



FÍSICA 2

IFPR

PROF. ESTEVAM

Índice

Termodinâmica — 3

Ondulatória — 25

Movimento — 42

Harmônico

Simplex

Óptica — 46



Termodinâmica

Termometria



Parte da termologia que estuda os processos de medida e determinação da temperatura dos corpos

Conceitos

Temperatura: Grandeza escalar relacionada ao grau de agitação térmica dos átomos e moléculas de um corpo (energia cinética).

Equilíbrio Térmico: Situação em que se encontram 2 ou mais corpos que estão a uma mesma temperatura (mesma energia cinética média)

Termômetro: Instrumento destinado à medição da temperatura.

Escalas termométricas

Para se definir uma escala termométrica, tomam-se dois pontos fixos:

- **Ponto do Gelo:** Temperatura em que o gelo se funde em condições normais
- **Ponto do Vapor:** Temperatura em que a água ferve em condições normais.

A tais pontos fixos faz-se corresponder valores numéricos arbitrários que definirão a graduação da escala.

Escalas

Escala Celsius

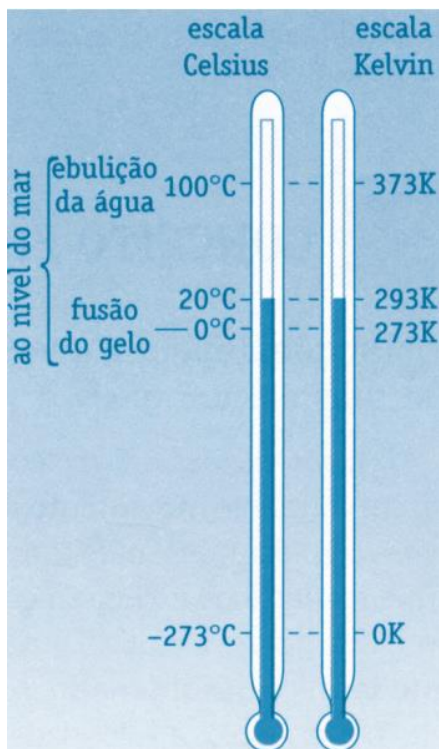
Esta escala foi estabelecida pelo físico sueco Anders Celsius e toma como ponto de gelo 0°, e como ponto de vapor 100°

Escala Fahrenheit

Elaborada pelo físico alemão Daniel Fahrenheit, essa escala é muito utilizada nos países de língua inglesa e toma como ponto de gelo 32° e como ponto de vapor 212°

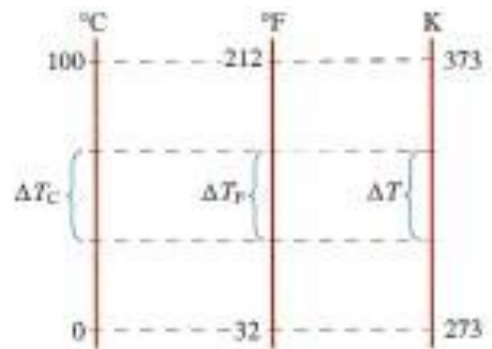
Escala Kelvin

A escala Kelvin foi criada pelo físico inglês Lord Kelvin e é muito usada em pesquisas científicas. Esta escala é conhecida também por Escala Absoluta e toma como ponto de gelo 273, e como ponto de vapor 373. Esta escala termométrica é a única que se relaciona diretamente com a agitação térmica (ou energia cinética média) dos átomos ou moléculas de um corpo



Equações de Conversão

Frequentemente devemos transformar a indicação dada em uma escala para outra. Para convertermos a temperatura dada em uma escala para outra, podemos obter uma equação relacionando as escalas.



Para temperaturas correspondentes, usamos:

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

Para variações correspondentes, usamos:

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

Questão 1

Em um dia quente de verão em Nova York, os termômetros acusam 104°F . A quantos graus Celsius equivale esta temperatura?

Questão 2

(CESGRANRIO) Nos laboratórios de Física de baixas temperaturas, é de uso comum o hélio líquido como fluido refrigerante. A temperatura de ebulção normal do hélio é $4,0\text{K}$. Como se expressa esta temperatura na escala Celsius?

Questão 3

(ITA) - O verão de 1994 foi particularmente quente nos Estados Unidos da América. A diferença entre a máxima temperatura do verão e a mínimas do inverno anterior foi de 60° . Qual o valor desta diferença na escala Fahrenheit?

Questão 3

Dispõe-se de um termômetro calibrado numa escala arbitrária que adota -10°X para a temperatura 10°C e 70°X para a temperatura 110°C . Com este termômetro, mediu-se a temperatura, 77°F . Esta medida foi de:

- A. 2°X
- B. 12°X
- C. 18°X
- D. 22°X
- E. 25°X

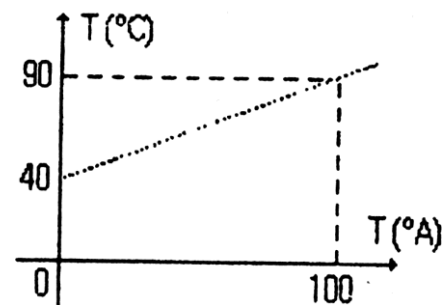
Questão 5

Um estudante dispõe de um termômetro velho no qual as indicações das temperaturas estão totalmente apagadas. Ele então cria uma nova escala na qual o ponto de gelo fundente é indicado pelo valor 10° e o ponto de ebulção da água, pelo valor 80° . Quando essa escala indicar uma temperatura de 24° , qual será a leitura correta da temperatura na escala Celsius?

- A. 80°
- B. 40°
- C. 24°
- D. 20°
- E. 14°

Questão 6

Sob pressão atmosférica normal, um termômetro graduado na escala Celsius e outro graduado numa escala termométrica arbitrária A se relacionam segundo o gráfico a seguir. Na escala A, a temperatura de ebulção da água.



- A. 100°A
- B. 120°A
- C. 200°A
- D. 210°A
- E. 240°A

Gabarito

- 1) 40°C 4) A
- 2) -269°C 5) D
- 3) 108°F 6) B

Dilatação Térmica

Quando se muda a temperatura de um corpo, altera-se também o nível de agitação de seus átomos e moléculas mudando o espaçamento entre os mesmos e conseqüentemente mudando o tamanho do corpo. Geralmente, quando aumenta a temperatura de um corpo, suas dimensões aumentam: é a DILATAÇÃO TÉRMICA. Ocorre a CONTRAÇÃO TÉRMICA ao diminuírem as dimensões do corpo, em virtude da diminuição da temperatura.

Dilatação Térmica dos Sólidos

Dilatação Linear

A dilatação linear é a variação de comprimento (Δl) sofrida por uma barra quando submetida a uma variação de temperatura ($\Delta\theta$).

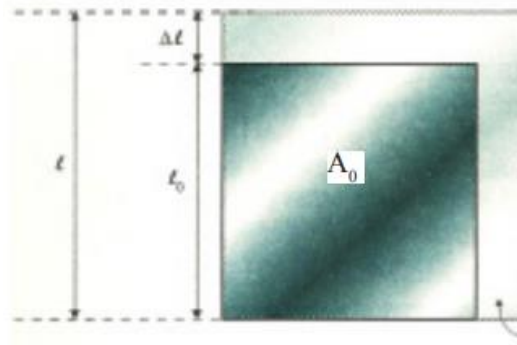
Seja uma barra de comprimento inicial l_0 a temperatura θ_0 . Quando a sua temperatura aumenta até θ , ela passa a ter um comprimento final l . A experiência nos mostra que o aumento de comprimento Δl é diretamente proporcional ao comprimento inicial l_0 e à variação de temperatura $\Delta\theta$. Isto permite escrever que:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$



Dilatação Superficial

A dilatação superficial é o aumento das áreas das superfícies de um corpo, devido ao aumento de temperatura. Para a dilatação superficial, as considerações são análogas à dilatação linear, ou seja, a variação da área da superfície de um corpo (ΔA) é diretamente proporcional à sua área inicial (A_0) e à variação de temperatura ($\Delta\theta$).



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

O coeficiente de dilatação superficial varia de material para material e a sua unidade é dada por, $^{\circ}\text{C}^{-1}$, $^{\circ}\text{F}^{-1}$ ou K^{-1} e é o dobro do coeficiente de dilatação linear tal que:

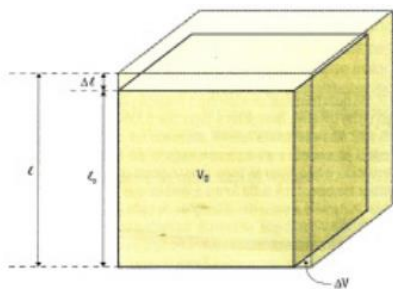
$$\beta = 2 \alpha$$

Se uma chapa com um furo central é aquecida, o orifício (parte vazada) se dilata como se fosse constituído do próprio material da chapa. Da mesma forma, os corpos ocos se dilatam como se fossem maciços



Dilatação Volumétrica

A dilatação volumétrica (ou cúbica) é a variação de volume de um corpo devido à variação de temperatura. Da mesma maneira, a variação de volume (ΔV) é diretamente proporcional ao volume inicial (V_0) e à variação de temperatura ($\Delta\theta$).



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

A constante de proporcionalidade γ é denominada coeficiente de dilatação volumétrica (ou cúbica). Varia de material para material, sendo dado em $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ou $^{\circ}\text{F}^{-1}$ ou K^{-1} e vale o triplo do coeficiente de dilatação linear

$$\gamma = 3\alpha$$

Os três coeficientes α , β e γ estão relacionados por

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

Dilatação dos Líquidos

Como os líquidos não apresentam forma própria, só tem significado o estudo de sua dilatação volumétrica. Ao estudar a dilatação dos líquidos, é preciso levar em conta a dilatação do recipiente sólido que o contém.



De maneira geral, os líquidos dilatam-se sempre mais que os sólidos ao serem igualmente aquecidos. No aquecimento de um líquido contido num recipiente, o líquido irá, ao dilatar-se juntamente com o recipiente, ocupar parte da dilatação sofrida pelo recipiente, além de mostrar uma dilatação própria, chamada dilatação aparente. A dilatação aparente é aquela diretamente observada, e a dilatação real é aquela que o líquido sofre realmente. Consideramos um recipiente totalmente cheio de um líquido à temperatura inicial T_0 .

Aumentando a temperatura do conjunto (recipiente + líquido) até uma temperatura t_f , nota-se um extravasamento do líquido, pois este se dilata mais que o recipiente. A dilatação aparente do líquido é igual ao volume que foi extravasado. **A dilatação real do líquido é dada pela soma da dilatação aparente do líquido e da dilatação volumétrica sofrida pelo recipiente.**

$$\Delta V_{\text{real}} = \Delta V_{\text{ap}} + \Delta V_{\text{recip}}$$

$$V_0 \gamma_{\text{real}} \Delta T = V_0 \gamma_{\text{ap}} \Delta T + V_0 \gamma_{\text{recip}} \Delta T$$

$$\gamma_{\text{real}} = \gamma_{\text{ap}} + \gamma_{\text{recip}}$$

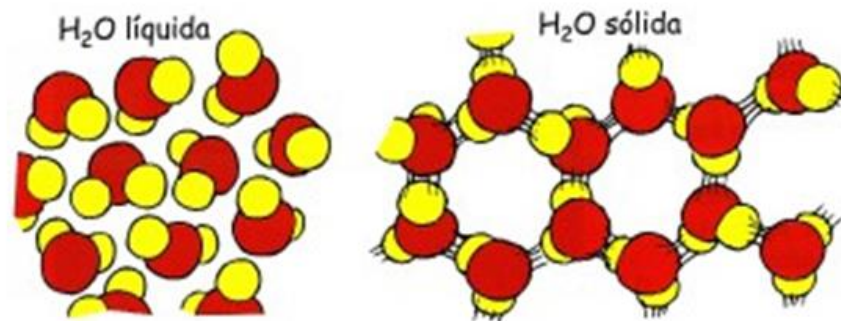
Dilatação Anômala da água

Sabemos que ao se congelar a água a mesma aumenta o seu volume ao invés de diminuí-lo (como acontece com a maioria das substâncias). Porque isso acontece com a água?



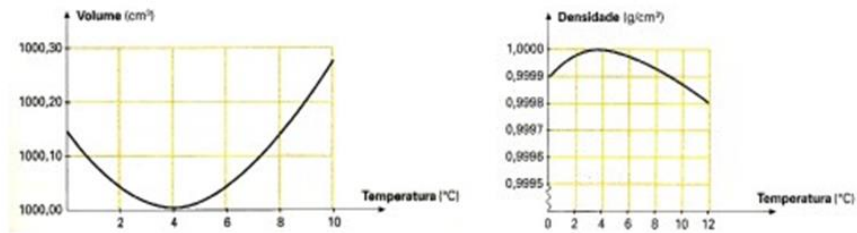
A água é formada por moléculas de H_2O que no estado líquido estão “soltas” umas das outras e quando o processo de “agrupamento” dessas moléculas se inicia (abaixo de $4^{\circ}C$), através das “pontes de hidrogênio” a estrutura molecular “hexagonal” adotada acaba ocupando um volume maior no espaço, acarretando num aumento no volume total da água.

Veja a ilustração



Dilatação Anômala da água

Veja como ficam os gráficos do Volume x Temperatura e da Densidade x Temperatura para a água próximo do congelamento (0°C)



A partir da análise das informações acima podemos concluir que a 4°C a água assume o menor volume e a maior densidade.

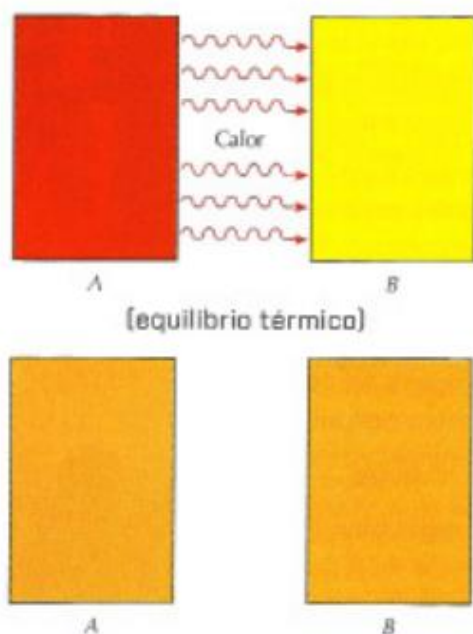
Calorimetria

A Calorimetria é a parte da Física Experimental onde são estudadas as medidas das quantidades de calor trocadas pelos corpos durante uma transformação.



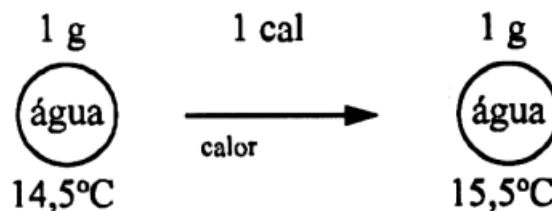
Vamos supor dois corpos A e B, em contato, constituindo um sistema isolado. Se as duas temperaturas iniciais forem diferentes, eles trocam energia até atingirem a mesma temperatura, ou seja, até atingirem o equilíbrio térmico. A esse processo, de transferência de energia, damos o nome de calor. Então:

Calor é o processo de transferência de energia entre dois corpos devido à diferença de temperatura existente entre eles.



Calor é a energia transferida, e no SI é dado em Joule. Para uso popular, usamos a caloria e a quilocaloria.

A caloria é a quantidade de calor necessária para elevar de 14,5°C até 15,5°C a temperatura de um grama de água sob a pressão normal.



Experimentalmente, chegou-se à relação:

$$1 \text{ cal} = 4,18\text{J}$$

Capacidade térmica ou capacidade calorífica

Quando um corpo recebe uma quantidade de calor "Q", sua temperatura sofre uma elevação proporcional " $\Delta\theta$ ". Matematicamente, teremos (na unidade cal/°C)

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

Perceba que a "CAPACIDADE TÉRMICA É NUMERICAMENTE IGUAL À QUANTIDADE DE CALOR QUE UM CORPO RECEBE ou CEDE PARA VARIAR SUA TEMPERATURA DE 1 GRAU".

As unidades de "C" são:

$$\frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}} \rightarrow \text{unidade prática}$$

$$\frac{\text{J}}{\text{K}} \rightarrow \text{(unidade SI)}$$

Calor específico

É uma característica da substância que constitui o corpo. Corpos feitos de diferentes substâncias terão calores específicos diferentes. Assim, é a quantidade de calor que cada unidade de massa da substância deve perder ou receber para que sua temperatura varie 1 grau.

$$C_{Fe} = 0,11 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \quad C_{Pb} = 0,03 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \quad C_{Al} = 0,22 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

$$C = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

Equivalente em água de um corpo - E

Quando um corpo recebe uma quantidade de calor Q sua temperatura aumenta $\Delta\theta$. Imagine uma certa massa de água que tenha o mesmo comportamento térmico do corpo em questão, isto é, que ao receber uma quantidade de calor " Q " também eleva sua temperatura de " $\Delta\theta$ ".

Essa massa de água chama-se EQUIVALENTE EM ÁGUA DO CORPO (EA) e é numericamente igual à capacidade térmica deste corpo.

$$E = C$$

Equação Fundamental da Calorimetria

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

$$C = m \cdot c$$

É ainda comum usar as unidades: S.I

Q	- caloria (cal)	Q	→ joule (J)
m	- grama (g)	m	→ quilograma (Kg)
$\Delta\theta$	- grau Celsius ($^\circ\text{C}$)	$\Delta\theta$	→ Kelvin (K)
c	- cal/g. $^\circ\text{C}$	c	→ J/kg.K

Potência de uma Fonte Calorífica

Como o calor é uma forma de energia, teremos:

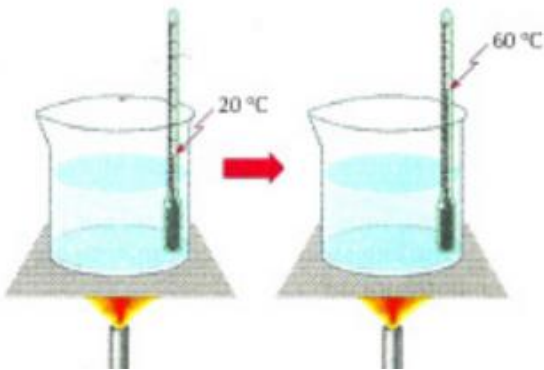
$$P = \frac{Q}{\Delta t}$$

Grandeza esta chamada de potência de uma fonte calorífica ou potência térmica de uma fonte. Embora a unidade SI seja o watt (W) é mais comum usar unidades mistas como cal/s, cal/min, kcal/min

Calor sensível

Calor sensível é a quantidade de calor recebida ou cedida por um corpo ao sofrer uma variação de temperatura, sem que haja mudança de estado físico (sólido, líquido ou gasoso). A expressão do calor sensível é a própria equação fundamental da calorimetria:

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



Calor latente

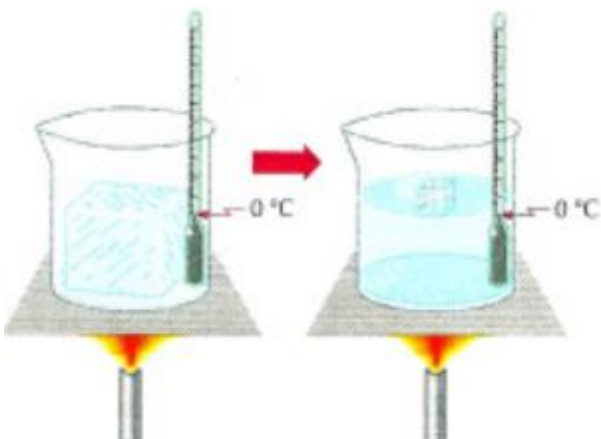
Calor latente é aquele recebido ou cedido por um corpo provocando unicamente uma mudança de estado físico do corpo, sem alterar sua temperatura. Observa-se o calor latente é proporcional à massa m que muda de estado físico: Portanto:

$$QL = m \cdot L$$

Onde:

QL = calor latente do corpo

L = característica da substância que pode-se chamar de: **LATÊNCIA DE MUDANÇA DE ESTADO** ou **CALOR DE MUDANÇA DE ESTADO**



Em nosso curso adotaremos:

Calor latente de fusão do gelo (a 0°C): $L_F = 80\text{cal/g}$

Calor latente de solidificação da água (a 0°C):
 $L_S = -80\text{cal/g}$

Calor latente de vaporização da água (a 100°C):
 $L_V = 540\text{cal/g}$

Calor latente de condensação do vapor (a 100°C): $L_C = -540\text{cal/g}$

Trocas de Calor

Princípios das Trocas de Calor

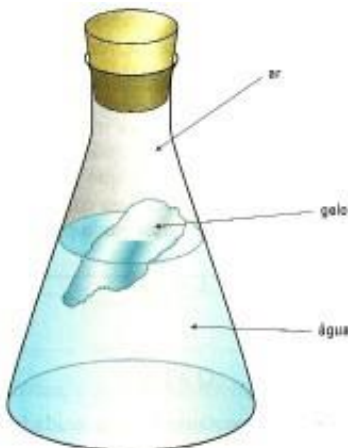
Quando colocamos em contato corpos que possuam diferentes temperaturas, observamos que os mesmos começam a trocar energia até que suas temperaturas se igualem. Este trânsito de energia é chamado de “Calor”. Quando o sistema é isolado termicamente, chamamos o mesmo de “adiabático”, ou seja, não há trocas de calor entre o meio externo e interno. Nestas condições a passagem de calor ocorre entre os corpos que estão dentro do sistema.

“NUM SISTEMA TÉRMICAMENTE ISOLADO, AS QUANTIDADES DE CALOR CEDIDAS POR ALGUNS CORPOS SÃO IGUAIS ÀS QUANTIDADES DE CALOR RECEBIDAS PELOS OUTROS CORPOS DO SISTEMA”.

$$Q_{\text{CEDIDO}} + Q_{\text{RECEBIDO}} = 0$$

Calorímetros

As trocas de calor são feitas em recipientes metálicos (cobre ou alumínio) revestidos de isopor que os fazem um sistema isolado. Esses recipientes são denominados calorímetros e eles também participam das trocas de calor com os corpos que estão no seu interior.



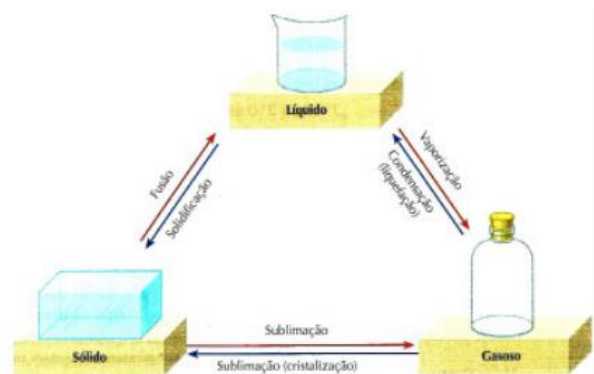
Mudanças de Estado Físico

Os Estados Físicos da Matéria

Nos sólidos, as moléculas se encontram muito juntas; portanto, as forças de atração são muito intensas. Por isso as moléculas não podem se soltar e têm somente um movimento vibratório, fazendo que os sólidos tenham volume e forma definidos. Na fase líquida as forças de atração diminuem porque as moléculas se distanciam mais e têm maior liberdade de movimento. Nessa fase o corpo tem um volume próprio mas não tem forma própria. Se as moléculas se separam ainda mais, as forças de atração passam a ter intensidade muito pequena. A partir daí, ocorre a expansibilidade, que caracteriza a fase gasosa. Os gases não têm forma nem volume próprios e ocupam todo o espaço disponível.

Mudanças de Fase

Uma substância pode passar de uma fase para outra através do recebimento ou fornecimento de calor. Essas mudanças de fase são chamadas de:



- **FUSÃO:** é a passagem de uma substância de fase sólida para a fase líquida.
- **SOLIFICAÇÃO:** é a passagem da fase líquida para a fase sólida.
- **VAPORIZAÇÃO:** é a passagem da fase líquida para a fase gasosa.
- **CONDENSAÇÃO OU LIQUEFAÇÃO:** é a passagem da fase gasosa para a fase líquida.
- **SUBLIMAÇÃO:** é a passagem direta da fase sólida para a fase gasosa ou da fase gasosa para a fase sólida.

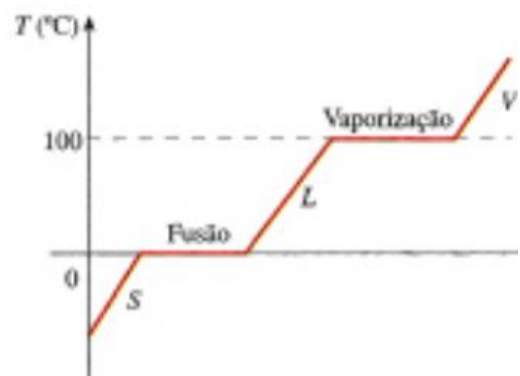
Tipos de Vaporização

- **EVAPORAÇÃO:** dá-se na temperatura ordinária. Causa resfriamento. É lenta. Ex.: Roupa estendida, água na rua após a chuva, A evaporação depende da: Temperatura, superfície livre vento, diminuição da pressão, etc.
- **EBULIÇÃO:** É a vaporização regular, obedecendo às leis das mudanças de estado. Dá-se como formação de bolhas de ar. É rápida.
- **CALEFAÇÃO:** Dá-se numa chapa aquecida, com a formação de globulos animados de movimento rápido. É ultra-rápida.

Curvas de Aquecimento ou Resfriamento

Consideremos um bloco de gelo, à temperatura de -20°C sob pressão normal, contido num recipiente. Fornecendo calor ao bloco de gelo e, por um processo qualquer, mantendo a pressão constante, verificamos que: A temperatura do bloco de gelo começa a aumentar até atingir o ponto de fusão a 0°C , isto é, passa de -20°C a 0°C . A partir desse instante, começa o processo de transformação do sólido em líquido, isto é, a fusão do gelo. Durante um determinado tempo, a temperatura permanece constante, embora continue o fornecimento de calor, até que o bloco de gelo se transforme totalmente em líquido. Com o término da fusão, o fornecimento de calor volta a produzir um aumento de temperatura do corpo, agora no estado líquido, até atingir a temperatura de ebulição, isto é 100°C sob pressão normal. A partir desse instante, inicia-se o processo de ebulição do líquido, com transformação deste em vapor. Nesse momento a temperatura torna a permanecer constante a 100°C , até que toda a massa do líquido se transforme em vapor. Daí, então, o calor fornecido servirá para um maior aquecimento do vapor de água que existe no recipiente.

O gráfico mostra o comportamento do fenômeno descrito e denomina-se curva de aquecimento. Supondo o processo inverso, isto é, a retirada de calor do vapor, ocorrerá, respectivamente, a condensação e a solidificação, e o gráfico será chamado curva de resfriamento.



Propagação do Calor

A propagação do calor efetua-se por três modos diferentes: a condução, a convecção e a irradiação.

Condução

É o processo de transmissão de calor através do qual a energia passa de molécula para molécula sem que elas sejam deslocadas.



Aquecendo-se a extremidade de uma barra metálica, as moléculas passam a vibrar com mais intensidade, transmitindo essa energia adicional às moléculas mais próximas, que também passam a vibrar mais intensamente e assim sucessivamente até alcançar a outra extremidade. Por esse motivo, os cabos de panela são feitos de materiais chamados isolantes.

O fluxo de calor através de um corpo é dado por:

$$\Phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{k.A.\Delta T}{e}$$

Convecção

A Convecção consiste no transporte de energia térmica de uma região para outra, através do transporte de matéria.

Como existe movimentação de matéria, a convecção é um fenômeno que só pode ocorrer nos fluídos (líquidos e gases).



Exemplo: Os aparelhos de ar condicionado operam colocando ar frio dentro de um ambiente. Porém eles causam melhores efeitos quando colocados na parte superior de uma sala, porque dessa forma provocam a convecção do ar, com a descida do ar frio que é mais denso, e a subida do ar quente, que é menos denso.



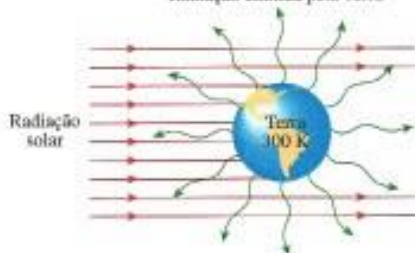
Irradiação

É um processo de transmissão de energia entre dois corpos que não precisa de um meio material para se propagar. Um exemplo é a terra recebendo energia emitida pelo Sol, que passa pelo vácuo aquecendo-a. Essa energia, que não necessita de um meio material para propagar-se, denomina-se energia radiante e é transmitida através de ondas eletromagnéticas.

Importante: Corpos a qualquer temperatura irradiam calor, e quanto maior a sua temperatura, mais intensa é essa irradiação.



Radiação emitida pela Terra



Transformações Gasosas



Gás Ideal ou Perfeito: Gás imaginário, não real, que apresenta um comportamento mais simplificado do que os gases reais.

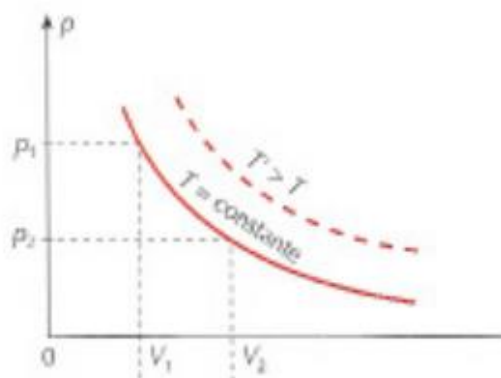
Gás real: Em alta temperatura e baixa pressão, comporta-se aproximadamente como gás perfeito

Lei de Boyle-Mariotte

Esta lei rege as transformações isotérmicas. A temperatura constante, a pressão de um gás é inversamente proporcional a seu volume, ou seja:

$$p \cdot V = \text{constante}$$

Considere uma seringa de injeção mantida a temperatura constante, com seu bico tapado, contendo um volume V_1 de um gás sujeito à pressão p_1 . Se a pressão for dobrada, pela lei de Boyle-Mariotte, o volume reduz-se à metade.



$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

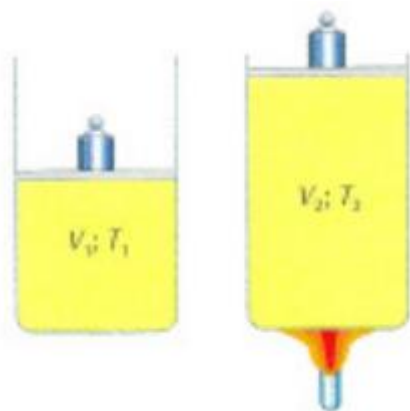
A representação gráfica da pressão em função do volume é uma hipérbole chamada isoterma. Com o aumento da temperatura, o produto $p \cdot V$ torna-se mais alto e as isotermas se afastam das origens do eixo

Lei de Charles

Esta lei rege as transformações isobáricas de um gás, isto é, aquelas que se processam sob pressão constante, e cujo enunciado é o seguinte: A pressão constante, o volume e a temperatura absoluta de gás são diretamente proporcionais, ou seja:

$$V/T = \text{Constante}$$

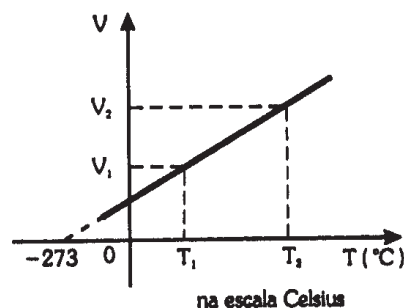
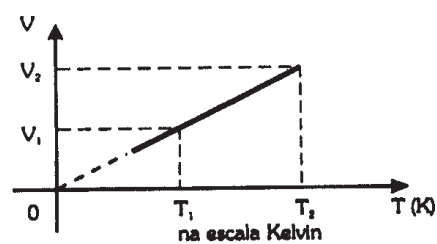
Suponha uma determinada massa gasosa contida em um cilindro provido de um êmbolo móvel, sujeito a uma pressão constante p exercida pela atmosfera.



Com o aquecimento do sistema, as moléculas do gás se agitam mais rapidamente aumentando o número de choques contras às paredes do recipiente, deslocando o êmbolo móvel para cima até que haja um equilíbrio entre a pressão interna e a externa agindo sobre o êmbolo. Pela Lei de Gay-Lussac:

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

A representação gráfica de uma transformação isobárica é uma reta.



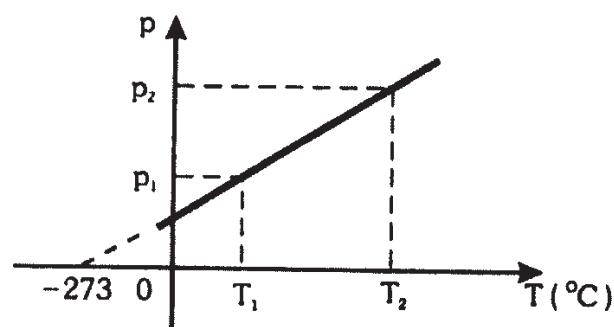
Lei de Charles e Gay-Lussac

Esta Lei diz respeito às transformações isocórica ou isométricas, isto é, aquelas que se processam a volume constante, cujo enunciado é o seguinte: Com volume constante, a pressão de uma determinada massa de gás é diretamente proporcional a sua temperatura absoluta, ou seja:

$$p \cdot V = \text{constante}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

A representação gráfica da transformação isométrica é uma reta.

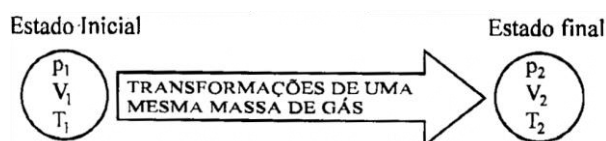


Equação Geral dos Gases

Perfeitos

Quando as três variáveis de uma determinada massa de gás - pressão, volume e temperatura - apresentarem variações, utiliza-se a equação geral dos gases que engloba todas as transformações vistas anteriormente. SEGUNDO ESTA EXPRESSÃO, TEMOS:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

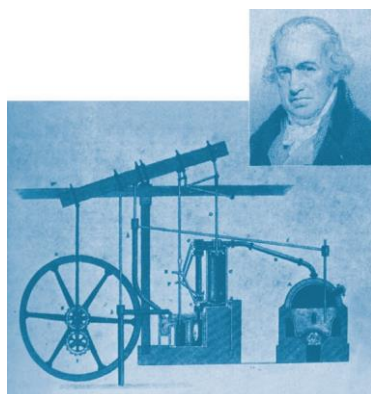


Introdução à Termodinâmica

É a parte da Física que estuda as transformações entre calor e trabalho. Calor e trabalho estão relacionados entre si por apresentarem em comum a mesma modalidade de energia. Vejamos seus conceitos:

- CALOR: processo de transferência de energia devido à diferença de temperatura.
- TRABALHO: processo de transferência de energia através da atuação de uma força. As transformações entre calor e trabalho serão estudadas em sistemas formados por recipientes contendo, em equilíbrio térmico, uma determinada massa de gás perfeito.

As transformações entre calor e trabalho serão estudadas em sistemas formados por recipientes contendo, em equilíbrio térmico, uma determinada massa de gás perfeito.



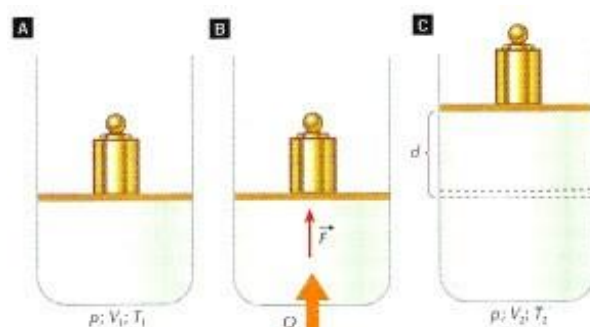
Energia Interna - U

A energia Interna de um gás perfeito monoatômico é a soma de energias cinéticas médias de todas as suas moléculas. A energia Interna de um gás perfeito está diretamente associado à sua temperatura. Quando um sistema (gás) recebe uma determinada quantidade Q de calor, sofre um aumento ΔU de sua energia interna conseqüentemente um aumento ΔT de temperatura. Assim:

- Se $\Delta T > 0 \Rightarrow \Delta U > 0$: energia interna aumenta.
- Se $\Delta T < 0 \Rightarrow \Delta U < 0$: energia interna diminui.
- Se $\Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$: energia interna não varia.

Trabalho em um Sistema

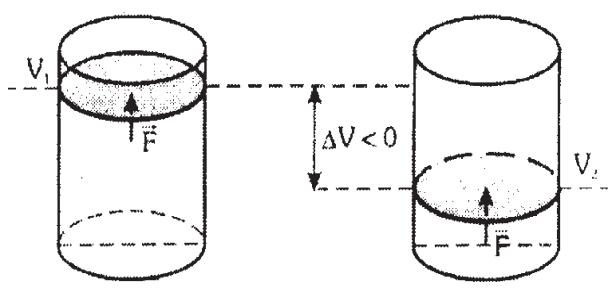
Consideremos um gás contido num cilindro provido de êmbolo. Ao se expandir, o gás exerce uma força no êmbolo, que se desloca no sentido da força.



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

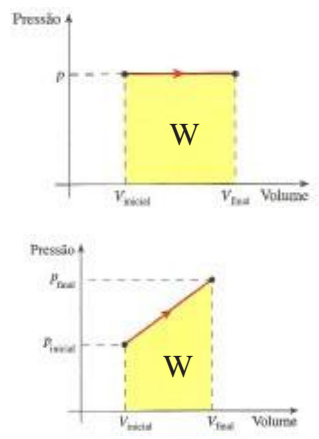
Numa expansão o gás realiza um trabalho positivo sobre o meio exterior. Numa compressão o deslocamento do êmbolo tem sentido oposto ao da força que o gás exerce sobre o êmbolo. O trabalho é resistente; Na compressão o meio externo realiza um trabalho negativo sobre o gás.

- $\Delta V > 0 \Rightarrow W > 0$: o gás realiza trabalho sobre o meio.
- $\Delta V < 0 \Rightarrow W < 0$: o gás sofre trabalho do meio.
- $\Delta V = 0 \Rightarrow W = 0$: o sistema não troca trabalho.



Num diagrama pressão x volume, o trabalho realizado pela força que o gás exerce sobre o êmbolo é numericamente igual à área sob a curva.

A n W

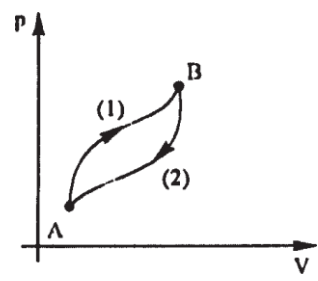


Transformação Cíclica

Uma transformação gasosa é dita cíclica (ou fechada) quando o gás parte de um estado inicial, passa por uma série de estados intermediários e retorna às condições iniciais de estado. Assim, na transformação cíclica, o estado final (p, v, T) coincide com o estado inicial (p, v, T). Imagine um gás se expandindo de A para B e em seguida retornando ao estado inicial A.

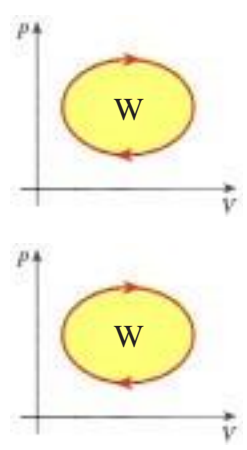
Para se expandir de A para B, o gás realiza trabalho que é calculado para área interna abaixo da curva (1). Ao retornar de B para A, o gás recebe trabalho que é calculado pela área interna abaixo da curva (2).

$$W = A1 - A2$$



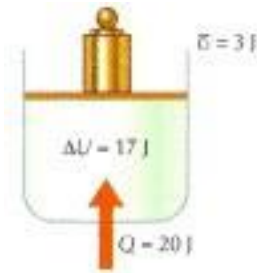
- CICLO HORÁRIO -> W Positivo
- CICLO ANTI HORARIO -> W NEGATIVO

Assim para uma transformação cíclica, o trabalho trocado pelo sistema é dado pela área interna do ciclo.



1ª Lei da Termodinâmica

De acordo com o princípio de conservação da energia, a energia não pode ser criada nem destruída, mas somente transformada de uma espécie em outra. O primeiro princípio da Termodinâmica estabelece uma equivalência entre o trabalho e o calor trocados entre um sistema e seu meio exterior. Considerados um sistema recebendo uma certa quantidade de calor Q .



Parte desse calor foi utilizada para realizar um trabalho W , e o restante provocou um aumento na sua energia interna ΔU .



A correspondência entre essas grandezas é obtida fazendo-se o balanço energético entre o calor, trabalho e energia interna

$$Q = W + \Delta U$$

Esta expressão representa analiticamente o primeiro princípio da Termodinâmica cujo enunciado pode ser: A variação da energia interna de um sistema é igual à diferença entre o calor e o trabalho tocados pelo sistema com o meio exterior.



Aplicações do 1º Princípio

Vamos aplicar o primeiro princípio da Termodinâmica às transformações gasosas particulares, fazendo uma análise do que acontece com o gás durante a transformação, através entre o calor e o trabalho trocados.



Para isto, não devemos esquecer que: A variação de volume nos informa a respeito do trabalho. E a temperatura nos diz o que acontece com a energia interna

VOLUME

$V \uparrow$ aumenta

$V \downarrow$ diminui

V cte

GÁS

Realiza **W** ($W > 0$) (**W** ⊕)

Recebe **W** ($W < 0$) (**W** ⊖)

W = 0

TEMPERATURA

$T \uparrow$ aumenta

$T \downarrow$ diminui

T cte $\rightarrow \Delta V = 0$

ENERGIA INTERNA

aumenta $\Delta U > 0$

diminui $\Delta U < 0$

U cte $\rightarrow \Delta U = 0$



Transformação Isométrica

Durante uma transformação isométrica, o volume do gás permanece constante e portanto não há realização de trabalho. Como o sistema sem variação de volume não trabalha, temos que

$$V = \text{cte} \therefore \Delta V = 0 \therefore W = 0 \rightarrow Q = \Delta U$$

Se o gás:

Recebe Calor	U aumenta	T aumenta
Cede Calor	U diminui	T diminui

Transformação Isotérmica

Durante uma transformação isotérmica, a temperatura permanece constante e não ocorre variação da energia interna do sistema. Assim:

$$T = \text{cte} \therefore U = \text{cte} \therefore \Delta U = 0 \rightarrow Q = W$$

Se o gás:

Recebe Q	Realiza w (expansão)
Recebe w (compressão)	Cede Q

Transformação Isobárica

Durante uma transformação, como a pressão permanece constante, o volume ocupado pelo gás é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta.

Assim, se o gás:

*Recebe Q	T aumenta	U aumenta	→ o gás realiza w
*Cede Q	T diminui	U diminui	→ o gás recebe w

$$Q = W + \Delta U$$

Transformação Adiabática

Nas transformações adiabáticas não ocorre transferência de calor entre o sistema e sua vizinhança.

$$\text{Então: } Q = 0 \therefore 0 = W + \Delta U \rightarrow W = -\Delta U$$

Todo o trabalho trocado pelo sistema é devido exclusivamente à sua energia interna.

Assim, se o gás realiza (w +), a sua energia interna diminui ($\Delta U -$). Quando o gás recebe (w -), a sua energia interna aumenta ($\Delta U +$).

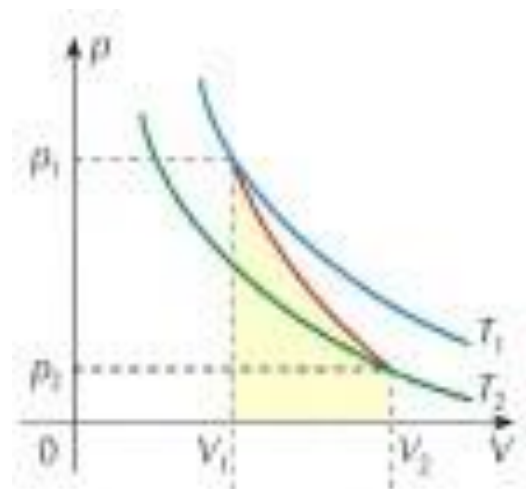
Assim:

Expansão Adiabática

O gás realiza **W**
 Às custas de sua U
 U diminui
 T diminui

Compressão Adiabática

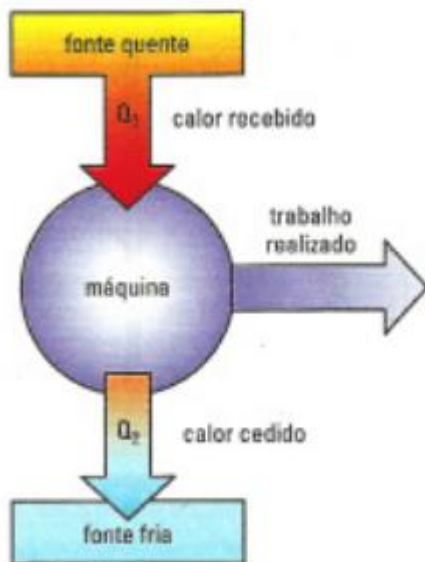
O gás recebe **W**
 Armazena U
 U aumenta
 T aumenta



A representação gráfica de uma transformação adiabática é uma curva pouco mais inclinada que a isoterma. (linha vermelha)

2ª Lei da Termodinâmica

O segundo princípio da Termodinâmica estabelece as condições em que é possível a transformação de calor em trabalho, completando, dessa forma, o primeiro princípio, que trata apenas da equivalência entre o calor e o trabalho. A conversão de calor em energia mecânica é conseguida por meio de uma máquina térmica. Como exemplo de máquina térmica podemos citar as turbinas a vapor, as turbinas a querosene que impulsionam os aviões a jato, os motores de explosão que queimam gasolina, álcool ou diesel, ou mesmo um reator termo nuclear de uma usina atômica. Para que um dispositivo possa transformar calor em trabalho, precisamos de duas fontes de calor em temperaturas diferentes. Quando o calor flui de uma fonte para outra, ele é utilizado na realização de um trabalho. Os dispositivos que transformam calor em trabalho são denominados máquinas térmicas. Uma máquina térmica é um dispositivo que possui um fluido operante (normalmente em vapor) que, operando em ciclos, retira calor de uma fonte quente (Q_1), realiza uma parte em trabalho (W) e rejeita o restante (Q_2) para uma fonte a menor temperatura, denominada fonte fria (meio ambiente).



O rendimento (η) de uma máquina térmica é a razão entre o trabalho que ela realiza (W) e o calor total (Q_1) que ela absorve para realizar o trabalho

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

$$\eta = \frac{W}{Q_1}$$

Assim, se a máquina transforma em trabalho a metade do calor que ela recebe, o seu rendimento é igual a 50%. Pelo princípio da Conservação da Energia, temos que:

$$W = Q_1 - Q_2$$

Então:

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

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

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



Ciclo de Carnot

Uma máquina térmica que opera segundo o ciclo de Carnot é considerada ideal por ter o maior rendimento teórico entre as máquinas térmicas. Este ciclo idealizado por Carnot consiste em duas transformações adiabáticas alternadas com duas transformações isotérmicas. Em particular, para o ciclo de Carnot foi demonstrado que o rendimento máximo depende exclusivamente das temperaturas absolutas das fontes quente e fria

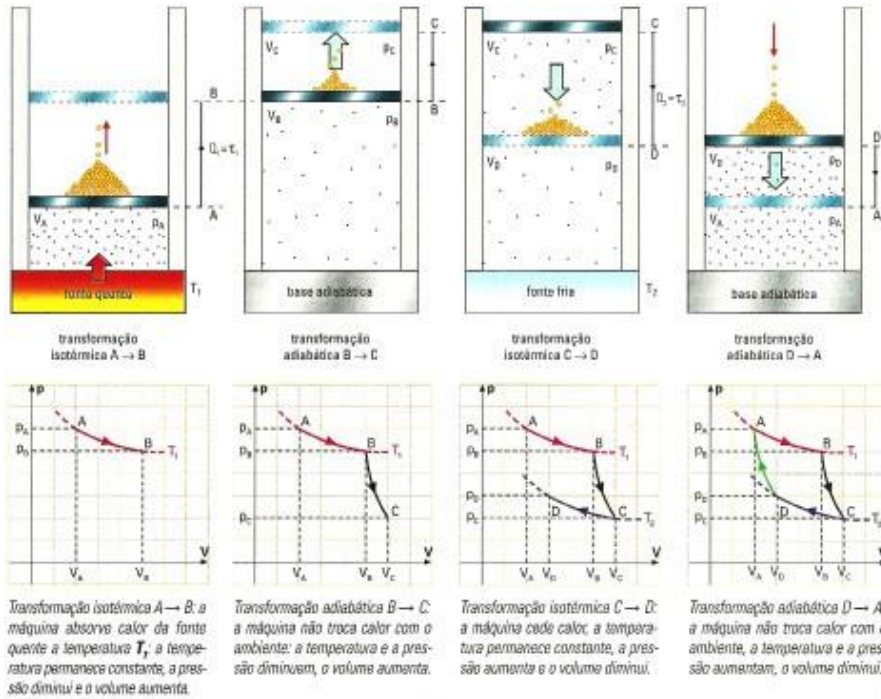
$$\eta = 1 - \frac{T_{\text{FONTE FRIA}}}{T_{\text{FONTE QUENTE}}}$$

Como as quantidades de calor trocadas com as fontes são proporcionais às respectivas temperaturas absolutas, temos:

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



Graficamente, fica assim:



Ondulatória

apostila 

Ondas



Onda é uma perturbação que se propaga sendo capaz de transportar **ENERGIA**. Não é capaz de transportar **MATÉRIA**. A energia que se propaga com o pulso é em parte cinética e em parte potencial elástica

Natureza das Ondas

Ondas Mecânicas

Impulsos mecânicos que são capazes de se propagar apenas se houver um meio material.

NÃO SE PROPAGAM NO VÁCUO

Ex.: Som, ondas nas cordas de um violão, ondas numa mola.

Vsólidos > Vlíquidos > V gases

Ondas Eletromagnéticas

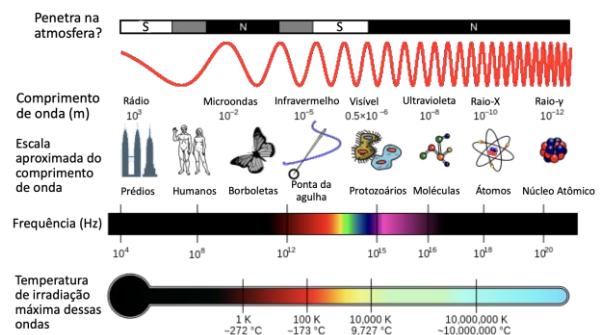
Consistem na propagação de dois campos, um elétrico e o outro magnético. São capazes de se propagar com velocidade igual a 3×10^8 m/s. Não precisam de um meio material para se propagar

Ex.: luz, raios X, ondas de rádio.

Vsólidos < Vlíquidos < V gases < Vvácuo

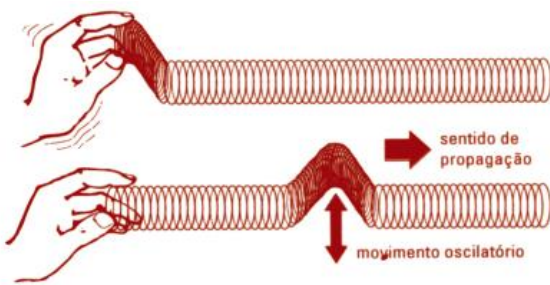
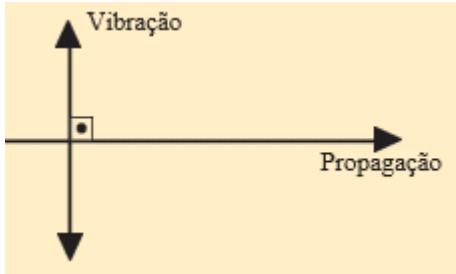
A luz, como toda radiação eletromagnética, é um conjunto de pacotes de energia (chamado fótons). A energia de um Fóton é diretamente proporcional a sua frequência.

Espectro eletromagnético

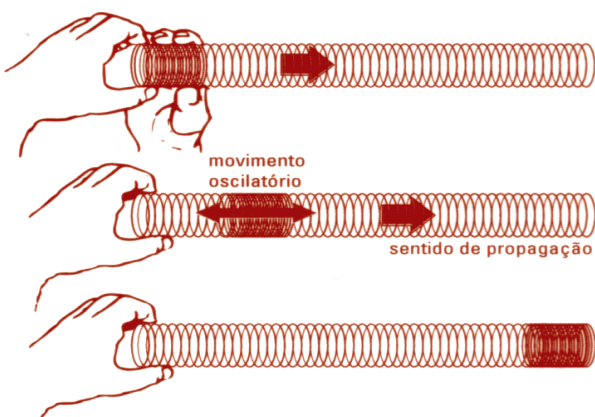
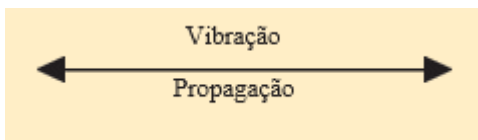


Propagação e Vibração

Ondas Transversais: Vibrações perpendiculares à direção da propagação. Como exemplo temos as ondas eletromagnéticas



Ondas Longitudinais: Vibrações possuem a mesma direção da propagação. Como exemplo temos o som nos fluídos.



As ondas ainda podem ser:

UNIDIMENSIONAIS: propagam-se em uma só direção.

Ex.: ondas nas cordas de um violão.

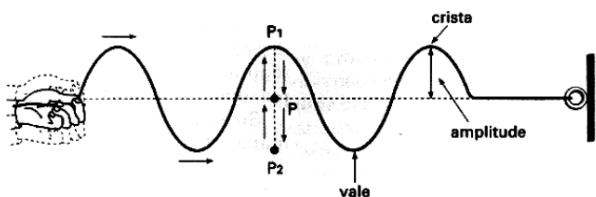
BIDIMENSIONAL: propagam-se num plano Ex.: ondas na superfície de um líquido.

TRIDIMENSIONAIS: propagam-se em todas as direções.

EX.: ondas sonoras no ar atmosférico.



Ondas Periódicas



Um movimento periódico se repete sempre do mesmo modo, logo, quando se faz a extremidade de uma corda oscilar sempre da mesma maneira, repetindo continuamente o mesmo movimento, cria-se uma onda periódica.

Comprimento de Onda (λ): distância entre duas cristas ou vales consecutivos. Distância percorrida durante um período ou uma oscilação, com velocidade constante.

Período (T): tempo necessário para que um ponto da onda complete uma oscilação.

Frequência (f): número de oscilações realizadas por um ponto qualquer da onda, na unidade de tempo. A unidade da frequência no S.I. é o HERTZ (Hz).

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

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

Amplitude: relaciona-se com a energia transportada pela onda.

Pulso: perturbação simples, um único abalo. O conjunto de pulsos é chamado trem de onda.

Velocidade

$$v = \frac{d}{t}$$

$$V = \frac{\lambda}{T}$$

$$V = \lambda \cdot f$$

A frequência de uma onda não se altera quando essa passa de um meio para outro. A velocidade de uma onda é constante num determinado meio



A frequência de uma onda não se altera quando essa passa de um meio para outro.

A velocidade de uma onda é constante num determinado meio.

K = Quilo = 10^3

M = Mega = 10^6

G = Giga = 10^9

Ex: 3 MHz = 3×10^6 Hz

5 KHz = 5×10^3 Hz

Velocidade de Propagação

A velocidade de propagação de uma onda não é a mesma grandeza que expressa a velocidade de uma partícula. A grande diferença entre esses conceitos reside no caráter vetorial da velocidade da partícula, que não existe na velocidade de propagação da onda. É possível decompor a velocidade de um projétil para determinar o alcance ou a altura máxima que ele atinge; é possível somar vetorialmente a velocidade de um barco com a velocidade da correnteza, mas nada disso é possível com movimentos ondulatórios. Não faz sentido achar componentes da velocidade de propagação de uma onda porque não existem. E, se duas ondas atravessam a mesma região do espaço, suas velocidades não se somam nem algébrica nem vetorialmente. Elas se cruzam sem sofrer nenhuma alteração.

Densidade linear

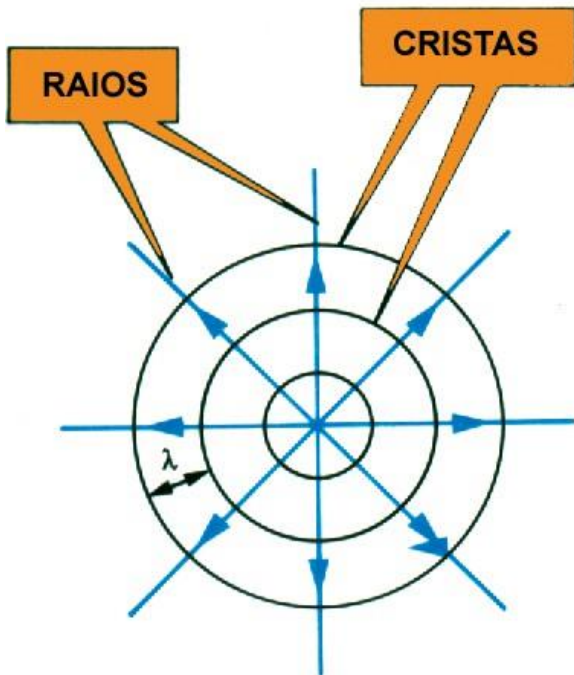
A densidade linear de fios, cordas, barras, ou qualquer corpo sólido em que a dimensão predominante é o comprimento, é definida pela razão entre a massa do fio e o respectivo comprimento. Assim, se um fio de comprimento Δl tem massa Δm , a sua densidade linear μ é definida pela razão:

$$\mu = \frac{\Delta m}{\Delta l}$$

A unidade da densidade linear, no SI, é kg/m. Fios homogêneos têm densidade linear constante. Em geral, fios de mesmo material têm sua espessura relacionada à densidade linear - maior densidade, maior espessura.



Princípio de Huygens



Raios de Onda

Indicam as direções e os sentidos da propagação da onda.

Frente de Onda

Fronteira entre a região atingida pela onda e a região ainda não atingida.

“Cada ponto de uma frente de onda se comporta como se fosse uma fonte de ondas secundárias.”

Fenômenos Ondulatórios

Reflexão

A onda atinge uma superfície de separação entre dois meios e retorna para o meio de origem.

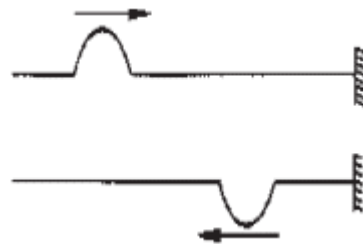
Características da onda refletida:

Não se alteram:

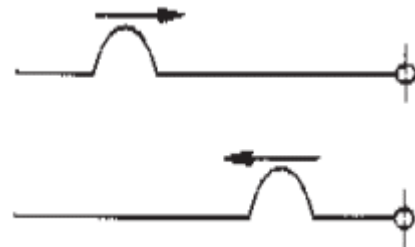
- Frequência
- Período
- Velocidade
- Comprimento de Onda

Na reflexão na corda, temos duas situações:

Extremidade fixa



Extremidade livre



Refração

É um fenômeno que acontece quando uma onda passa de um meio para outro, alterando sua velocidade de propagação.

Sobre as características da onda refratada, sempre mudam:

- Velocidade
- Comprimento de onda

E nunca mudam:

- Período
- Frequência

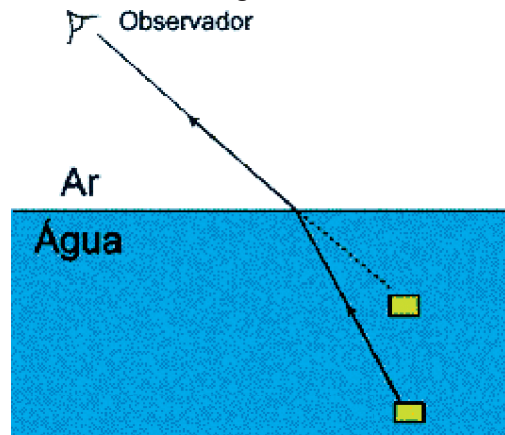
A direção de propagação poderá mudar, havendo desvio, conforme veremos na refração da onda luminosa.

Como a frequência é constante, a velocidade e o comprimento de onda aumentam ou diminuem juntos, ou seja, são diretamente proporcionais.

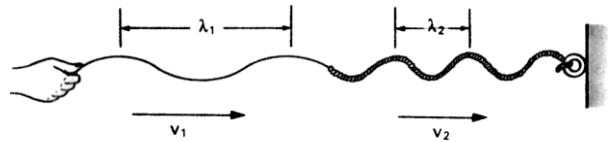
A velocidade de propagação de uma onda na superfície livre de um líquido depende da profundidade do líquido. Quanto maior a profundidade de um líquido, maior a velocidade de propagação de uma onda em sua superfície.

1. A direção de propagação poderá mudar, havendo desvio, conforme veremos na refração da onda luminosa.
2. Como a frequência é constante, a velocidade e o comprimento de onda aumentam ou diminuem juntos, ou seja, são diretamente proporcionais.
3. A velocidade de propagação de uma onda na superfície livre de um líquido depende da profundidade do líquido. Quanto maior a profundidade de um líquido, maior a velocidade de propagação de uma onda em sua superfície.

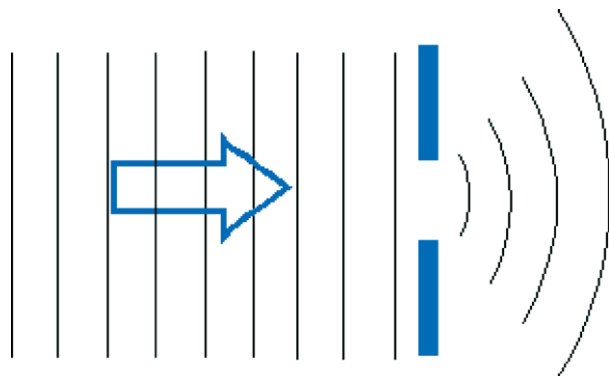
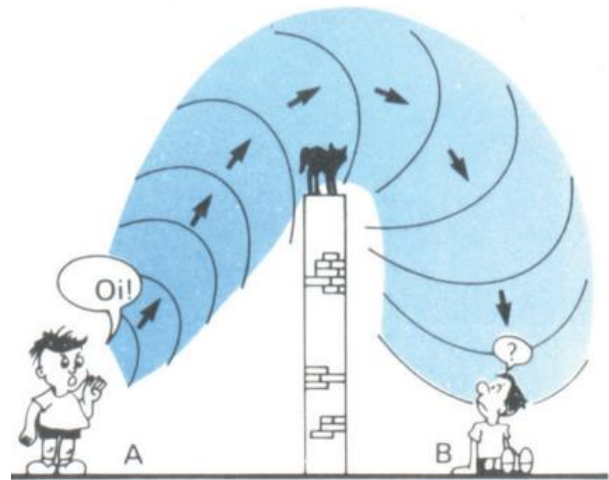
Raio luminoso passando de um meio como o ar para outro meio como a água



Uma onda propagando-se de uma corda "fina"(1) para uma "grosseira"(2). $f_1 = f_2$, $v_1 > v_2$ e $\lambda_1 > \lambda_2$

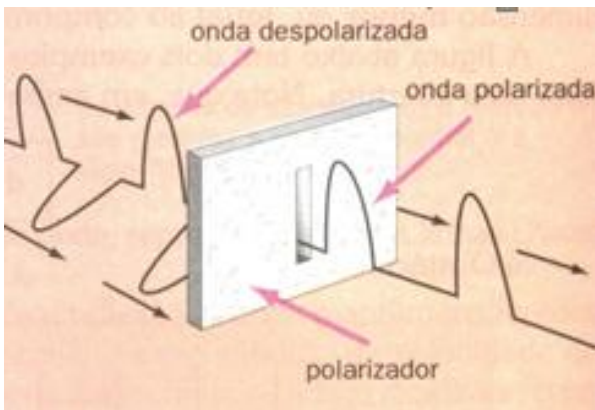


Difração: Fenômeno pelo qual uma onda tem a capacidade de contornar um obstáculo, invadindo a "zona de sombra"



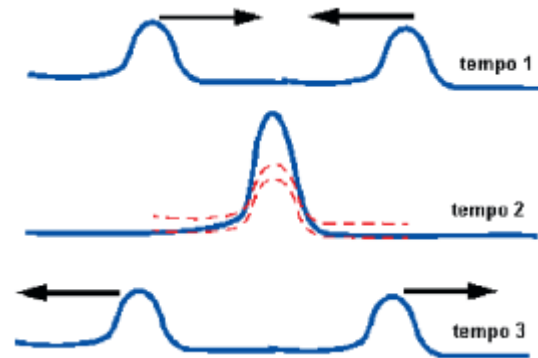
1. A **DIFRAÇÃO** ocorre com qualquer tipo de onda.
2. pode-se acentuar a **DIFRAÇÃO** de uma onda, através de um orifício, aumentando-se o seu comprimento de onda ou diminuindo-se a largura do orifício.
3. As dimensões do obstáculo devem ser comparáveis com a do comprimento de onda (λ) da onda.

Polarização: Polarizar uma onda significa fazê-la vibrar em uma única direção. É um fenômeno exclusivo de ondas transversais, portanto a luz pode ser polarizada e o som não.

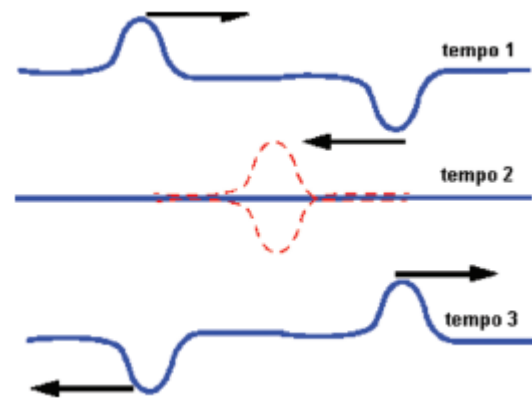


Interferência: Fenômeno que ocorre quando há superposição (encontro) de dois ou mais movimentos ondulatórios que se propagam num mesmo meio. O princípio da superposição garante que ondas, ao contrário de partículas, não alterem suas características quando interagem. A interferência pode ser entendida como consequência do Princípio da Superposição e este, por sua vez, como Princípio da Conservação da Energia.

Interferência construtiva ou de máximos (concordância de fase)



Interferência destrutiva ou de mínimos (oposição de fase)

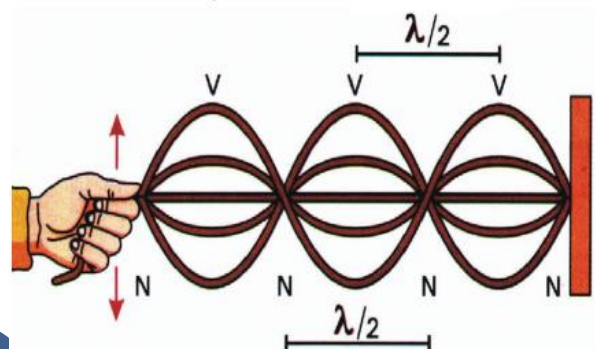


A interferência pode ocorrer com qualquer tipo de onda.

Após a interferência cada pulso segue seu caminho, como se nada houvesse acontecido.

Quando houver interferência destrutiva de duas ondas de mesma amplitude, será chamada de interferência totalmente destrutiva.

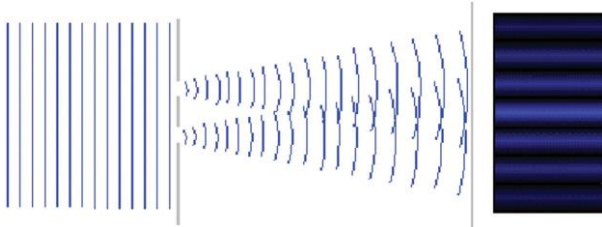
Ondas estacionárias: Corresponde à consequência da superposição de duas ondas de mesma frequência, mesma velocidade e mesma amplitude, porém propagam-se em sentidos contrários



NÓS: pontos que permanecem sempre imóveis devido à interferência destrutiva. Como os nós estão sempre imóveis, a energia não pode passar através deles, ficando estacionários entre os nós.

VENTRES: oscilam com amplitude máxima. Ocorre interferência construtiva.

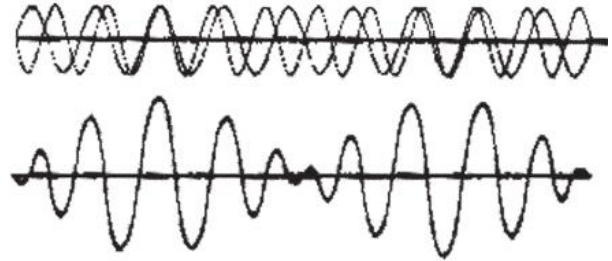
Experiência de Young: Para comprovar que a luz é uma onda e portanto também pode sofrer interferência, Young fez a experiência ilustrada abaixo.



A distância entre dois nós consecutivos ou dois ventres consecutivos é igual a: $\lambda/2$

A distância entre um nó e um ventre consecutivos é igual a: $\lambda/4$

Batimento: É a superposição (interferência) de duas ondas que possuem frequências muito próximas e mesma amplitude. A onda resultante terá uma variação gradual e periódica de sua amplitude e essa variação damos o nome de batimento.



$$f_{\text{bat.}} = f_1 - f_2$$

Sendo f_1 e f_2 cada uma das frequências das ondas.

Ressonância

Fenômeno que ocorre quando um corpo ou sistema recebe energia de um outro que possui uma frequência igual a uma de suas FREQUÊNCIAS NATURAIS DE OSCILAÇÃO. Essa energia possibilita o sistema vibrar com amplitudes cada vez maiores.

É uma espécie de INDUÇÃO Á VIBRAÇÃO, onde a frequência do indutor é igual à frequência do induzido.



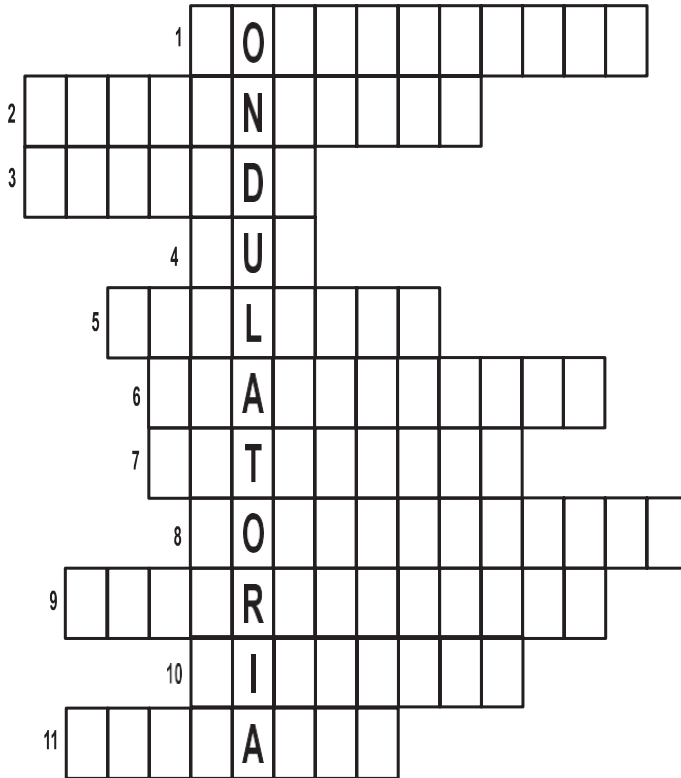
Exercício de Aula

Duas cordas idênticas de violão foram afinadas para produzirem a mesma nota musical. Dedilhando-se uma das cordas, observa-se que a outra também vibra. Esse fenômeno é conhecido como :

- A.** difração.
- B.** ressonância.
- C.** interferência.
- D.** batimento.
- E.** Refração



Palavras Cruzadas



1. Fenômeno ondulatório que ocorre somente com ondas transversais.
2. Fenômeno ondulatório em que um indutor possui a frequência igual do induzido. Consiste numa espécie de indução à vibração.
3. Quando uma onda passa de um meio para outro, além da frequência, há um outro elemento que não se altera, qual ?
4. Um exemplo de onda eletromagnética.
5. Fenômeno ondulatório que permite nos enxergarmos na frente de um espelho.
6. Onda em que a vibração e a propagação são perpendiculares.
7. Fenômeno ondulatório onde há superposição de duas ondas de frequência muito próximas.
8. Classificação do som quanto a sua propagação nos fluidos.
9. Superposição de ondas podendo ser construtiva ou destrutiva.
10. Fenômeno ondulatório no qual a onda contorna um obstáculo.
11. Fenômeno ondulatório no qual a onda passa de um meio para o outro alterando a sua velocidade e seu comprimento de onda, mas mantendo sua frequência constante.

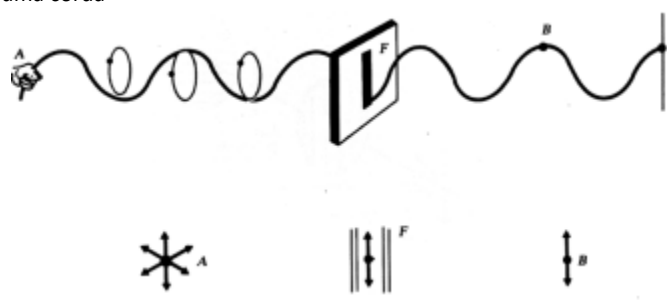
Algo mais!

A característica do movimento ondulatório é o transporte de energia sem o transporte de matéria, mas o surfista se movimenta navegando nas ondas do mar. Será que ele consegue contrariar as leis da física? Na verdade, toda propagação ondulatória está sempre associada a um movimento periódico das partículas do meio onde ela se propaga. Nesse caso, as partículas da água executam um movimento quase circular enquanto a onda se propaga. O surfista consegue deslocar-se porque navega transversalmente ao sentido de propagação das ondas do mar que o empurram para a praia.



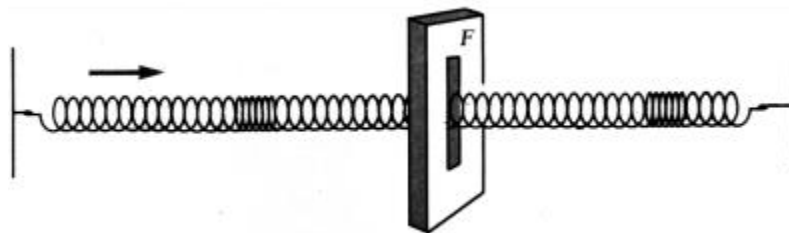
Polarizador e Analisador

Movimentando-se a extremidade de uma corda para cima, para baixo e lateralmente, obtém-se na corda uma onda denominada onda não-polarizada ou natural. Nessas condições, as partes constituintes do meio oscilam em várias direções, perpendiculares à direção de propagação da onda. Quando as oscilações de todas as partes de um meio estão em um mesmo plano, diz-se que a onda é polarizada. O aparelho utilizado para polarizar uma onda é chamado polarizador. Na figura abaixo está representada a polarização de ondas em uma corda



Polarização de uma onda em uma corda

No ponto A da corda provocam-se oscilações em várias direções, originando uma onda não-polarizada. A fenda F na tábua funciona como polarizador e as ondas depois da tábua são polarizadas: o ponto B da corda oscila apenas em uma direção. Somente ondas transversais podem ser polarizadas. Uma onda longitudinal, como as ondas de compressão na mola helicoidal da figura abaixo, atravessam a fenda F da tábua sem nenhuma modificação. As ondas longitudinais não podem ser polarizadas. O caráter transversal das ondas eletromagnéticas, como as ondas luminosas, ficou evidenciado pelo fato de elas serem polarizadas, mediante aparelhos adequados chamados polarizadores.



As ondas longitudinais não se polarizam

Polarizador e Analisador

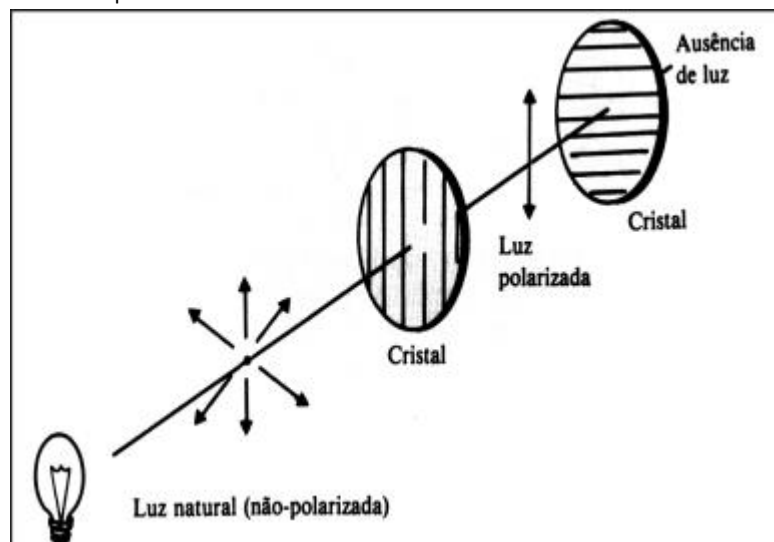
Na situação descrita na figura abaixo, vamos dispor, ainda, de uma outra tábua provida de uma fenda cruzada com a primeira. A onda não atravessará essa tábua e a corda a partir daí ficará reta.



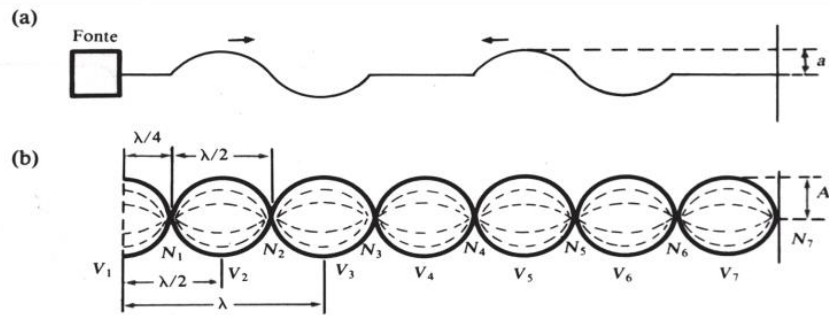
As fendas F e F' são cruzadas

De modo análogo e através de determinados cristais, como por exemplo a calcita, pode-se polarizar a luz (figura abaixo)

O primeiro cristal é o polarizador e o segundo é o analisador. O primeiro permite obter a luz polarizada e o outro nos revela o fenômeno, uma vez que nossa visão não consegue distinguir a luz natural da luz polarizada. Existem lâminas, constituídas de pequenos cristais, que possuem a propriedade de polarizar a luz e de analisá-la. Tais lâminas são chamadas polaróides.



A onda estacionária é caracterizada pelo fato de os pontos da corda realizarem MHS de várias amplitudes, conforme a posição do ponto considerado. Há pontos da corda que permanecem em repouso, isto é, que têm amplitude nula e são denominados nós ou nodos (na figura: N_1 , N_2 , N_3 , N_4 etc.). Outros pontos da corda vibram com amplitude máxima ($A = 2a$), sendo denominados ventres vibram realizando MHS de mesma frequência mas de amplitudes menores que o valor máximo.

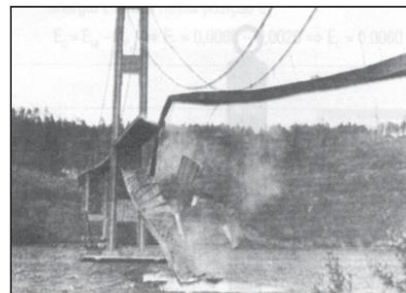


A queda da ponte de Tacoma

As pontes pênséis são construídas preferencialmente em regiões sujeitas a terremotos, como na região da cidade de São Francisco, nos Estados Unidos. No entanto, por serem suspensas, essas pontes oscilam com relativa facilidade por causa do vento, entre outros fatores, e essas oscilações podem causar a sua destruição. Durante o século XIX, em todo o mundo, caíram por essa razão pelo menos dez pontes pênséis. Mas o acidente mais célebre ocorreu em 1940, com a ponte de Tacoma, cidade americana às margens do Pacífico, poucos dias após a sua inauguração. A ponte de Tacoma tinha 2 800m de comprimento e havia custado uma fortuna. A importância desse acidente se deve não só ao enorme prejuízo e ao impacto causado na opinião pública americana como também aos inúmeros estudos feitos a respeito, possibilitando a compensação das causas dessa catástrofe e impedindo que outras semelhantes se repetissem. As conclusões sobre as causas desse acidente afirmam, em síntese, que o vento deu origem à oscilações laterais, de torção. Essas oscilações tinham, por infeliz coincidência, praticamente a mesma frequência natural das oscilações verticais da estrutura da ponte. Assim, as oscilações de torção se tornaram, por ressonância, oscilações verticais, que atingiram grande amplitude provocando a ruptura da ponte. As pontes pênséis modernas são construídas de maneira que essa coincidência não ocorra mais



ASSISTA!



Conceitos de Acústica

Sempre que escutamos um som, há um corpo material que vibra, produzindo este som. As ondas sonoras são ondas longitudinais que se propagam num meio material, onda elástica, causando neste aumentos e diminuição na pressão (compressões e rarefações). **1. O som é uma onda mecânica e longitudinal (nos fluidos). O som não pode ser polarizado e não se propaga no vácuo.**

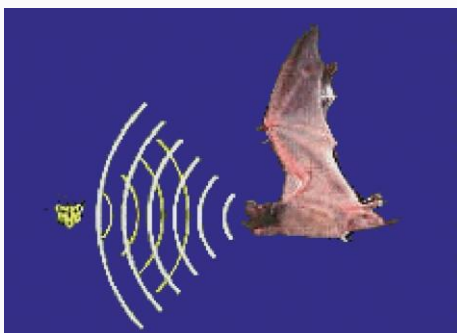
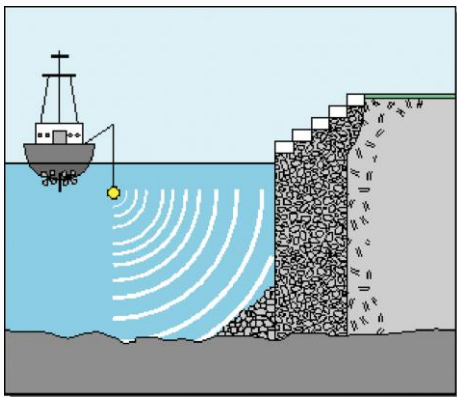
1

Infrasom e Ultrassom: uma onda longitudinal propagando-se em um meio material com frequência inferior a 20 Hz é denominada Infra-som, e se sua frequência for superior a 20.000 Hz, ela é denominada Ultra-som.

Logo, percebe-se que a faixa de frequência do Som Audível pelo homem é de 20 a 20.000 Hz.



O SONAR é um dispositivo onde os ultrasons são utilizados para localizar um objeto e medir a distância até ele, de modo semelhante ao que é feito pelos morcegos.



2

Velocidade do som

Em uma tempestade, embora um relâmpago e o trovão sejam produzidos no mesmo instante, conseguimos ouvir o trovão um certo tempo após termos visto o relâmpago. Isto é explicado devido ao fato do relâmpago ser visto praticamente no mesmo instante que é produzido, visto que a velocidade da luz é muito grande ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$);

Porém o intervalo entre a percepção do relâmpago e a do trovão representa o tempo gasto pela onda sonora chegar até nós.

No ar, à temperatura de 20°C, a velocidade do som vale aproximadamente: 340 m/s

$$V = \lambda \cdot f$$

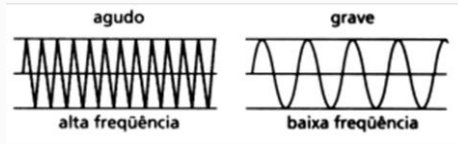
3

As ondas sonoras também propagam-se em meios materiais:

$V_{\text{sólidos}} > V_{\text{líquidos}} > V_{\text{gases}}$

4

Altura: Permite diferenciar sons graves e sons agudos. Está diretamente relacionado com a frequência do som, em que alta frequência indica som agudo e baixa frequência indica som grave.



5

Intensidade (volume): Permite diferenciar sons fortes de sons fracos, estando diretamente relacionado à amplitude. Grande amplitude significa som forte, enquanto pequena amplitude significa som fraco.

6

Timbre: Permite diferenciar sons de mesma altura e intensidade vindos de fontes diferentes. Diferenciam-se pelo formato da onda. Depende do número de harmônicos presentes na onda sonora.

7

Efeito Doppler: Permite alguns fenômenos bem interessantes do cotidiano.

Por exemplo, permite a polícia determinar a velocidade de um automóvel, utilizando o radar.



Além disso, permite percebermos se uma ambulância, com sua sirene ligada, aproxima-se ou afasta-se de nós.

Tudo isso se deve a uma diferença entre a frequência real (f) e a frequência que chamamos de aparente, quando há movimento relativo, a frequência aparente (f_0)

8

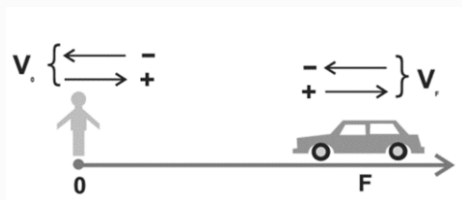
Macetes do Efeito Doppler: Percebe-se que entre a fonte e o observador pode haver:

Aproximação: Neste caso a frequência aparente será maior que a frequência real e ouviremos um som agudo.

Afastamento: Neste caso a frequência aparente será menor que a frequência real e ouviremos um som grave

9

Cálculo da Frequência Aparente



$$f_o = f \frac{v \pm v_o}{v \pm v_f}$$

v = velocidade da onda sonora
 v_o = velocidade do observador
 v_f = velocidade da fonte emissora

Movimento Harmônico

Introdução



É um movimento periódico e oscilatório ao mesmo tempo que ocorre sobre uma trajetória retilínea. O MHS pode ser representado pela sombra de um pêndulo simples; pela sombra de um Movimento Circular Uniforme (MCU); pelo Sistema Massa-Mola.

Conceitos importantes

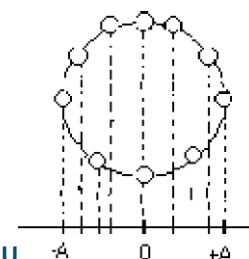
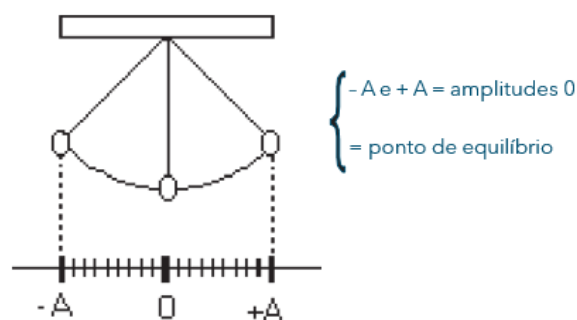
MOVIMENTO OSCILATÓRIO: movimentos de “vai-e-vem”

MOVIMENTO PERIÓDICO: quando um corpo executa um movimento que ocupa um mesmo ponto na trajetória, com mesma velocidade e aceleração, em intervalos de tempo iguais.

OSCILAÇÃO: o ponto material em MHS efetua uma oscilação completa quando passa duas vezes sucessivas pela mesma posição com a mesma velocidade conforme a figura.

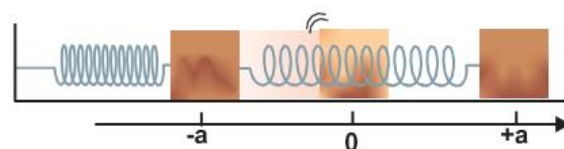


Sombra de um Pêndulo Simples



Sombra de um M.C.U.

Sistema Massa-Mola



Em um sistema Massa-Mola, a Força Elástica faz papel de força restitutiva, uma vez que a mesma sem pre se opõe à elongação sofrida pela mola.

Força

- Restauradora elástica;
- aponta sempre para o centro da oscilação;
- diretamente proporcional a elongação.

$$F = -Kx$$

Sendo a Força Elástica a Força Resultante:

$$m \cdot a = -Kx \quad a = -\frac{Kx}{m}$$

A aceleração do corpo é diretamente proporcional à elongação da mola e de sentido contrário!

Energia Potencial Elástica

É MÁXIMA nas AMPLITUDES e NULA no PONTO DE EQUILÍBRIO!

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

Energia Cinética

NULA nas AMPLITUDES e MÁXIMA no PONTO DE EQUILÍBRIO!

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

Energia Mecânica

Já que o atrito é esconderado, a Energia Mecânica permanece CONSTANTE!

$$E_M = E_C + E_P$$



No MHS, as energias cinética e potencial variam, pois variam a velocidade V e a posição X do ponto material. Porém a energia mecânica permanece constante, já que supomos inexistentes as forças dissipativas ao analisarmos o MHS (Princípio da Conservação da Energia).



Período

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

m = massa

K = constante elástica



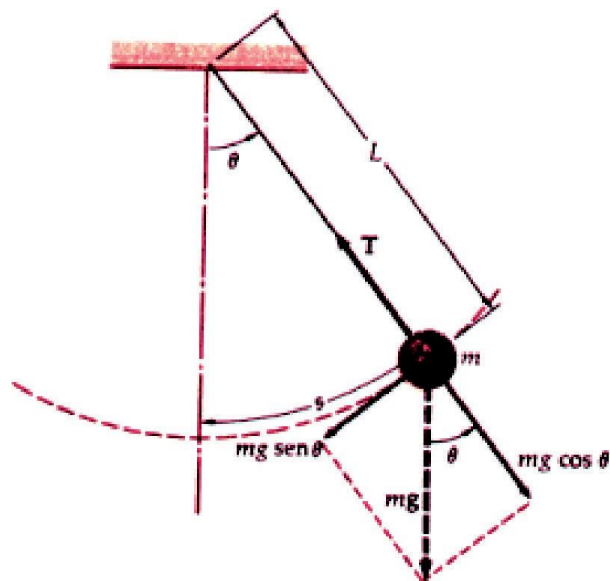
OBS.: O período do Sistema Massa-Mola NÃO DEPENDE DA AMPLITUDE da oscilação!

Pêndulo simples

O pêndulo simples corresponde uma partícula de massa pontual, suspensa por um fio ideal (massa desprezível e inextensível) que pode oscilar sem atrito a partir de um ponto central ou de equilíbrio.

Para pequenas oscilações, de amplitude angular não superior a 5° , a esfera pendular realiza MHS.

$$F = mg \cdot \text{sen } \theta$$



Período (T)

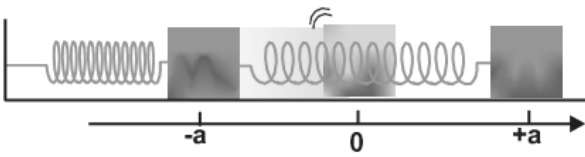
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$



O período do pêndulo simples não depende da massa da partícula, nem da amplitude da oscilação.

Resumo!

Válido para Movimento Harmônico simples e Pêndulo simples!



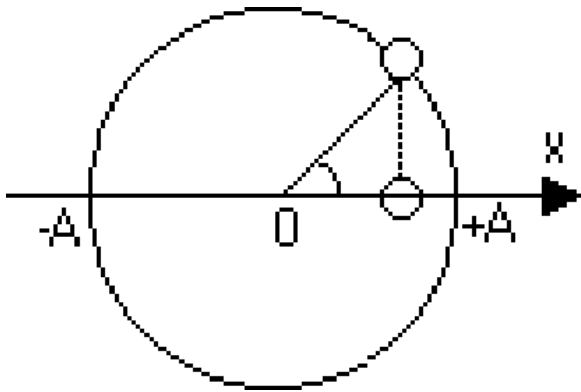
	- A	0	+ A
V	NULA	MÁX	NULA
Ec	NULA	MÁX	NULA
a	MÁX	NULA	MÁX
F	MÁX	NULA	MÁX
E _p	MÁX	NULA	MÁX

Elementos do MHS

ELONGAÇÃO (X) = nome que recebe a distância do móvel em relação ao ponto de equilíbrio.

AMPLITUDE (A) = corresponde a elongação máxima.

FASE (ϕ) = ângulo que caracteriza a posição do móvel



Pulsção (ω)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (\text{rad/s})$$

Equações

Fase

$$\phi = \phi_0 + \omega \cdot T$$

Elongação (cm ou m)

$$x = A \cdot \cos \phi$$

$$x = A \cdot \cos (\phi_0 + \omega \cdot t)$$

Velocidade (V) (cm/s ou (m/s)

- velocidade máxima onde a elongação é nula (ponto de equilíbrio);
- velocidade nula onde a elongação é máxima (amplitudes).

$$v = - A \omega \sin \phi$$

Aceleração (a) (cm/s² ou m/s²)

- aponta sempre para o centro de oscilação;
- sempre sinal oposto ao da elongação;
- diretamente proporcional a elongação.

$$a = - A \omega^2 \cos \phi$$

$$a_{\text{máxima}} = - A \omega^2$$

Optica

apostila 



Óptica



Compreende a parte da ciência que se preocupa com o estudo da luz e dos fenômenos luminosos em geral.

TEORIA CORPUSCULAR DA LUZ: A luz seria formada por enormes quantidades de pequeníssimas partículas que emitidas em altas velocidades, que têm capacidade de sensibilizar o olho humano. Defendida por Newton no século XVII, explica satisfatoriamente fenômenos como: propagação retilínea da luz, Reflexão da Luz e Pressão da Luz.

TEORIA CORPUSCULAR DA LUZ: Huygens mostrou que a reflexão e a refração da luz poderiam ser explicadas admitindo-se que a luz propagava-se por meio de ondas, confrontando com as idéias defendidas por Newton. No início do século XIX, Young, através da interferência da luz, demonstrou o caráter ondulatório. Foucault determinou a velocidade de propagação da luz nos líquidos constatando que era menor que no ar. Maxwell sugere que a luz é uma onda eletromagnética.

TEORIA MODERNA DA LUZ - DUALISMO ONDA/PARTÍCULA: atribuída a Louis de Broglie baseado em trabalhos de Max Plank, Neils Bohr, entre outros.



Conceitos Importantes

RAIO DE LUZ: linha que representa, graficamente, a direção e o sentido de propagação da luz.

FEIXE DE LUZ: conjunto de raios de luz.

MEIOS DE PROPAGAÇÃO DA LUZ

- **MEIO TRANSPARENTE:** permite a propagação da luz através de si, permitindo a visão nítida dos objetos. Ex.: vidro comum, ar.
- **MEIO TRANSLÚCIDO:** permite a propagação da luz através de si, não permitindo a visão nítida dos objetos. Ex.: vidro fosco, papel de seda.
- **MEIO OPACO:** não permite a propagação da luz através de si. Ex.: maioria dos meios como madeira, parede de tijolos.

Obs.: Um **MEIO ISÓTROPO**, é aquele no qual a luz se propaga com mesma velocidade em todas as direções e sentidos

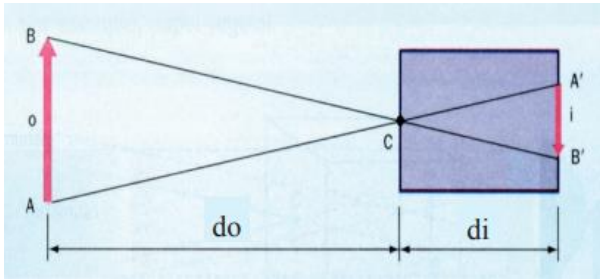
Óptica Geométrica

Princípio da Propagação Retilínea: Nos meios transparentes, homogêneos e isotrópos, a luz se propaga em linha reta, em todas as direções e sentidos.

Sombra de um objeto

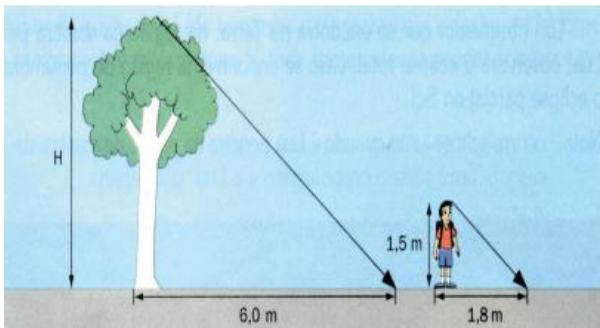


Uma das aplicações mais comuns em prova, é a câmara escura de orifício

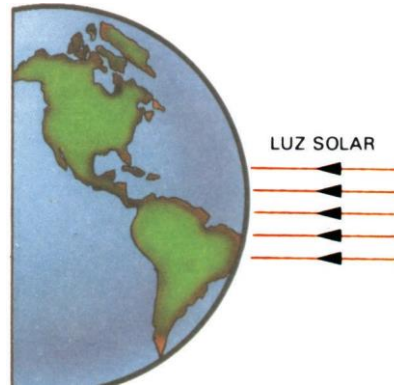


$$\frac{i}{o} = \frac{d_i}{d_o}$$

Além disso, também temos o caso de sombras diferentes projetadas no solo no mesmo instante.



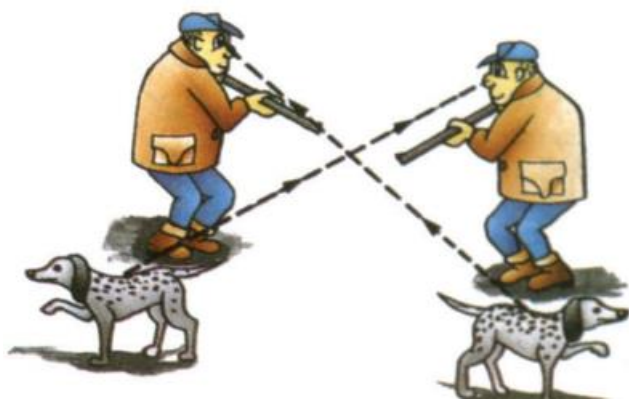
$$\frac{H}{h} = \frac{a}{b}$$



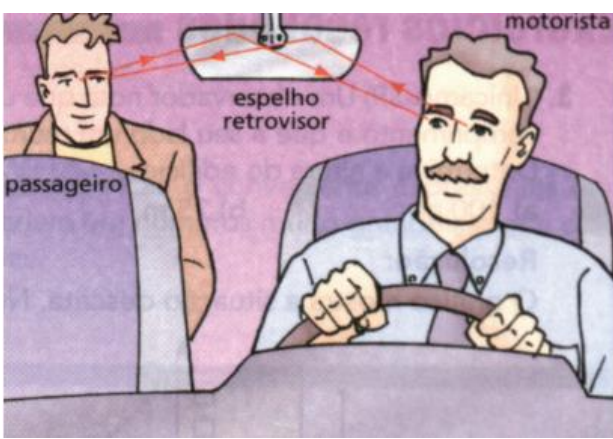
Um feixe de luz solar que atinge a Terra é constituído de raios luminosos praticamente paralelos



Princípio da Independência dos Raios Luminosos: Quando os raios de luz se cruzam, cada um deles continua seu trajeto como se os demais não existissem.



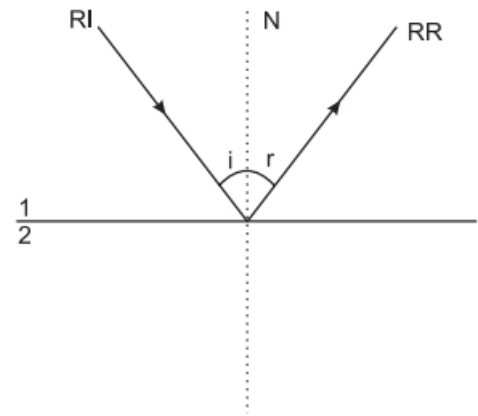
Princípio da reversibilidade dos raios de luz: A trajetória descrita por um raio de luz não depende do sentido de propagação.



Reflexão Luminosa

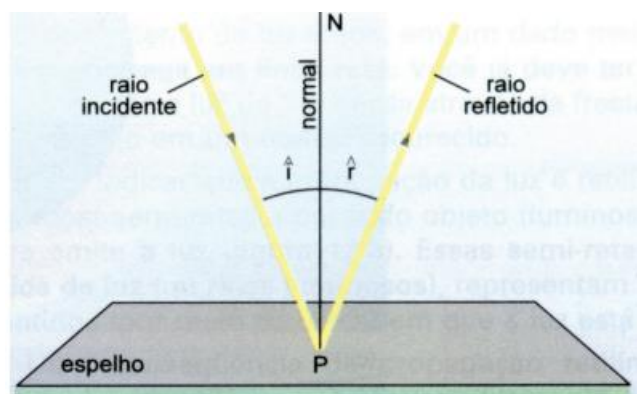
A reflexão é um fenômeno ondulatório no qual a onda atinge uma superfície de separação entre dois meios e retorna para o meio de origem.

1ª Lei: O raio Incidente (RI), a normal (N) e o Raio refletido (RR) são coplanares



2ª Lei: O ângulo de reflexão (r) é igual ao de incidência (i)

$$\hat{i} = \hat{r}$$



Sistemas Ópticos

São dispositivos capazes de mudarem a direção dos raios luminosos. Ex.: Espelhos e Lentes. Os raios podem chegar no sistema óptico, sendo chamados de incidentes ou podem sair do sistema óptico, sendo então chamados de emergentes. Em um raio luminoso, a parte REAL é representada pelo próprio raio (linha “cheia”) e a parte VIRTUAL, ou seja, o prolongamento do raio por uma linha “tracejada”.

- Ponto objeto: formado por raios que incidem no sistema óptico.
- Ponto imagem: formado por raios que emergem do sistema óptico.

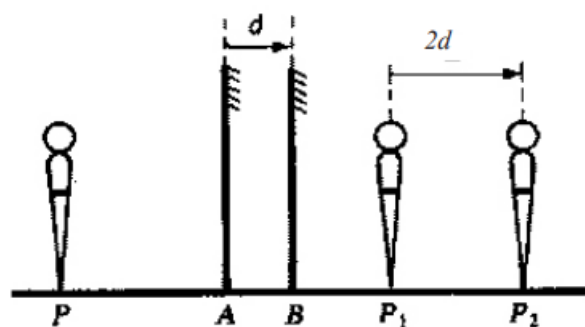
Espelhos Planos

Sistema óptico que consiste de uma superfície plana e extremamente política. Baseia-se nas leis da Reflexão para a formação de imagens

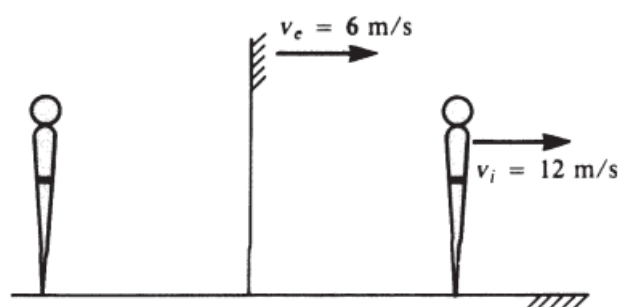
Características da imagem formada pelo espelho plano:

- O objeto e a imagem estão a uma mesma distância do espelho ($d_i = d_o$)
- As dimensões do objeto são iguais às da imagem ($i = o$)
- O espelho plano fornece, de um objeto real, imagem virtual e de um objeto virtual, imagem real
- Objeto e imagem são enantiomorfos
- A imagem é sempre direta

Translação de um espelho plano



Quando um espelho plano desloca-se a uma distância d , a imagem de um objeto fixo desloca-se uma distância $2d$ no mesmo sentido.



Quando um espelho plano desloca-se com velocidade de módulo V , a imagem de um objeto fixo desloca-se com velocidade de módulo $2V$.

Outras Relações com espelhos planos

1

Associação de Espelhos planos

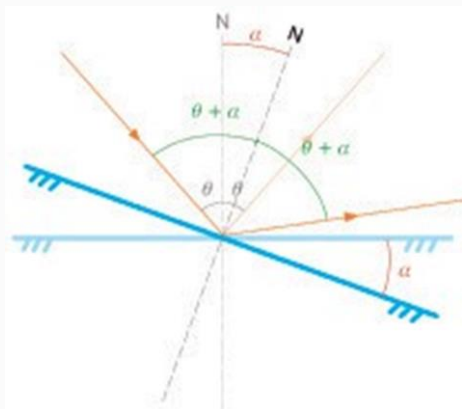
É possível calcular o número de imagens (N) formadas quando dois espelhos planos formam entre si um ângulo α através da seguinte fórmula:

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

2

Rotação de Espelho Plano

O ângulo que o raio refletido (ou a imagem formada) rotaciona é sempre o dobro do ângulo que se rotaciona o espelho plano



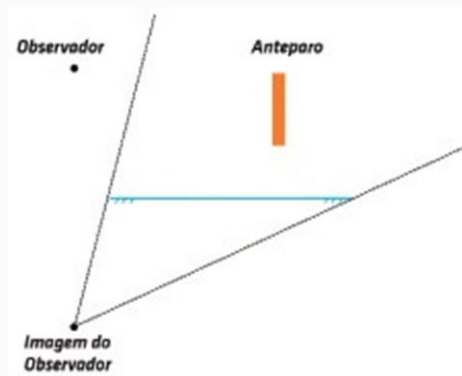
3

O comprimento mínimo (d) de um espelho plano para que uma pessoa consiga enxergar-se por inteiro corresponde à metade da altura dessa pessoa

$$d = \frac{H}{2}$$

4

Campo visual de espelho plano: Pode ser obtido desenhando-se a imagem do observador e traçando-se a partir desta uma reta que passe por cada extremidade no espelho. A região compreendida entre estas duas retas compõe o campo visual do espelho plano e tudo o que estiver ali será visto através do espelho por este observador.

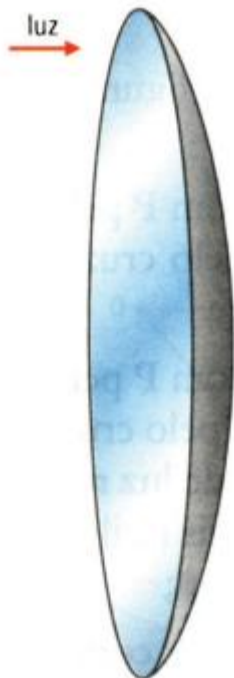


Espelhos Esféricos



Toda superfície lisa, de forma esférica, que reflete especularmente a luz, é um espelho esférico. Pode apresentar-se de dois tipos:

Espelho côncavo: Reflexão na parte interna



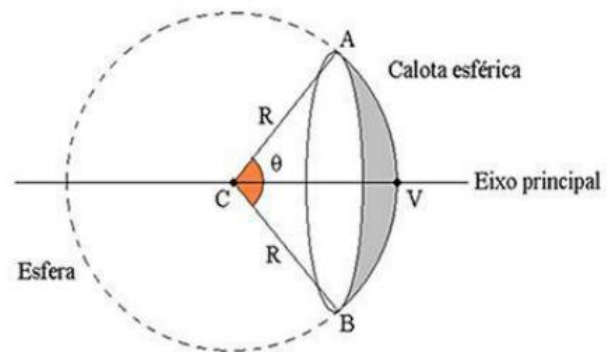
Espelho esférico côncavo.



Espelho esférico convexo.

Espelho convexo: Reflexão na parte externa

Elementos Geométricos



C: centro da curvatura

F: foco principal

V: vértice

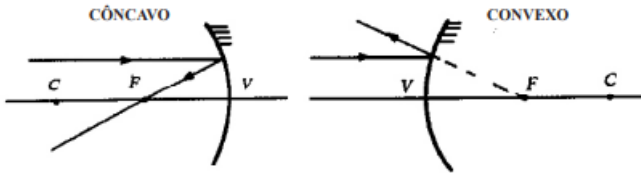
f: distância focal

R: raio de curvatura

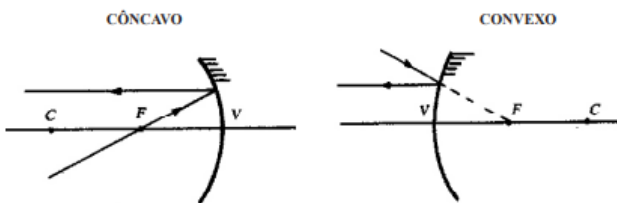
$$f = R / 2$$

Raios Notáveis

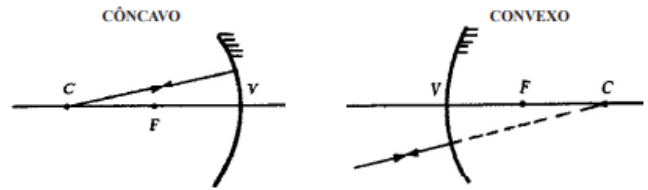
Todo raio de luz que incide paralelamente ao eixo principal reflete-se numa direção que passa pelo foco principal



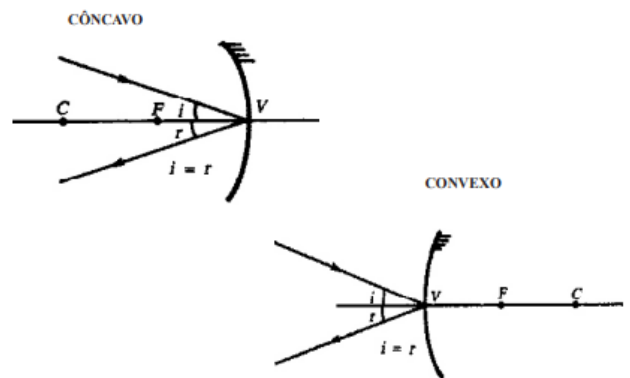
Todo raio de luz que incide numa direção que passa pelo foco principal reflete-se paralelamente ao eixo principal



Todo raio de luz que incide numa direção que passa pelo centro de curvatura reflete-se sobre si



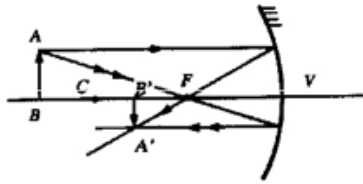
Todo raio de luz que incide sobre o vértice do espelho reflete-se simetricamente em relação ao eixo principal.



Imagens no Espelho Côncavo

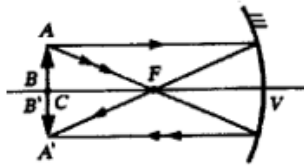
1º) Objeto além do centro de curvatura

- REAL
- INVERTIDA
- MENOR



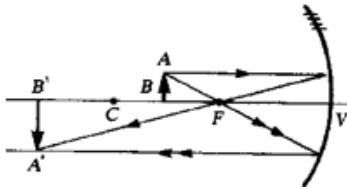
2º) Objeto sobre o centro de curvatura

- REAL
- INVERTIDA
- MESMO TAMANHO



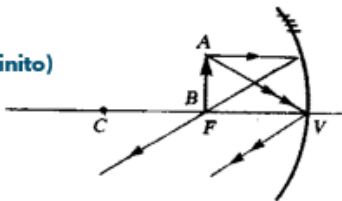
3º) Objeto entre o centro de curvatura e o foco

- REAL
- INVERTIDA
- MAIOR



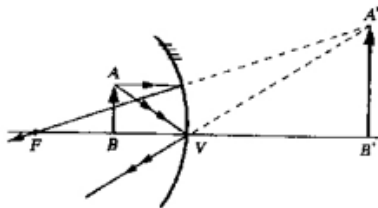
4º) Objeto no plano focal

- IMPRÓPRIA
- (imagem no infinito)



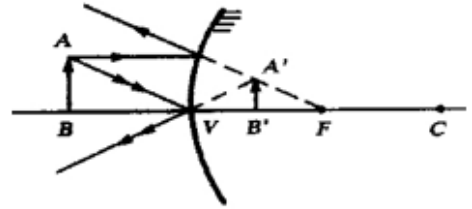
5º) Objeto entre o foco e o vértice

- VIRTUAL
- DIREITA
- MAIOR



Imagens no Espelho Convexo

- DIREITA
- MENOR



Equações e Relações Importantes

1

Equação dos pontos conjugados ou Equação de Gauss

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{di} + \frac{1}{do}$$

Convenção de Sinais

do + : objeto real

do - : objeto virtual

di + : imagem real

di - : imagem virtual

f + : espelho côncavo

f - : espelho convexo

i + : imagem direita

i - : imagem invertida

2

Equação do aumento linear transversal ou Equação da ampliação (A)

$$A = \frac{i}{o} = \frac{-di}{do}$$

Sendo:

do = distância entre o objeto e o espelho.

di = distância entre a imagem e o espelho.

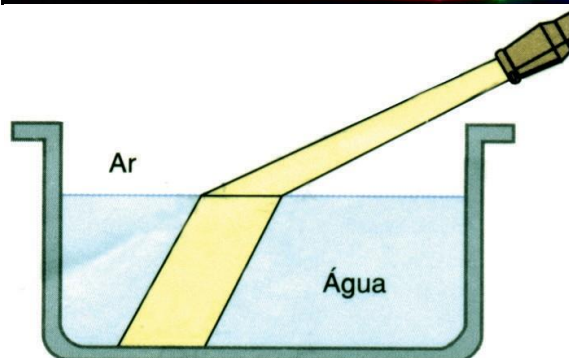
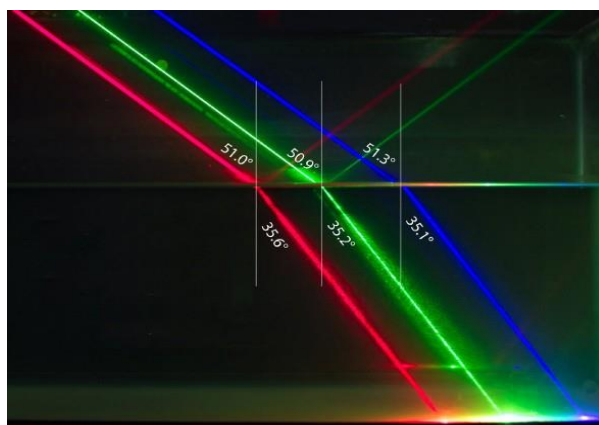
f = distância focal do espelho.

i = altura da imagem

o = altura do objeto

Refração Luminosa

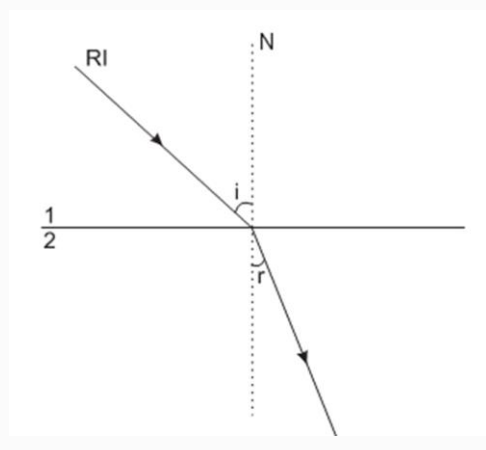
É o fenômeno que ocorre quando a luz passa de um meio para outro, podendo sofrer um desvio em sua trajetória. Também pode ser entendida como: "A variação de velocidade sofrida pela luz ao mudar de meio."





1

1ª Lei da Refração: O Raio Incidente (RI), o Raio Refratado (RR) e a Normal (N) à superfície de separação pertencem ao mesmo plano



4

2ª Lei da Refração: Lei de Snell - Descartes

“Para cada par de meios e para cada luz monocromática que se refrata, é constante o produto do seno do ângulo que o raio forma com a normal e o índice de refração do meio em que o raio se encontra.”

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$$

OU

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{v_1}{v_2}$$

Sendo v_1 a velocidade do raio no meio 1 e v_2 a sua velocidade no meio 2

5

Índice de refração (n): Caracteriza o grau de dificuldade encontrado pela luz para propagar-se em um novo meio transparente e homogêneo. -Representa o quanto o meio é capaz de desviar a luz. - Quanto mais refringente for o meio, maior o índice de refração e mais próximo da Normal estará o raio. -É um valor sempre maior ou igual a 1, sendo que possui valor igual a 1 para o ar e para o vácuo.

6

Índice de refração absoluto: Para calcular o índice de refração absoluto de um meio, basta dividir a velocidade da luz no vácuo pela velocidade da luz neste meio

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

7

Índice de refração relativo:

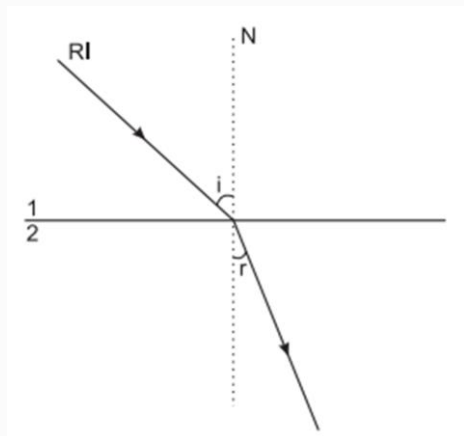
$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}}$$

Aproximação e Afastamento

1

Aproximação

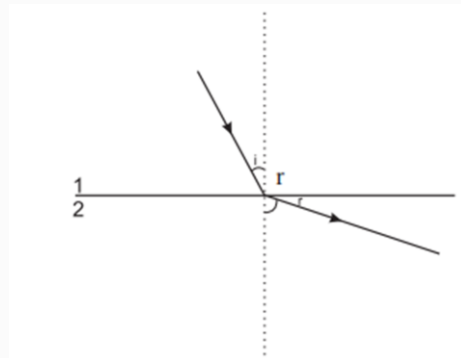
Ao passar do meio 1 para o meio 2, o raio se aproxima da normal e diminui sua velocidade. Logo n_2 é maior que n_1



2

Afastamento

Ao passar do meio 1 para o meio 2, o raio afasta-se da normal e aumenta sua velocidade. Logo, n_2 é menor que n_1

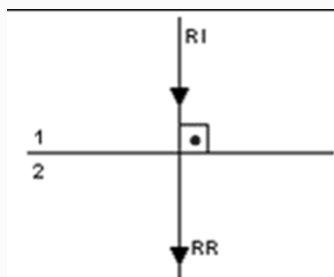


!

A frequência da onda permanece constante

$$f_1 = f_2$$

Se a luz incidir perpendicularmente a superfície de separação, ela não se desvia.

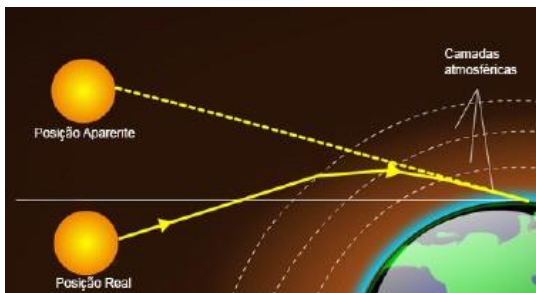


Quando dois meios apresentam a mesma refração (mesmo índice de refração), um é invisível em relação ao outro. Dizemos que entre esses meios há Continuidade Óptica. É o que ocorre com alguns vidros e o tetracloreto de carbono (CCl_4).

Aplicações

POSIÇÃO APARENTE DOS ASTROS

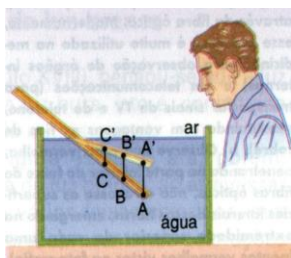
É sempre mais elevada que o real. Por isso, o sol pode ser visto após se pôr e antes de nascer, mesmo estando abaixo da linha do horizonte.



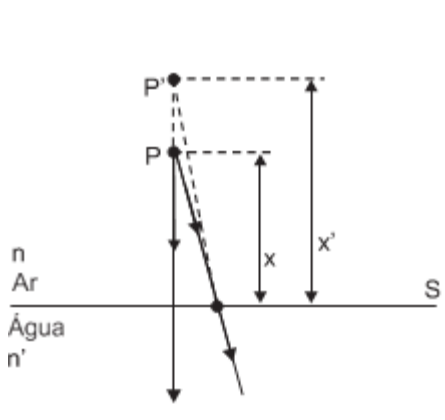
Um talher ou um lápis, parece estar quebrado quando o colocamos em um copo contendo água.



Um corpo na água como uma moeda ou um peixe parecem estar sempre acima da posição real



Um objeto no ar, visto da água, tem imagem mais afastada da superfície.

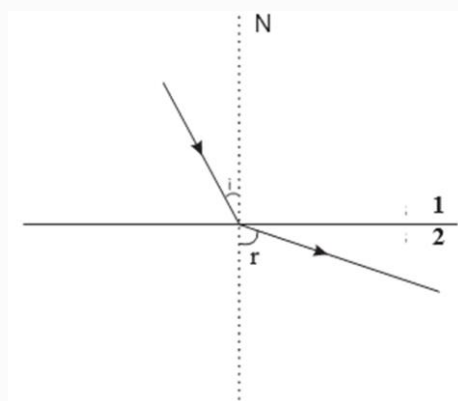


Propriedades da Reflexão Total



O que é

Já sabemos que sempre que um raio de luz passa de um meio mais refringente para um menos refringente, este raio afasta-se da Normal. Podemos concluir que a medida que se aumenta o ângulo de incidência (i), aumenta-se o ângulo de refração (r) também. Isso ocorre até uma "situação limite" onde o ângulo de refração é de 90° e chamamos o ângulo de incidência de ângulo limite. Qualquer ângulo de incidência maior que o limite não permitirá mais a passagem do raio para o outro meio, ocorrendo o que chamamos de REFLEXÃO TOTAL.



2

O raio luminoso deve propagar-se de um meio mais refringente 1 para um meio menos refringente 2. Logo, $n_1 > n_2$

3

O ângulo de incidência deverá ser maior que o ângulo limite

$$i > L$$

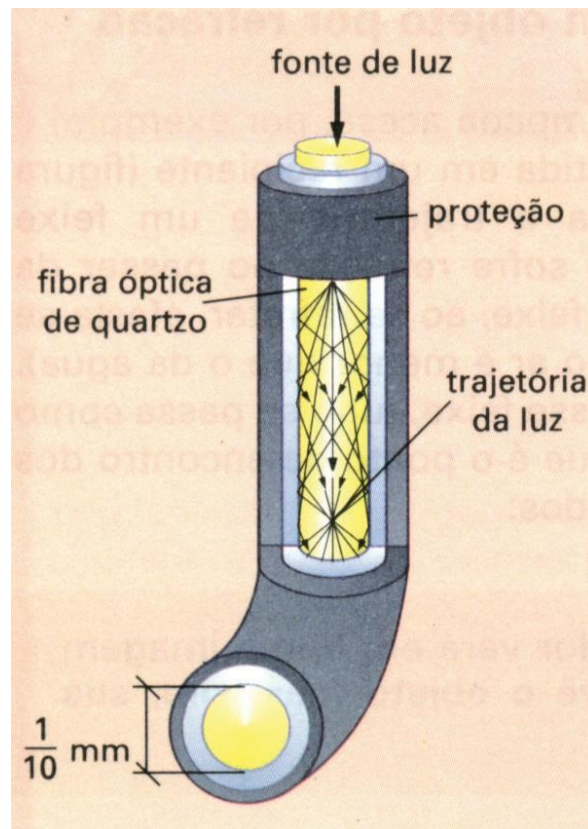
4

Cálculo do Ângulo Limite (L)

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

Aplicações

FIBRA ÓPTICA : Usadas na tele- comunicações (transportar sinais de TV e de telefone) e em exames exames endoscópicos.



É comum observar-se, em dias de temperaturas elevadas, o fenômeno da miragem. No deserto ou em uma estrada asfaltada, o ar próximo à areia ou ao asfalto apresenta densidade menor do que o das camadas superiores por isso, a luz proveniente de um objeto sofre refrações sucessivas nas camadas de ar, até sofrer reflexão total nas camadas mais baixas. Essa luz totalmente refletida, ao chegar aos olhos do observador, faz com que ele veja uma imagem virtual do objeto.

Dispersão Luminosa

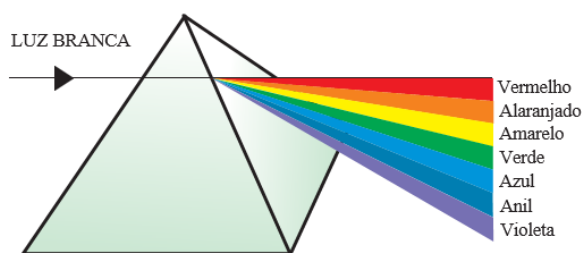
A luz, por ser uma onda eletromagnética propaga-se no vácuo, onde sua velocidade (c) é máxima.

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

No vácuo: Todas frequências de luz (todas as cores) possuem a mesma velocidade.

No momento em que fizermos incidir por um prisma de seção triangular um feixe de luz policromática, como a branca, este feixe sofrerá uma separação de suas componentes monocromáticas. A esta separação damos o nome de DISPERSÃO.

Para cada cor, o prisma produz um desvio diferente, logo possui também índices de refração diferentes. Devemos a Isaac Newton a interpretação desse fenômeno, até hoje aceita como adequada.

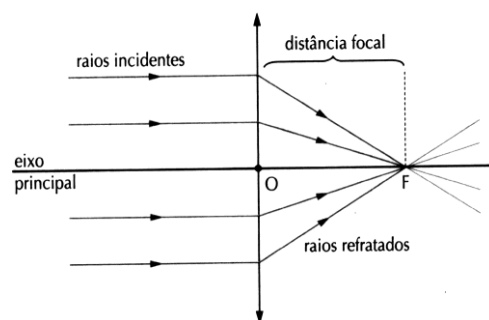


O índice de refração do vidro é maior para luz violeta do que para a luz vermelha.

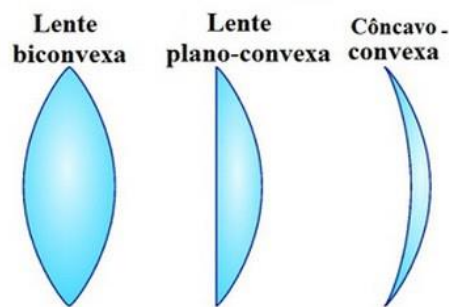
Lentes Esféricas Delgadas



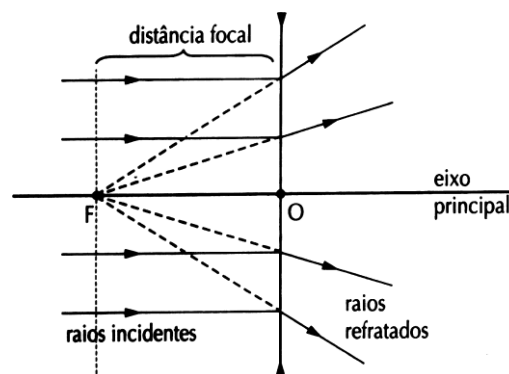
Lentes Convergentes



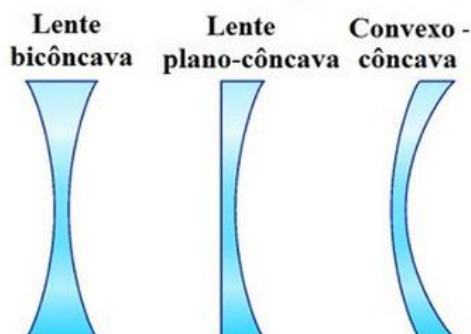
Tipos de Lentes Convergentes



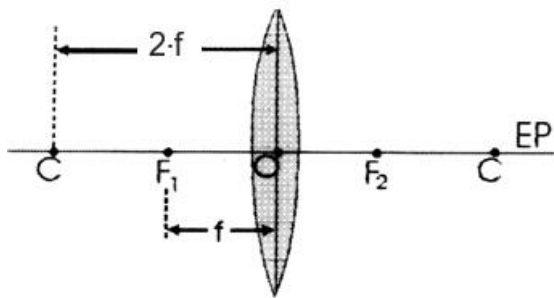
Lentes Divergentes



Tipos de Lentes Divergentes



Elementos Geométricos



$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_L - 1}{n_{\text{MEIO}}} \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

C = PONTOS ANTIPRINCIPAIS

F₁ = FOCO OBJETO **F₂** = FOCO IMAGEM **O** = CENTRO ÓPTICO

f = DISTÂNCIA FOCAL

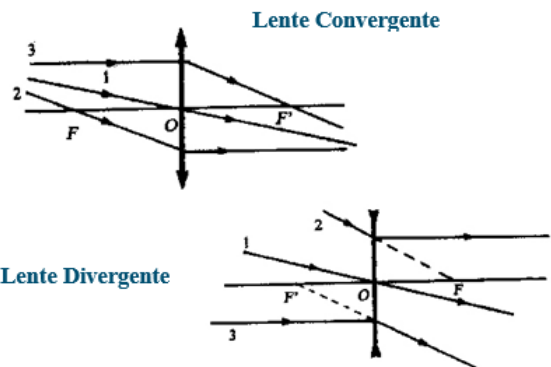
R₁ e **R₂** = RAIOS DE CURVATURA DAS FACES

EP = EIXO PRINCIPAL

FACE **CONVEXA** : R ⊕

FACE **CÔNCAVA** : R ⊖

Raios Notáveis



Todo raio de luz que incide numa direção que passa pelo centro de óptico não sofre desvio ao atravessar a lente.

Todo raio que incide por uma direção que passa pelo foco principal objeto F emerge da lente paralelamente ao eixo principal.

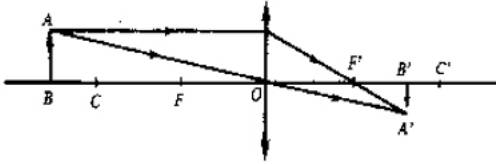
Todo raio de luz que incide paralelamente ao eixo principal emerge da lente numa direção que passa pelo foco principal imagem F'.



Construção de imagens

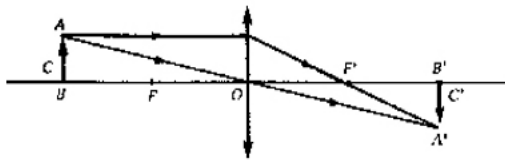
Lente Convergente

1º) Objeto além do ponto C.



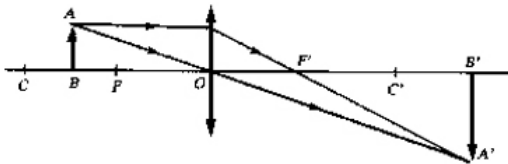
REAL, INVERTIDA E MENOR

2º) Objeto sobre o ponto C.



REAL, INVERTIDA E DE MESMO TAMANHO.

3º) Objeto entre o ponto C e o foco principal objeto F.



REAL, INVERTIDA E MAIOR

4º) Objeto sobre o foco principal objeto F.

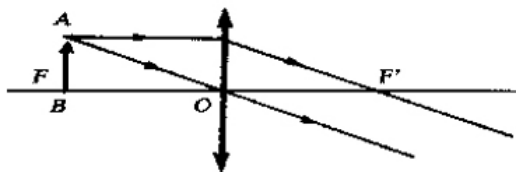
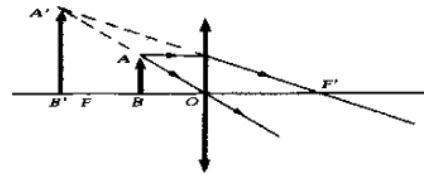


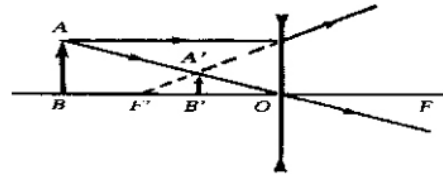
IMAGEM IMPRÓPRIA

5º) Objeto entre o foco principal objeto F e o centro óptico O.

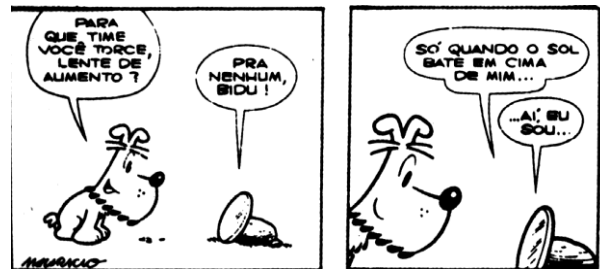


VIRTUAL, DIREITA E MAIOR

b) LENTE DIVERGENTE

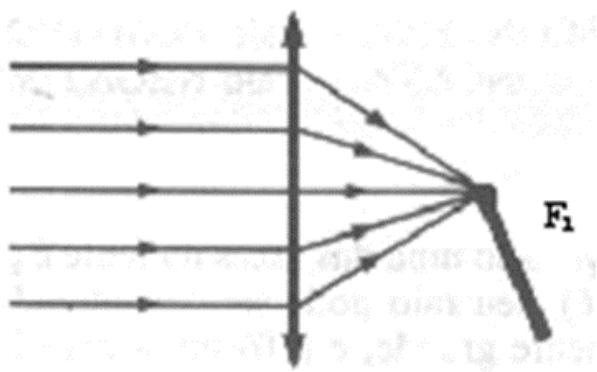


VIRTUAL, DIREITA E MENOR



Atenção!

Os raios solares podem ser considerados paralelos. Logo, após atravessarem uma lente convergente, convergem, no foco principal imagem (F_2), sendo capaz de, como na figura abaixo, ascender um fósforo, ou queimar uma formiga.

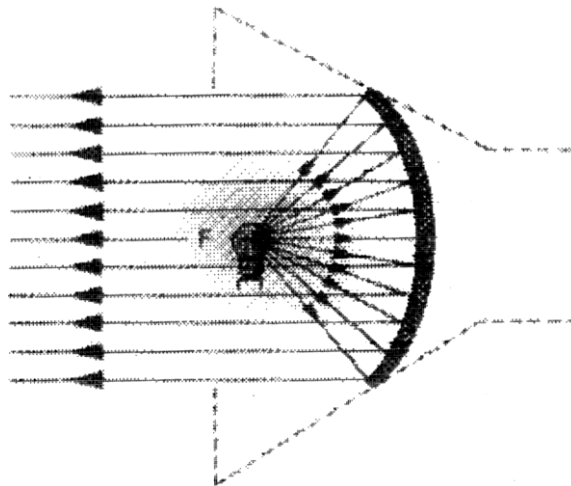


Toda imagem real de um objeto real é INVERTIDA.

Toda imagem virtual de um objeto real é DIREITA.

Apenas as imagens Reais podem ser projetadas.

Em um holofote, a lâmpada deve ficar no foco do espelho côncavo, para que o feixe refletido seja constituído de raios paralelos.



Equações e Relações

Importantes

1

Equação dos pontos conjugados ou Equação de Gauss

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{di} + \frac{1}{do}$$

Convenção de Sinais

do + : objeto real

do - : objeto virtual

di + : imagem real

di - : imagem virtual

f + : espelho côncavo

f - : espelho convexo

i + : imagem direita

i - : imagem invertida

2

Equação do aumento linear transversal ou Equação da ampliação (A)

$$A = \frac{i}{o} = \frac{-di}{do}$$

Sendo:

do = distância entre o objeto e o espelho.

di = distância entre a imagem e o espelho.

f = distância focal do espelho.

i = altura da imagem

o = altura do objeto

3

Vergência, Convergência ou Grau (V)

$$V = \frac{1}{f} = \frac{-di}{do}$$

Atenção !!!

lentes convergentes = vergência +

lentes divergentes = vergência -

Convenção de Sinais

do + : objeto real

do - : objeto virtual

di + : imagem real

di - : imagem virtual

f + : lente convergente

f - : lente divergente

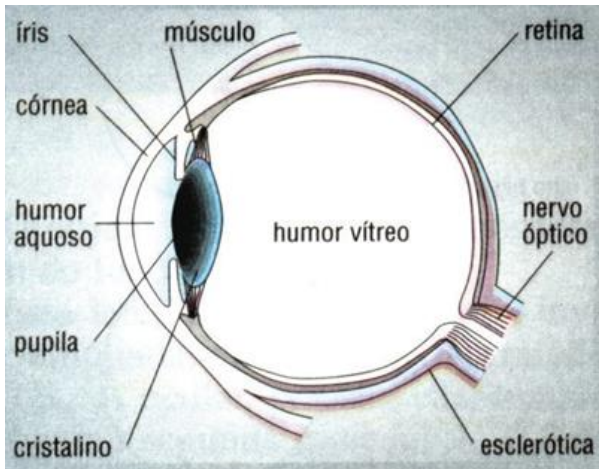
i + : imagem direita

i - : imagem invertida



Biofísica do olho humano

Olho humano



Cristalino

É uma lente de distância focal variável. Essa variação de distância focal é devida à ação dos músculos ciliares que comprimem o cristalino, possibilitando a acomodação visual para a formação de imagens nítidas.

Retina

É a parte sensível à luz, sobre a qual o cristalino projeta as imagens dos objetos colocados diante dos olhos. Para se compreender o comportamento dos raios luminosos no seu trajeto à retina e o mecanismo de formação da imagem nesta localização é necessário estudar os diversos elementos refringentes na sua via. Esses elementos são: a córnea, o humor aquoso, o cristalino e o humor vítreo. De todos esses meios, a luz que penetra no olho é refratada acentuadamente na superfície anterior da córnea e no cristalino. Essas duas superfícies convergem poderosamente os raios incidentes fazendo com que os mesmos caiam sobre a retina.

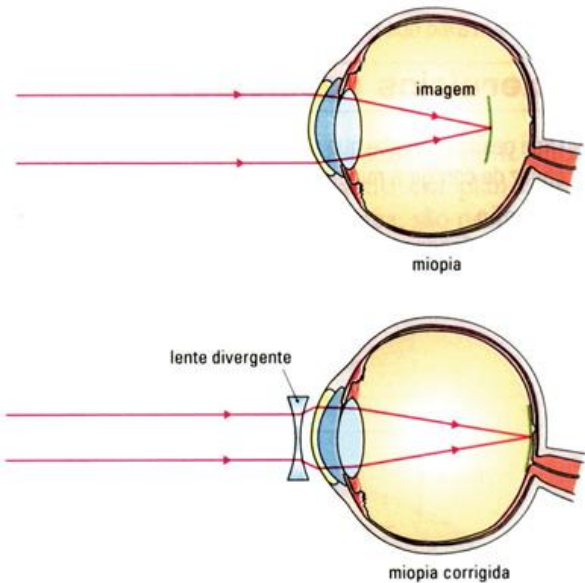
Íris

É o regulador de quantidade de luz que deve penetrar no olho. Possui um orifício central que se comporta como um diafragma, chamado pupila. A íris abre-se bastante quando há pouca luz e fecha-se acentuadamente quando há muita luz.

Defeitos da visão

MIOPIA: dificuldade em enxergar objetos distantes. A palavra miopia vem do grego e significa “aquele que fecha o olho”. A maioria das miopias ocorrem por aumento do Diâmetro antero-posterior, ou seja, são miopias axiais.

- O olho é maior que o normal
- Correção: lentes divergentes



HIPERMETROPIA: dificuldade em enxergar objetos próximos. É a anormalidade de refração mais comum (80-90%). Ao nascimento, praticamente todos os olhos são hipermetropes, num grau de 2,5 a 3 di e com a evolução do crescimento do organismo, o eixo antero-posterior se alonga. Até a adolescência, o olho deveria ser, teoricamente, emétrope, mas verifica-se que 50% da população permanece com um certo grau de hipermetropia

- O olho é menor que o normal
- Correção: lentes convergentes

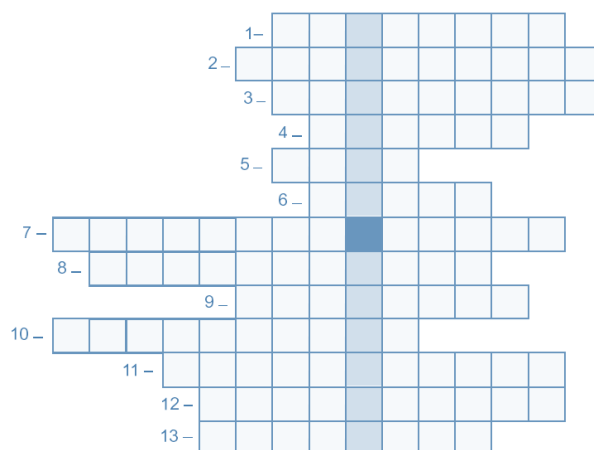
PRESBIOPIA: A palavra presbiopia deriva do grego significando “olho velho”. Quando uma pessoa envelhece, os músculos ciliares perdem um pouco de sua elasticidade e provocam um enrijecimento do cristalino, em virtude da capacidade de acomodação visual. Em razão disso, há o afastamento do ponto próximo e a dificuldade de visão nítida de objetos próximos, embora a visão para pontos distantes permaneça normal. A presbiopia pode ser corrigida com o uso de lentes convergentes.

ASTIGMATISMO : É uma imperfeição em que as superfícies que formam o globo ocular apresentam diferentes raios de curvatura, isto é, existe uma falta de simetria de revolução em torno do eixo óptico. Pode ser corrigido com o uso de lentes cilíndricas, que compensam as diferenças entre os raios de curvatura. O astigmatismo de curvatura geralmente tem sua origem na córnea (aproximadamente 90%), mas pode ser causado por alteração no cristalino.

ESTRABISMO : É uma anomalia que consiste no desvio do eixo óptico do globo ocular. O tratamento inclui uso de óculos, oclusão e cirurgia.



Palavras Cruzadas



1. Fenômeno em que se baseia a formação da imagem no olho humano que ocorre basicamente após a passagem da luz pela córnea, humor aquoso, cristalino, humor vítreo atingindo a retina.
2. O astigmatismo, defeito que consiste na deformidade da curvatura da córnea, podendo ser também do cristalino, tem sua correção feita nesse tipo de lente.
3. Corresponde ao fenômeno mais conhecido dos prismas, provavelmente devido ao seu impacto histórico e científico também é um dos responsáveis pela explicação do fato pelo qual o céu é azul.
4. Defeito de visão onde o indivíduo possui o diâmetro ântero-posterior alongado em relação ao normal provocando uma baixa acuidade visual para longe.
5. Todo raio de luz que incide num espelho côncavo, paralelamente ao seu eixo principal, reflete-se passando por este ponto.
6. Um das características da imagem (em relação ao objeto) formada por uma lente convergente a partir de um objeto real colocado entre o foco e a própria lente.
7. Fenômeno básico utilizado no funcionamento das fibras ópticas.
8. Instrumento formado por duas lentes convergentes (a objetiva e a ocular) e uma fonte de iluminação. A objetiva é bem pequena e forma uma imagem real ampliada do objeto. A ocular, uma lente maior também amplia a imagem tornando-a, porém virtual.
9. Unidade de convergência, corresponde ao inverso do metro.
10. Lente utilizada para correção da miopia.
11. Ocorre somente com ondas transversais como por exemplo a luz.
12. Grandeza alterada na propagação da luz quando essa passa de um meio menos refringente para um mais refringente.
13. Fenômeno que ocorre na passagem da luz por um orifício suficientemente pequeno.

Aplicações e Estruturas das Fibras Ópticas



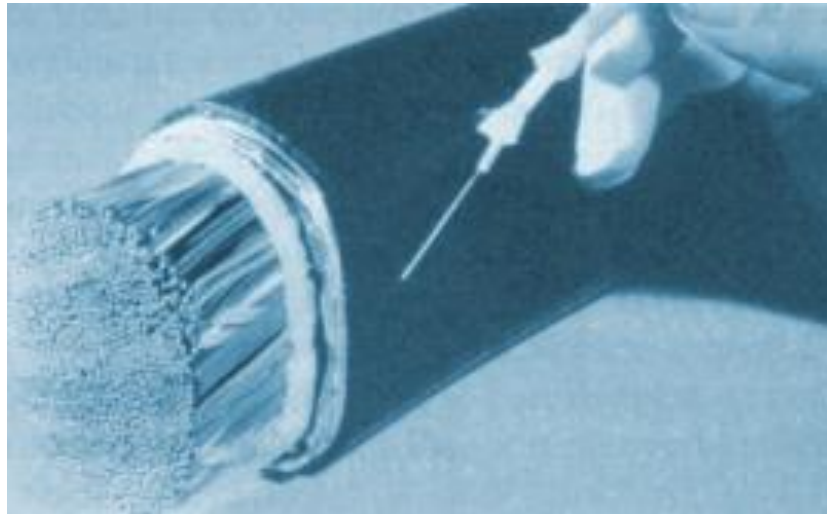
As primeiras fibras ópticas foram desenvolvidas no início da década de 1950 e logo foram utilizadas em medicina, principalmente para exames do estômago e esôfago. O tubo desses aparelhos, chamados endoscópios, se constitui de uma feixe de fibras de vidro ordenadas, que contém uma fonte de luz na extremidade. Inserido pela garganta do paciente, permite a visão direta e detalhada da membrana mucosa que reveste o aparelho digestivo.

A partir da década de 1980, o seu uso disseminou-se como condutor de sinais em telecomunicações (telefones, televisão e redes de computadores). Menos de vinte anos depois já existiam instalados, só nos Estados Unidos, cerca de 3000 000 Km de fibras ópticas. As vantagens das fibras ópticas sobre os cabos convencionais de cobre são inúmeras: elas são 25 vezes mais leves, o que, num avião comercial, por exemplo, representa uma redução de carga de mais de meia tonelada. Além disso, elas não sofrem interferência de radiações eletromagnéticas externas, como aquelas oriundas dos raios e relâmpagos, o que permite uma transmissão de dados praticamente sem erros. E são muito seguras em relação à privacidade, porque é muito difícil grampear linhas telefônicas de fibras ópticas, pois a transmissão das informações não é feita por elétrons em movimentos, mas por ondas eletromagnéticas, ou seja, por fótons.

As fibras ópticas são, na sua maioria, feitas de vidro de extraordinária pureza e transparência. Uma vidraça feita com esse vidro poderia ter até um 1 Km de espessura e ser perfeitamente transparente! Há fibras de plástico mais flexíveis, porém menos transparentes. Um cabo de fibras ópticas contém algumas centenas de fibras

Aplicações e Estruturas das Fibras Ópticas

E cada fibra compõem-se de três camadas: o núcleo, por onde transita o sinal luminoso, que pode chegar a 8 micrometros de diâmetro (um sexto da espessura de uma folha de papel); uma camada de revestimento de cerca de 125 micrometros, chamada cladding, com um índice e refração menor que o do núcleo para garantir a ocorrência da reflexão total; e uma capa externa de poliuretano, que protege a fibra de ações exteriores. Atualmente, as fibras ópticas estão sendo usadas como detectores de tração, pressão ou temperatura em lugares perigosos ou de difícil acesso. Elas podem ser usadas para medir a temperatura de um vulcão, por exemplo, ou na composição de uma espécie de “pele” inteligente em aviões, capaz de detectar as regiões de tração excessiva que poderiam romper essa “pele”



Uma fibra óptica de 0,64 cm de diâmetro substitui um feixe de cabos de cobre de 7,6 cm de diâmetro!

Velocidade da luz e o espelho de Einstein

Uma das questões que levaram Einstein à sua revolucionária Teoria da Relatividade, proposta em 1905, foi um experimento de pensamento que lhe ocorreu aos dezesseis anos de idade. Se alguém estivesse viajando à velocidade da luz e olha-se num espelho mantido à sua frente, o que veria? Se a luz se propaga-se como uma onda sonora, por exemplo, como afirmava a física da época, a resposta é simples e imediata: nada! A luz não atingiria o espelho, logo não poderia se refletir.

Durante dez anos essa resposta o incomodou, esse “desaparecimento” da imagem no espelho era, para ele, inaceitável. Sua conclusão foi drástica e ousada – a física da época conhecida hoje como física clássica, estava errada. Einstein propôs então uma reformulação radical da física que, entre outras coisas, dava ao seu problema a resposta que ele achava correta. A imagem não desaparecia, pois a situação proposta é impossível – a velocidade da luz é inatingível. Ela é uma espécie de limite universal de velocidade; não pode ser ultrapassada.

Em 1983, o melhor valor experimental da velocidade da luz no vácuo, $c = 299\,792\,458$ m/s, foi considerado exato e passou a ser a base padrão do metro, cuja definição foi então reformulada.