

MECÂNICA

➤ VELOCIDADE ESCALAR MÉDIA

Um carro leva 2 horas para percorrer 70 km de uma estrada congestionada. Nesse caso, para calcular a **veloc. esc. média**, divida o espaço percorrido (ΔS) pelo tempo (Δt) gasto.

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{70}{2} = 35 \text{ km/h}$$

➤ ACELERAÇÃO ESCALAR MÉDIA

Um carro acelera de 0 a 90 km/h em 10s. Ele é rápido ou lento? Para calcular a **acel. esc. média**, divida a variação da velocidade (Δv) pelo intervalo de tempo (Δt) em que tal variação de velocidade ocorreu:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{90 \text{ km/h}}{10 \text{ s}} = 9 \text{ km/h/s}$$

Assim, em cada segundo a velocidade aumenta, em média, 9 km/h/s. Para dar a resposta em unidades do SI (m/s^2), transformamos os km/h em m/s dividindo 90 km/h por 3,6.

Teremos: $90/3,6 = 25 \text{ m/s}$.

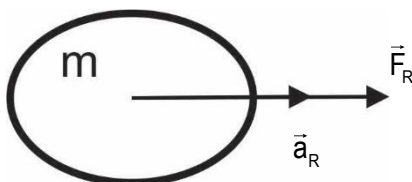
$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{25 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = 2,5 \text{ m/s}^2 = 2,5 \text{ m/s}^2$$

O carro é bem rápido.

✓ **ATENÇÃO: Fique atento às unidades de medida!**

➤ PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

Quando a força resultante atuante em uma partícula é não-nula, há aceleração na direção e no sentido dessa resultante. A intensidade da aceleração é, para uma dada massa: **diretamente proporcional à intensidade da força resultante**; e para uma dada força: **inversamente proporcional à massa da partícula**:

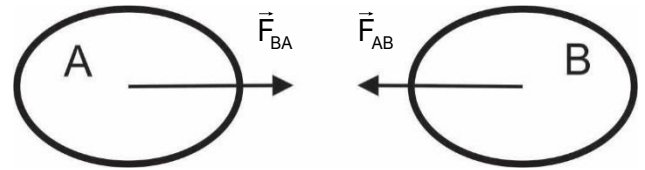


$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Se $\vec{F}_R = 0$... repouso ($\vec{v} = \text{cte} = 0$)
ou **MRU** ($\vec{v} = \text{cte} \neq 0$)

➤ PRINCÍPIO DA AÇÃO E REAÇÃO

Se um corpo (A) exerce uma força em outro (B), este, ao mesmo tempo, exerce força no primeiro (A) com a mesma intensidade, na mesma direção e no sentido contrário.

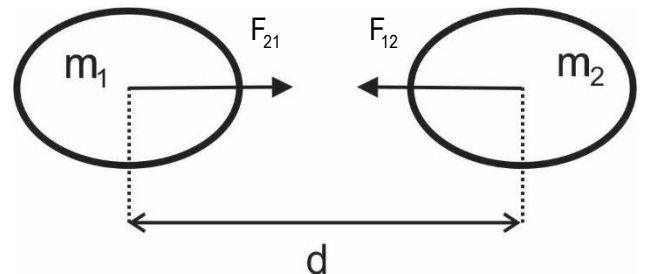


$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

Não esqueça que as forças de ação e reação não se equilibram mutuamente porque agem em corpos distintos.

➤ LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

No universo, matéria atrai matéria na razão direta do produto das massas e inversa ao quadrado da distância entre elas:



$$F_{12} = F_{21} = F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

G é a constante de gravitação

➤ FORÇA CENTRÍPETA

Ao fazer uma curva de raio R, a direção da velocidade \vec{v} de uma partícula de massa m é alterada continuamente pela ação de uma resultante de forças cuja direção é radial, o sentido é o centro da curva (centrípeta) e a intensidade é:

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

Exemplos:

- Satélites em órbita circular:

$$F_{cp} = F_{grav} \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

- Partículas eletrizadas com carga q movendo-se com velocidade \vec{v} perpendicular a um campo magnético uniforme \vec{B} :

$$F_{cp} = F_{mag} \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{R} = q \cdot \vec{v} \cdot \vec{B}$$

➤ **TRABALHO DE UMA FORÇA**

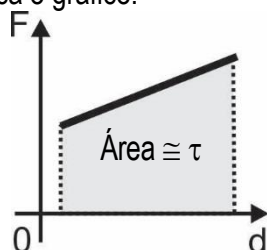
Trabalho de uma força (F) constante ou variável expressa a energia transferida do sistema que exerce a força para o sistema que está sob ação da força durante o deslocamento (d) considerado.

Quando a força é constante, o trabalho (τ) é calculado pelo produto:

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

α , ângulo entre a força e o deslocamento.

• Para força constante ou variável, o trabalho pode ser determinado pelo cálculo de área, conforme indica o gráfico:



• Também pode ser calculado pela variação da energia cinética no deslocamento considerado:

$$\tau = \Delta E_c = \frac{m}{2} (v^2 - v_0^2)$$

➤ **POTÊNCIA MÉDIA DE UMA FORÇA**

Mede a rapidez com que o trabalho é efetuado:

$$P_{ot} = \tau / \Delta t = F \cdot v = |\Delta E| / \Delta t$$

No SI, a potência é medida em Watts (W) = J/s.

✓ **ATENÇÃO: O quilowatt hora (kWh) é a unidade de energia (não de potência). 1kWh = 3,6.10⁶J**

➤ **CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA**

Nos sistemas conservativos a energia mecânica total permanece constante. Assim, em dois pontos quaisquer **A** e **B** da trajetória do movimento de uma partícula lançada no vácuo, tem-se:

$$E_{mec}(A) = E_{mec}(B)$$

$$E_c(A) + E_p(A) = E_c(B) + E_p(B)$$

Se houver atrito a energia mecânica não é conservada. Assim:

$$E_{mec}(A) = E_{mec}(B) + E_{Mec.Dissipada}(AB)$$

➤ **IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO**

Ao chutar uma bola, você exerce uma força durante um certo intervalo de tempo; Impulsiona a bola. O impulso aplicado a um corpo, no caso de a força ser constante, é calculado por:

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

\vec{I} = Impulso aplicado;

\vec{F} = Força exercida;

Δt = Intervalo de tempo durante o qual a força age.

A bola, tendo massa m , parte com velocidade \vec{v} , adquirindo quantidade de movimento \vec{Q} .

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

O impulso provoca variação na quantidade de movimento do objeto:

$$\vec{I} = \Delta \vec{Q} = m(\vec{v} - \vec{v}_0)$$

➤ **CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO**

Nos fenômenos em que tudo a resultante de todas as forças externas no sistema é nula, a quantidade de um movimento total do sistema não se altera.

Durante a colisão de dois corpos ou a explosão de um projétil, a quantidade de movimento do sistema imediatamente antes do fenômeno é igual à quantidade de movimento do sistema imediatamente após a ocorrência do fenômeno.

HIDROSTÁTICA

➤ **PRESSÃO**

A pressão leva em conta a força e a área sobre a qual a força age perpendicularmente.

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

No SI, a pressão é medida em unidades:

N/m² = pascal = Pa

A pressão atmosférica normal (pressão ao nível do mar) é igual à pressão exercida por uma coluna de mercúrio (não importando a área de sua seção transversal) de 76 cm altura. Essa pressão é de 1 atmosfera (1 atm) e sua relação com pascal é:

$$1 \text{ atm} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

➤ **LEI DE STEVEN**

Como calcular a pressão hidrostática exercida pelo peso da água sobre um corpo humano mergulhado em uma piscina?

Multiplicando-se a densidade (d) da água pela aceleração da gravidade (g) e pela profundidade (h), medida a partir da superfície da água até onde o corpo está:

$$P_{\text{hydr}} = d \cdot g \cdot h$$

Para calcular a pressão total, é necessário somar à pressão do líquido a pressão atmosférica (P_{atm}):

$$P_{\text{total}} = P_{\text{atm}} + d \cdot g \cdot h$$

➤ **EMPUXO**

Por que um objeto na água parece mais leve do que no ar? Por causa do empuxo (E). O grego Arquimedes explicou que:

Corpos flutuantes ou submersos totalmente em um fluido (líquido ou gás) em equilíbrio recebem uma força vertical para cima cujo valor é igual ao peso do volume do fluido deslocado.

Em outras palavras:

A perda aparente de peso de um corpo total ou parcialmente imerso em um fluido é igual ao peso do fluido que ele desloca.

A fórmula de cálculo do empuxo é:

$$E = d_{\text{fl}} \cdot V_{\text{fl,d}} \cdot g$$

Em que: d_{fl} é a densidade do fluido, $V_{\text{fl,d}}$ é o volume do fluido deslocado pelo corpo imerso e g é a aceleração da gravidade local.

Para o mesmo corpo o empuxo no ar é menor que na água porque a densidade do ar é menor que a da água.

ELETRICIDADE

➤ **CORPOS ELETRIZADOS**

Quando a falta ou excesso de elétrons em um corpo ele está eletrizado. A carga Q em um corpo é sempre múltipla da menor carga que o homem conseguiu isolar (carga elementar = e = $1,6 \cdot 10^{-19}$ coulombs).

$$Q = \pm n \cdot e$$

Onde é + quando há falta e - quando há excesso de elétrons.

➤ **FORÇA ELÉTRICA**

Cargas elétricas de mesmo sinal se repelem e de sinais contrários se atraem. Estando duas cargas de módulo $|Q_1|$ e $|Q_2|$ à distância d uma da outra, a força elétrica \vec{F} de atração ou de repulsão entre elas terá:

- A direção da reta que passa pelas posições ocupadas pelas cargas.
- A intensidade dada pela fórmula de Coulomb:

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

K é a constante que caracteriza o meio no qual as cargas estão localizadas.

➤ **CAMPO ELÉTRICO**

Corpos eletrizados modificam o espaço ao seu redor. As cargas elétricas geram um campo de forças denominado campo elétrico. O campo elétrico é representado pelo vetor \vec{E} (vetor campo elétrico), que é de afastamento quando a carga geradora é positiva e de aproximação quando ela é negativa.

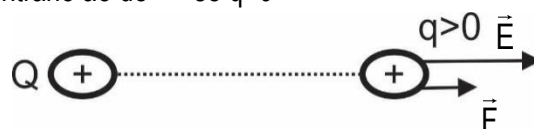
Quando uma carga q (carga de prova) é colocada em algum ponto do campo da carga geradora, age em q uma força elétrica \vec{F} :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \text{ ou } \vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

\vec{F} tem sempre a direção de \vec{E}

\vec{F} tem o sentido de \vec{E} se $q > 0$

e contrário ao de \vec{E} se $q < 0$



➤ **INTENSIDADE DO CAMPO GERADO POR UMA CARGA PUNTIFORME**

Se a carga geradora do campo está distribuída em um corpo de dimensões desprezíveis em comparação com a distância d (carga puntiforme ou pontual), a intensidade do campo $|\vec{E}|$, na distância d da carga geradora, é calculado por:

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

➤ **DIFERENÇA DE POTENCIAL (D.D.P.) ELÉTRICA OU TENSÃO ELÉTRICA**

A **d.d.p.** entre dois pontos **A** e **B** de um campo elétrico é o quociente entre o trabalho realizado pela força elétrica para conduzir a carga q de **A** para **B** e o valor dessa carga:

$$V_A - V_B = U_{AB} = \frac{\tau_{AB}}{q}$$

A d.d.p. é medida em joule/coulomb = volt (1J/C = 1V).

O campo elétrico é conservativo. O trabalho realizado pela força elétrica entre dois pontos do campo é independente da trajetória seguida pela carga entre esses pontos.

➤ **CORRENTE ELÉTRICA**

Corrente elétrica em um meio e o movimento ordenado de cargas elétricas no meio. Para haver corrente elétrica entre dois pontos, é preciso que haja entre eles uma **d.d.p.**

Ao aplicarmos uma **d.d.p** num condutor metálico, a corrente elétrica será constituída pelo movimento ordenado de elétrons livres.

O sentido da corrente elétrica convencional é contrário ao sentido do movimento dos elétrons.

➤ **INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA**

Seja $\Delta q = n.e$ a carga elétrica que passa pela secção transversal de um condutor no intervalo de tempo Δt . A intensidade de corrente elétrica é definida pelo quociente:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{n.e}{\Delta t}$$

No **SI**, i é medida em coulomb/segundo = ampère (1C/s = 1 A)

➤ **RESISTOR**

É um condutor no qual a energia elétrica recebida é totalmente convertida em calor. Resistores são usados em dispositivos de aquecimento, como chuveiros elétricos, e em lâmpadas incandescentes.

➤ **LEIS DE OHM**

São duas:

$$U = R.i$$

R é a resistência elétrica do resistor.

$$R = \rho.L / A$$

A constante ρ representa a resistividade do material; L e A são respectivamente o comprimento e a área da secção transversal do condutor.

➤ **POTENCIA ELÉTRICA**

A potência elétrica fornecida ou consumida em um trecho de circuito sob tensão U e percorrido por corrente de intensidade i e:

$$P = i.U$$

Num resistor, a potência elétrica recebida é transformada em potência térmica, que é dissipada. A potência dissipada num resistor é:

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

Na associação em **série** é o resistor de **maior** resistência que **dissipa** a maior potência elétrica (aquece mais).

Na associação em **paralelo** é o resistor de **menor** resistência que **dissipa** a maior potência elétrica (aquece mais).

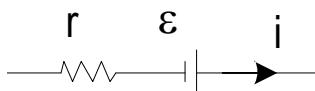
➤ **GERADOR ELÉTRICO**

É o dispositivo que mantém em regime permanente a **d.d.p.** entre pontos de um circuito. O gerador fornece energia às cargas elétricas que constituem a corrente à custa de outra forma de energia.

Em uma pilha ou na bateria do automóvel, energia química é transferida às cargas na forma de energia elétrica. Os geradores das usinas hidrelétricas transformam por processos complexos a energia mecânica de uma queda-d'água em energia elétrica

– o gerador elétrico converte energia não-elétrica em energia elétrica.

O símbolo utilizado para representar um gerador é:



➤ CARACTERÍSTICAS DE UM GERADOR ELÉTRICO

Ao se deslocarem no interior do gerador, as cargas que formam a corrente dissipam parte da energia recebida, na resistência interna r do mesmo.

Se não houvesse a resistência interna, o gerador seria ideal. Nesse caso, a **d.d.p.** entre seus terminais seria eletromotriz (**f.e.m.**) ε .

No gerador real, a d.d.p. U fornecida ao circuito ligado ao gerador é sempre menor que a f.e.m. ε . A equação que traduz o comportamento do gerador real é:

$$U = \varepsilon - r.i$$

À medida que aumenta a demanda de corrente, a tensão entre os terminais do gerador diminui.

A potência total (P_t) do gerador é:

$$P_t = \varepsilon.i$$

A potência útil (P_u) é fornecida pelo gerador ao circuito externo:

$$P_u = i.U$$

A potência dissipada internamente é:

$$P_d = r.i^2$$

➤ LEI DE PUILLET

Permite calcular a intensidade de corrente em um circuito formado por um gerador ligado a uma associação de resistores de resistência equivalente R :

$$\varepsilon = (r + R).i$$

➤ FORÇA MAGNÉTICA EM PARTÍCULA ELETRIZADA E EM CONDUTOR RETILÍNEO PERCORRIDO POR CORRENTE ELÉTRICA

Uma partícula eletrizada com carga q , ao entrar obliquamente com velocidade \vec{v} em um campo de indução magnética uniforme \vec{B} , ficará sob ação de

força de origem magnética com as seguintes características:

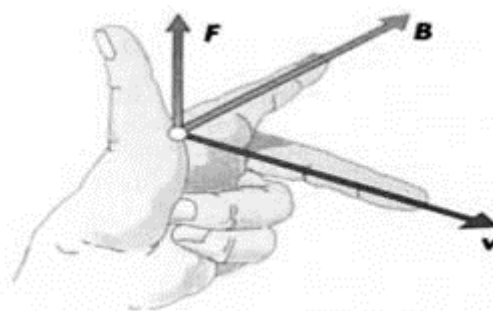
INTENSIDADE:

$$F = q.v.b.\text{sen}\theta$$

Onde θ é o ângulo formado pelas direções de \vec{B} e \vec{v}

Direção: perpendicular ao plano formado pelas retas suportes de \vec{B} e \vec{v} .

Sentido: obtido com o auxílio da regra da mão esquerda, em que o **dedo indicador** aponta no sentido do campo \vec{B} ; o **médio** aponta no sentido de velocidade \vec{v} e o **polegar** aponta no sentido da força quando $q > 0$ e no sentido contrário quando $q < 0$.



Num condutor retilíneo de comprimento L , percorrido por corrente elétrica de intensidade i e eu forma um ângulo θ com as linhas de indução, a intensidade da força magnética é dada por:

$$F = B.i.L.\text{sen}\theta$$

O sentido de F é dado pela regra da mão esquerda anterior, com o **dedo médio** apontando no sentido da **corrente elétrica convencional**.

TERMOLOGIA

Um dos efeitos do calor é alterar a temperatura dos corpos. Outro efeito é o de provocar mudanças de estado físico (físico, ebulição, sublimação) sem que ocorra mudança de temperatura no corpo.

A quantidade de calor Q trocada (ganha ou cedida) pela massa (m) de um corpo, constituído por substancia de calor específico (c), ao sofrer uma variação (aumento ou diminuição) de temperatura ($\Delta t = t_f - t_i$), é calculada pela fórmula:

$$Q = m.c.\Delta t$$

Se $\Delta t > 0 \dots Q > 0$ (o corpo ganhou calor).

Se $\Delta t < 0 \dots Q < 0$ (o corpo cedeu calor).

Quando a troca de calor provoca mudança de estado, a temperatura do corpo não se altera, ou seja, não há mudança de temperatura. Neste caso utiliza-se a fórmula:

$$Q = mL$$

L corresponde à quantidade de calor trocado por unidade de massa durante a mudança de estado.

➤ **PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA**

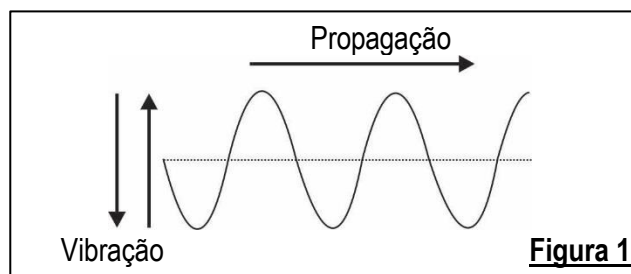
Numa transformação gasosa, a variação de energia interna (ΔU) é igual à diferença entre o calor (Q) e o trabalho (τ) trocados entre o gás e o meio externo:

$$\Delta U = Q - \tau$$

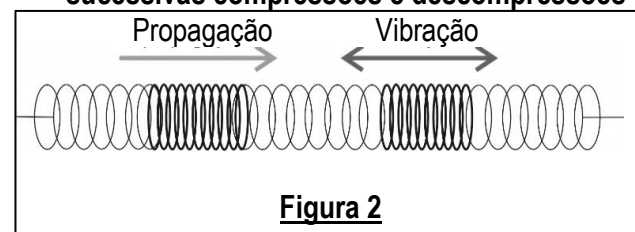
ONDAS

• Onda é uma perturbação ou abalo que propaga energia. Ondas de natureza mecânica (som, ondas em cordas ou na água) só se propagam em meios materiais. As ondas eletromagnéticas (luz, raios X, raios gama, radar, ultravioleta, infravermelho, micro-ondas e ondas de rádio, entre outras) propagam-se no vácuo (com velocidade aproximada de $3 \cdot 10^8$ km/s) e em alguns meios materiais.

As ondas associamos a direção de propagação e a direção de vibração. Quando as direções de vibração e propagação são perpendiculares entre si, a onda é classificada como transversal (fig.1). São exemplos: as ondas em cordas e todas as ondas eletromagnéticas.



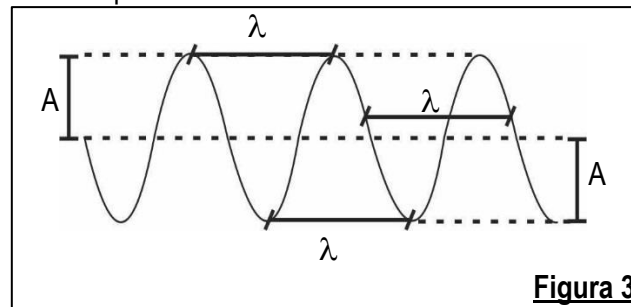
• Quando a propagação e a vibração ocorrem na mesma direção, a onda é classificada como longitudinal (fig.2). Exemplo: ondas sonoras e ondas submetidas a sucessivas compressões e descompressões



No perfil de uma onda (fig.3), destacam-se:

A = amplitude

λ = comprimento de onda



A velocidade de propagação da onda (v), o comprimento de onda (λ) e a frequência (f) relacionam-se pela fórmula:

$$\lambda \cdot f = v$$

• Ondas propagando-se em um meio homogêneo apresentam velocidade de propagação constante. A frequência e o comprimento de onda são inversamente proporcionais entre si.

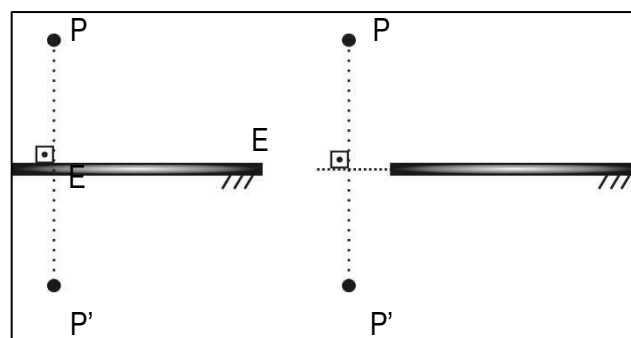
• Quando ondas passam de um meio a outro (do ar para a água, por exemplo), a frequência não se altera. O comprimento de onda e a velocidade de propagação mudam proporcionalmente entre si.

ÓPTICA

Em Óptica é muito importante saber e reproduzir graficamente a imagem de um objeto em relação a um sistema óptico, como espelhos e lentes.

IMAGENS FORNECIDAS POR ESPELHO PLANO

• O ponto imagem e o correspondente ponto objeto são simétricos em relação ao espelho plano. Partindo do ponto objeto, traça-se um segmento perpendicular ao plano do espelho e marca-se a mesma distância do outro lado.



- Para objetos extensos, a simetria continua sendo observada para cada ponto do objeto. Note que a imagem não é invertida (de cabeça para baixo). Ela é “contrária” ao objeto. O espelho plano troca o direito pelo esquerdo e vice-versa.

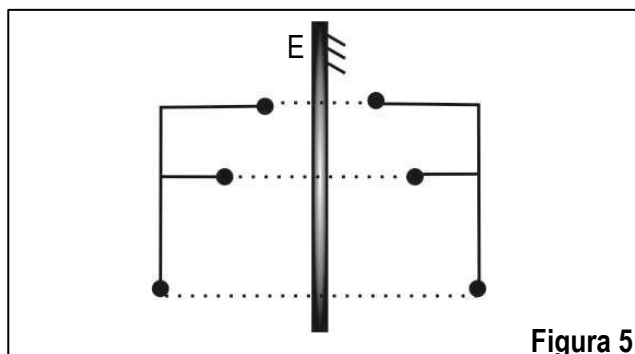


Figura 5

IMAGENS FORNECIDAS POR ESPELHOS ESFÉRICOS

1 – Espelho Esférico Côncavo

- Quando o objeto está na frente de um espelho esférico côncavo até a uma distância do vértice maior do que a distância focal (antes de F), a imagem correspondente é invertida e de natureza real (veja fig.6). Para essas posições, as imagens podem ser projetadas em anteparos, como telas, paredes etc.

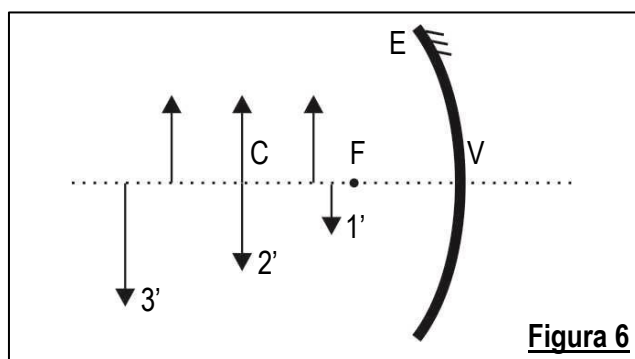


Figura 6

- Quando o objeto estiver entre o foco (F) e o Vértice (V) do espelho a imagem é virtual (atrás do espelho) e ampliada. É o caso do espelho usado pelo dentista (fig.7).

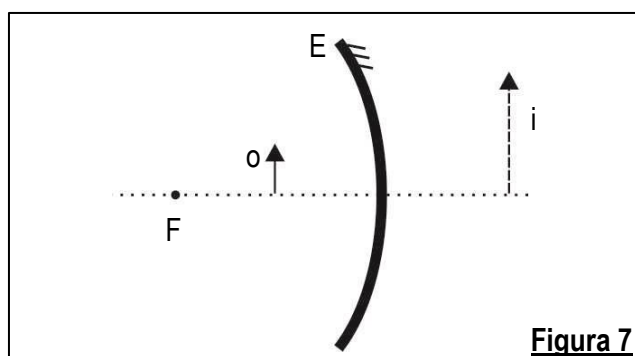


Figura 7

2 – Espelho Esférico Convexo

- Quando os objetos estão na frente do espelho suas imagens correspondentes são de natureza virtual, diminuídas e localizadas entre o vértice (V) e o foco (F) (fig.8).

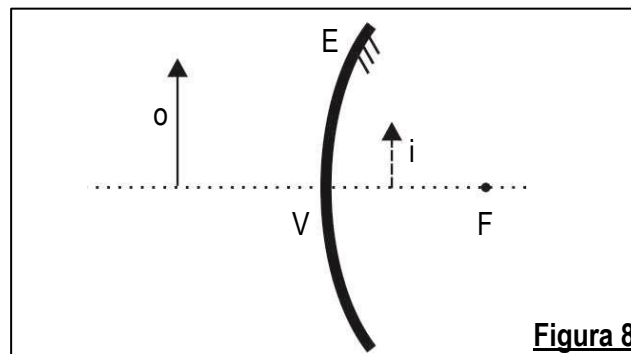


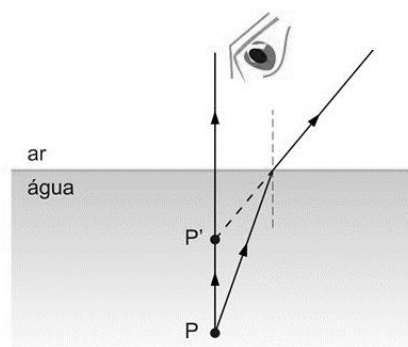
Figura 8

IMAGENS EM DIÓPTRO PLANO

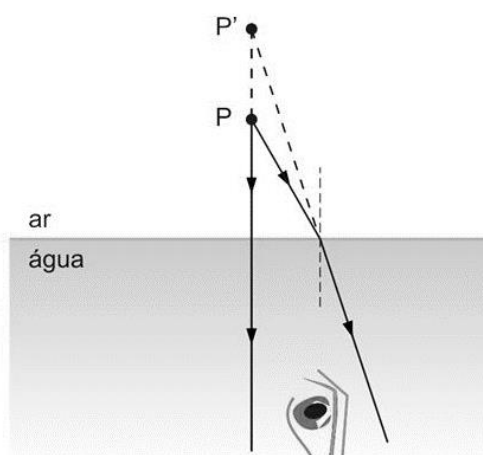
- O **dióptro plano** é um sistema óptico constituído por dois meios transparentes, homogêneos, separados entre si por uma superfície plana.

Considere o sistema formado por ar e água levando-se em conta a propagação da luz:

1- Da Água para o Ar



2- Do Ar para a Água



IMAGENS FORNECIDAS POR LENTES ESFÉRICAS DELGADAS

1-LENTE CONVERGENTE

MAQUINA FOTOGRAFICA (fig.11):

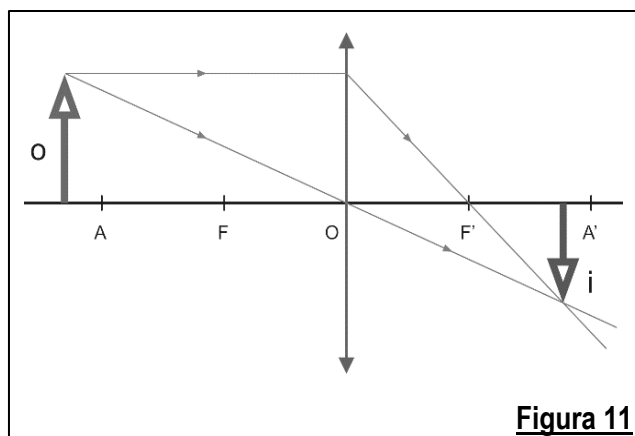


Figura 11

LUPA (fig.12):

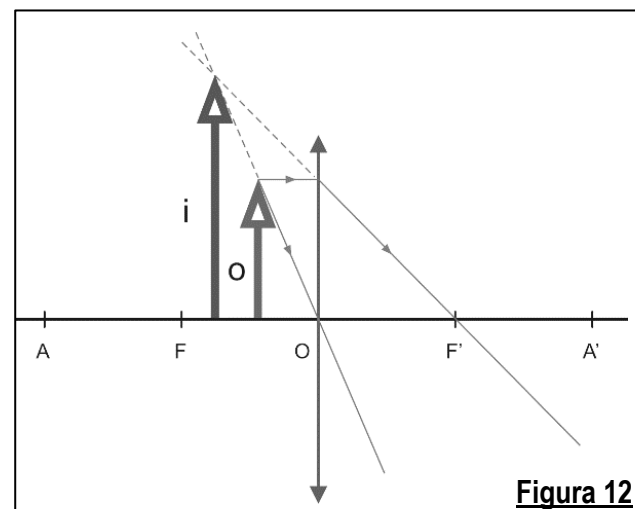


Figura 12

2 – LENTE DIVERGENTE

•Para objetos reais, a lente divergente fornece imagem virtual direita e diminuída.

ÓCULOS PARA CORREÇÃO DA MIOPIA (fig.13):

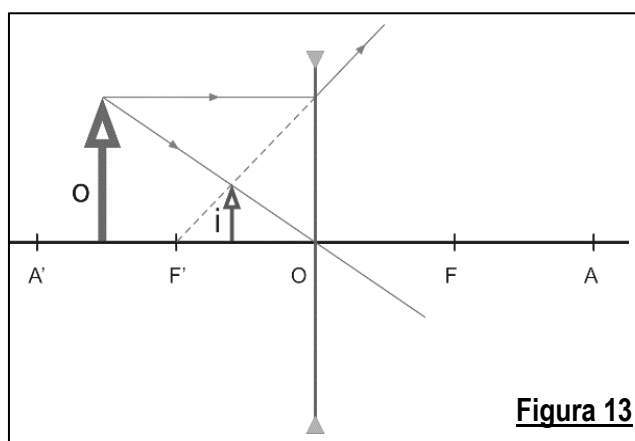
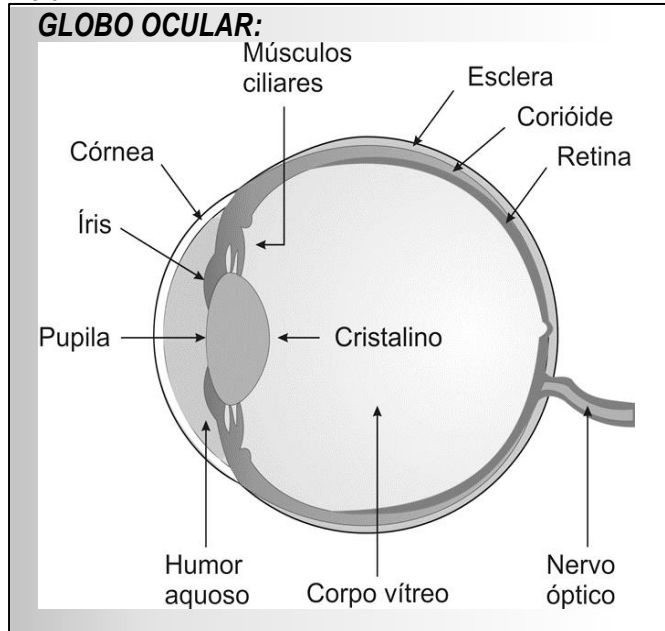


Figura 13



Anomalias comuns da visão humana (ametropias)

Anomalia	Características	Correção
Hipermetropia	Encurtamento do globo ocular	Lente Convergente
Miopia	Alongamento do globo ocular	Lente Divergente
Presbiopia	Enrijecimento do cristalino (lente do olho) com consequente perda na capacidade de acomodação	Lente Convergente

EQUAÇÕES

•Para os espelhos esféricos da pequena abertura e para as lentes delgadas, aplicam as seguintes equações:

1 – EQUAÇÕES DE GAUSS

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

p = abscissa objeto;
p' = abscissa imagem;
f = distancia focal.

2 – EQUAÇÃO DO AUMENTO LINEAR TRANSVERSAL

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

i = cota (“altura”) da imagem;
o = cota (“altura”) do objeto.

Na aplicação dessas equações, a convenção de sinais deve ser a seguinte:

Imagem real $\Rightarrow p' > 0$	Objeto real $\Rightarrow p > 0$
Imagem virtual $\Rightarrow p' < 0$	Objeto real $\Rightarrow p < 0$
Imagem direita $\Rightarrow i > 0$	
Imagem invertida $\Rightarrow i < 0$	

Espelho côncavo $\Rightarrow f > 0$
Espelho convexo $\Rightarrow f < 0$
Lente convergente $\Rightarrow f > 0$
Lente divergente $\Rightarrow f < 0$

ÍNDICE DE REFRAÇÃO ABSOLUTO DE UM MEIO (n)

$$n = \frac{c}{v}$$

c = velocidade da luz no vácuo;
v = velocidade da luz no meio;

• Entre dois meios transparentes e homogêneos, o que apresentar maior índice de refração absoluto é considerado mais refringente.

• Na incidência oblíqua, quando a luz se propagando meio menos refringente (de menor índice de refração) para o meio mais refringente (de maior índice), o raio de luz refratado aproxima-se da reta normal (fig.14).

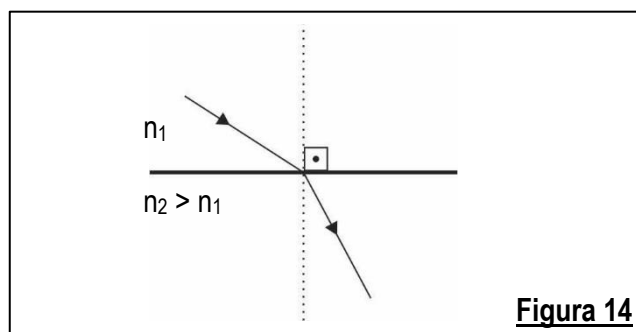


Figura 14

SE A LUZ SE PROPAGAR DO MEIO MAIS REFRINGENTE PARA O MEIO MENOS REFRINGENTE, TEMOS:

- **Refração** com o raio de luz afastando-se da reta normal se o ângulo de incidência for menor ou igual o ângulo limite (fig. 15A).
- **Reflexão total** se o ângulo de incidência for maior que o ângulo limite (fig. 15B).

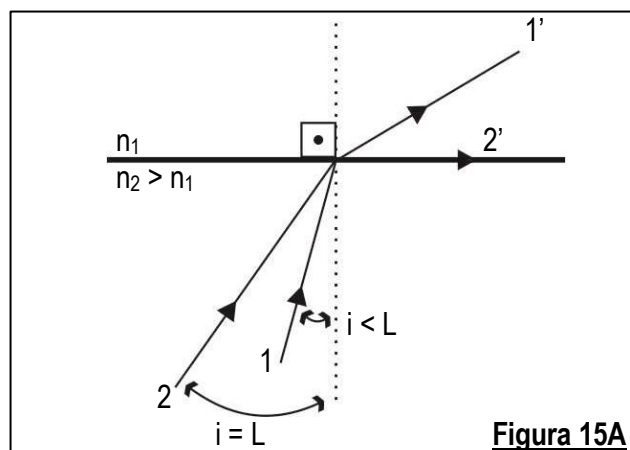


Figura 15A

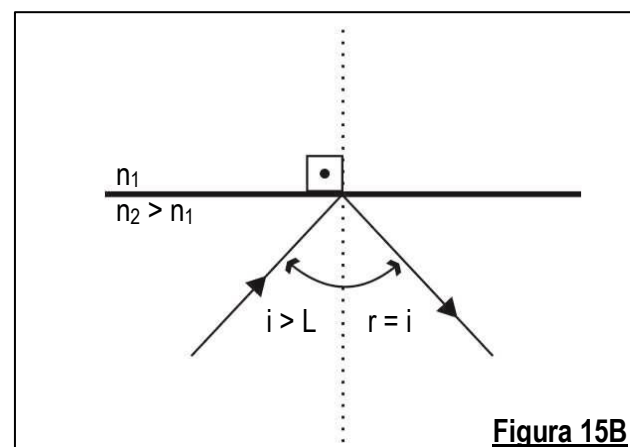


Figura 15B

LEI DE SNELL-DESCARTES

Para cada radiação e para cada par de meios transparentes e homogêneos é válida a razão:

$$\frac{\text{sen}(i)}{\text{sen}(r)} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

i = ângulo de incidência da luz;
r = ângulo de refração;
n₂ = índice de refração do meio para o qual a luz vai;
n₁ = índice de refração do meio do qual a luz vem.

