a ponte está em equilíbrio:

$$R_1 . R_3 = R_2 . R_X$$

Ponte de fio: resistor filiforme de comprimento L.



Quando $i_G = 0$, a ponte está em equilíbrio:

$$R_1 . L_2 = R_2 . L_1$$

Leis de Kirchhoff

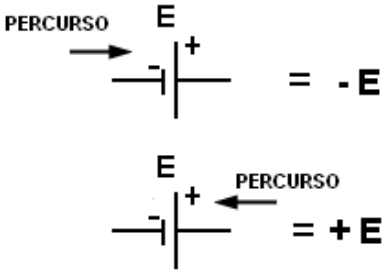
1º Lei (lei dos nós): a soma das correntes elétricas que chega em um nó é igual a soma das correntes que saem do nó (princípio de conservação das cargas).

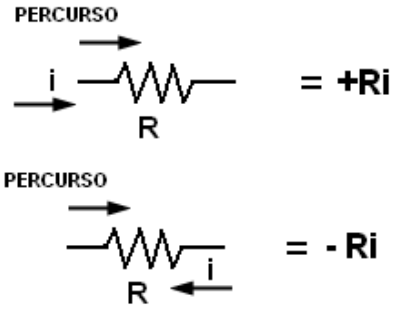
$$\sum i_{chega} = \sum i_{sai}$$

2º Lei (lei das malhas): a soma das quedas de tensão em uma malha fechada é nula. Para usar a 2º lei devemos escolher percurso(s) e corrente(s).

$$\sum U_{malha\ fechada} = 0$$

Usar a convenção de sinais abaixo:

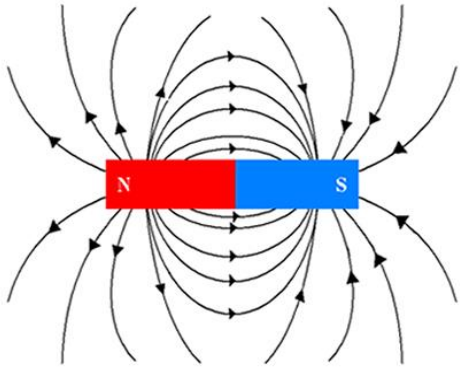




Magnetismo

Imã (ou magneto): formado por dois polos NORTE / SUL, (que não podem ser separados, não existe monopolo magnético), age à distância, campo magnético (B), descrito pelas linhas de indução magnética (Linhas de Indução – comportamento geral do campo.

IMPORTANTE: O vetor campo magnético (B) é sempre tangente a uma linha de indução e no mesmo sentido dela. Equivale a posição de uma pequena bússola quando colocada em um campo magnético.



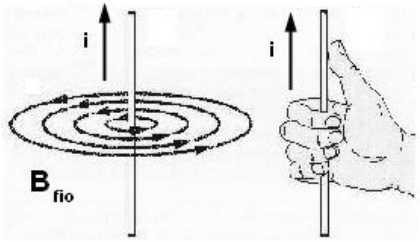
Linhas de Indução (LI): Comportamento geral do campo magnético.

Magnetismo terrestre: polos magnéticos invertidos em relação aos polos geográficos, eixo magnético inclinado em relação ao eixo geográfico. Magnetosfera: proteção contra radiação do espaço.

Eletromagnetismo

Fontes de campo magnético: corrente elétrica produz campo magnético (4 fontes de campo eletromagnético).

Condutor retilíneo (fio):
Sentido do campo magnético: regra da mão direita, o polegar indica a corrente, todos os outros dedos abraçando.



Não tem polos norte e sul, as linhas são circunferências fechadas.

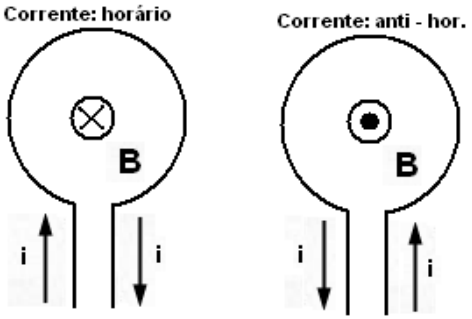
www.professorpanosso.com.br
panosso
panosso
panosso

Formulário de Física – Professor Panosso

O vetor campo magnético ($\vec{B}$) é sempre tangente a uma linha de indução e no mesmo sentido dela, seu módulo é dado por:

$$B_{fio} = \frac{\mu . i}{2\pi R}$$

Espira circular: concentrar o campo magnético em seu centro geométrico. Só calcular nesse ponto. Tem polos norte e sul.



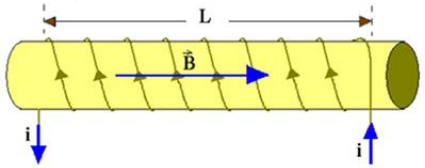
Módulo do vetor campo no centro geométrico da espira é dado por:

$$B_{espira} = \frac{\mu . i}{2R}$$

Bobina chata: formada por n espiras sobrepostas. Módulo do vetor campo no centro geométrico é dado por:

$$B_{bobina} = n . \frac{\mu . i}{2R}$$

Solenóide (Bobina longa): formado por n espiras lado a lado, campo magnético uniforme em seu eixo (L : comprimento do solenoide).



$$B_{solenóide} = n . \frac{\mu . i}{L}$$

Força magnética em cargas elétrica: carga em movimento "cortando" as linhas do campo magnético, fica sujeita a uma força.

$$F_{mag} = q . v . B . sen\theta$$

Direção e sentido da F_{MAG} é dado pela regra do "tapa" (mão direita).

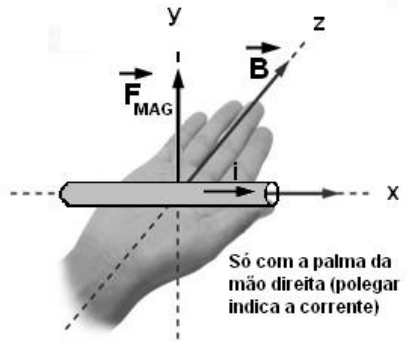
Quando θ = 90º, a carga realiza um MCU, raio do movimento da carga q no campo magnético.

$$R = \frac{mv}{qB}$$

Força magnética em condutor retilíneo: fio percorrido por corrente e imerso em um campo magnético externo fica sujeito a força magnética. Só usar corrente

convencional.

$$F_{mag} = B . i . L . sen\theta$$



Movimento da carga em um campo.

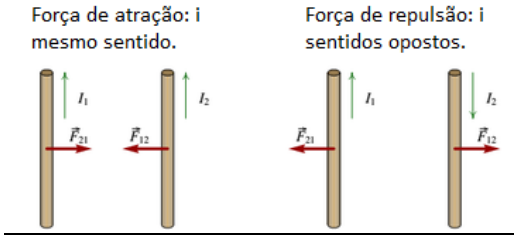
θ = 0° ou 180°→ F_{MAG}= 0, o movimento da carga é MRU.

0° > θ > 90°→ o movimento é MHU.

θ = 90° → F_{MAG} é máxima, o movimento da carga é MCU.

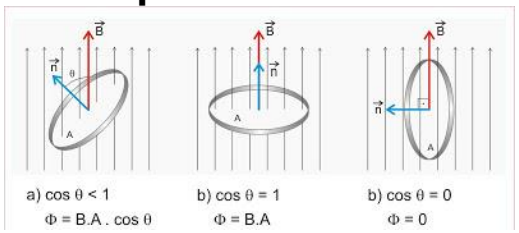
Força magnética entre 2 condutores paralelos percorridos por correntes:

$$F_{mag} = \frac{\mu . i_1 . i_2 . L}{2\pi d}$$



Fluxo magnético (ϕ): é definido como sendo o número de linhas de indução magnética que atravessam a área de uma espira. θ: ângulo entre o eixo imaginário da espira e as linhas de indução.

$$\phi = B . A . cos\theta$$



www.professorpanosso.com.br
panosso
panosso
panosso

Formulário de Física – Professor Panosso

fem induzida (e): variação do fluxo magnético induz ddp (força eletromotriz induzida), a fem pode aparecer devido a três fatores: a variação do campo (ΔB), a variação da área (ΔA) ou a variação do ângulo (rotação). Lei de Faraday Newman

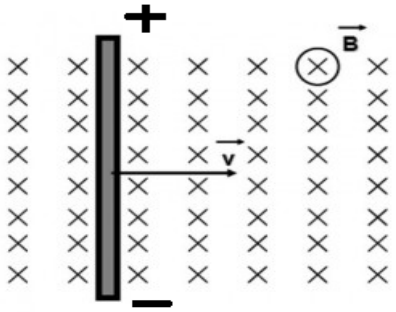
$$\mathbf{e = -\frac{\Delta \phi}{\Delta t}}$$

Lei de Lenz: A corrente induzida vai provocar o surgimento de um campo magnético induzido que vai tentar anular a variação do campo inicial.

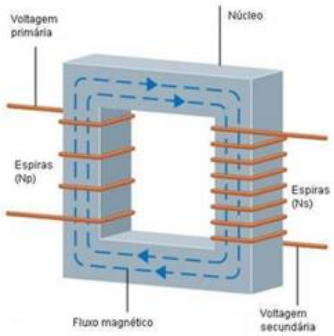
fem induzida em um condutor em movimento num campo magnético: um condutor em movimento no interior de um campo magnético "vira" uma pilha.

$$\mathbf{e = B.L.v}$$

Polaridade: regra da mão direita para cargas elétricas.



Transformador elétrico: alterar a tensão entre o primário e o secundário. Funciona apenas corrente alternada, potência do primário é igual a potência do secundário.



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

panosso panosso panosso

www.professorpanosso.com.br