

Física



INOVANDO COM TRADIÇÃO

Professor: Andréa Coeli



Introdução à Termologia

Termologia é a parte da Física que estuda o calor e suas aplicações.

O calor, também denominado energia térmica, é consequência do movimento vibratório das moléculas ou partículas de um corpo. Quanto maior o movimento vibratório mais quente é o corpo.

Temperatura

Lembre-se que:

- ✓ os corpos são constituídos de partículas denominadas átomos;
- ✓ numa determinada substância, diferentes átomos se agrupam formando moléculas;
- ✓ as moléculas dos corpos apresentam movimento característico de cada material: nos sólidos esse movimento é bem pequeno; nos líquidos as partículas têm maior liberdade de movimento; nos gases as partículas têm um movimento intenso e desordenado.

O movimento das moléculas é denominado agitação térmica. E a agitação térmica está relacionada com a percepção que temos de quente e frio. Para entender isso melhor, imagine um recipiente contendo água até a borda e sendo colocado ao fogo. À medida que a água se esquentava, o movimento de suas moléculas vai aumentando, de tal forma que a água se dilata e transborda mesmo antes de ferver.

Do que foi apresentado, podemos concluir que quanto mais quente o corpo vai ficando, maior é o movimento de suas moléculas.

A Grandeza que permite avaliar o grau de agitação térmica das moléculas de um corpo é a temperatura.

Equilíbrio Térmico

O que acontece quando um pedaço de ferro quente é colocado numa vasilha contendo determinada porção de água fria? O calor escoa do ferro quente para a água fria, fazendo com que o ferro se esfrie e a água se aqueça.

Esse escoamento cessa quando a água e o ferro atingem o equilíbrio térmico, isto é, quando ambos atingem a mesma temperatura.

Obviamente, esse fenômeno não ocorre apenas entre o ferro quente e a água fria, mas com qualquer corpo aquecido em contato com outro de menor temperatura.

Termômetros

O instrumento que mede a grandeza temperatura é o termômetro. O primeiro termômetro foi construído há três séculos e meio, pelo sábio italiano Galileu Galilei (1564-1642).

Atualmente, existem vários tipos de termômetro. Os mais conhecidos consistem num tubo de vidro longo e delgado, com um reservatório na parte inferior (bulbo), onde fica contido mercúrio (que é o único metal líquido sob temperatura ambiente) ou álcool. Quando se trata de termômetro com reservatório de álcool, para que se possa distinguir o álcool é costume tingi-lo com um corante, em geral vermelho.

O funcionamento de um termômetro geralmente se baseia na dilatação dos líquidos (e você sabe que dilatação é aumento de volume provocado por aquecimento). Então, colocando o termômetro em contato com um corpo, este cede ou recebe calor do termômetro, até que ambos atinjam o equilíbrio térmico. Com a troca de calor, o volume do líquido contido no termômetro varia, marcando assim a temperatura numa escala graduada.

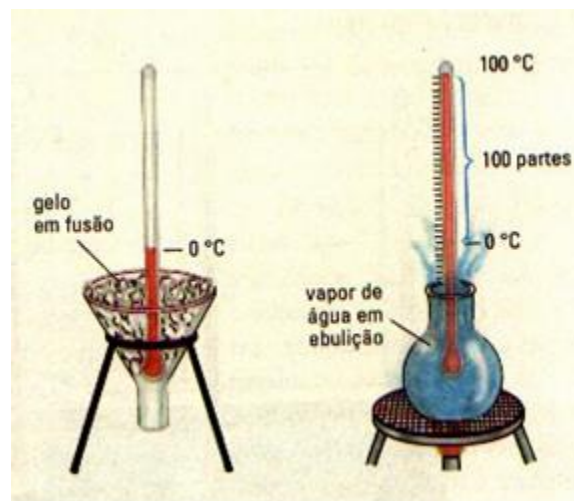
Escalas Termométricas

Geralmente os termômetros apresentam uma linha graduada que indica o valor da temperatura. Essa graduação recebe o nome de Escala Termométrica.

Existem várias escalas termométricas, dentre as quais iremos estudar: a Celsius, apresentada pelo astrônomo sueco Anders Celsius (1701-1744); a Fahrenheit, proposta pelo físico alemão Gabriel Daniel Fahrenheit (1686- 1736); a Kelvin, inventada pelo físico e lorde britânico William Thomson Kelvin (1824-1907).

Escala Celsius:

Para obter essa escala, coloca-se primeiro o bulbo do termômetro no gelo em fusão e depois no vapor da água em ebulição, até que ocorra o equilíbrio térmico em cada caso. Chega-se assim a dois valores de temperatura, que são marcados no termômetro:



Escala Celsius

✓ Ao valor alcançado pelo gelo em fusão é atribuído o número 0;

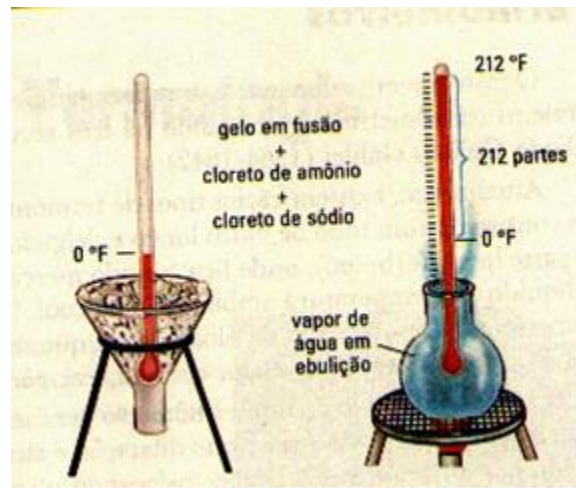
✓ Ao valor alcançado pelo vapor da água é atribuído o número 100.

O intervalo obtido entre esses dois números é dividido em 100 partes iguais, cada uma valendo 1 grau Celsius. O grau Celsius é representado pelo símbolo $^{\circ}\text{C}$. Por exemplo, 30 graus Celsius representamos assim: 30°C .

A escala Celsius, que é a mais usada no Brasil, pode ser prolongada além de 100°C e abaixo de 0°C , neste caso para temperaturas negativas.

Escala Fahrenheit:

É obtida mergulhando-se o bulbo do termômetro numa mistura refrigerante de gelo picado, cloreto de amônio (sal) e cloreto de sódio, cuja temperatura corresponde a $-17,7^{\circ}\text{C}$. Em seguida o termômetro é colocado no vapor da água em ebulição. O intervalo entre essas duas medidas é dividido em 212 partes iguais, valendo, cada uma, 1 grau Fahrenheit (1°F).



Escala Fahrenheit

A Temperatura:

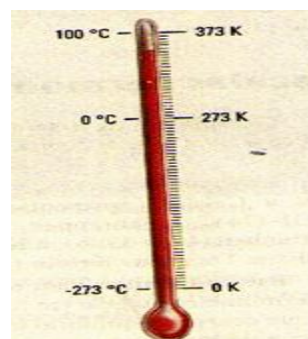
- ✓ Da mistura refrigerante é de 0 °F, que nessa escala corresponde a 32 °F;
- ✓ Da água em ebulição é de 212 °F.

Dessa maneira, o intervalo entre a temperatura do gelo em fusão e a da água em ebulição é de 180 °F.

A Escala Fahrenheit é muito usada nos países de Língua Inglesa.

Escala Kelvin

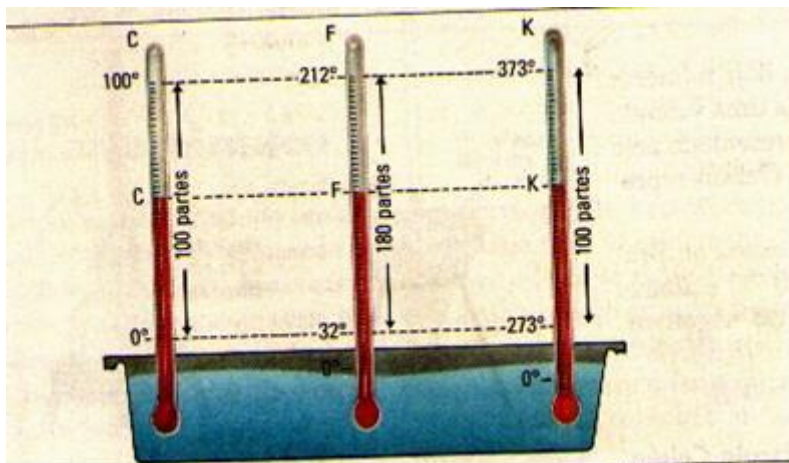
Também conhecida como escala absoluta, pois nela, diferentemente da Celsius e da Fahrenheit, o zero significa ausência de agitação molecular. A escala Kelvin é obtida pelo prolongamento da escala Celsius até -273°C , que é a temperatura mais baixa da natureza, conhecida como zero absoluto. O zero absoluto é representado assim: 0 K (zero kelvin). Observe que a escala Kelvin não usa a expressão grau, sendo o valor da temperatura relacionado diretamente ao nome da escala; por exemplo: 100 K, 35 K etc. Em zero absoluto foi comprovado que as moléculas cessam por completo seu movimento. Essa escala tem aplicações em laboratórios, para a determinação de temperaturas muito baixas, como a de certos gases liquefeitos.



Escala Kelvin

Relações entre as Escalas Termométricas

A próxima figura representa três termômetros — um em escala Celsius, outro em Fahrenheit e o terceiro em Kelvin —, colocados num mesmo recipiente com água:



Cada um desses termômetros entra em equilíbrio térmico com a água. Observe na figura anterior que, ao atingir o equilíbrio térmico, o líquido contido no bulbo de cada termômetro atinge um mesmo nível em cada escala correspondente.

Dessa maneira, ao atingir o equilíbrio térmico, a relação entre as três escalas é dada através da seguinte expressão:

1. Do Celsius para Fahrenheit - $T_F = \frac{(9 \cdot T_C) + 32}{5}$
2. Do Fahrenheit para Celsius - $T_C = \frac{5}{9} \cdot (T_F - 32)$
3. Do Celsius para Kelvin - $T_K = T_C + 273$
4. Do Kelvin para Celsius - $T_C = T_K - 273$
5. De Fahrenheit para Kelvin - $T_K = \left(\frac{5}{9} \cdot T_F\right) + 255$

Exemplos:

A. Transforme:

a) 50 °F em °C

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

$$T_C = \frac{5}{9}(50 - 32)$$

$$T_C = \frac{5}{9} \cdot 18$$

$$T_C = \frac{90}{9}$$

$$T_C = 10^\circ$$

b) 47 °C em K

$$T_K = T_C + 273$$

$$T_K = 47 + 273$$

$$T_K = 320 \text{ K}$$

c) 30 °C em °F

$$T_F = \left(\frac{9}{5} T_C \right) + 32$$

$$T_F = \left(\frac{9}{5} \cdot 30 \right) + 32$$

$$T_F = (9 \cdot 6) + 32$$

$$T_F = 86^\circ \text{F}$$

d) 45 °F em K

$$T_K = \left(\frac{5}{9} T_F \right) + 255$$

$$T_K = \left(\frac{5}{9} \cdot 45 \right) + 255$$

$$T_K = (5 \cdot 5) + 255$$

$$T_K = 280 \text{ K}$$

Exercícios

1. Faça a conversão das seguintes temperaturas:

- a) 104°F para °C
- b) 423K para °C
- c) 10°C para °F
- d) 53°C para K
- e) 293K para 0°C

Dilatação Térmica

Quando uma pessoa está com febre, sua temperatura corporal é mais elevada do que o normal. Isto pode ser comprovado com auxílio do termômetro clínico. Após retirarmos o termômetro do enfermo, constatamos que o filete de mercúrio se dilatou dentro do tubo. Isso porque as dimensões dos corpos sofrem dilatação quando estes são aquecidos, e contração quando resfriados.

Muitas vezes, a dilatação só pode ser comprovada por meio de instrumentos. Mas ela pode também ser entendida pelo movimento das moléculas. Assim, quando um corpo é aquecido suas moléculas vibram mais intensamente. Por isso, elas necessitam de maior espaço. E o que acontece quando muitas pessoas dançam num salão. Se a dança exigir passos mais amplos, será necessário maior espaço para executá-los.

Todos os corpos — sejam sólidos, líquidos ou gasosos — estão sujeitos à dilatação térmica. Vamos agora estudar esse assunto.

Dilatação dos Sólidos

Entre os sólidos, os metais são os que melhor se dilatam, principalmente o alumínio e o cobre. Temos um bom exemplo disso num vidro de conserva com a tampa metálica emperrada. Para abrir o vidro, basta mergulhar a tampa na água quente; como o metal se dilata mais que o vidro, a tampa logo fica frouxa.

O aquecimento pode levar um sólido a dilatar-se em todas as direções. Assim, a **Dilatação dos Sólidos** pode ser linear, superficial ou volumétrica.

Dilatação Linear

Essa dilatação corresponde ao *aumento do comprimento* dos corpos quando aquecidos. Você já notou que os trilhos das estradas de ferro não ficam unidos uns aos outros nos pontos em que são emendados? É necessário tomar essa precaução porque, durante o verão, os trilhos aumentam de comprimento (aumento linear) pela ação do calor. Assim, se estiverem unidos serão forçados uns contra os outros, o que acaba provocando uma deformação perigosa à passagem do trem, que pode descarrilar.



Os trilhos têm separações porque sofrem dilatação linear.

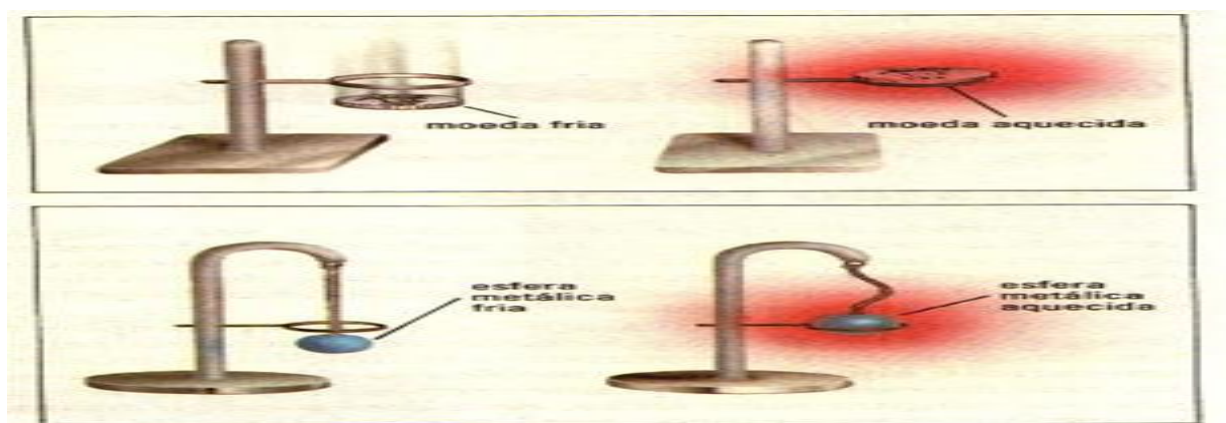
A **Dilatação Linear** pode ser comprovada e medida por meio de um aparelho chamado **Pirômetro de Quadrante**.



Modelo antigo de pirômetro de quadrante.

Dilatação Superficial

Refere-se à área do sólido dilatado, como por exemplo, sua largura e comprimento. Uma experiência bem simples pode comprovar a dilatação superficial dos sólidos, como mostra a figura a seguir:



A moeda não passa pelo aro porque sua superfície aumentou após ter sido aquecida.

Dilatação Volumétrica

Refere-se ao aumento do volume do sólido, isto é, de seu comprimento, de sua altura e largura. O instrumento usado para comprovar a Dilatação Volumétrica de um corpo é chamado anel de Gravezande, sendo esta uma variação da experiência sugerida na figura anterior. O volume da esfera aumenta com o aquecimento.

Curiosidade

Por que o vidro fino suporta mais calor que o grosso?

Levado ao fogo, um vidro grosso racha mais facilmente que um vidro fino. Isso acontece porque o vidro é mal condutor de calor. Assim, se o vidro for espesso, as camadas que ficam em contato com o fogo se aquecem e se dilatam antes das camadas mais afastadas, causando a rachadura. No vidro delgado, a dilatação é mais uniforme. Por isso, ele não racha. O pirex é um tipo especial de vidro que se dilata muito pouco, podendo ser levado ao fogo sem o perigo de rachar.

Dilatação dos Líquidos

Você já observou como o leite aumenta de volume quando ferve?

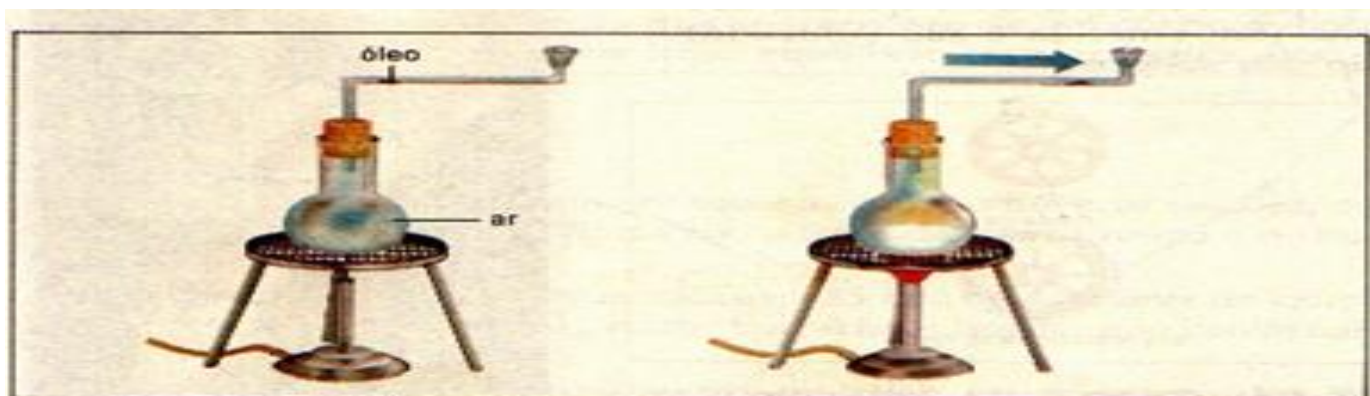
O mesmo ocorre com todos os líquidos, que apresentam maior capacidade de dilatação que os sólidos.

O Processo de Dilatação da água é um pouco diferente do que ocorre com os outros líquidos. Em temperaturas superiores a 4 °C, a água se comporta como a maioria das substâncias, isto é, aumenta de volume quando aquecida e diminui quando resfriada. Mas, ao ser aquecida de 0 °C a 4 °C, o fenômeno se inverte e a água diminui de volume. Inversamente, se for esfriada de 4 °C a 0 °C, ela se dilata, ou seja, aumenta de volume.

É por essa razão que uma garrafa cheia de água e fechada estoura no congelador: de 4 °C a 0 °C, enquanto a garrafa de vidro ou plástico diminui de volume ao esfriar-se, a água tem seu volume aumentado.

Dilatação dos Gases

A **Dilatação dos Gases**, que é mais acentuada que a dos líquidos, pode ser comprovada por uma experiência bem simples. Num balão de vidro, com ar em seu interior, introduz-se um canudo dentro do qual há uma gota de óleo:



Aquecendo o balão de vidro, o ar nele contido se dilata, o que faz deslocar a gota de óleo.

Exercícios

1. Que é temperatura?

2. Para que servem os termômetros?

3. Quais são as escalas termométricas mais usadas?

4. O que é dilatação?

5. Numa das regiões mais frias do mundo, o termômetro indica -76°F . Qual será a mesma temperatura na escala Celsius?

6. Em Plutão, o planeta mais afastado do sistema solar, a temperatura chega a -380°F . Qual é a temperatura de Plutão na escala Celsius?

Calor



Colocando um cubo de gelo dentro de um copo com água quente, constatamos que o gelo se derrete e que a água fica fria.

Qual a causa da alteração na água e no gelo? É a água que faz o gelo derreter-se? É o gelo que faz a água esfriar?

A resposta correta é: o gelo se derrete por causa do calor que recebe da água. Ou seja, a água transfere calor para o gelo, que se aquece e derrete.

Para compreender como ocorre, de um corpo quente para um corpo frio, a passagem dessa estranha energia chamada calor, vamos precisar apenas de um pouco de imaginação.

Considere o resistor quente de um chuveiro elétrico mergulhado em água fria. Suponha que pudéssemos penetrar no interior da matéria, onde estão as moléculas ou partículas. O que veríamos? Moléculas num contínuo e desordenado movimento vibratório. E esse movimento seria mais intenso nas partículas do resistor quente do que na água fria.

Assim, quanto mais aquecido estiver o corpo, maior será a vibração de suas moléculas. Dentro do resistor observaríamos as partículas do metal vibrando e transferindo parte de sua energia às moléculas da água, que passariam a vibrar mais intensamente. Enquanto fosse aumentando a vibração das moléculas de água, observaríamos a diminuição da vibração das moléculas do metal.

Dessa forma, podemos entender por que durante o contato as partículas do resistor passam a vibrar menos, ocorrendo o inverso com as moléculas da água.

Agora, podemos chegar à seguinte definição:

Calor é uma forma de energia que se transfere de um corpo quente para um corpo frio até que haja equilíbrio térmico entre eles.

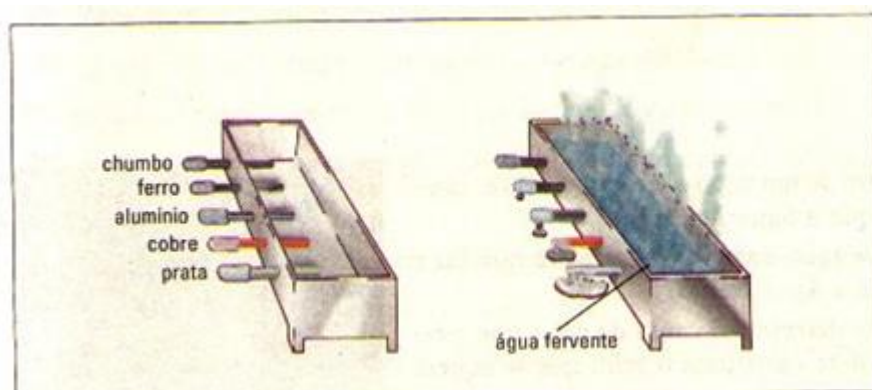
Fontes de Calor

As Fontes de Calor podem ser naturais, como o Sol e os vulcões, ou artificiais, como as velas, as lâmpadas, o ferro de passar roupa e o chuveiro elétrico.

Alguns corpos, como os metálicos, são bons condutores de calor. Outros, como os de madeira, vidro, borracha e isopor, não conduzem bem o calor.

Embora sejam bons condutores de calor, os diversos tipos de metal (ferro, prata, chumbo etc.) não realizam essa condução igualmente. A experiência descrita a seguir comprova essa afirmação.

Numa caixa metálica são introduzidos, por orifícios laterais, bastões de prata, cobre, alumínio, ferro e chumbo, de mesmo comprimento e mesma espessura. Uma das extremidades dos bastões fica fora da caixa. Essas extremidades externas são recobertas de cera:



Alguns metais conduzem melhor o calor do que outros.

Coloca-se água fervendo dentro da caixa, de modo que os bastões fiquem totalmente cobertos. Depois de alguns instantes, a cera se derrete primeiro no bastão de prata e depois nos outros, na seguinte sequência: cobre, alumínio e ferro. A cera que cobre o bastão de chumbo pode nem chegar a derreter-se.

Dessa experiência pode-se concluir que, entre os metais que foram utilizados, a prata é o melhor condutor de calor, enquanto o chumbo é o pior.

Propagação do Calor

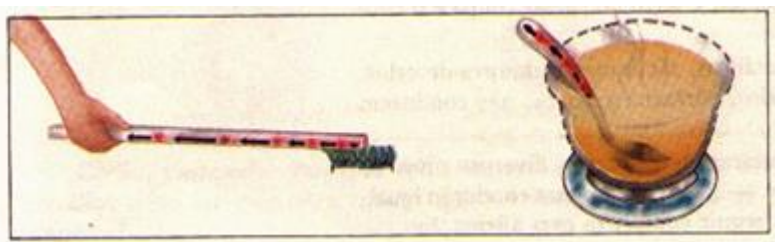
Como você sabe, a transmissão do calor de um corpo mais quente para outro mais frio se dá até que seja atingida uma temperatura de equilíbrio. Essa propagação do calor pode ser por condução, convecção ou irradiação.

Propagação por Condução

Se colocarmos a extremidade de um objeto metálico comprido no fogo, em pouco tempo a outra extremidade também estará quente.

O mesmo acontece introduzindo uma pequena colher de metal numa xícara de líquido quente. Esse fenômeno ocorre porque as vibrações das moléculas se transmitem para as moléculas vizinhas. Não ocorre, no entanto, deslocamento dessas moléculas.

Na Condução, portanto, o calor se propaga de molécula para molécula. Esta é uma forma de transmissão do calor característica dos sólidos, embora ocorra, menos intensamente, também nos líquidos e gases.



Saiba mais...

Recipientes que conservam melhor a temperatura

Nos utensílios de cozinha encontramos bons exemplos de como se comportam os diferentes materiais quanto à condução e ao isolamento térmico. O alumínio, por exemplo, é bastante empregado na confecção de panelas, pois ajuda a cozinhar rapidamente os alimentos; no entanto, como também permite uma rápida troca de calor com o ambiente, os alimentos contidos nessas panelas se resfriam também rapidamente depois do cozimento.

O vidro, a cerâmica, a porcelana, a madeira e o aço inoxidável mantêm os alimentos quentes por mais tempo. É por isso que se costuma servir feijoada ainda bem quente em cumbucas de cerâmica.

Por manter o calor, a cerâmica é usada na fabricação de cumbucas, onde a feijoada pode ser servida bem quente.

Adaptado de: Paraná. Física. São Paulo, Ática, 1993. v. 2, p. 98.

Os líquidos e gases não conduzem bem o calor, com exceção do mercúrio e do hidrogênio. A experiência representada na figura abaixo permite comprovar que os líquidos são maus condutores de calor. Veja que podemos segurar o tubo de ensaio na parte inferior sem queimar os dedos, embora a água esteja fervendo na parte superior.



Os líquidos são maus condutores de calor.

Propagação por Convecção

Se colocarmos serragem na água contida num balão de vidro (recipiente muito usado em laboratório) e o levarmos ao fogo, veremos a serragem subir e descer incessantemente. Isso significa que a água sobe, ao ser aquecida e desce quando esfria, formando assim, as chamadas Correntes de Convecção. A **Propagação por Convecção** produzida pelo deslocamento de moléculas é característica dos líquidos e gases.



Correntes de Convecção

As Correntes de Convecção são usadas no aquecimento de casas, nos aparelhos de ar condicionado, nos radiadores de automóveis, sendo responsáveis também pelo voo de planadores e asa-delta.

Propagação por Irradiação

Da mesma forma que a luz, o calor do Sol chega à Terra depois de atravessar uma grande extensão de vácuo. Essa energia térmica, também chamada energia radiante, se propaga pela irradiação.

Outro exemplo desse tipo de irradiação: quando aquecemos as mãos diante de uma fogueira, a maior parte do calor nos é transmitida por irradiação, uma vez que a condução do calor pelo ar é pequena e a convecção tende a carregar o ar quente para cima.

Absorção e Emissão de Calor

A chama de uma vela, além de emitir luz, emite também energia térmica: o calor luminoso. Já a água fervente emite calor, mas não luz: é o chamado calor obscuro, produzido por uma fonte quente, mas não luminosa e que também se propaga por irradiação.

O Sol ou uma lâmpada acesa produzem calor luminoso, enquanto um ferro de passar roupa, quando normalmente aquecido, produz calor obscuro.

Certas substâncias deixam passar o calor luminoso, mas impedem a passagem do calor obscuro. O vidro é um exemplo. Essa propriedade do vidro é usada na construção de estufas destinadas à conservação do calor, como as que guardam certas plantas sensíveis à temperatura.

Uma estufa consiste num compartimento de paredes e telhado de vidro, que deixam passar o calor luminoso do Sol para dentro do ambiente durante o dia. À noite, a estufa impede que o calor obscuro obtido de dia se perca, mantendo as plantas aquecidas em seu interior.

Quando um corpo é aquecido ele absorve uma parte do calor e reflete outra. Os corpos que absorvem bem o calor são também os que melhor o emitem. Os corpos escuros são os que mais absorvem e emitem calor (a fuligem, por exemplo, absorve 97% do calor recebido). Já com os corpos claros ou brilhantes ocorre o contrário (a prata polida, por exemplo, absorve apenas 6% do calor recebido). É por isso que no verão devemos usar roupas claras, pois elas absorvem menos calor. No inverno, a preferência deve ser por roupas escuras, pois são as que mais absorvem calor.

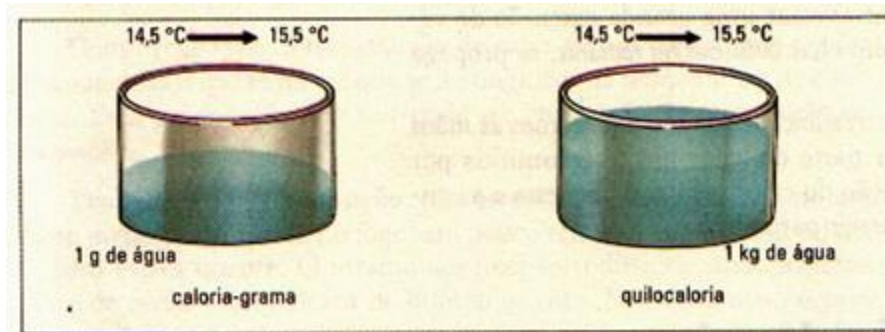
Medida da Quantidade de Calor

A quantidade de calor que passa de um corpo para outro pode ser medida. A parte da Termologia que se ocupa dessa medição é a Calorimetria.

São duas as principais unidades de quantidade de calor:

Caloria (cal) — é a quantidade de calor necessária para elevar em 1 °C a temperatura de 1 g de água, sob pressão normal;

Quilocaloria (Kcal) — é a quantidade de calor necessária para elevar em 1 °C a temperatura de 1 kg de água, sob pressão normal.



Uma quilocaloria é igual a 1 000 calorias, ou seja, 1 Kcal = 1 000 cal.

Observação:

$$1 \text{ cal} \sim 4,2 \text{ J (joule)}$$

Calor Latente

Leia o exemplo abaixo:

Ernesto estava tão animado com sua observação que não teve dúvidas: foi para cozinha e resolveu fazer um teste.

Pegou uma panela pequena, pesou e colocou nela 100 gramas de gelo e juntou 100 ml de água, até quase cobrir os cubos de gelo. Mexeu bem, até que o termômetro marcasse perto de 00C. Colocou a panela no fogão, com fogo bem baixo, e foi anotando, a cada minuto, o valor da temperatura indicado pelo termômetro.

Ficou assustado e achou que o termômetro estava quebrado, pois obteve os seguintes resultados:

TEMPO (minutos)	TEMPERATURA (°C)
0	0,1
1	0,2
2	0,1
3	0,2
4	0,9
5	2,8

Mas, a partir do quinto minuto, Ernesto percebeu que todo gelo havia derretido. Então, temperatura da água começou a subir.

Confiante, Ernesto chegou à seguinte conclusão: enquanto havia gelo na água, sua temperatura não variou. Mas, quando todo o gelo derreteu, a temperatura começou a aumentar.

Como é possível que, quando cedemos calor ao conjunto água-gelo, a temperatura não varie? Para compreender esse fenômeno, precisamos analisar a estrutura da matéria.

Para fundir o gelo é necessário aumentar a energia cinética média das moléculas (conjunto de átomos). Mas, quando chegamos à temperatura de mudança de fase, precisamos de energia para quebrar a ligação entre as moléculas. Isso significa que a energia que está sendo fornecida ao gelo é, em sua maior parte, usada para quebrar as Ligações Químicas entre as moléculas, e não para aumentar a Energia Cinética média delas!

O conceito de **Calor Latente** é usado para representar esse fenômeno.

Calor Latente (l) é a quantidade de calor necessária para fazer uma certa massa (m) de uma substância mudar de fase sem alterar a sua temperatura.

Para cálculo do **Calor Latente** usa-se a seguinte relação:

$$L = \frac{\Delta Q}{m}$$

Onde:

L = calor latente

ΔQ = quantidade de calor

m = massa da substância

Se quisermos calcular também a quantidade de calor usamos a seguinte fórmula:

$$\Delta Q = m \cdot L$$

Abaixo temos o valor do calor latente para diversas substâncias e a temperatura na qual ocorre a mudança de estado.

Tabela

Calor Latente de Fusão		
Pontos de Fusão obtidos à pressão de 1 atm		
Substância	Temperatura de Fusão (°C)	Calor Latente de Fusão (cal/g)
Água	0	80
Álcool Etílico	- 115	25
Chumbo	327	5,8
Enxofre	119	13
Mercúrio	- 39	2,8
Nitrogênio	- 210	6,1
Platina	1775	27
Prata	961	21
Calor Latente de Vaporização		
Substância	Temperatura de Ebulição (°C)	Calor Latente de Ebulição (cal/g)
Água	100	540
Álcool Etílico	78	204
Bromo	59	44
Hélio	- 269	6

Iodo	184	244
Mercúrio	357	65
Nitrogênio	- 169	48

Como podemos observar, essas tabelas foram construídas medindo-se temperaturas em situação em que a pressão vale 1 atmosfera. Posteriormente, veremos a influência da pressão sobre os pontos de mudança de estado das substâncias.

Exemplo:

1. Um bloco de gelo de massa 200 g está a 0° C. Determine a quantidade de calor que se deve fornecer a esse bloco para transformá-lo totalmente em água a 0° C.

Observação: procurar o calor latente (L) da água a 0° C na tabela da página 13.

Então:

$$L = 80 \text{ cal /g}$$

$$m = 200 \text{ g}$$

$$\Delta Q = m \cdot L$$

$$\Delta Q = 200 \cdot 80$$

$$\Delta Q = 16000 \text{ cal}$$

Calor Específico

Corpos de materiais diferentes, aquecidos sob mesma temperatura, não recebem, necessariamente, a mesma quantidade de calor. Existe, portanto, uma característica que faz com certas substâncias absorvam mais ou menos calor que outras. Essa característica é o **Calor Específico** da Substância.

O **Calor Específico** é definido como a quantidade de calor necessária para elevar em 1 °C a temperatura de 1 g de uma substância.

Veja na tabela abaixo, o Calor Específico de algumas substâncias:

Substância	Calor Específico (cal/g °C)
Alumínio	0,212
Chumbo	0,030
Cobre	0,094
Ferro	0,117
Gelo	0,5
Água	1
Mercúrio	0,033

A **Quantidade de Calor** necessária para aquecer um corpo de temperatura **t₁** para temperatura **t₂** é calculada pela fórmula:

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

Sendo:

Q = quantidade de calor

m = massa da substância

c = calor específico

Δt = variação de temperatura

Para termos a variação de temperatura subtraímos a temperatura final (T2) da inicial (T1).

$$\Delta t = T_2 - T_1$$

Exemplo:

A. Calcule a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma barra de ferro de 30 °C a 55 °C, sabendo que sua massa vale 800 g.

Observação:

Procurar o Calor Específico (c) do ferro na tabela da página 14.

$$\text{Então: } c = 0,117 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$m = 800\text{g}$$

$$T_1 = 30 \text{ } ^\circ\text{C} \quad T_2 = 55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = T_2 - T_1$$

$$\Delta t = 55 - 30$$

$$\Delta t = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$Q = 800 \cdot 0,117 \cdot 25$$

$$Q = 2340 \text{ cal}$$

B. Uma substância de 10g tem que absorver 50cal para que sua temperatura varie em 10 °C. Qual é o Calor Específico dessa substância?

$$Q = 50 \text{ cal} \quad m = 10\text{g} \quad \Delta t = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$c = ?$$

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

$$50 = 10 \cdot c \cdot 10$$

$$50 = 100 \cdot c$$

$$c = \frac{50}{100}$$

$$c = 0,5 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

Efeitos do Calor

O calor é responsável tanto pelo aquecimento e pela dilatação dos corpos como pelas mudanças de estado físico das substâncias. Aquecimento, dilatação e mudança de estado físico são os efeitos físicos do calor.

O calor pode também provocar a decomposição e a combinação de substâncias, como ocorre na eletrólise da água e na obtenção do sulfeto de ferro, respectivamente. Essas reações são exemplos de efeitos químicos do calor.

Outros efeitos do Calor:

Efeitos Fisiológicos – como as sensações de quente e frio;

Efeitos Mecânicos – como os observados em máquinas a vapor, locomotivas e navios, que transformam calor em movimento.

Exercício

1. Como se classificam as Fontes de Calor? Dê exemplos.

2. Quais são as três formas de Propagação do Calor?

3. O que é Calor Específico de uma substância?

4. Cite os principais Efeitos do Calor.

5. O Calor Específico de um material é $0,2 \text{ cal/g. } ^\circ\text{C}$. Isso significa que para elevar em $30 \text{ } ^\circ\text{C}$ a temperatura de 500g desse material é necessário uma quantidade de calor “Q” em calorias de:

- a) 1500
- b) 3000
- c) 36000
- d) 75000

6. Para elevar a temperatura de 100g de água de $22 \text{ } ^\circ\text{C}$ até $32 \text{ } ^\circ\text{C}$, é necessária uma quantidade de calor, em calorias, de:

Procurar o Calor Específico (c) na tabela da página 14.

- a) 5400
- b) 3200
- c) 2200
- d) 1000

O Estudo das Ondas

As pessoas podem conversar, ver e ouvir televisão, falar ao telefone e ouvir rádio graças à existência de ondas. Isso porque os sons se propagam através de Ondas Sonoras; já o rádio, a televisão e o telefone funcionam graças às Ondas Eletromagnéticas.

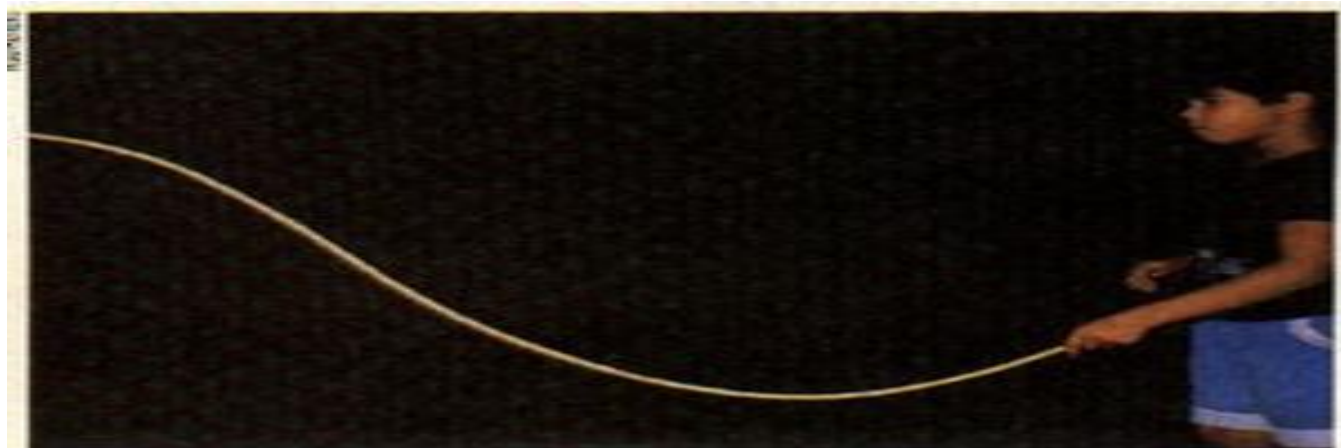
A Produção de Ondas

E o que são Ondas?

Para responder a esta pergunta, vamos começar analisando as seguintes fotos.



Ao captar ondas eletromagnéticas, as antenas parabólicas permitem comunicações a longas distâncias.



Ondas propagando-se ao longo de uma corda.

Na foto acima, podemos observar que as oscilações para cima e para baixo, provocadas numa das extremidades da corda, produzem uma perturbação que se propaga ao longo da corda.



Ondas propagando-se em todas as direções da superfície da água.

Nesta foto, podemos observar que a perturbação produzida pela pedra no ponto em que atinge a água se propaga em todas as direções da superfície da água.

Podemos chegar, assim, à seguinte definição:

Onda é uma perturbação que se propaga.

Quando jogamos uma pedra num tanque com água, observamos a formação de ondas que podem mover corpos à distância, como uma rolha de cortiça que esteja boiando.

Toda onda transmite energia sem transportar matéria.

Esta é a Propriedade Fundamental das Ondas

Classificação das Ondas

A Classificação das Ondas depende de dois fatores: da natureza das ondas e do sentido de suas vibrações.

a) **Quanto à Natureza** – as ondas classificam-se em Mecânicas e Eletromagnéticas.

✓ **Ondas Mecânicas** — Estas ondas exigem um meio material para se propagarem.



As ondas produzidas pela vibração das cordas do violão são mecânicas.

Observe:

Ao vibrar, as cordas do violão transmitem essa vibração às moléculas do ar que se encontram próximas a ela. Essas moléculas, por sua vez, transmitem a vibração para outras, e assim sucessivamente, até ela chegar aos nossos ouvidos como Sensação Sonora.

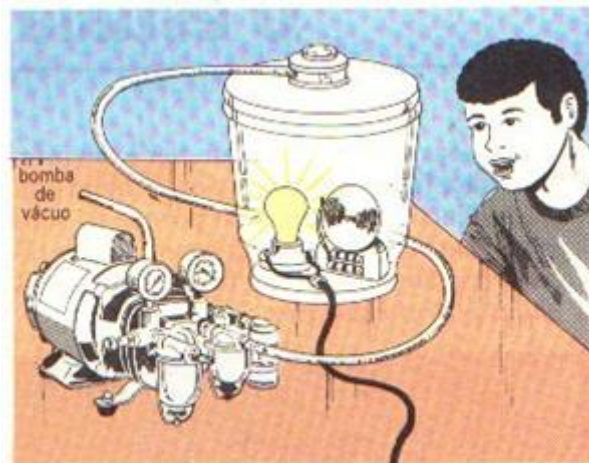
As Ondas Sonoras e as ondas produzidas na água são Ondas Mecânicas. Fazem parte também desse grupo as ondas produzidas em cordas, molas, etc.

✓ **Ondas Eletromagnéticas** – Esse tipo de onda não exige um meio material para a sua propagação.

As Ondas Eletromagnéticas são produzidas por cargas elétricas em movimentos muito rápidos de vaivém. É o que se passa nas antenas transmissoras de rádio, televisão e radar. No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas se propagam à velocidade de 300 000 km/s.

Entre as ondas eletromagnéticas incluem-se as ondas de rádio, de TV, de radar, luminosas, infravermelhas, ultravioleta, de raios X, de raios gama, de raios cósmicos, microondas.

Para entender bem a diferença entre ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, observe e analise atentamente a figura seguinte.



As ondas eletromagnéticas não necessitam de meio material para se propagar. Por isso a luz se propaga no vácuo.

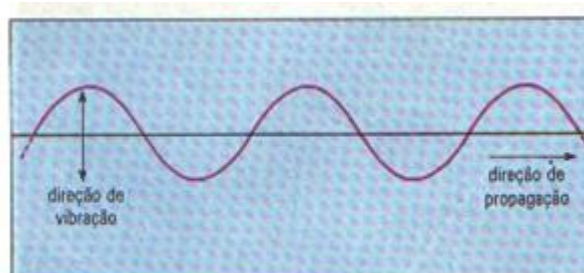
A bomba de vácuo retira o ar contido na campânula. Portanto, quando a bomba tiver retirado todo o ar da campânula, o som da campainha não será mais ouvido.

Agora, pense na luz que a lâmpada está emitindo. Mesmo existindo vácuo, ela será sempre visível.

Podemos concluir então que, enquanto as ondas mecânicas precisam de um meio material para se propagarem, as eletromagnéticas propagam-se independentemente desse meio material.

b) **Quanto ao Sentido da Vibração** – as ondas classificam-se em transversais e longitudinais.

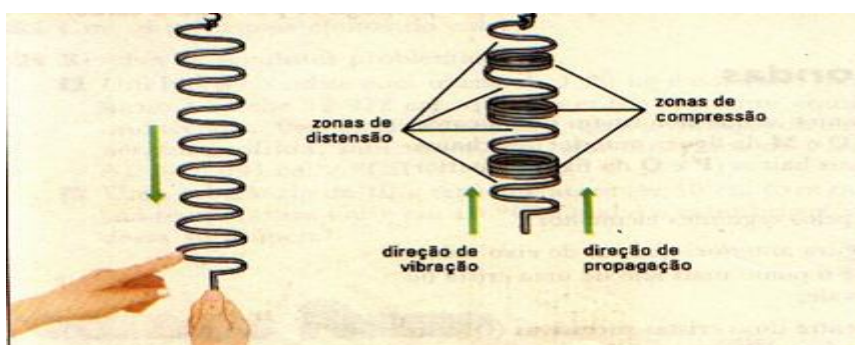
✓ **Ondas Transversais** – Ao vibrar, cada ponto de uma corda desloca-se perpendicularmente à direção de propagação da onda. Este é um exemplo de Onda Transversal.



Esquema de uma onda transversal

Em uma **Onda Transversal**, as partículas vibram em direções perpendiculares à direção de propagação da onda.

✓ **Ondas Longitudinais** – Ao vibrar, cada ponto de uma mola movimenta-se na mesma direção de propagação da onda. Esse é um exemplo de Onda Longitudinal.



Durante a vibração de uma mola, algumas partes se comprimem e outras se expandem, ou seja, ocorre compressão e expansão da mola. O comprimento de onda, nesse caso, é medido pela distância entre duas compressões.

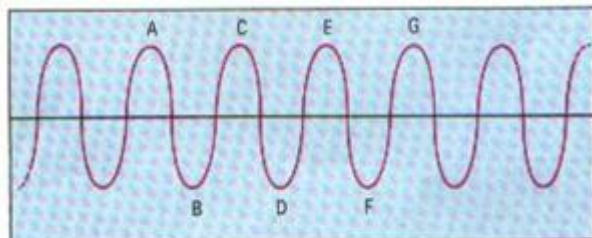
Em uma Onda Longitudinal, as partículas vibram na mesma direção de propagação da onda.

Elementos de uma Onda

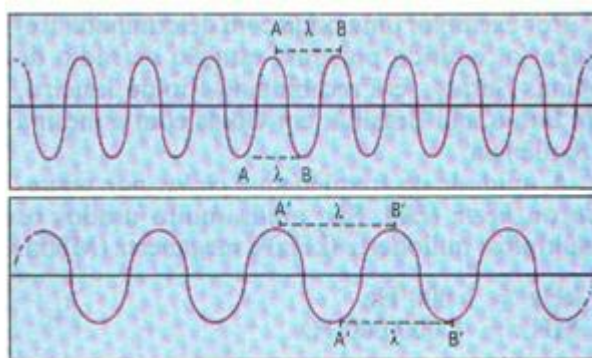
Vamos agora examinar os diversos Elementos de uma Onda.

✓ **Cristas** – São as elevações (A, C, E, G) da onda.

✓ **Vales** – São as depressões (B, D, F) da onda.



Comprimento de Onda (λ) *- É a menor distância que vai de uma crista a outra ou de uma depressão a outra. Note que as cristas ou as depressões podem estar mais próximas (AB) ou mais distantes (A'B') umas das outras, como você pode ver na ilustração a seguir.



Amplitude (A) — É a altura de uma crista.

* Letra grega. Lê-se lambda.

Frequência (f) — Quando você prende uma das extremidades de uma régua sobre a mesa e força a outra para baixo, soltando-a a seguir, ela começa a vibrar. Se, ao vibrar, a régua faz vinte movimentos de vaivém por segundo, a sua frequência é de vinte vibrações ou ciclos por segundo. A frequência de uma onda depende do número de vibrações por segundo da sua fonte de emissão. A onda se propaga sempre com a mesma frequência da fonte que a emitiu, independentemente do meio no qual se propaga.

Por exemplo: uma onda com determinada frequência, emitida por uma estação de rádio de Minas Gerais, será recebida no Rio de Janeiro, na Bahia, em Brasília, em Goiás com a mesma frequência.

A unidade de frequência é ciclos por segundo ou hertz (Hz). São ainda muito usados os múltiplos: quilohertz (kHz) e mega-hertz (MHz).

$1 \text{ kHz} = 1\,000 \text{ Hz}$ $1 \text{ MHz} = 1\,000\,000 \text{ Hz}$

Período (T) — Se a régua executa vinte vibrações por segundo, qual será o tempo de uma vibração completa?

Chamamos de Período (T) o tempo de uma vibração ou volta completa. E para o seu cálculo usamos a seguinte relação:

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

O valor do período é sempre o inverso da frequência e sua unidade no S. I. é o segundo (s). Observe que, se uma régua apresenta 20 vibrações por segundo, quando impulsionada, sua frequência é de $f = 20 \text{ Hz}$, e seu período será de:

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

$$T = \frac{1}{20}$$

$$T = 0,05 \text{ s} \quad (\text{período de uma volta completa da régua})$$

Exemplo:

A. Uma onda apresenta frequência $f = 10 \text{ Hz}$. Determine seu período.

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

$$T = \frac{1}{10}$$

$$T = 0,1 \text{ s}$$

Velocidade (V) — A velocidade de propagação das ondas é constante para um determinado meio. A velocidade do som no ar, a 0°C é 330 m/s . A velocidade da luz no vácuo é $300\,000\,000 \text{ m/s}$.

Para calcularmos a velocidade uma onda, multiplicamos o seu comprimento pela sua frequência, como vemos abaixo:

$$V = \lambda \cdot f$$

Onde:

V = velocidade de propagação

λ = comprimento da onda

f = frequência

Através da fórmula acima de velocidade, podemos também calcular a frequência (f) e o comprimento de onda (λ).

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

Frequência

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

Comprimento de Onda

Exemplo:

A estação de rádio de Sorocaba Cacique 2 FM funciona na frequência de aproximadamente 96 mega-hertz ($f = 96 \cdot 10^6 \text{ Hz}$). Se a velocidade de propagação das ondas de rádio é $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, qual seu Comprimento de Onda?

Observação: 1 mega = 10^6

Primeiro dividimos 3 por 96, depois conservamos a base que vale 10 e subtraímos seus expoentes ($10^8 - 6 = 10^2$).

Daí temos:

$$V = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$f = 96 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

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

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{96 \cdot 10^6}$$

$$\lambda = 0,03 \cdot 10^2$$

$$\lambda = 0,03 \cdot 100$$

$$\lambda = 3 \text{ m (aproximadamente)}$$

Exercício

1. O que é Comprimento de Onda?

2. O que é Amplitude?

3. O que é Frequência?

4. A Rádio Universitária FM da Unesp deverá operar na frequência de 100 mega-hertz ($f = 100 \cdot 10^6 \text{ Hz}$). Sabendo-se que a velocidade de propagação das ondas de rádio é de $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, o comprimento da onda é:

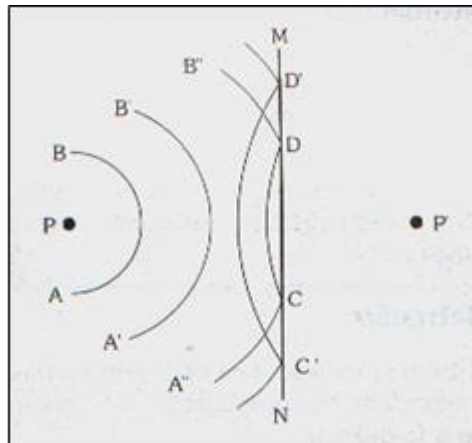
Use: $\lambda = \frac{V}{f}$

- a) 30 m
- b) 0,3 m
- c) 3 m
- d) 300 m

Fenômenos Sonoros

Reflexão

Quando ondas sonoras AB, A'B', A''B'' provenientes de um ponto P encontram um obstáculo plano rígido MN, produz-se reflexão das ondas sobre o obstáculo.



Na volta, produz-se uma série de ondas refletidas, CD, C'D', que se propagam em sentido inverso ao das ondas incidentes e se comportam como se emanassem de uma fonte P', simétrica da fonte P em relação ao Plano Refletor.

Se a Onda Incidente for o som, a reflexão pode ocasionar os fenômenos do Eco e da Reverberação.

Eco

Os obstáculos que refletem o som podem apresentar grandes asperidades. Assim, o som pode ser refletido por um muro, uma montanha, etc.

O som refletido chama-se eco, quando se distingue do som direto.

Para uma pessoa ouvir o eco de um som por ela produzido, deve ficar situada a 17 m, no mínimo, do obstáculo refletor, pois o ouvido humano só pode distinguir dois sons com intervalo de 0,1 s. O som, que tem velocidade de 340 m/s, nesse tempo, percorre 34 m.



O sonar é um aparelho capaz de emitir ondas sonoras na água e captar seus ecos, permitindo, assim, a localização de objetos sob a água.

Medindo o tempo entre a emissão do som e a recepção do seu eco, o sonar pode determinar a distância exata e a forma aproximada do objeto.

O sonar serve para orientar a navegação, obter o perfil dos fundos marinhos, revelar a presença de cardumes, etc.

Alguns animais, como o golfinho e o morcego, possuem radares biológicos e se orientam pelos ecos dos sons que emitem.

Reverberação

Em grandes salas fechadas ocorre o encontro do som com as paredes. Esse encontro produz reflexões múltiplas que não só reforçam o som, como também o prolongam durante algum tempo, depois que cessou a emissão.

É esse prolongamento que constitui a Reverberação.

A Reverberação ocorre quando o som refletido atinge o observador no instante em que o som direto está se extinguindo, ocasionando o prolongamento da Sensação Auditiva.

Refração

Consiste no processo de a onda sonora passar de um meio para outro, mudando sua velocidade de propagação e o comprimento de onda, mas mantendo constante a frequência.

Difração

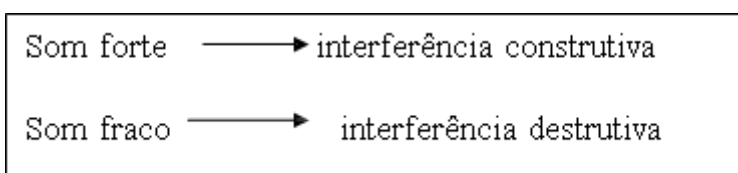
Fenômeno em que uma onda sonora pode transpor obstáculos.

Exemplo:

Quando se coloca um obstáculo entre uma fonte sonora e o ouvido, o som é enfraquecido, porém não extinto. Logo, as ondas sonoras não se propagam somente em linha reta, mas sofrem desvios nas extremidades dos obstáculos que encontram.

Interferência

Consiste em um recebimento de dois ou mais sons de fontes diferentes. Neste caso, teremos uma região do espaço na qual, em certos pontos, ouviremos um som forte e, em outros, um som fraco ou ausência de som.



Ressonância

Quando um corpo começa a vibrar por influência de outro, na mesma frequência deste, ocorre um fenômeno chamado Ressonância.

Como exemplo, podemos citar o vidro de uma janela que se quebra ao entrar em ressonância com as ondas sonoras produzidas por um avião a jato.

O Som

Observando as duas ilustrações a seguir, você pode notar que o som está presente nas duas situações representadas. Além disso, pode perceber que um som é desagradável, e o outro não.



O que produz estes sons?

A buzina e o fone do telefone são dispositivos capazes de transformar a Energia Elétrica em Energia Sonora.

Observe a figura abaixo:



A vibração da lâmina produz som. O som resulta sempre da vibração de um corpo. Quando a lâmina vai para frente, ela “empurra” o ar; quando ela vai para trás, ela “puxa” o ar. Esse movimento de vaivém se propaga em todas as direções, em ondas longitudinais.

O som não se propaga apenas no ar, mas em qualquer meio material, seja ele sólido, líquido ou gasoso.

Aliás, o som se transmite melhor nos sólidos do que nos líquidos, e melhor nos líquidos do que nos gases.

A Velocidade do Som

Como acabamos de ver, a onda sonora precisa de um meio material para se propagar, e sua propagação é mais fácil em determinados meios. Portanto, a velocidade do som depende do meio em que o som se propaga.

No ar e em todos os gases, a velocidade do som depende também da temperatura. Nos líquidos e sólidos, a velocidade do som é menos afetada pela variação da temperatura.

Veja alguns dados na tabela abaixo:

Meio	Temperatura (°C)	Velocidade do Som (m/s)
Ar	0	331
Ar	25	346
Água	15	1 450
Água	25	1 498
Álcool	25	1 207
Chumbo	20	1 230
Alumínio	25	5 000
Ferro	25	5 200
Cobre	20	3 560
Vidro	25	4 540



Infrassom e Ultrassom

De um modo geral, o ser humano é capaz de ouvir sons compreendidos no intervalo de frequência entre 20 Hz e 20 000 Hz.

Sons cuja frequência esteja abaixo de 20 Hz não são audíveis e denominam-se infrassons. Sons cuja frequência esteja acima dos 20 000 Hz denominam-se ultrassons.

Os ultrassons têm inúmeras aplicações em medicina. Já os infrassons apresentam interesse porque são gerados por ocasião de terremotos.

Qualidades Fisiológicas

Algumas características do som estão diretamente relacionadas com o nosso sentido da audição. A estas características denominamos qualidades fisiológicas do som.

Timbre

Na execução de uma música por uma orquestra, podemos distinguir os sons dos diferentes instrumentos, como o do violino, do piano, da flauta, da bateria. A qualidade do som que nos permite identificar a sua origem chama-se timbre.

É graças ao timbre que conseguimos distinguir os vários instrumentos de uma orquestra.

Intensidade

A Intensidade é uma qualidade do som que nos permite distinguir sons fortes de sons fracos. A Intensidade está relacionada à amplitude da Onda Sonora – quanto mais intensa, maior a amplitude.

Altura

A voz de um garoto é aguda; a de um adulto é grave. A altura é uma qualidade do som que nos permite distinguir sons graves de sons agudos.

A altura está relacionada à frequência da onda sonora: quanto maior a frequência, mais agudo é o som e vice-versa.

A Reflexão do Som

A reflexão do som ocorre quando a onda sonora atinge um obstáculo e volta. A reflexão pode ser observada em qualquer fenômeno ondulatório, mas, no caso do som, provoca um efeito especialmente interessante: o eco.

O eco só ocorre se a distância entre a origem do som e o obstáculo for, no mínimo, de 17 metros. Para entender o porquê disso, acompanhe a explicação que se segue.

Nossos ouvidos têm capacidade de distinguir sons emitidos num intervalo de tempo de, no mínimo, 1/10 s. Em intervalos menores, os sons se superpõem.

A velocidade de propagação do som no ar, a 15 °C, é de 340 m/s; 1/10 desse valor equivale a 34 metros.

O dobro de 17 é 34, que é a distância que o som percorre até o obstáculo, donde ele volta até a fonte do som, percorrendo novamente a mesma distância, ou seja, 17 metros.

Os Ruídos e a Música

Os **Ruídos** são produzidos por vibrações irregulares. Os sons musicais são produzidos por vibrações regulares.

Um Conjunto Musical é formado por diferentes instrumentos sonoros, que harmonizam seus sons e produzem melodias agradáveis.

- ✓ O violão e a guitarra são instrumentos de cordas.
- ✓ O saxofone, a corneta e a clarineta são instrumentos de sopro.
- ✓ O pandeiro, o atabaque, o prato e a bateria são instrumentos de percussão.

Exemplo:

A. João estava em um campo e deu um grito, 4 s depois ouviu o eco. A que distância ele estava do anteparo que refletiu o som?

Use: $S = v \cdot t$

Observação: se houver eco multiplicamos a distância (S) por 2.

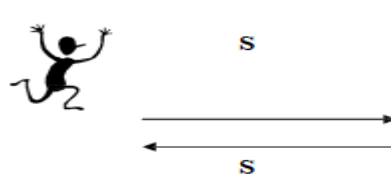
$$2 \cdot S = v \cdot t$$

$$2 \cdot S = 340 \cdot 4$$

$$2 \cdot S = 1360$$

$$S = \frac{1360}{2}$$

$$S = 680 \text{ m}$$



Exercício

1. O que é Infrassom? E Ultrassom?

2. O que é intensidade de um Som?

3. O que é altura de um som?

4. A explosão produzida em uma pedreira foi ouvida por algumas pessoas, 5s após ter ocorrido. A distância entre as pessoas e a pedreira, naquele local, em que a velocidade do som era de 340 m/s é:

Use: $S = v \cdot t$

- a) 170 m
- b) 1,7 m
- c) 17000 m
- d) 1700 m

5. Um caçador dispara a arma diante de um anteparo refletor e ouve o eco do tiro 6 s após. Sabendo que o som se propaga no ar com $v = 340$ m/s, calcular a distância do caçador ao anteparo.

6. O clarão de uma explosão foi visto por pessoas que estavam a 2720 m do local. Quanto tempo depois ouviram o ruído produzido por ela?

Luz: Reflexão e Refração

A luz é uma radiação ou onda eletromagnética visível.

Do ponto de vista da Física, não há diferença entre ondas de rádio, televisão, microondas, raios X e luz: todas são Ondas Eletromagnéticas, todas transportam energia propagando-se no vácuo a enorme velocidade. A luz nos permite ver essa energia.

Fontes de Luz

De maneira geral, as fontes de luz são Naturais ou Artificiais.

Fontes Naturais

O Sol fornece a energia luminosa para todo o Sistema Solar. As estrelas também emitem luz.

Fontes Artificiais

As primeiras Fontes de Luz que o homem criou eram baseadas no fogo. A técnica produziu fontes de luz baseadas na eletricidade e em outras formas de energia.

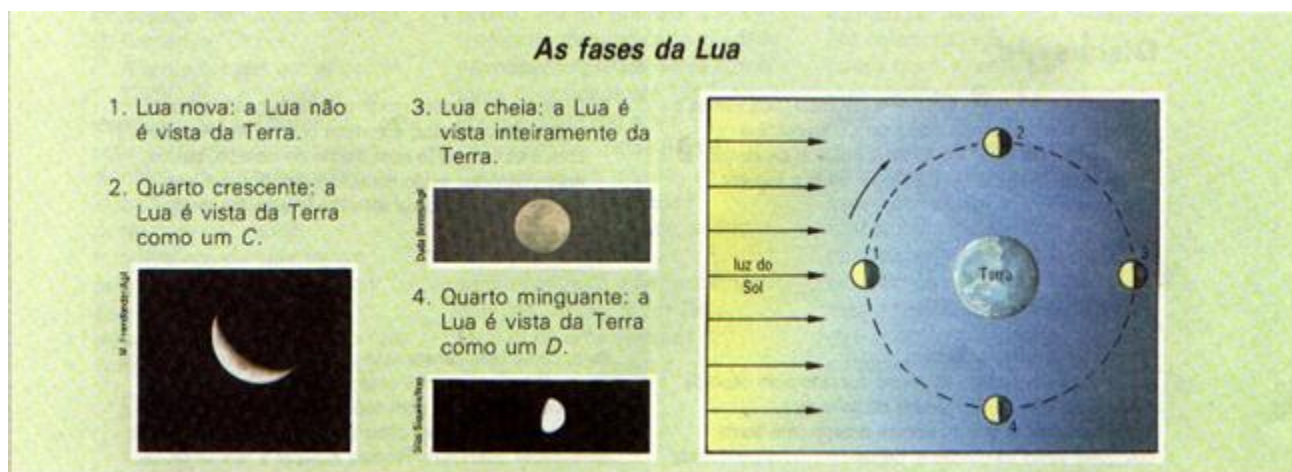
Exemplo: vela, lanterna, lâmpada, etc.

Corpos Luminosos e Corpos Iluminados

Observando os diferentes tipos de fontes de luz, verifica-se que essas fontes são corpos que têm luz própria. É o caso, entre outros, de uma lâmpada ou do Sol. Todos os corpos que têm luz própria são chamados de Corpos Luminosos.

A maioria dos corpos que nós vemos não tem luz própria. Eles refletem a luz que recebem de outros corpos e, por isso, se chamam Corpos Iluminados.

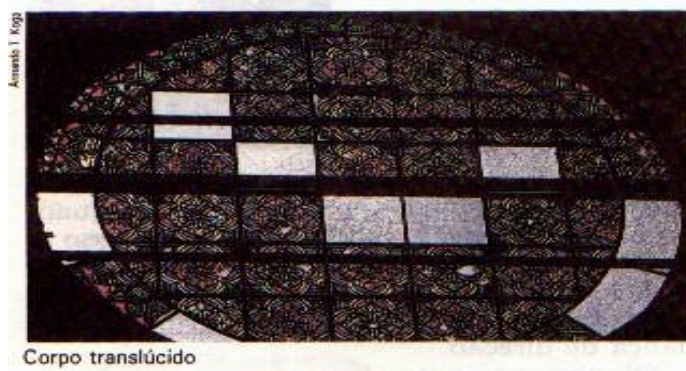
A Lua é um corpo iluminado. Você pode vê-la tanto de noite como de dia. Entretanto, como ela não tem luz própria e reflete a luz do Sol, parte dela ou a sua totalidade fica às escuras durante o seu movimento em torno da Terra. E por causa disso que temos as fases da Lua (veja quadro seguinte).



A Luz atravessa todos os corpos?



Observe os seguintes exemplos:



Corpos como vidros do carro deixam-se atravessar totalmente pela luz: são **Corpos Transparentes**.

A Luz atravessa parcialmente o vidro decorado do vitral da foto. Nesse caso, temos um Corpo Translúcido.

A Luz não atravessa o corpo do novilho. Trata-se de um **Corpo Opaco**.

A Velocidade da Luz em outros meios

A velocidade da luz no vácuo é uma constante universal importantíssima. De acordo com a Teoria da Relatividade, é a velocidade máxima possível, para qualquer corpo no Universo.

A velocidade da luz, porém, depende do meio em que ela se propaga.

Veja na tabela abaixo alguns valores aproximados da Velocidade da Luz em determinados meios.

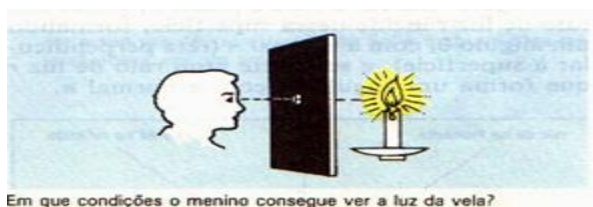
Meio	Velocidade da Luz (km/s)
Vácuo	300 000
Ar	300 000
Água	225 000
Álcool	220 000
Glicerina	205 000
Vidro	200 000
Diamante	124 000

Propagação da Luz

1º - A Luz se propaga em Linha Reta.

2º - A Luz se propaga no Vácuo.

3º - A Luz se propaga em todas as Direções.



É fácil comprovar isso. Basta fazer a experiência da gravura anterior.
O menino só consegue ver a vela quando seu olho, o orifício e a vela estão em Linha Reta.

Princípio da Propagação Retilínea da Luz

Num meio homogêneo e transparente, a Luz se propaga em Linha Reta.

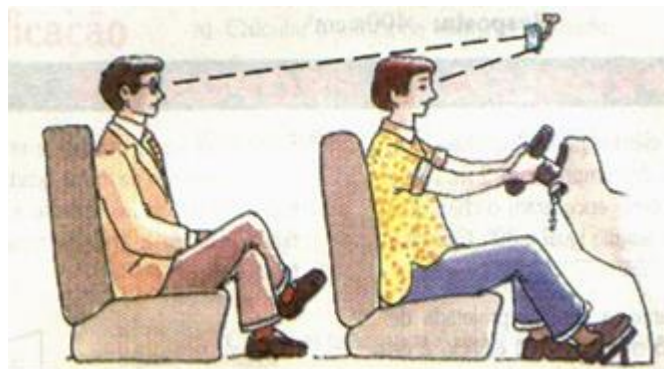
A figura mostra um raio de luz solar penetrando num quarto escuro através de um orifício muito pequeno, segundo uma Trajetória Retilínea.



Princípio da Independência dos Raios de Luz

O caminho seguido pela luz independe do Sentido da Propagação.

Se o motorista indicado na figura enxerga o passageiro através do espelho retrovisor, este também enxerga o motorista.



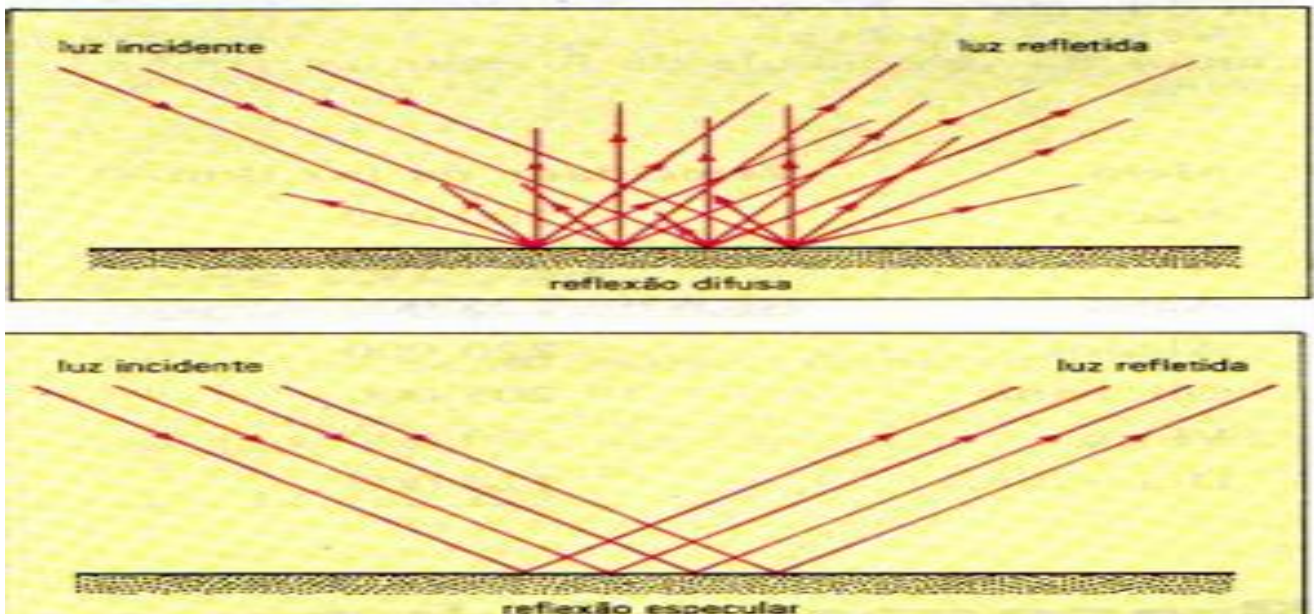
Princípio da Independência dos Raios de Luz

Um raio de luz, ao cruzar com outro, não interfere na sua propagação.

A figura abaixo mostra um Feixe de Luz cruzando com outro e seguindo o seu caminho como se o outro não existisse.



Reflexão da Luz



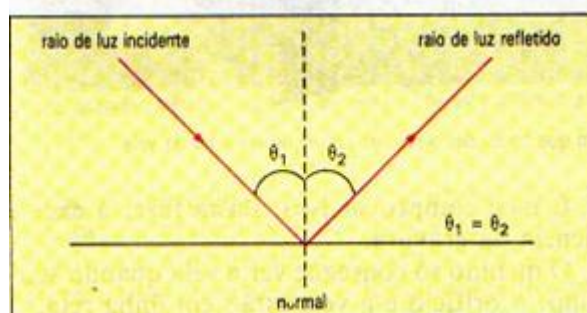
Quando um Feixe de Luz atinge um obstáculo, ele se reflete, isto é, volta para o meio de onde se propagou.

Se esta reflexão se dá em todas as direções, ela é chamada de Reflexão Difusa. É esta forma de Reflexão da Luz que nos permite ver os objetos.

Mas se os Raios de Luz atingem uma superfície polida ou um espelho, eles se refletem numa direção determinada: é a chamada Reflexão Especular.

Lei da Reflexão

Imagine uma Superfície S Plana e Polida. Um Raio de Luz i incide nessa superfície, formando um ângulo θ_1 com a normal n (reta perpendicular à superfície), e se reflete num raio de luz r que forma um ângulo θ_2 com a normal.



Segundo a lei da reflexão, $\theta_1 = \theta_2$, ou seja, se a reflexão é especular:

O Ângulo de Incidência é sempre igual ao Ângulo de Reflexão.

Observação: θ - letra do alfabeto grego chamada teta, usada para representar ângulos.

Refração da Luz

Você já observou o fenômeno apresentado nesta figura?

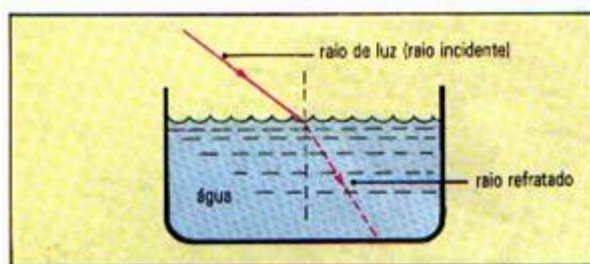


Por que um objeto parece estar quebrado quando o colocamos num copo com água?

O termômetro parece estar quebrado quando parte dele está mergulhado em água. Isso se deve ao fenômeno da **Refração da Luz**.

A **Refração da Luz** acontece quando a luz passa de um meio transparente para outro, com mudança de direção.

Observe esta outra figura:



O desvio sofrido pela direção de Propagação da Luz se deve à variação de sua velocidade quando ela passa de um meio para o outro.

Só existe refração quando o raio de luz incide obliquamente em relação à superfície da água ou de qualquer outro meio transparente.

Quando a luz incide perpendicularmente à superfície, não há desvio do raio de luz, embora haja variação na sua velocidade. Uma piscina parece menos profunda do que é na realidade, quando observada de uma direção perpendicular à sua superfície.

É interessante notar que o desvio sofrido pelo raio de luz depende da Frequência da Radiação, ou seja, da sua cor.

Por isso, um feixe de luz branca, ao atravessar um prisma, sofre uma decomposição de cores.

Prisma é um corpo de vidro formado por duas superfícies planas e não paralelas.

Os **Prismas de Vidro** possuem a capacidade de decompor a luz solar ou branca.

Os Raios Solares que incidem sobre um prisma decompõem-se nas cores: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta (cores do arco-íris).

Esse conjunto de cores é chamado Espectro Solar.

É possível fazer a experiência inversa, isto é, compor a Luz Branca a partir das sete cores do espectro solar. Isso é feito no aparelho chamado Disco de Newton.

O Disco de Newton é formado por sequências das cores do Espectro Solar. Se esse disco gira rapidamente, aparece a cor branca sobre sua superfície e desaparecem as cores do Espectro Solar.

Exercício

1. Que são corpos transparentes, translúcidos e opacos? Dê exemplos.

2. O que é Reflexão Difusa? E Reflexão Especular?

Tabela Trigonométrica

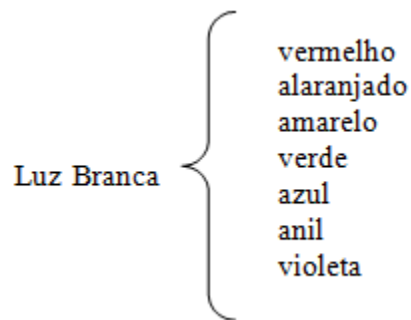
Ângulo	Seno	Cosseno	Tangente	Ângulo	Seno	Cosseno	Tangente
1°	0,017 5	0,999 8	0,017 5	46°	0,719 3	0,694 7	1,035 5
2°	0,034 9	0,999 4	0,034 9	47°	0,731 4	0,682 0	1,072 4
3°	0,052 3	0,998 6	0,052 4	48°	0,743 1	0,669 1	1,110 6
4°	0,069 8	0,997 6	0,069 9	49°	0,754 7	0,656 1	1,150 4
5°	0,087 2	0,996 2	0,087 5	50°	0,766 0	0,642 8	1,191 8
6°	0,104 5	0,994 5	0,105 1	51°	0,777 1	0,629 3	1,234 9
7°	0,121 9	0,992 5	0 122 8	52°	0,788 0	0,615 7	1,279 9
8°	0,139 2	0,990 3	0,140 5	53°	0,798 6	0,601 8	1,327 0
9°	0,156 4	0,987 7	0,158 4	54°	0,809 0	0,587 8	1,376 4
10°	0,173 6	0,984 8	0,176 3	55°	0,819 2	0,573 6	1,428 1
11°	0,190 8	0,981 6	0,194 4	56°	0,829 0	0,559 2	1,482 6
12°	0,207 9	0,978 1	0,194 4	57°	0,838 7	0,544 6	1,539 9
13°	0,225 0	0,974 4	0,230 9	58°	0,848 0	0,529 9	1,600 3
14°	0,241 9	0,970 3	0,249 3	59°	0,857 2	0,515 0	1,664 3
15°	0,258 8	0,965 9	0,267 9	60°	0,866 0	0,500 0	1,732 1
16°	0,275 6	0,961 3	0,286 7	61°	0,874 6	0,484 8	1,804 0
17°	0,292 4	0,956 3	0,305 7	62°	0,882 9	0,469 5	1,880 7
18°	0,309 0	0,951 1	0,324 9	63°	0,891 0	0,454 0	1,962 6
19°	0,325 6	0,945 5	0,344 3	64°	0,898 8	0,438 4	2,050 3
20°	0,342 0	0,939 7	0,364 0	65°	0,906 3	0,422 6	2,144 5
21°	0,358 4	0,933 6	0,383 9	66°	0,913 5	0,406 7	2,246 0
22°	0,374 6	0,927 2	0,404 0	67°	0,920 5	0,390 7	2,355 9
23°	0,390 7	0,920 5	0,424 5	68°	0,927 2	0,374 6	2,475 1
24°	0,406 7	0,913 5	0,445 2	69°	0,933 6	0,358 4	2,605 1
25°	0,422 6	0,906 3	0,466 3	70°	0,939 7	0,342 0	2,747 5
26°	0,438 4	0,898 8	0,487 7	71°	0,945 5	0,325 6	2,904 2
27°	0,454 0	0,891 0	0,509 5	72°	0,951 1	0,039 0	3,077 7
28°	0,469 5	0,882 9	0,531 7	73°	0,956 3	0,292 4	3,270 9
29°	0,484 8	0,874 6	0,554 3	74°	0,961 3	0,275 6	3,487 4
30°	0,500 0	0,866 0	0,577 4	75°	0,965 9	0,258 8	3,732 1
31°	0,515 0	0,857 2	0,600 9	76°	0,970 3	0,241 9	4,010 8

32°	0,529 9	0,848 0	0,624 9	77°	0,974 4	0,255 0	4,331 5
33°	0,544 6	0,838 7	0,649 4	78°	0,978 1	0,207 9	4,704 6
34°	0,559 2	0,829 0	0,674 5	79°	0,981 6	0,190 8	5,144 6
35°	0,573 6	0,819 2	0,700 2	80°	0,984 8	0,173 6	5,671 3
36°	0,587 8	0,809 0	0,726 5	81°	0,987 7	0,156 4	6,313 8
37°	0,601 8	0,798 6	0,753 6	82°	0,990 3	0,139 2	7,115 4
38°	0,615 7	0,788 0	0,781 3	83°	0,992 5	0,121 9	8,144 3
39°	0,629 3	0,777 1	0,809 8	84°	0,994 5	0,104 5	9,514 4
40°	0,642 8	0,766 0	0,839 1	85°	0,996 2	0,087 2	11,430 1
41°	0,656 1	0,754 7	0,869 3	86°	0,997 6	0,069 8	14,300 7
42°	0,669 1	0,743 1	0,900 4	87°	0,998 6	0,052 3	19,081 1
43°	0,682 0	0,731 4	0,932 5	88°	0,999 4	0,034 9	28,636 3
44°	0,694 7	0,719 3	0,965 7	89°	0,999 8	0,017 5	57,290 0
45°	0,707 1	0,707 1	1,000 1				

Unidades de Base do Sistema Internacional (SI)		
Grandezas Fundamentais	Unidades SI	
	Nome	Símbolo
Comprimento	Metro	m
Massa	Quilograma	kg
Tempo	Segundo	s
Corrente Elétrica	Ampére	A
Temperatura Termodinâmica	Kelvin	K
Quantidade de Matéria	Mol	mol
Intensidade Luminosa	Candela	cd
Grandezas Derivadas	Nome	Símbolo
Velocidade	Metro/segundo	m/s
Aceleração	Metro por segundo ao quadrado	m/s^2
Força	Newton	N
Quantidade de Movimento e Impulso	Quilograma vezes metro por segundo ou Newton vezes segundo	Kg.m/s ou N.s
Torque	Newton vezes metro	N.m
Constante Elástica	Newton por metro	n/m
Volume	Metro Cúbico	m^3
Densidade	Quilograma por metro cúbico	Kg/m^3
Superfície	Metro quadrado	m^2
Pressão	Pascal	Pa
Energia e Trabalho	Joule	J
Potência	watt	w
Frequência	Hertz	Hz
Velocidade Angular	Radiano por Segundo	rad/s
Temperatura	Graus Celsius	°C
Convergência	dioptria	di
Resistência Elétrica	ohm	Ω
Resistividade	ohm vezes Metro Ω	$\Omega.m$
Carga Elétrica	Coulomb	C
Campo Elétrico	Newton por Coulomb ou Volt por Metro	N/C ou V/m
Tensão Elétrica, Diferença de Potencial Elétrico ou Força Eletromotriz	Volt	V
Capacitância	Farad	f
Fluxo Magnético	Tesla	t
Campo Magnético	Weber	wb

A Cor de um Corpo

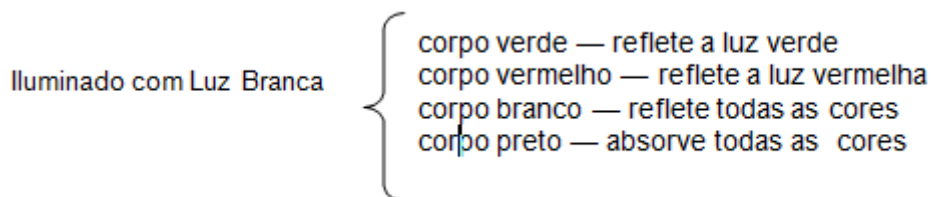
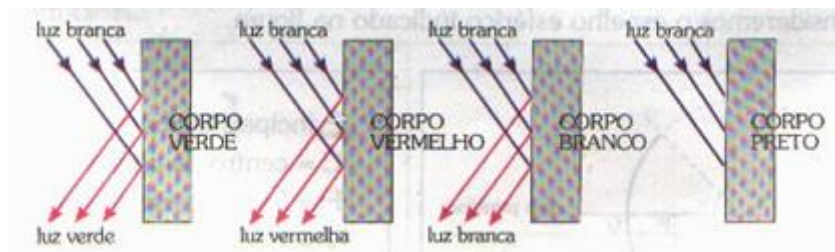
A Luz Branca, que é a luz emitida pelo Sol, pode ser decomposta em sete cores principais:



A cor que um Corpo Iluminado apresenta é dada pela constituição da luz que ele reflete difusamente.

Por exemplo: se um corpo iluminado com Luz Branca refletir a luz verde e absorver as demais, este corpo terá cor verde; quando iluminado com luz branca, absorvendo-a totalmente, terá cor preta.

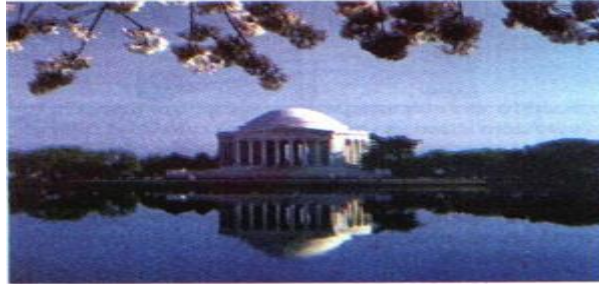
Observe os esquemas:



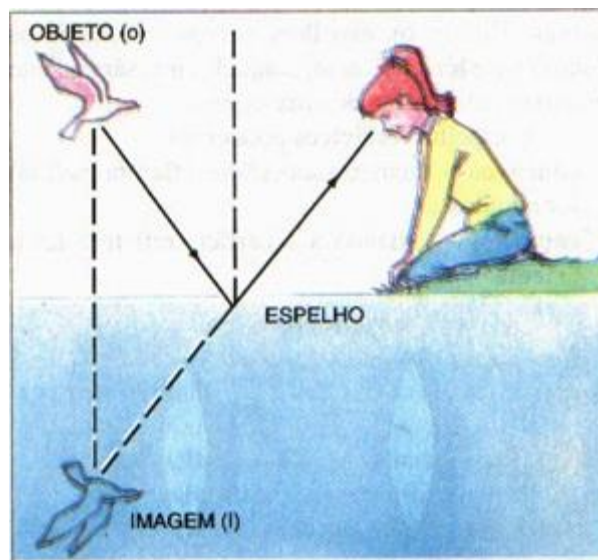
Quando um corpo verde (sob Luz Solar) é iluminado com luz vermelha, ele se apresenta preto. Um filtro de luz é utilizado para deixar passar somente a luz de mesma cor que a do filtro.

Por exemplo – se o filtro é vermelho ele deixa passar somente a luz vermelha. As outras cores são refletidas ou absorvidas e não conseguem atravessar o filtro.

Espelhos



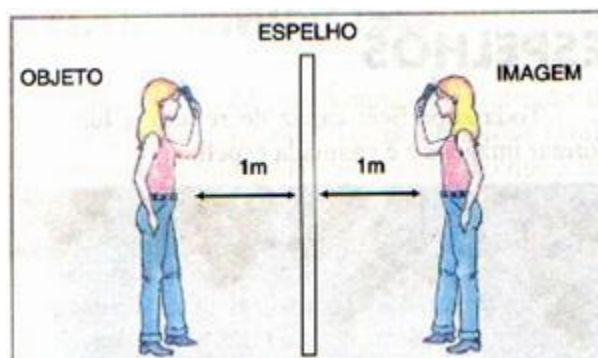
Toda superfície capaz de refletir a luz pode formar imagens e é chamada **Espelho**. A ilustração seguinte mostra como a imagem é formada, graças à **Reflexão da Luz**.



Tipos de Espelho

Usando como critério a forma da superfície refletora de luz, os espelhos podem ser classificados em Planos e Curvos.

✓ **Espelhos Planos** – são superfícies polidas planas, onde a distância entre o objeto e o espelho é igual à distância entre o espelho e a imagem. A imagem é, portanto, simétrica ao objeto, em relação ao plano do espelho.



Além disso, a imagem é:

- ✓ **Virtual** — forma-se atrás do espelho;
- ✓ **Direita** — apresenta posição igual à do objeto;
- ✓ **Do mesmo tamanho** que o objeto.

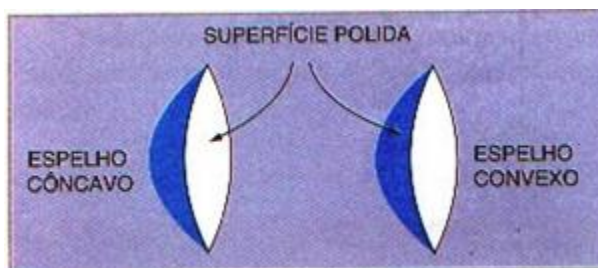
Os espelhos utilizados nas residências geralmente são planos, e feitos de vidro polido, estanhado na superfície de trás.

Espelhos Curvos ou Esféricos

Espelhos Curvos — são superfícies polidas curvas. Dentre os espelhos curvos, estudaremos apenas os esféricos, ou seja, aqueles que são, ou que poderiam ser, partes de uma esfera.

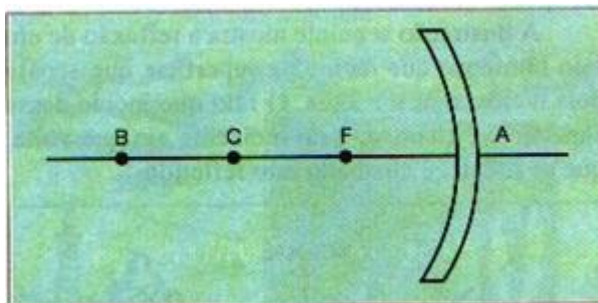
Os **Espelhos Esféricos** podem ser:

- ✓ **Côncavos** — quando a superfície refletora (polida) for a interna;
- ✓ **Convexos** — quando a superfície refletora for a externa.



Elementos dos Espelhos Periféricos

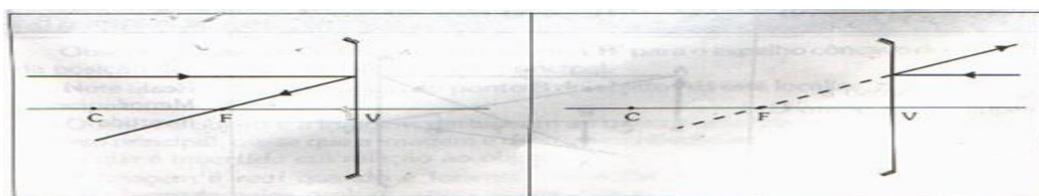
Os elementos dos **Espelhos Esféricos** são: centro de curvatura, eixo principal e foco principal.



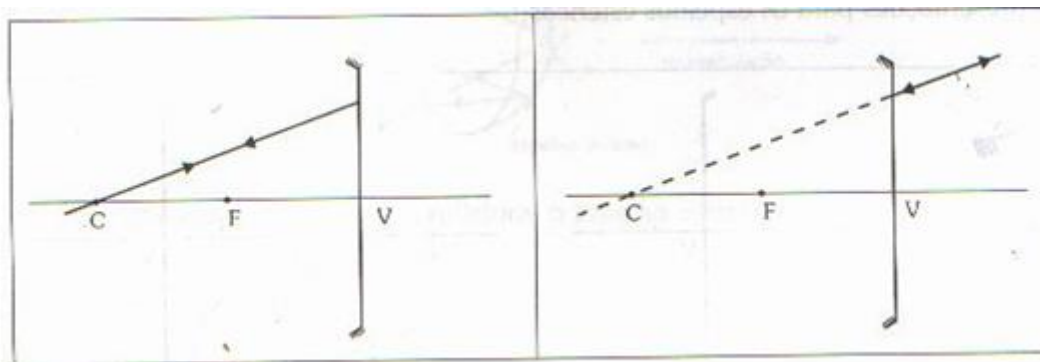
- ✓ **Centro de Curvatura (C)** — é o centro da esfera a que pertence o espelho. A distância entre o centro de curvatura e o espelho corresponde, portanto, ao raio da esfera.
- ✓ **Eixo Principal (AB)** — é a reta que passa pelo centro de curvatura e pela região mediana do espelho.
- ✓ **Foco Principal (F)** — é o ponto para onde se dirigem, após a reflexão, todos os raios que incidem paralelamente ao eixo principal do espelho.

Raios Particulares

Se um raio de luz incidir paralelamente ao eixo principal, o raio refletido passa pelo foco principal.

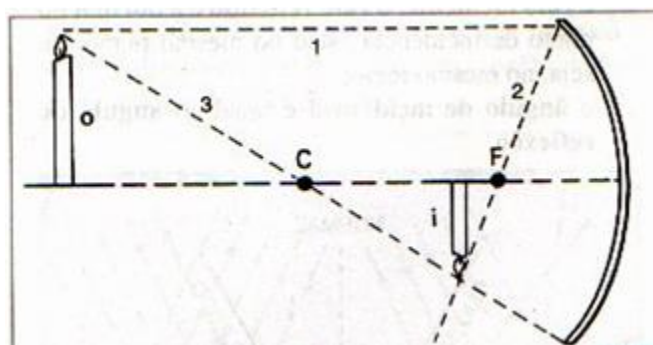


Se um raio de luz incidir passando pelo centro de curvatura, o raio é refletido sobre si mesmo.



Formação das imagens nos Espelhos Esféricos

As imagens (i) formadas nos espelhos esféricos têm características que dependem da distância entre o objeto (o) e a superfície refletora e que variam, também, conforme o espelho seja côncavo ou convexo.



A ilustração mostra que, para se construir a imagem nos espelhos esféricos, devemos traçar três linhas:

- 1 – Uma que vai da extremidade do objeto (o) até o espelho, paralelamente ao eixo principal, representando um raio luminoso que atinge a superfície refletora;
- 2 – Uma que parte do ponto onde incidiu o raio luminoso no espelho e passa pelo foco principal; esta linha representa a reflexão do raio luminoso que atingiu o espelho paralelamente ao eixo principal;
- 3 – Uma que parte da extremidade do objeto (o) e passa pelo centro de curvatura, representando um raio luminoso incidente, que não é paralelo ao eixo principal.

Para a construção da imagem (i) desenhamos a sua extremidade no ponto de intersecção (ponto de cruzamento) da linha 1, que passa pelo foco principal, com a linha 2, que passa pelo centro de curvatura.

A base da imagem (i) repousa, como a base do objeto (o), no eixo principal.

A imagem formada no Espelho Côncavo é:

- ✓ **Assimétrica** — a distância entre o objeto e o espelho é diferente da distância entre a imagem e o espelho;
- ✓ **Real** — a imagem forma-se antes (na frente) do espelho;
- ✓ **Invertida** — a posição da imagem é contrária à posição do objeto;
- ✓ **Tamanho Menor** — a imagem é menor que o objeto.

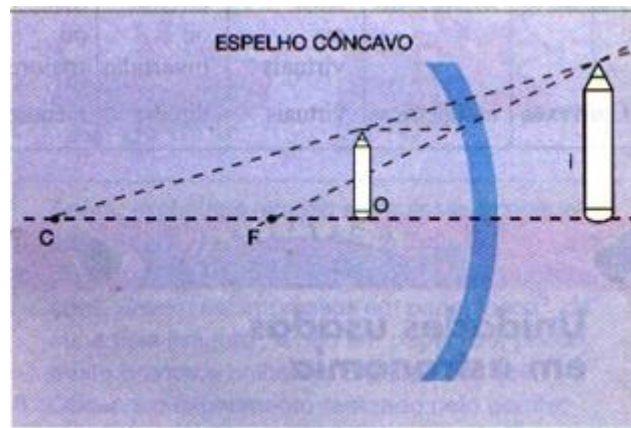
A imagem formada no Espelho Convexo é:

- ✓ **Assimétrica** — a distância entre o objeto e o espelho é diferente da distância entre a imagem e o espelho;
- ✓ **Virtual** — a imagem forma-se atrás do espelho;
- ✓ **Direita** — a imagem apresenta a mesma posição que o objeto;
- ✓ **Tamanho Menor** — a imagem é menor que o objeto.

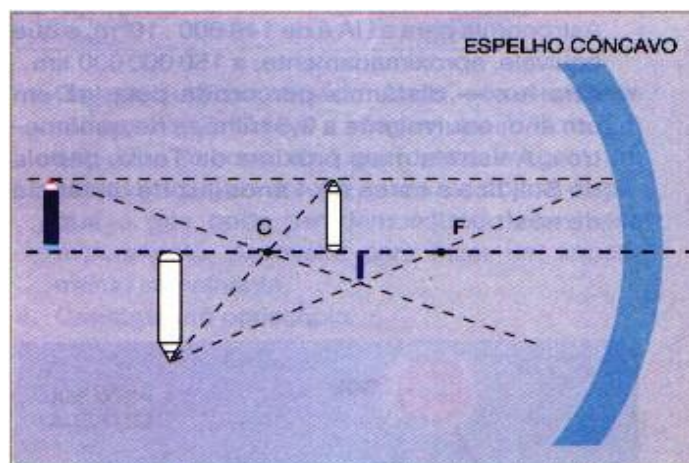
Os exemplos dados mostraram um caso de formação de imagem em Espelho Côncavo e um de formação de imagem em Espelho Convexo. As imagens, no entanto, não são sempre como as que se formaram nos exemplos mostrados. Elas podem variar, principalmente em função da distância do objeto ao espelho.

Nos Espelhos Côncavos, por exemplo, quando o objeto está situado entre foco principal e o espelho, a imagem formada é virtual, direita e maior que o objeto.

Veja:



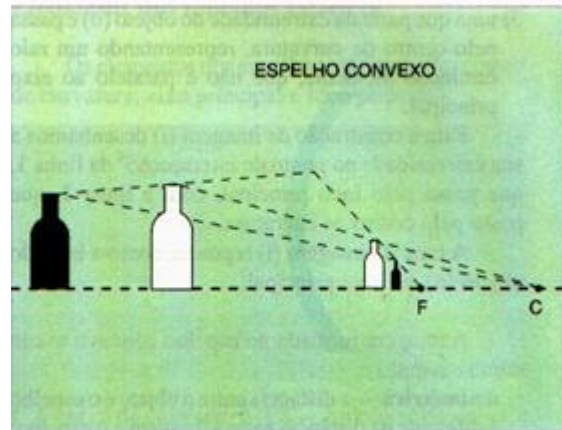
Compare agora as imagens de dois objetos do mesmo tamanho formados em um Espelho Côncavo, quando um objeto está localizado entre o centro de curvatura e o foco principal, e o outro está mais afastado, antes do centro de curvatura:



Nos dois casos, as imagens são reais e invertidas, mas os tamanhos delas variam conforme a posição do objeto.

Nos Espelhos Côncavos as imagens podem ser reais ou virtuais, direitas ou invertidas, menores ou maiores que o objeto. São, no entanto, normalmente assimétricas.

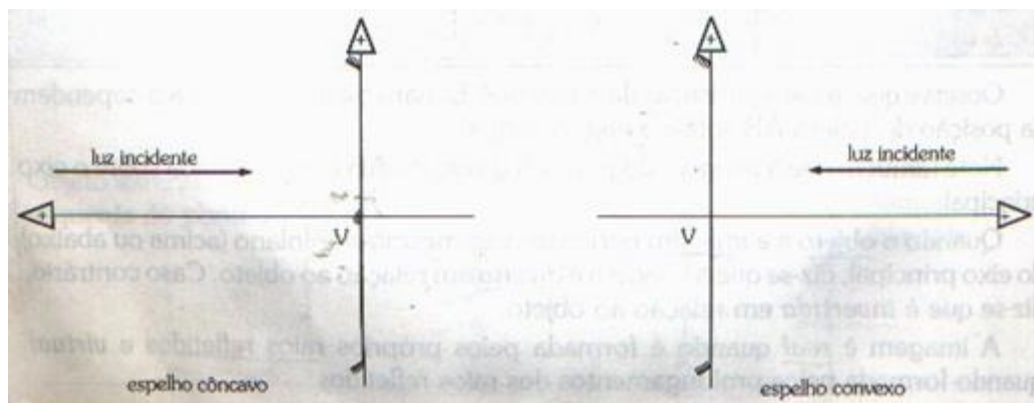
Nos Espelhos Convexos, as imagens são sempre virtuais, direitas e menores que o objeto. São também, como as imagens nos espelhos côncavos, normalmente assimétricas.



Estudo Analítico

Convenção de Sinais (referencial de Gauss)

Consideremos dois eixos ortogonais, com origem no Vértice do Espelho.



Eixo das Abscissas

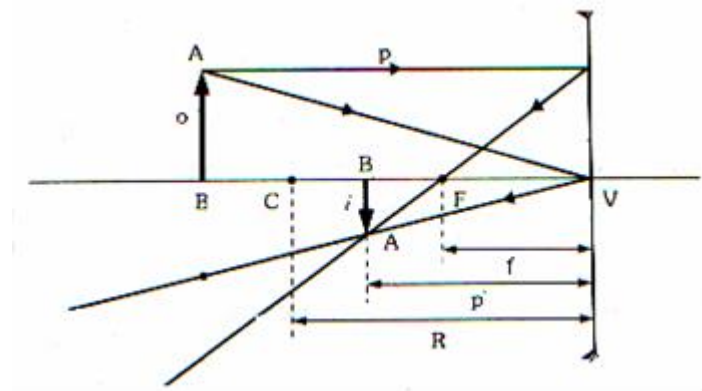
Origem: vértice do espelho.
Direção: a do eixo principal.
Sentido: contrário ao da luz incidente.

Eixo das Ordenadas

Origem: vértice do espelho.
Direção: perpendicular ao eixo.
Principal Sentido: de baixo para cima.

Equação de Gauss e Equação do aumento Linear Transversal

Consideremos o Espelho da figura:



Em que:

p = distância do objeto ao vértice (abscissa do objeto);
 p' = distância da imagem ao vértice (abscissa da imagem);
 o = altura do objeto;
 i = altura da imagem; f = distância focal;
 R = raio de curvatura ($R = 2.f$).

Por semelhança de triângulos podemos demonstrar que:

Para cálculo da distância focal (f), posição do objeto(p), e posição da imagem (p'), usamos a fórmula

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

Para cálculo da altura da imagem usamos a fórmula

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

Para cálculo do Aumento Linear Transversal (A) usamos as fórmulas

$$A = \frac{i}{o} \quad \text{ou} \quad A = \frac{p'}{p}$$

Considerando sempre o objeto real ($p > 0$), nestas equações temos:

espelho côncavo $\Rightarrow f > 0$	imagem real $\Rightarrow p' > 0$
espelho convexo $\Rightarrow f < 0$	imagem virtual $\Rightarrow p' < 0$
	imagem direita $\Rightarrow i > 0$
	imagem invertida $\Rightarrow i < 0$

Espelhos	Imagens			
Planos	simétricas	virtuais	direitas	do mesmo tamanho do objeto
Côncavos	assimétricas	reais ou virtuais	direitas ou invertidas	menores ou maiores
Convexos	assimétricas	virtuais	direitas	menores

Exemplo

A. Um espelho côncavo fornece, de um objeto real situado a 30 cm do seu vértice, uma imagem real situada a 20 cm do vértice. Calcule:

- a) A Distância Focal do Espelho.
- b) O Raio de Curvatura do Espelho.
- c) O Aumento Linear Transversal.

Resolução:

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad \frac{1}{f} &= \frac{1}{p'} + \frac{1}{p} \\ \frac{1}{f} &= \frac{1}{20} + \frac{1}{30} \\ \frac{1}{f} &= \frac{3+2}{60} \\ \frac{1}{f} &= \frac{5}{60} \end{aligned}$$

$$5f = 60$$

$$f = 12 \text{ cm}$$

$$\text{b)} \quad R = 2f$$

$$R = 2 \cdot 12$$

$$R = 24 \text{ cm}$$

Obs.: $R = 2 \cdot f$

f = foco

p = distância do espelho

p' = distância da imagem do espelho.

$$\begin{aligned} \text{c)} \quad A &= -\frac{p'}{p} \\ A &= -\frac{20}{30} \\ A &= -\frac{2}{3} \end{aligned}$$

Exercícios

1. O que é um Espelho?

2. Qual é a diferença entre Espelho Côncavo e Espelho Convexo?

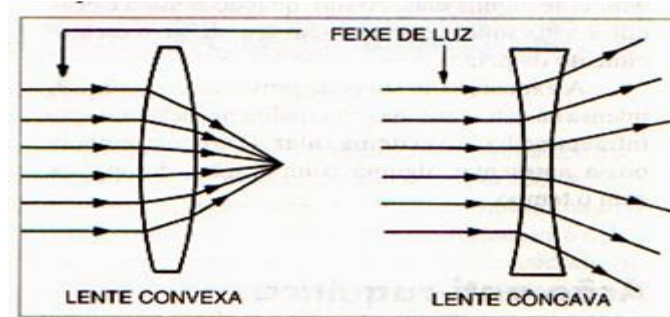
3. A imagem de um objeto forma-se a 40 cm de um espelho côncavo (p') com distância focal (f) de 30 cm. A imagem formada situa-se sobre o eixo principal do espelho, real, invertido e teve 3 cm de altura. Determine a posição (distância- p) do objeto ao espelho.

Lentes

A propriedade que os Corpos Transparentes possuem de desviar a luz que os atravessa é utilizada na fabricação de **Lentes**.

As **Lentes** são Corpos Transparentes que possuem duas superfícies, sendo que pelo menos uma é **Curva**.

A ilustração abaixo mostra o que acontece quando um feixe de luz atravessa uma Lente Convexa e quando atravessa uma Lente Côncava.



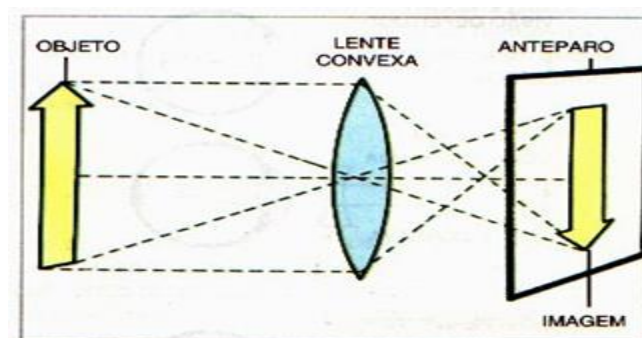
Os Raios Luminosos que formam os Feixes de Luz aproximam-se quando atravessam a Lente Convexa, e afastam-se quando atravessam a Lente Côncava. Como as Lentes Convexas determinam convergências dos Raios Luminosos, elas são chamadas Lentes Convergentes.

As Lentes Côncavas são divergentes, pois provocam a divergência dos raios luminosos, isto é, fazem com que os raios luminosos se afastem.

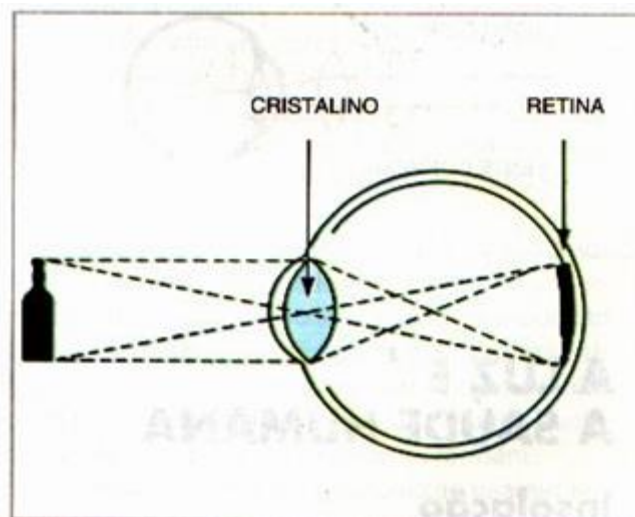


A Visão Humana

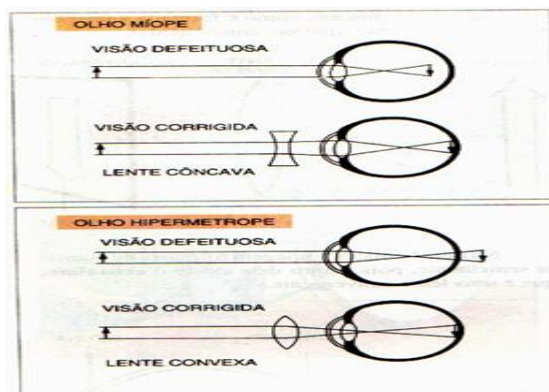
Veja, inicialmente, como é formada a imagem nas Lentes Convexas, que são Convergentes.



No olho humano, a imagem forma-se de maneira semelhante, pois dentro dele existe o cristalino, que é uma **Lente Convergente**.



No olho normal, chamado **emetrope**, a imagem forma-se exatamente na **retina**. Quando a imagem se forma antes da **retina**, o olho é míope; quando se forma depois, é **hipermetrope**. A **miopia** e a **hipermetropia** são, pois, defeitos opostos da visão humana. De fato, pessoas míopes têm dificuldade em enxergar à distância e as pessoas hipermetropes têm dificuldade de enxergar objetos muito próximos.



A Miopia e a Hipermetropia são defeitos que ocorrem com grande frequência na espécie humana. A correção desses defeitos é feita com o uso de Lentes Corretoras: para miopia usam-se Lentes Côncavas ou Divergentes; para hipermetropia usam-se Lentes Convexas ou Convergentes.

Saiba Mais...

As lentes e os olhos

Cristalino é a lente do globo ocular que focaliza a imagem na retina. Para fazer a focalização de objetos situados em distâncias diferentes, é necessário que o cristalino mude sua curvatura, fenômeno denominado acomodação visual. Essa mudança é conseguida através dos músculos ciliares, que são um anel de músculos que rodeiam o cristalino.

Depois dos 50 anos de idade, geralmente os músculos ciliares se enfraquecem, não conseguindo mais dar uma curvatura acentuada ao cristalino, o que é uma condição necessária para ver de perto. Esse problema, chamado presbiopia ou vista cansada, pode ser corrigido

com lentes convergentes.

Quando a curvatura da córnea ou do cristalino apresenta irregularidades, ocorre o defeito chamado astigmatismo, caracterizado por imagem tremida. A correção é feita com lentes cilíndricas, que compensam essas irregularidades.

Há também as lentes bifocais. Estas apresentam curvaturas de tamanhos diferentes, sendo maior a da parte inferior, o que permite a visão a curta distância, enquanto a da parte superior é menor, para a visão a



Óculos bifocais

distâncias maiores.

Modernamente, existem lentes multifocais em que a variação da curvatura é gradual, tornando possível a visão a grandes, médias e curtas distâncias.

Outro tipo de lente é a fotocromática, que escurece quando a luz é intensa e clareia quando a luz é fraca.

Finalmente, existem as lentes de contato. São pequenas lentes que aderem à córnea, dispensando o uso de armações para mantê-las na frente dos olhos.

As lentes, portanto, podem ter múltiplas formas e usos. Mas, cuidado: problema de visão deve ser tratado sob orientação médica, que indicará para cada caso a lente adequada e o grau correto.

Exercícios

1. Qual a diferença entre Lentes Convergentes e Divergentes?

2. O que diferencia a Miopia da Hipermetropia? Como podem ser corrigidos esses problemas?

Exemplo

B. Uma Lente Convergente tem distância focal $f = 6$ cm. Um objeto luminoso, de 4 cm de altura, é colocado perpendicularmente ao eixo óptico e a 9 cm da lente (p). Calcule:

- a) Posição da imagem (p')
- b) O tamanho da imagem (i)
- c) O aumento linear transversal

Dados: f

$= 6$ cm

$= 4$ cm p

$= 9$ cm

$$a) \quad \frac{1}{f} - \frac{1}{p} = \frac{1}{p'}$$

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

$$\frac{1}{6} - \frac{1}{9} = \frac{1}{p'}$$

$$\frac{3}{18} - \frac{2}{18} = \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{18} = \frac{1}{p'}$$

$$p' = 18 \text{ cm}$$

$$i = p'$$

Para subtrair $\frac{1}{9}$ de

$\frac{1}{6}$, tiramos o M.M.C.

(Mínimo múltiplo comum) entre os números 6 e 9.

$$\begin{array}{r} 6,9 \overline{) 2} \\ 3,9 \overline{) 3} \\ 1,3 \overline{) 3} \\ 1,1 \overline{) 18} \end{array}$$

O mínimo entre 6 e 9 é 18

b)

$$\frac{o}{p}$$

$$\frac{i}{4} = \frac{-18}{9}$$

$$i = \frac{-18 \cdot 4}{9}$$

$$i = \frac{-72}{9}$$

$$i = -8 \text{ cm} \text{ ou } |i| = 8 \text{ cm}$$

↑
módulo

$$c) A = \frac{p'}{p}$$

$$A = \frac{-18}{9}$$

$$A = -2$$

Observação: i significa tamanho da imagem, mas tamanho não pode ser negativo, por isso colocamos em módulo, pois ele pode ser tanto positivo quanto negativo.

Exercício

1. Um objeto (o) = 6 cm de altura está colocado a 12 cm de uma Lente (p) Convergente de Distância Focal = 4 cm. Determine:

- A posição da imagem (p')
- O tamanho da imagem (i)
- O aumento linear transversal

Instrumentos Ópticos

Introdução

Para pesquisar objetos distantes ou objetos pequenos, utilizamos instrumentos que permitem sua observação em condições mais favoráveis do que a olho nu.

Os instrumentos ópticos são classificados em:

- ✓ Instrumentos de Observação;
- ✓ Instrumentos de Projeção.

Os **Instrumentos de Observação** fornecem imagens virtuais, maiores que o objeto.

Exemplo: microscópio, lupa, telescópio, etc.

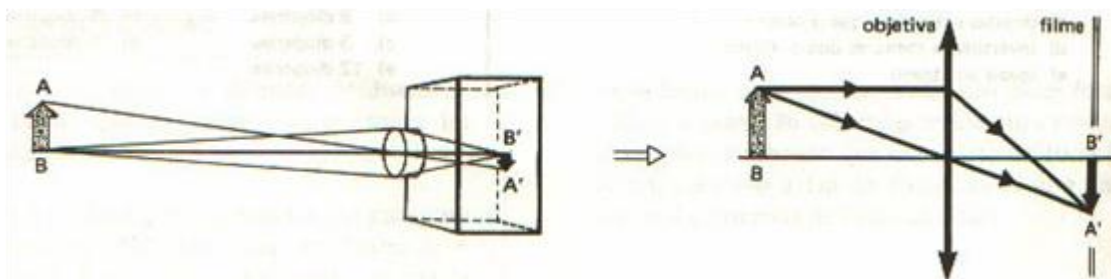
Os **Instrumentos de Projeção** fornecem imagens reais, maiores que o objeto. A imagem deve ser real porque será projetada num anteparo.

Exemplo: máquinas fotográficas, projetores, etc.

Instrumentos de Projeção

a) Máquina Fotográfica

Consiste numa Câmara Escura que tem na frente uma Lente Convergente (objetiva) e um diafragma; na outra extremidade, um filme. A imagem formada é real, invertida e menor que o objeto. O Diafragma é um orifício reduzido que regula a penetração da luz na câmara.



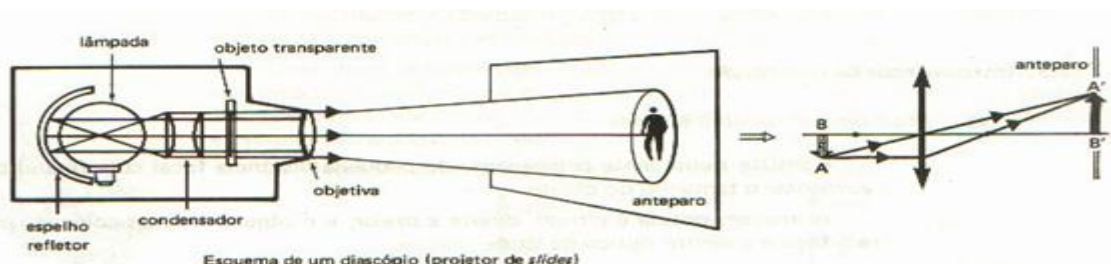
b) Projetores

São aparelhos destinados a ampliar e projetar em anteparos as imagens de objetos gravados (slides ou filmes). Os projetores constam de uma Lente Convergente como objetiva, sendo necessária uma fonte de luz bem intensa para iluminar os objetos a serem projetados. O condensador, constituído por duas lentes plano-convexas, concentra a luz sobre a objetiva.

Há dois tipos de projetores:

- ✓ Diascópios: para projetar objetos transparentes;
- ✓ Episcópios: para projetar objetos opacos.

Observe que a imagem é real, invertida e maior.

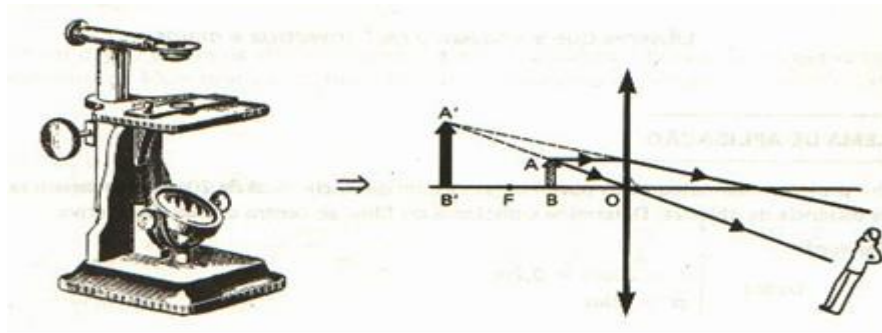


Instrumentos de Observação

a) Lupa ou Microscópio Simples:

Consiste numa Lente Convergente de pequena distância focal cuja finalidade é aumentar o tamanho do objeto.

A imagem é virtual, direita e maior, e o objeto deve ser colocado entre o foco e o centro óptico da lente.

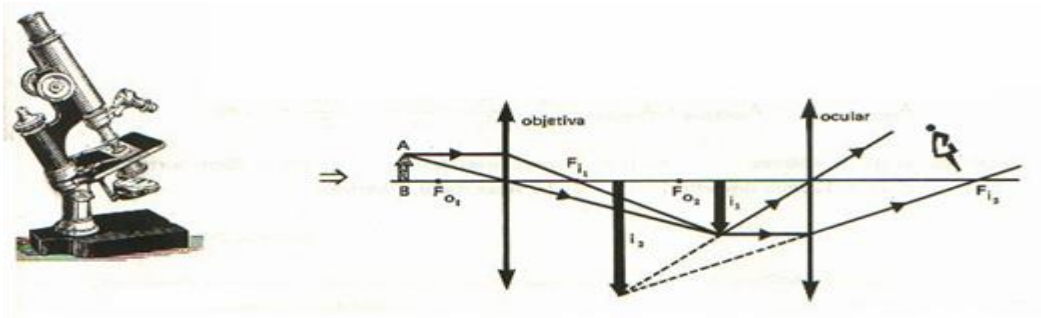


b) Microscópio Composto

É utilizado para observação de objetos de pequenas dimensões para os quais se deseja um aumento muito grande.

O microscópio composto consta de duas lentes convergentes, associadas entre duas fileiras e colocadas cada uma numa extremidade de um tubo fechado. Uma delas, denominada objetiva, de pequena distância focal, da ordem de milímetros, é colocada na extremidade inferior do tubo, próxima ao objeto; a outra, denominada ocular, fica na parte superior do tubo; com ela observamos a imagem fornecida pela objetiva.

A imagem final é virtual, invertida e maior que o objeto.



c) Luneta Astronômica

É utilizada para observação de objetos distantes. Consta de duas lentes convergentes, a objetiva e a ocular. A objetiva tem uma distância focal grande, da ordem de alguns metros. A imagem final fornecida pela luneta é virtual, invertida e ampliada.



Na Luneta Terrestre intercala-se uma terceira lente entre a ocular e a objetiva, com a finalidade de tornar a imagem final direita.

Nos telescópios, a objetiva é substituída por um Espelho Parabólico Côncavo, com a vantagem de apresentar menos aberrações que as Lentes.

Quando o olho é colocado no foco imagem da luneta astronômica, temos o Aumento Angular Nominal, que é dado por:

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

Em que:

A_n = aumento angular nominal

f_{ob} = foco da objetiva

f_{oc} = foco ocular