



# Ciências

# Biológicas



## Cadernos CB Virtual 2

❖ Rafael Angel Torquemada Guerra (Org.)

❖ Amélia Iacona Kanagawa ❖ Creusoni Figueredo dos Santos

❖ Fabiana Sena da Silva ❖ Frederico Barbosa de Sousa

❖ Gilmara Alves Cavalcanti ❖ Jorge Adriano Lubenow

❖ Marcio Bernardino da Silva ❖ Maria Alice Neves

❖ Roberto Menezes



**Universidade Federal da Paraíba  
Universidade Aberta do Brasil  
UFPB VIRTUAL  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS À DISTÂNCIA**

Caixa Postal 5046– Campus Universitário - 58.051-900 – João Pessoa

Fone: 3216-7838 e 8832-6059

Home-page: [portal.virtual.ufpb.br/biologia](http://portal.virtual.ufpb.br/biologia)

**UFPB**

**Reitor**

Rômulo Soares Polari

**Pró-Reitor de Graduação**

Valdir Barbosa Bezerra

**UFPB Virtual**

**Coordenador**

Renata Patrícia Jerônimo Moreira

Edson de Figueiredo Lima Junior

**Centro de Ciências Exatas e da Natureza**

**Diretor**

Antônio José Creão Duarte

**Departamento de Sistemática e Ecologia**

**Chefe**

Juraci Alves de Melo

**Curso de Licenciatura em Ciências  
Biológicas à Distância**

**Coordenador**

Rafael Angel Torquemada Guerra

**Coordenação de Tutoria**

Diego Bruno Milanês Lopes

**Coordenação Pedagógica**

Isolda Ayres Viana Ramos

**Coordenação de Estágio**

Paulo César Geglio

**Coordenação de TCC**

José Vaz Neto

**Apoio de Designer Instrucional**

Luizângela da Fonseca Silva

**Artes, Design e Diagramação**

Romulo Jorge Barbosa da Silva

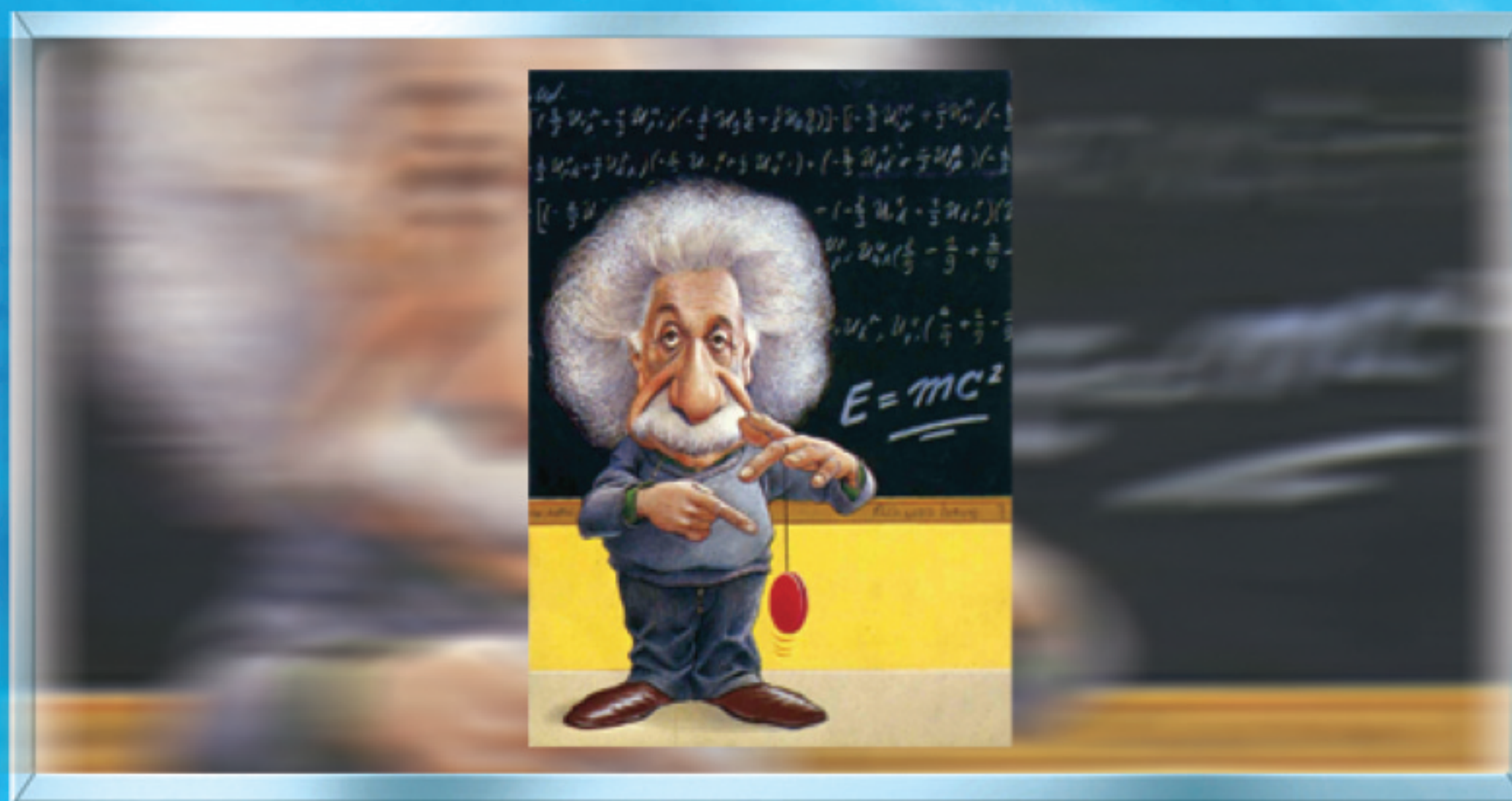
**Apoio Áudio Visual**

Edgard Adelino Ruiz Sibrão

C 569 Cadernos Cb Virtual 2 / Rafael Angel  
Torquemada Guerra ... [et al.].-  
João Pessoa: Ed. Universitária, 2011.  
610p. : Il.  
ISBN: 978-85-7745-902-5  
Educação a Distância. 2. Biologia  
I. Guerra, Rafael Angel Torquemada.  
UFPB/BC CDU: 37.018.43

# Física para Ciências Biológicas

Roberto Menezes



## Física para Ciências Biológicas

Roberto Menezes

## UNIDADE 1

## Mecânica 1

## 1. INTRODUÇÃO

Mecânica é o ramo da física que estuda os movimentos dos corpos e razões para que eles aconteçam. No dia-a-dia, nos deparamos com diversas situações que envolvem conceitos de Mecânica.

Em **Física para Ciências Biológicas** é importante muitas vezes saber como se determina o movimento de partículas ou fluidos. Por exemplo, o movimento de hemácias dentro de uma artéria tem um comportamento padrão que depende das características humanas, como por exemplo, a altura e o peso, medidas encontradas fora do padrão poderiam indicar alguma alteração na anatomia ou fisiologia da pessoa estudada por razão de alguma patologia.

A mecânica é estudada em todas as escalas de tamanho, desde o movimento de molécula até o de conjunto de galáxias.

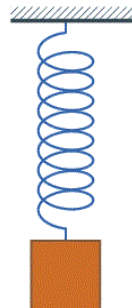
## 2. MOVIMENTO

A palavra movimento implica mudanças de posição e rapidez com que elas ocorrem. Para observar as mudanças das posições de um corpo precisa-se localizá-lo em relação a algum ponto de referência, para isso, usa-se um sistema de coordenadas e, de forma conveniente, pode-se colocar o ponto de referencia na origem deste sistema.

Inicialmente será estudada a parte da mecânica conhecida como **cinemática** que estuda o movimento dos corpos sem se preocupar com suas causas. Aqui consideraremos que o corpo estudado tenha tamanho desprezível de modo que não interfira no seu estudo.

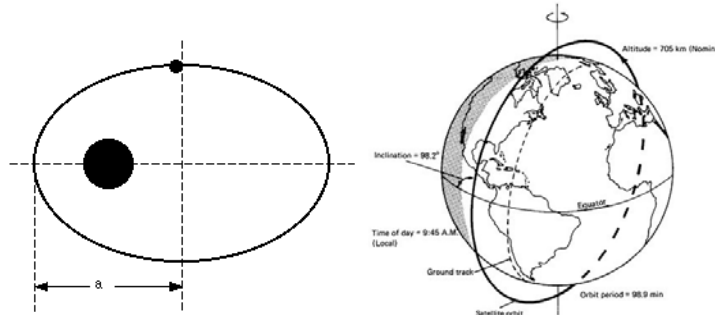
O movimento pode ser unidimensional, bidimensional ou tridimensional. No movimento unidimensional, um corpo percorre uma trajetória retilínea. Na figura abaixo, veja, por exemplo, o movimento de um bloco suspenso por uma mola. Note que a trajetória do bloco será vertical.

Figura 1 – Movimento de um bloco

Fonte: <http://tinyurl.com/3gj7c6o>

Nos movimentos bidimensional e tridimensional, por outro lado, a trajetória é curvilínea. Veja na figura abaixo, a trajetória elíptica de um planeta em torno de uma estrela, o seu movimento está constringido em um plano o que torna o movimento bidimensional.

Figura 2 - translação de um satélite em torno de um planeta é uma trajetória elíptica



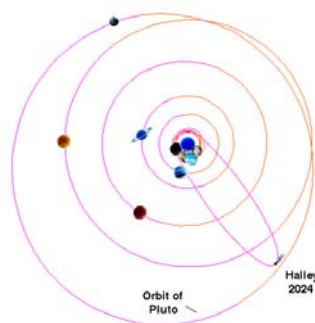
Fonte: <http://tinyurl.com/3c9zfr3>

Para descrever o movimento é preciso entender certos conceitos das grandezas. Chamamos de grandeza todo o valor que pode ser medido quando se observa um experimento. A primeira grandeza é o tempo.

### 3. TEMPO

Todo movimento se apresenta em certa duração de tempo. Esta duração dependerá da natureza do sistema físico em questão, podendo ser em milésimos de segundos, passando por horas, anos e até milênios. Por exemplo, o intervalo entre duas batidas de asas de um beija-flor é da ordem de milissegundos, enquanto o cometa Halley leva entre 75 e 76 anos para dar um giro completo.

Figura 3 - Movimento do Cometa Halley



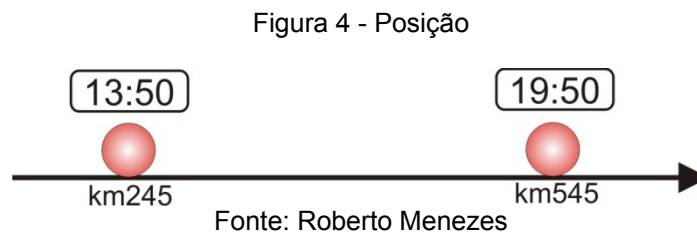
Fonte: <http://tinyurl.com/69shugd>

Medidas de valores de tempo necessitam de um referencial de contagem. Geralmente, tomamos o momento em que o corpo começa o seu movimento como o tempo nulo. No sistema internacional de medidas a unidade de tempo é o segundo (s), porém a unidade hora (h) também é muito utilizada devido ao seu uso bem comum no dia a dia.

## 4. POSIÇÃO

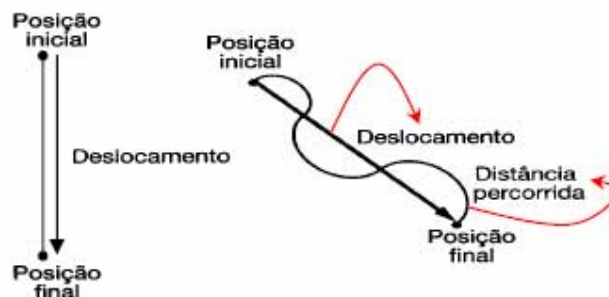
Veja na figura abaixo. Representamos um veículo por um objeto circular. Ele está em uma rodovia. Podemos ver que um relógio marca valores diferentes dependendo de onde ele está. Para esta localização damos o nome de posição.

A posição aponta em que lugar do espaço o corpo está em dado tempo. Se o corpo se move, sua posição mudará. Se ele estiver parado, será a mesma.



As noções de movimento que usamos no cotidiano, quando vamos de um lugar a outro, estão habitualmente relacionadas ao conceito de distância percorrida, ao invés do deslocamento. No entanto, em física, deslocamento e distância percorrida têm significados diferentes e não podem ser confundidas. Deslocamento é uma grandeza vetorial que mede a distância entre duas posições, sendo orientada na direção da linha reta que as une e no sentido que vai da posição inicial à final, sem levar em conta o caminho seguido. Distância percorrida mede o comprimento total do caminho seguido no movimento, sem se importar com a direção e o sentido.

Figura 5 – Deslocamento



Fonte: <http://tinyurl.com/66g45fb>

Exemplo: suponha que uma pessoa vá da sua casa até a padaria, podendo seguir por dois caminhos diferentes, um mais curto do que o outro: o deslocamento é o mesmo nos dois casos, já que em ambos ela vai da casa à padaria, mas as distâncias percorridas são diferentes, pois o comprimento de um caminho é menor do que o do outro. A diferença é mais evidente se considerar um caminho fechado, por exemplo, a volta de um carro numa pista de corridas: desde a saída até a chegada, o carro sai e volta para o mesmo lugar, daí que o deslocamento é nulo, no entanto, a distância percorrida é igual ao comprimento da volta percorrida na pista.

## 5. VARIAÇÕES DA POSIÇÃO E DO TEMPO

Podemos encontrar a variação do tempo. Calculamos subtraímos o tempo final pelo tempo inicial. Para o caso do exemplo da Figura 4, o tempo final é dado no relógio por 19h50min, enquanto o tempo inicial é dado por 13h50min. Logo a variação do tempo, ou, o tempo gasto é de 6 horas. Em geral, simbolizamos a diferença entre dois valores de medidas por letra grega delta,  $\Delta$ , de modo que

$$\Delta t = t_f - t_i$$

$$\Delta t = 19h50min - 13h50min$$

$$\Delta t = 6h$$

Do mesmo modo, podemos encontrar variação de posição.

$$\Delta s = s_f - s_i$$

$$\Delta s = 545km - 245km$$

$$\Delta s = 300km$$

Note que a variação do tempo em um determinado evento não depende de uma cronometragem definida, isto é, se outra pessoa fizer a contagem com um relógio atrasado em 10 minutos, tanto o valor inicial quanto o valor final será reduzindo em 10 minutos, portanto a diferença será mantida.

## 6. VELOCIDADE INSTANTÂNEA E VELOCIDADE MÉDIA

A medida de rapidez de um corpo depende de dois fatores: da variação da posição e da variação do tempo. Se uma partícula varia muito a posição em um intervalo de tempo pequeno, dizemos que este corpo é mais veloz do que um que gasta mais tempo para se deslocar a mesma distância. Do mesmo modo que se para percorrer certa distância, um corpo leva menos tempo, dizemos que ele é mais veloz.

É claro que um corpo pode mudar a sua velocidade com o tempo. Imagine um carro em uma estrada, aumentado sua velocidade nas retas e reduzindo nas curvas. Para a velocidade em cada instante dá-se o nome de velocidade instantânea. O valor marcado no velocímetro da Figura 6 é a velocidade instantânea do corpo.

Figura 6 – Velocidade Instantânea



Fonte: <http://tinyurl.com/3jkpkhn>



Para se saber a média da velocidade em certo intervalo de tempo, encontra-se a velocidade média. A velocidade média pode ser calculada pela razão entre a variação da posição pela variação do tempo em dado trecho do percurso. Podemos resumir com a seguinte expressão:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Note que o índice m indica que a velocidade é média. A unidade da velocidade será dada pela razão entre as unidades da posição e tempo utilizadas no problema. No sistema internacional de medidas, a unidade usada é o metro por segundo (m/s), apesar de também usarmos quilômetro por hora (km/h) em muitos problemas do dia a dia.

Podemos encontrar a velocidade média do exemplo abaixo. Conhecemos a variação do tempo e da posição, portanto poderemos calcular a velocidade média neste trecho

Figura 7 - Posição



Fonte: Roberto Menezes

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow v_m = \frac{300}{6} \rightarrow v_m = 50 \text{ km/h}$$

Reforçando o conceito de velocidade média e velocidade instantânea, note que o veículo entre os instantes apontados teve uma média das velocidades de 50km/h, mas não podemos afirmar nada em relação a sua velocidade instantânea a cada instante, pois não foi dada esta informação.

## 7. ACELERAÇÃO MÉDIA E ACELERAÇÃO INSTANTÂNEA

Muitas vezes é muito importante conhecer como a velocidade varia com o tempo. A esta variação dá-se o nome de aceleração. A aceleração instantânea, assim, como a velocidade instantânea é uma grandeza que deve ser encontrada em cada momento. Um corredor de 100 metros rasos, no começo da corrida, tem a velocidade inicial nula, por isso ele tem que acelerar o mais rápido possível para desenvolver maiores velocidades.

Podemos encontrar a aceleração média é a razão da variação da velocidade pela variação do tempo

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

Por exemplo, imagina um carro de corrida que vai do repouso a  $\frac{100\text{km}}{\text{h}}$  em 5 segundos.

Notando que  $\Delta v = 100 - 0 = \frac{100\text{km}}{\text{h}}$  e  $\Delta t = 5\text{s}$ . A aceleração média é dada por

$$a_m = \frac{\frac{100\text{km}}{\text{h}}}{5\text{s}} \rightarrow a_m = 20 \frac{\text{km}}{\text{h} \cdot \text{s}}$$

Ainda poderíamos transformar as unidades. Deixar, por exemplo, a unidade de tempo em horas, ou segundos. Para isso lembramos que

$$1\text{h} = 3600\text{s}$$

Usando essa expressão, chegamos a

$$a_m = \frac{72000\text{km}}{\text{h}^2} \quad \text{ou} \quad a_m = \frac{1}{180} \frac{\text{km}}{\text{s}^2}$$

Como veremos a seguir, para que haja uma aceleração é necessário que o corpo acelerado seja submetido a uma força ou um conjunto delas, obedecendo à segunda lei de Newton  $F = ma$ , onde  $m$  é a massa do corpo e  $F$  é a intensidade da força.

**:: SAIBA MAIS... ::**



O acelerômetro é um instrumento de medidas que calcula a intensidade de aceleração de um corpo. Atualmente ele é muito utilizado em videogames onde o movimento dos controles interage com os jogos. Também é utilizado em telefones celulares, como podemos ver abaixo para um jogo de corrida.

Figura 7 - Acelerômetro



Fonte: <http://tinyurl.com/5tqzhma>

## 8 – MOVIMENTO UNIFORME

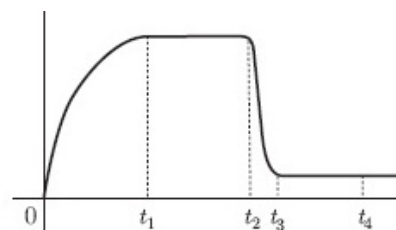
O movimento retilíneo uniforme, ou simplesmente, movimento uniforme UM é aquele em que a velocidade é constante, isto é, o movimento não é acelerado. Na natureza, alguns movimentos podem ser considerados assim.

### :: SAIBA MAIS... ::



Um paraquedista após atingir uma velocidade limite (veja o gráfico abaixo), tem um trecho de sua queda em que sua velocidade é constante (entre  $t_1$  e  $t_2$ ), do mesmo modo que depois de abrir o paraquedas (entre  $t_3$  e  $t_4$ ), a velocidade é constante até a chegada ao solo.

Figura 8 - Gráfico da velocidade de um paraquedista



Fonte: Roberto Menezes

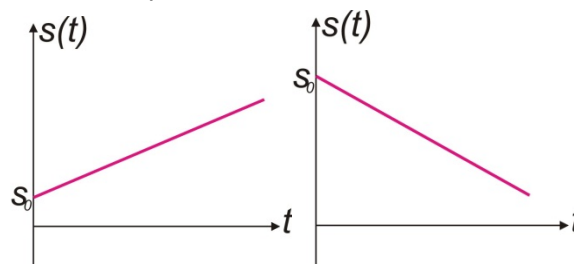
O corpo se desloca no sentido positivo de  $s$  se  $v$  for positivo, caso contrário,  $v$  é negativo. Como o movimento é unidimensional, a direção está fixada, os sinais + ou - da grandeza indicam se a orientação do vetor e no sentido positivo ou negativo de  $s$ , respectivamente.

Podemos determinar uma equação para descrever a posição  $s$  em cada instante  $t$  pela função horária  $s(t)$

$$s(t) = s_0 + vt$$

onde  $v$  é velocidade e  $s_0$  é a posição no tempo  $t=0$  (posição inicial). Esta função é uma função do primeiro grau.

Figura 9 – Dois possíveis movimentos uniformes

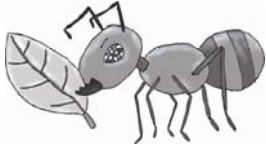


Dois possíveis movimentos uniformes

Fonte: Roberto Menezes

Na Figura 9 estão plotados os dois possíveis tipos de movimentos uniformes. Na figura da esquerda, temos o movimento com velocidade positiva, enquanto na da direita, a velocidade é positiva.

**:: HORA DE TRABALHAR!!! ::**



Um trem de carga que se desloca com velocidade constante de 36km/h, leva 18s para passar completamente uma ponte de 100m de comprimento. Sabendo disso, qual é o comprimento do trem?

**:: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::**



Um móvel tem o movimento dividido em duas partes. Na primeira metade, a velocidade é constante com valor 60km/h e na segunda metade, a velocidade também é constante, porém é o dobro da primeira. Determine a velocidade média em todo o percurso, mostrando que o resultado independe do espaço total percorrido pelo corpo.

**9. MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO**

O movimento retilíneo uniformemente variado, ou simplesmente, movimento uniformemente variado é o movimento cuja aceleração é constante. A velocidade aumenta ou diminui o seu valor de maneira uniforme.

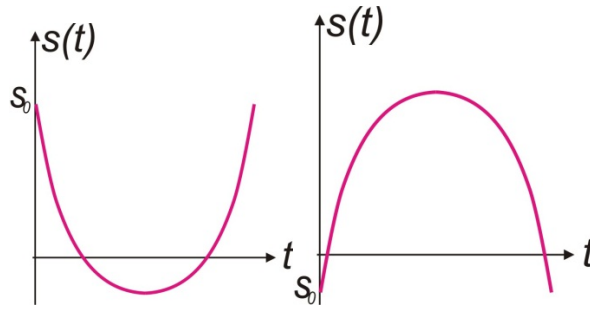
Na natureza, um corpo em queda livre próximo a superfície da terra tem um movimento que pode ser aproximado com MUV. Quando a aceleração está a favor do eixo, dizemos que a aceleração é positiva, caso contrário, a aceleração é negativa.

Podemos determinar uma equação para descrever a posição  $s$  em cada instante  $t$  pela função horária  $s(t)$

$$s(t) = s_0 + v_0 t + a \frac{t^2}{2}$$

onde  $s_0$  é a posição inicial do corpo e  $v_0$  é a velocidade inicial. Esta função é uma função do segundo grau.

Figura 10 – Posições de dois possíveis movimentos uniformemente variados



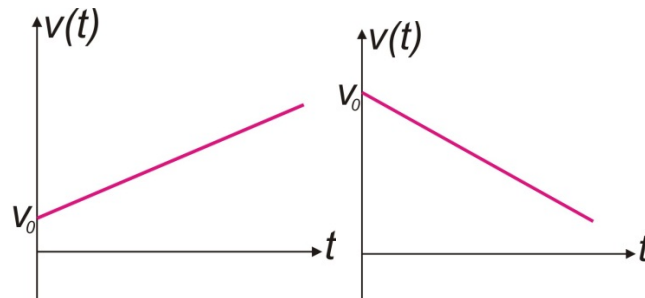
Fonte: Roberto Menezes

Também há uma equação para descrever a velocidade instantânea  $v$  em cada instante  $t$  pela função horária  $v(t)$

$$v(t) = v_0 + at$$

Esta função é uma função do primeiro grau, portanto o gráfico desta função é uma linha reta.

Figura 11 - Velocidades de dois possíveis movimentos uniformemente variados



Fonte: Roberto Menezes

Destas duas equações podemos encontrar uma terceira. Conhecida como equação de Torricelli, ela é muito útil para resolver problemas que não envolvem o tempo. Ela é dada pela expressão

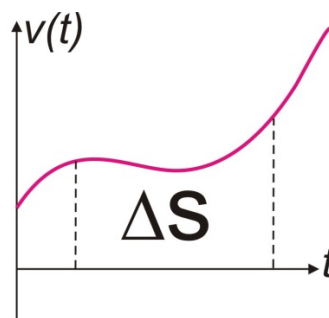
$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$$

**:: HORA DE TRABALHAR!!! ::**

Um objeto sai do repouso e depois de se deslocar vinte e cinco metros, tem uma velocidade de dois metros por segundo. Sabendo que podemos esse movimento pode ser aproximado como um movimento uniformemente variado, qual o valor da aceleração?

{Fique Ligado} Para um movimento em geral, entre dois instantes de tempo, o espaço percorrido pode ser encontrado pela área apontada no gráfico da Figura 12:

Figura 12 – O espaço percorrido



Fonte: Roberto Menezes

**:: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::**

Um corpo tem velocidade inicial de 2m/s quando é acelerado com uma aceleração de  $0,1\text{m/s}^2$ . Depois de certo tempo, sua velocidade se torna 4m/s. Qual é o espaço percorrido neste trajeto? Faça essa questão de duas maneiras: i) sem usar equação de Torricelli; ii) usando a equação de Torricelli. Além disso, qual é a velocidade média?

**10. QUEDA LIVRE**

Um exemplo na natureza de um movimento uniformemente variado é de um corpo em queda livre vertical (Figura 13). Um corpo descendo ou subindo é acelerado para baixo com certo valor constante.

Dois corpos com certos valores de massa  $m_1$  e  $m_2$  colocados a certa distância  $d$  sentem atração mútua dada por

$$F = \frac{Gm_1m_2}{d^2}$$

onde  $G$  é a constante universal da gravitação. Este tipo de atração ocorre entre um corpo próximo à superfície da terra, sendo atraído pela própria. Nesta situação, a força pode ser considerada constante, como veremos isso leva a uma aceleração constante orientada para baixo. O valor da aceleração da gravidade é aproximadamente

$$g \approx \frac{9,8\text{m}}{\text{s}^2} \approx \frac{10\text{m}}{\text{s}^2}$$

É importante enfatizar que, para este movimento ser considerado uniformemente variado, é desprezada qualquer forma de atrito durante o movimento,

Figura 13 – Corpo em queda livre



Corpo em Queda Livre.

Fonte: <http://tinyurl.com/3vogztm>

A massa de um corpo não interfere no movimento.

### :: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::



Um corpo é arremessado para cima com velocidade de 8m/s. Utilize o módulo da aceleração da gravidade próximo a superfície da terra de 10m/s<sup>2</sup>.

- Em quanto tempo ele chega à altura máxima?
- Qual é a altura máxima?
- Qual é a altura em que o corpo tem a metade da velocidade?
- Qual é a velocidade do corpo quando estiver na metade da altura?
- Quanto tempo o corpo passa no ar antes de voltar ao ponto de partida?
- Esboce os gráficos das funções horárias da posição e da velocidade do movimento do corpo.
- Esboce o gráfico da posição em relação à velocidade do corpo.

## 11 – DINÂMICA E AS LEIS DE NEWTON

A segunda parte da Mecânica que será estudada é a Dinâmica. Ao contrário da cinemática, a dinâmica estuda as possíveis causas que levam a certos tipos de movimentos. Para isso, vamos introduzir as três leis de Newton.

11.1 – Primeira lei de Newton – Lei da Inércia - Um corpo continua em estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme se não houver forças atuantes sobre ele (Figuras 13 e 14).

Figura 13 – Ilustração envolvendo a lei da inércia



Fonte: <http://tinyurl.com/3fowjq8>

Uma pessoa que está dentro de um carro em movimento ao ter uma freada brusca, ela é arremessada para frente, pois quer manter a sua velocidade constante. Na figura abaixo, é mostrado um exemplo de um acidente onde os freios não foram suficientes para parar a locomotiva que viajava com velocidade não nula.

Figura 14 – Ilustração envolvendo a lei da inercia



Fonte: autor desconhecido

11.2 Segunda Lei de Newton – Lei Fundamental da Dinâmica – a força resultante sobre um corpo é proporcional à massa do corpo e da aceleração. Ela pode ser expressa pela relação

$$F = ma$$

onde  $F$  é a força resultante,  $m$  é a massa do corpo e  $a$  é aceleração obtida.

Corpos com massas diferentes respondem de forma diferente a mesma força: quanto maior a massa, menor a aceleração.

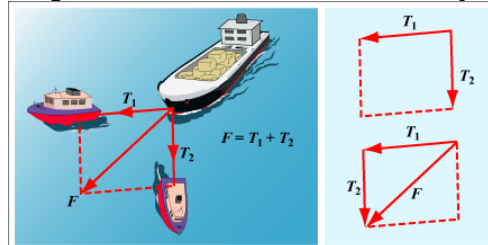


**:: FIQUE DE OLHO!! ::**



Força é uma grandeza vetorial, portanto a soma de forças obedece a regras de adição vetorial. Veja a figura abaixo.

Figura 15 – Natureza vetorial da Força



Fonte: Fundamentos da Física

11.3 Terceira lei de Newton – quando um corpo exerce uma força de ação sobre outro, este responde aquele com uma força de reação de mesmo módulo e direção, mas de sentido contrário a que recebeu. Estas forças atuam aos pares e em corpos diferentes.

Figura 16 - O coelho sofre com a mesma intensidade de que a cabeça de Cebolinha



Copyright ©1999 Mauricio de Sousa Produções Ltda. Todos os direitos reservados.

5206

Fonte: <http://tinyurl.com/3tan3gb>

**:: PERGUNTAS?? ::**



Defina o que é força centrípeta e explique a inexistência da força centrífuga.

## :: PERGUNTAS?? ::



No sistema abaixo a força tem módulo de 40N. Determine o módulo da aceleração e a tração no fio.

Figura 17 – Sistema de dois corpos



Fonte: Roberto Menezes

## UNIDADE 2 Mecânica 2

### 1. TRABALHO E ENERGIA

Energia é uma grandeza associada ao estado de um sistema que mede a capacidade de ele fazer (ou sofrer) transformações. No sentido comum da palavra, energia é muitas vezes confundida com força e potência, mas em Física o significado destas grandezas é diferente, embora haja relações entre elas.

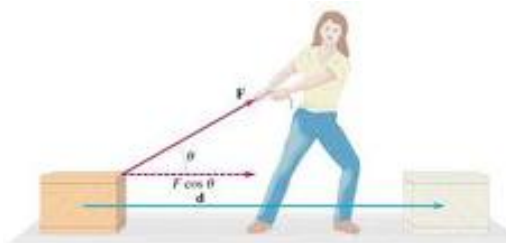
Energia é uma grandeza escalar, a sua unidade no sistema internacional (SI) é o joule J. Outra unidade usual é a caloria (cal):  $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$ ,  $1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$ .

Trabalho mecânico é a transferência de energia para um sistema, ou pelo sistema, através de uma força (ou um conjunto delas). Em geral a definição para uma força que varia com o tempo é muito complicada, por isso vamos ver apenas para o caso de uma força constante (em módulo, direção e sentido), ele é definido como:

$$W = F \cdot d \cdot \cos(\theta)$$

onde  $F$  é o módulo da força,  $d$  é a distância deslocada e  $\theta$  é o ângulo entre a força e a direção do deslocamento, como vemos na figura abaixo.

Figura 18 - A moça faz um trabalho positivo



Fonte: <http://tinyurl.com/5rmluu8>

Força conservativa é aquela cujo trabalho apenas depende dos pontos inicial e final do deslocamento, independe do caminho tomado ao deslocar o corpo.

O trabalho é positivo se a força tem uma componente no sentido do deslocamento do corpo, e negativo se for contrário. Se a força for perpendicular ao deslocamento o seu trabalho é nulo. Um exemplo de uma força que é sempre perpendicular ao movimento é a força centrípeta, portanto esta força nunca realiza trabalho.

Existem diferentes formas de energia, como a cinética e a potencial. Energia cinética é associada ao movimento do corpo. Energia potencial se associa a configuração do sistema ao qual o corpo faz parte, depende do tipo de interação entre as partes do sistema. A forma principal da energia potencial que usaremos em nossos problemas é a gravitacional: a Terra exerce uma força de atração sobre os corpos, a configuração de separação do sistema corpo-Terra armazena

energia potencial gravitacional. Representaremos a energia cinética com a letra K e a potencial por U.

Definimos potência como a taxa de variação do trabalho em dado tempo. A potência é dada por

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

A unidade de potência no sistema internacional de unidades é Watt (W). O ser humano tem potência na faixa de 100W, que pode variar de 85W em estado de repouso (sono) até 900W em estados de fortes exercícios.

**:: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::**



Um bloco de 2kg é puxado por uma força de 20N fazendo um ângulo de 60° com o seu deslocamento, o corpo se desloca por 1,5m durante 4s.

- a) Determine o trabalho desta força sobre este corpos;
- b) Determine a potência desta força;
- c) Qual é a velocidade média do corpo?

**2. ENERGIA CINÉTICA**

A energia cinética é a energia relacionada à velocidade de um corpo. Ela depende da massa e da velocidade do corpo é dada pela seguinte expressão

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

Muitos objetos podem realizar trabalho porque eles estão se movendo. Um martelo repousando sobre um prego não realiza trabalho algum, isto é, não tem energia suficiente para fazê-lo penetrar numa tábua. Mas, movimentando-o com certa velocidade, ele adquire a energia necessária para isso. Portanto vemos que é preciso ter energia cinética para realizar trabalho.

Figura 19 – Note que o martelo precisar se mover para realizar trabalho



Fonte: <http://tinyurl.com/3tan3gb>

Se o martelo for bastante pesado, basta movimentá-lo com pequena velocidade para pregar o prego; mas, se o martelo for leve, precisamos imprimir-lhe maior velocidade.

**:: FIQUE DE OLHO!! ::**

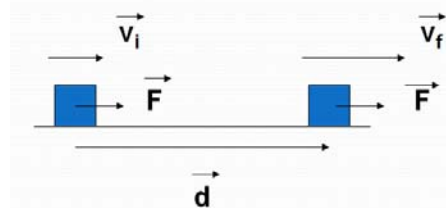


A energia que um corpo adquire quando está em movimento chama-se energia cinética. A energia cinética depende de dois fatores: da massa e da velocidade do corpo em movimento.

O teorema do trabalho-energia cinética afirma que o trabalho total  $W$  realizado por todas as forças que agem sobre um corpo é igual à variação da energia cinética do corpo. Em outras palavras, podemos dizer que

$$W = \Delta E_c$$

Figura 20 – O trabalho de uma força sobre um corpo leva a variação da velocidade



Fonte: Roberto Menezes

A energia cinética aumenta se  $W > 0$  (trabalho positivo, a componente da força que realiza trabalho esta no sentido do deslocamento do corpo); diminui se  $W < 0$  (trabalho negativo, a componente da força que realiza trabalho esta no sentido oposto ao deslocamento); e não se altera se  $W = 0$  (não tem componentes da força na direção do deslocamento).

### 3. ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

Quando um objeto é levantado, é feito um trabalho sobre ele. A energia armazenada, chamada Energia Potencial pode se converter em energia cinética se o corpo é liberado

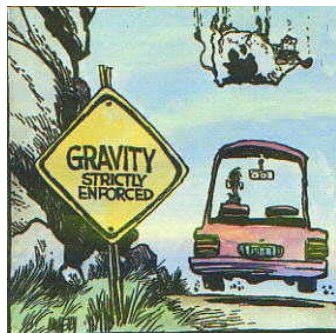
Figura 21 - O homem leva os halteres ao ombro dando energia potencial gravitacional



Fonte: Fundamentos da Física

Suponha um corpo situado a certa altura acima do solo. Em virtude da atração da Terra, se este corpo for abandonado, ele será capaz de realizar um trabalho ao chegar ao solo: poderá amassar um objeto, perfurar o solo, comprimir uma mola etc. Em outras palavras, podemos dizer que um corpo, situado em certa altura, possui energia, pois tem capacidade de realizar um trabalho ao cair. Esta energia que um corpo possui, devido à sua altura, é denominada energia potencial gravitacional.

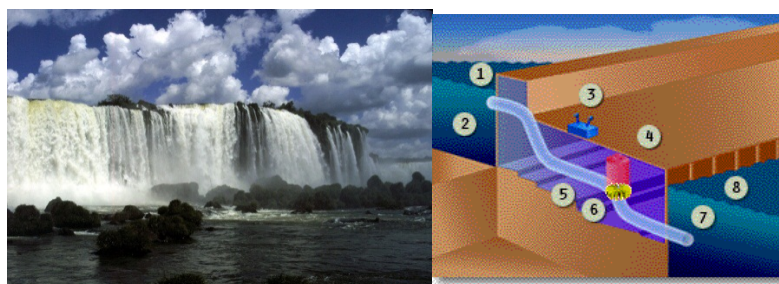
Figura 22 - A vaca quando cai perde sua energia potencial gravitacional



Fonte: Fundamentos da Física

Uma forma de aproveitamento da energia potencial gravitacional são as usinas hidrelétricas. As águas de uma grande cachoeira, por exemplo, têm energia potencial gravitacional em relação ao nível mais baixo. Durante a queda, essa energia pode ser aproveitada para realizar o trabalho de mover as turbinas de um gerador de eletricidade.

Figura 23 – Energia Potencial Transformada em Cinética



Fonte: Fundamentos da Física

O trabalho feito para elevar um objeto de massa  $m$  a uma altura  $h$  acima do solo, com velocidade constante é  $W = mgh$

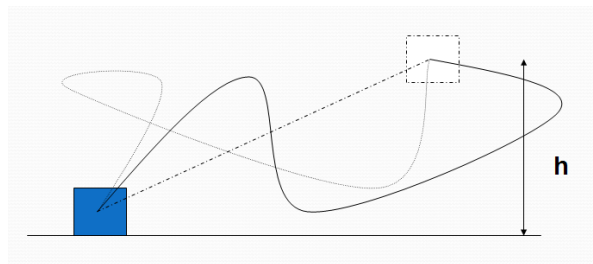
Este trabalho fica armazenado na forma de energia potencial gravitacional. Portanto

$$W = mgh$$

para o objeto como massa  $m$  a altura  $h$ . Note que quanto maior for a massa, maior é a energia potencial gravitacional.

Como a força gravitacional é conservativa, o trabalho será o mesmo qualquer que seja o caminho utilizado para elevá-lo à altura  $h$ .

Figura 24 – Possíveis movimentos



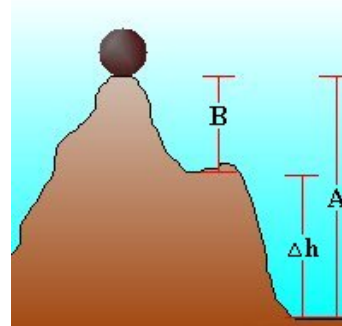
Fonte: Roberto Menezes

**:: FIQUE DE OLHO!! ::**



A energia potencial é uma energia de posição e como tal depende de um ponto de referência.

Figura 25 – Ponto de Referência



Fonte: Fundamentos da Física

Logo é importante, escolher este ponto logo no início da resolução do problema.

{Pergunta}O que acontece com o trabalho e com a energia potencial quando movemos um livro de uma estante mais baixa para uma estante mais alta?

A energia cinética aumenta se  $W > 0$  (trabalho positivo, a componente da força que realiza trabalho esta no sentido do deslocamento do corpo); diminui se  $W < 0$  (trabalho negativo, a componente da força que realiza trabalho esta no sentido oposto ao deslocamento); e não se altera se  $W = 0$  (não tem componentes da força na direção do deslocamento).

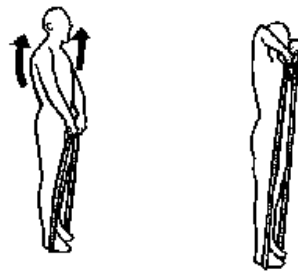
#### 4. ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA

Pegue um elástico, estique-o e fique segurando. Para mantê-lo esticado, você tem de aplicar uma força sobre ele. Mas o elástico também aplica uma força sobre você. A força com que ele puxa sua mão é chamada força elástica. A força elástica é dada por

$$F = -kx$$

onde  $k$  é chamada como constante da mola. O sinal negativo significa que a força é sempre contrária à posição.

Figura 26 – Força Elástica



Fonte: Fundamentos da Física

Os corpos que aplicam forças elásticas são chamados corpos elásticos. São aqueles que se deformam, quando sob a ação de uma força, e que voltam à forma original, quando essa força é retirada. Por exemplo, quando você solta o elástico, ele volta ao tamanho original. Molas helicoidais também são corpos elásticos.

Figura 27 – Força Elástica



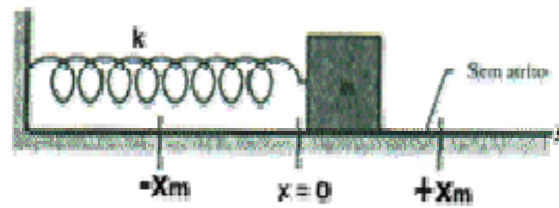
Fonte: Fundamentos da Física

A energia potencial elástica é dada por

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



Figra 28 – Sistema massa-mola



Fonte: Fundamentos da Física

## 5. ENERGIA MECÂNICA E CONSERVAÇÃO

A energia mecânica é a soma das energias cinética e potencial do sistema. Para um corpo de massa  $m$  e velocidade  $v$  a altura  $h$  do solo, estas energias são escritas como:

$$E_m = E_c + E_p$$

A energia mecânica de um sistema é conservada se não houver influência externa e apenas forças conservativas estiverem presentes (as forças não conservativas como o atrito e a resistência do ar, são desprezadas).

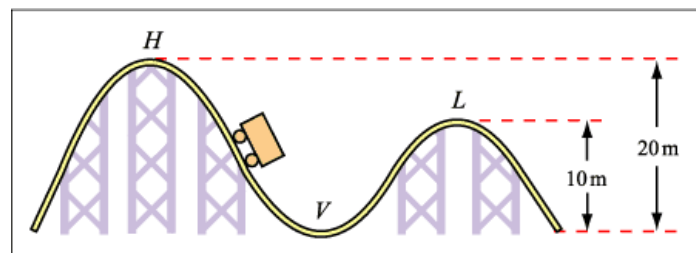
As formas de energia do sistema podem ser convertidas umas nas outras, mas a soma delas é constante. Quando o sistema é levado de um estado inicial ( $E_i$ ) para o final ( $E_f$ ), temos:

### :: PERGUNTAS?? ::



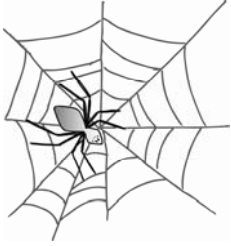
A figura mostra o trecho de uma montanha russa. Inicialmente o carrinho parte do ponto H. Desprezando efeitos de atrito, encontre sua velocidade em V e em L. Se o atrito é levado em conta, as respostas serão maiores ou menores?

Figura 29 – Montanha Russa



Fonte: Fundamentos da Física

## :: TA NA WEB!!! ::

**A energia em nossas vidas**

“ ...A energia, enquanto grandeza física, é mensurável. Contudo, não podemos medi-la de maneira absoluta, apenas relativa. Sempre estamos medindo a sua variação. O valor que recebemos na conta de energia elétrica, por exemplo, expressa a potência (em watts) gasta durante certo intervalo de tempo (hora). A potência é definida como a taxa de transformação da energia por unidade de tempo. Por sua vez, a unidade de energia definida como padrão é o joule. O termo calorias, muito comum para quantificar a energia de alimentos e para formular dietas, equivale a 4,184 joules.

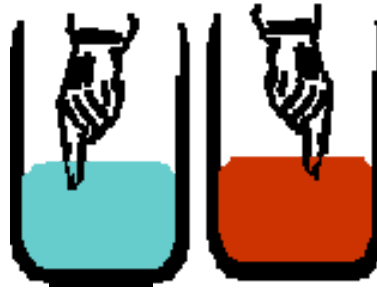
Podemos compreender a energia como algo que pode modificar a matéria e transformá-la nas mais diversas formas. Essas transformações ocorrem devido à ação das interações fundamentais da natureza, como a força gravitacional (que nos mantém presos sobre a superfície da Terra e faz com que as galáxias se movam através do espaço), a força eletromagnética (responsável pelas interações entre os átomos e moléculas, bem como pela existência da luz), a força nuclear forte (que confere estabilidade ao núcleo atômico) e a força nuclear fraca (que controla processos de decaimento radioativo)...” leia o texto completo <http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/fisica-sem-misterio/a-energia-em-nossas-vidas/?searchterm=energia>

**6. ENERGIA TÉRMICA**

Se colocarmos em contato um corpo quente e outro frio, eles, depois de algum tempo, atingem uma temperatura comum, intermediária entre suas temperaturas iniciais. Durante esse processo, ocorre uma passagem de calor do corpo mais quente para o mais frio. Que transformações o fluxo de calor provoca no interior de cada corpo? Do ponto de vista microscópico, ou seja, a nível molecular, o que é o calor?

Os átomos e as moléculas que compõem a estrutura microscópica do material estão em movimentos relacionados com a temperatura: quanto maior a temperatura maior a velocidade nos movimentos acessíveis as partículas, a energia térmica e devido a estes movimentos. Esta energia interna está associada à intensidade dos movimentos das partículas e à temperatura do corpo. Os movimentos das partículas no material dependem do estado físico da matéria, os três estados comuns da matéria são: sólido, líquido e gasoso. Nos sólidos e líquidos os movimentos das partículas estão vinculados à estrutura interna do material, ficando ligadas umas as outras dentro do material, nos gases as partículas não tem ligações entre elas (ou quase não interagem) e ficam livres dentro do recipiente onde estão confinadas.

Figura 30 – Diferença de temperatura



Fonte: Fundamentos da Física

Já vimos que a temperatura é uma medida da vibração das moléculas. Quando os dois corpos são postos em contato, dá-se o encontro, na superfície que os separa, das moléculas velozes do corpo quente com as moléculas lentas do corpo frio. Em decorrência dos choques, as moléculas rápidas perdem velocidade e as lentas ficam mais velozes.

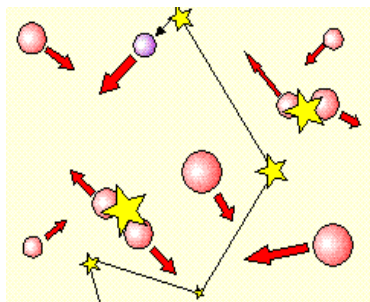
Figura 31 – Dois corpos com temperaturas diferentes



Fonte: Fundamentos da Física

Com o passar do tempo, esse processo se estende também para o interior de ambos os corpos, até que os dois diferentes tipos de molécula fiquem, em média, com a mesma energia cinética.

Figura 32 – Visão microscópica de um gás



Fonte: Fundamentos da Física

O calor é uma transferência de energia entre dois corpos que inicialmente apresentam temperaturas diferentes. A temperatura de um corpo varia quando ele recebe ou fornece calor.

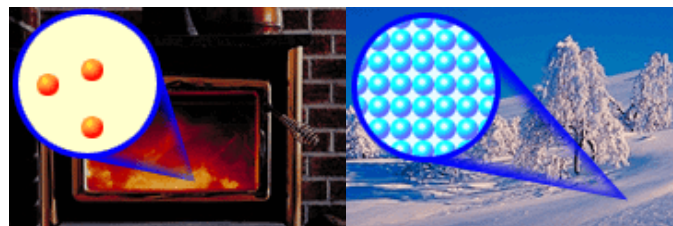
Figura 33 - A garota corrige o menino para que use a grandeza correta.



Fonte: <http://tinyurl.com/3eh4uqy>

O instrumento de medida é o termômetro. Quando se fala em temperatura, é comum associar sensações de quente ou frio: dia quente, bebida gelada, sopa quente, água fria. Porém, estas medidas são qualitativas e dependem da sensibilidade de cada um: se alguém diz que hoje está muito frio, e possível que outro diga que não, mas, por outro lado, seria mais apropriado interpretar estas sensações como trocas de calor do que com temperatura. Para que o conceito de temperatura tenha algum significado relacionado à medida de uma propriedade física de um sistema, ela não pode ficar sujeita as sensibilidades particulares, mas deve representar uma medida precisa de referencia: se a temperatura é 15 °C, cada pessoa se agasalha da forma que achar conveniente, já que a sensibilidade em trocar calor com o ambiente é particular de cada um.

Figura 34 - A temperatura está relacionada à agitação das moléculas de um corpo



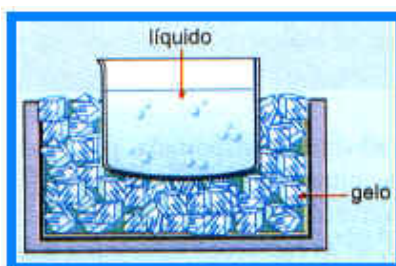
Fonte: Fundamentos da Física

## 7. CALOR SENSÍVEL

Quando dois corpos de temperaturas diferentes são colocados em contato, há uma troca de calor entre eles. A temperatura do mais quente diminui e a do outro aumenta. A quantidade de calor trocada  $Q$ , durante a variação de temperatura  $\Delta t$  de um corpo, depende de sua massa, da própria variação  $\Delta T$  e do material de que ele é constituído.

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

Figura 35 – Troca de Calor



Fonte: Fundamentos da Física

Quanto maior o calor específico do material do corpo que troca calor, menor será a variação da temperatura para determinada quantidade de calor. Quando o corpo absorve calor a temperatura aumenta,  $T_i < T_f$ , se ele cede calor a temperatura diminui,  $T_i > T_f$ . A troca de calor depende das condições de pressão e volume de como ela é processada. Para sólidos e líquidos supõem-se que o calor é transferido a pressão constante e o volume também é considerado constante (desprezam-se efeitos de dilatação térmica). Desta forma, para sólidos e líquidos o calor específico pode ser considerado constante (as variações são pequenas e podem ser desprezadas), mas, para os gases, "c" varia de acordo com os processos envolvidos nas trocas de calor, deve-se especificar o processo usado na transformação do gás (isto será visto mais adiante).

### :: HORA DE TRABALHAR!!! ::



Determine a quantidade de calor que se deve fornecer a 100 g de água para elevar a sua temperatura de 20°C até 100°C (calor específico da água  $c = 1 \text{ cal/g K} = 4190 \text{ J/kg K}$ ).

## 8. ENERGIA QUÍMICA DOS ALIMENTOS

A matéria é formada por átomos e moléculas. Átomos se combinam em moléculas por ligações químicas que dependem da estrutura eletrônica (distribuição dos elétrons) do átomo. As substâncias são formadas por ligações químicas de moléculas e átomos. Estas partículas da matéria (átomos e moléculas) se arranjam em determinadas configurações de energia que lhes são mais favoráveis, assim, pode-se fazer ligações ou quebrá-las por meio de reações químicas. As reações químicas envolvem substâncias que reagem (reagentes) e que são produzidas (produtos). Quando liberam energia são chamadas de exotérmicas e as que consomem energia são as endotérmicas.

A energia produzida pode ser luminosa, térmica ou ser convertida em elétrica. A base da produção de energia elétrica nas pilhas e baterias são as reações químicas de oxidação-redução. Dois metais condutores com afinidades diferentes em trocar elétrons com uma substância em que estão imersas sofrem as reações.

Os organismos vivos precisam de energia para viver, para manter as funções básicas em atividade e para realizar as suas tarefas. Os alimentos que consomem são as fontes de energia: proteínas, gorduras, carboidratos e açúcares são ricos em energia.

Os diferentes tipos de alimento contribuem com certa dose de energia para os metabolismos internos. A produção média de energia por grama de nutriente ingerido é:

- Açúcar e amido (carboidratos) → 4 kcal/g;
- Gordura (lipídeos) → 9 kcal/g;
- Álcool → 7 kcal/g.

Estas energias estão armazenadas nas ligações químicas das suas moléculas e são disponibilizadas pelos metabolismos que transformam energia química em biológica nas reações químicas. Os processos de conversão envolvem o consumo de oxigênio (O<sub>2</sub>): para cada litro de O<sub>2</sub> consumido produz-se em média 5 kcal de energia.

Conforme a atividade que desempenhamos, há uma quantidade de equivalente de O<sub>2</sub> consumido. O ar atmosférico é uma mistura principal dos gases nitrogênio (78%) e oxigênio (21%), os restantes (1%) são: dióxido de carbono, ozônio, hidrogênio e outros.

A respiração é um dos principais mecanismos de conversão de energia, envolve a oxidação da glicose e a síntese de moléculas de ATP (adenosina trifosfato) a partir da ligação de fosfato com as moléculas de ADP (adenosina difosfato).

Para romper ligações químicas há consumo de energia. Porém, as reações exotérmicas liberam mais energia do que consomem, o saldo de energia é liberado para o sistema; as endotérmicas consomem mais do que podem produzir, retiram energia do sistema.

As moléculas de ATP armazenam energia em suas ligações químicas, elas são ricas em energia e participam dos processos metabólicos nas células. A síntese de 1 mol de ATP consome 7,7 kcal (1 mol de moléculas = 6,023.10<sup>23</sup> moléculas):



Por outro lado, a quebra da molécula de ATP libera esta quantidade de energia:

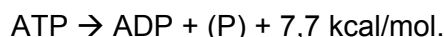
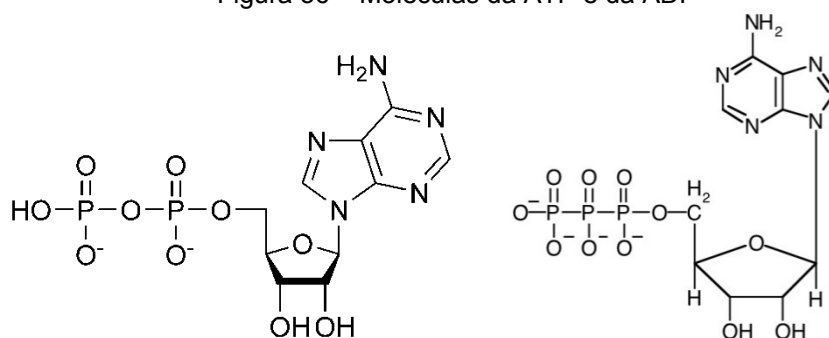


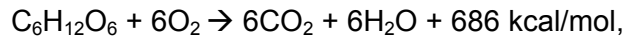
Figura 36 – Moléculas da ATP e da ADP



Fonte: <http://tinyurl.com/3wst9vb>

Nas reações que liberam energia, parte dela é consumida pelo organismo em suas atividades biológicas e parte é usada para formar moléculas de ATP, quando solicitadas, elas liberam a energia armazenada.

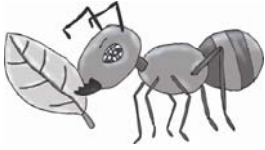
As moléculas de ATP são produzidas em reações de oxidação da glicose (açúcar), cuja função é fornecer energia. A ingestão de 1 g (um grama) de glicose pode fornecer 3,81 kcal de energia para o organismo, ou 686 kcal/mol. Na reação química de oxidação da glicose:



parte desta energia é gasta para produzir cerca de 38 moléculas de ATP envolvidas no processo e o restante é liberado para uso do organismo. Como a produção de energia envolve o consumo de oxigênio ( $\text{O}_2$ ), isto pode servir como medida de produção de energia, as reações liberam cerca de 5 kcal por litro de  $\text{O}_2$ .

Outros processos de produção de ATP são as fermentações (são anaeróbicas) e glicólise. Na fermentação láctica da glicose são produzidas 2 moléculas de ATP, com a liberação de 52 kcal/mol. Esta reação ocorre nos tecidos musculares, produzindo energia e suprindo os músculos de oxigênio.

## :: HORA DE TRABALHAR!!! ::



1 - O tempo médio de uma prova de 100 metros rasos é 10 s (o recorde mundial é de 9,69 s, conquistado pelo atleta jamaicano Usain Bolt na olimpíada de 2008). Considere que ao final da corrida, em  $x=100$  m, o tempo foi 10 s.

- Calcule a velocidade média do atleta.
- Suponha que no início da corrida o atleta percorreu 21,22 m em 3,5 s com aceleração constante.

Calcule esta aceleração. A partir dos 3,5 s, a velocidade do atleta permaneceu constante até o final da corrida.

- Escreva as equações horárias da posição e da velocidade.
- Calcule a velocidade ao final da corrida.
- Calcule a variação da energia cinética.

2 - Uma criança de 30 kg sobe num escorregador de 2 m de altura e uma rampa com 3 m de comprimento. Ela escorrega a partir do repouso no topo da rampa.

- Idealize o sistema e despreze as forças de atrito e de resistência do ar: suponha que toda energia potencial gravitacional é convertida em cinética. Calcule a velocidade da criança no final da descida (no solo).
- Para conferir as hipóteses anteriores, você mediu a velocidade da criança ao chegar ao solo e encontrou o valor de 5 m/s. Compare com o resultado anterior e verifique se as suposições se verificaram. Em caso negativo, calcule a variação de energia. Houve perda ou ganho de energia (explique)?

{Saiba mais} Todas as células vivas possuem uma elevada organização interna que é composta pela associação de substâncias orgânicas e inorgânicas. O estado de organização interna não é espontâneo nem permanente; e, por ser instável, pode reverter muito facilmente ao estado inanimado. O que mantém as características que diferem o vivo do não-vivo é uma entrada constante de energia.

Tempo, Vida e Entropia, Marcelo Gleiser,  
[http://www.fisicabrasil.hpg.ig.com.br/tempo\\_entropia.html](http://www.fisicabrasil.hpg.ig.com.br/tempo_entropia.html)



## UNIDADE 3

### Fluidos

#### 1. INTRODUÇÃO

Fluido é a forma como a matéria se apresenta quando pode fluir ou escoar, como ocorre com os líquidos e os gases. Para uma visão geral do problema, vamos discutir um pouco sobre a estrutura da matéria.

A matéria é formada por átomos, minúsculas partículas com uma estrutura interna composta por outras partículas: elétrons em volta de um pequeno núcleo. Os elétrons têm carga elétrica negativa e o núcleo tem carga elétrica positiva, a força que os mantém ligados dentro do átomo é uma força elétrica atrativa: cargas elétricas de sinais contrários se atraem. Os elétrons não têm estrutura interna, mas o núcleo é composto por prótons e nêutrons, que são outras partículas do mundo subatômico: os prótons têm carga elétrica positiva e os nêutrons são neutros. A carga elétrica total do átomo é nula, assim, o número de elétrons do átomo neutro é igual ao número de prótons no núcleo.

As massas do próton e do nêutron são aproximadamente iguais. Eles, porém, são aproximadamente 1840 vezes mais pesados do que o elétron, o que faz o núcleo conter quase toda a massa do átomo.

O número de prótons do núcleo é chamado de número atômico, sendo ele quem define as propriedades químicas dos átomos. Átomos com o mesmo número atômico são semelhantes quimicamente e fazem parte do mesmo elemento químico, são chamados de isótopos.

Moléculas são arranjos de átomos de tipos em quantidades específicas, um exemplo bem conhecido é o da molécula de água (cuja fórmula química é  $H_2O$ ). Ela é uma combinação de dois átomos de hidrogênio (H) com um de oxigênio (O), a relação de 2 para 1 vem das propriedades químicas destes átomos. Outros exemplos são: gás oxigênio ( $O_2$ ) e nitrogênio ( $N_2$ ), que predominam na composição química do ar atmosférico. Um tipo especial de gás é o da família dos gases inertes, cujo nome vem do fato de que eles não se combinam com outros átomos (nem mesmo entre eles), como o gás hélio (He) e o argônio (Ar). O arranjo molecular é feito de acordo com os átomos que participam da composição da molécula.

Os três estados físicos comuns da matéria são: sólido, líquido e gasoso.

Nos sólidos os átomos são fixados numa estrutura coesa chamada rede cristalina, nos líquidos a ligação entre as moléculas não é tão forte e nos gases as partículas estão quase livres. Os sólidos têm formas geométricas e volumes definidos; líquidos têm volumes definidos, mas se amoldam no formato dos recipientes que os contêm; os gases ocupam todo volume do recipiente, não têm volume definido nem forma, eles escapam para o ambiente se não forem confinados num vaso com tampa. Líquidos e gases podem fluir ou escoar, a matéria nestes estados é classificada como fluido.

As partículas dos gases estão livres e se acomodam no volume do recipiente, os gases são altamente compressíveis. A densidade do gás diminui com o aumento do volume do recipiente, as partículas do gás ficam mais afastadas umas das outras e diminui a pressão que exercem entre elas e sobre as paredes do recipiente.

Figura 37 – Três Estados da Matéria.



Fonte: <http://tinyurl.com/64cwgoH>

A hidrostática estuda os fluidos estáticos, como um recipiente com água em repouso; escoamentos de fluidos são tratados com a hidrodinâmica.

## 2. PRESSÃO E PRESSÃO ATMOSFÉRICA

A pressão é uma grandeza muito útil em Ciências Biológicas. Grande parte dos processos físicos que ocorrem dentro de um ser vivo depende de valores e variações dos valores de pressão.

Pressão é a relação entre a força aplicada em certa área pelo valor desta área. Podemos representar pela seguinte expressão.

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

A unidade de pressão é  $\text{N/m}^2$  ou simplesmente Pascal=Pa. Quanto maior for a força aplicada, maior será a pressão sobre a área. Quanto maior for a área, menor será a pressão. Sensações de dores sobre a pele devido a uma picada são intensas devido à pequena área em que a picada é aplicada.

Um exemplo que esclarece esta definição, juntamente com o conceito de cobrir uma superfície a partir de outras muito pequenas, é o do faquir. Quando um faquir se deita na cama de pregos, o peso do seu corpo é dividido entre as muitas pequenas áreas das pontas dos pregos (que não penetram o corpo do faquir), a pressão mede a distribuição média do peso da pessoa nestas áreas. A cama contém muitos pregos fincados numa tábua, com os pregos distribuídos muito próximos uns dos outros. Neste caso, quanto mais pregos melhor, a soma das pequenas áreas resulta na área total coberta, no limite em que o número de pregos é muito grande a superfície tende a ficar totalmente coberta, apesar disso, é a quantidade de pregos que provoca a sensação de perigo do faquir de se furar.

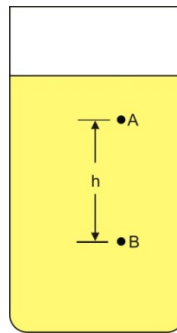
Pressão atmosférica é a pressão exercida pela atmosfera num determinado ponto. O ar é extremamente leve, porém, o seu peso faz uma força sobre certo ponto. Quanto mais alto, menos peso há sobre o ponto, logo a pressão atmosférica diminui com a altura (altitude). No nível do mar a pressão atmosférica é da ordem de 1atm que é definida como 101.325Pa.

Uma pessoa é submetida à pressão atmosférica sobre sua pele. Isso faria a força do ar esmagar o corpo, porém há uma força natural do corpo de dentro para fora que balanceia esta pressão levando ao equilíbrio. É por este motivo que os astronautas devem usar trajes especiais quando estão no espaço. A ausência de pressão atmosférica requer que estes trajes façam esta função.

### 3. PRESSÃO HIDROSTÁTICA (PRINCÍPIO DE STEVIN)

Um corpo dentro de um fluido (líquido ou gás) sofre uma pressão devido ao peso sobre ele. Este princípio é conhecido como Princípio de Stevin. Note na figura abaixo, os pontos A e B estão em profundidades diferentes. A quantidade de líquido sobre o ponto B é maior do que no ponto A, portanto a pressão em B é maior.

Figura 38 - Diferença de altura entre os pontos dentro de um fluido



Fonte: Roberto Menezes

Podemos expressar a pressão no ponto B em termos da pressão sobre o ponto A da seguinte maneira:

$$P_A = P_B + dgh$$

onde  $d$  é a densidade do líquido,  $g$  é o valor da aceleração da gravidade e  $h$  é a diferença de nível entre os pontos A e B.

A pressão em um ponto de um fluido em equilíbrio estático depende da profundidade desse ponto, mas não da dimensão horizontal ou do recipiente.

#### :: PERGUNTAS?? ::

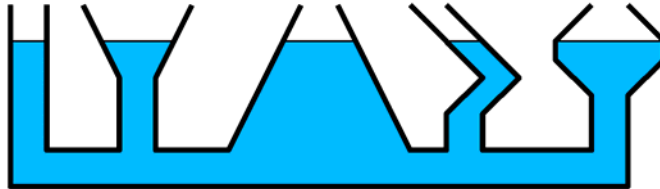


Um mergulhador novato, praticando em uma piscina, inspira ar suficiente do tanque para expandir totalmente os pulmões antes de abandonar o tanque a uma profundidade  $L$  e nadar para a superfície. Ele ignora as instruções e não exala durante a subida. Ao chegar à superfície, a diferença entre a pressão externa a que está submetido e a pressão do ar e a pressão do ar em seus pulmões é de  $9,3\text{kPa}$ . De que profundidade partiu? Que risco fatal está correndo?

#### 4. VASOS COMUNICANTES

Dizemos que dos vasos são comunicantes quando eles estão interligados. Em condição de equilíbrio, se houver neste apenas um tipo de líquido dentro destes vasos, a altura do líquido será igual em todos os pontos de todos os vasos.

Figura 39 – Exemplo de Vasos Comunicantes.

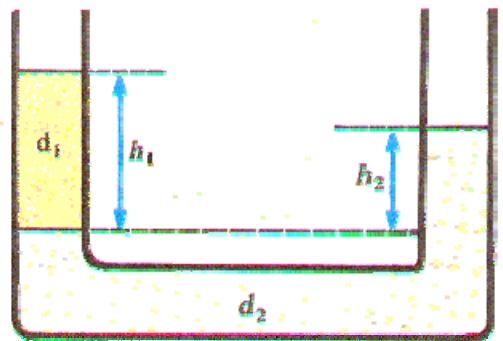


Fonte: <http://tinyurl.com/5u5bgby>

Dois líquidos que não se misturam são chamados imiscíveis. Por exemplo, água e óleo.

Quando dois líquidos imiscíveis são em um mesmo recipiente, eles se dispõem de modo que o líquido de maior densidade ocupe a parte de baixo e o de menor densidade ocupe a parte de cima. A separação entre eles é horizontal. Por exemplo, o óleo por ser menos denso fica na parte de cima. Nos vasos comunicantes, eles se distribuem de forma que as alturas das colunas líquidas sejam proporcionais às respectivas densidades. Partindo-se do princípio de que: o sistema está em equilíbrio e por ação da gravidade podemos igualar as pressões nos pontos A e B. Veja a Figura 33.

Figura 40 – Desnível entre os líquidos imiscíveis



Fonte: <http://tinyurl.com/6dw464e>

A relação entre as alturas de líquido depende simplesmente da densidade dos dois líquidos.

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

Podemos ver, portanto, que as alturas e as densidades são inversamente proporcionais. Em alguns problemas que se saber a diferença entre as alturas  $\Delta h = h_1 - h_2$ , escrevemos como

$$\frac{\Delta h}{h_2} = \frac{d_2}{d_1} - 1$$

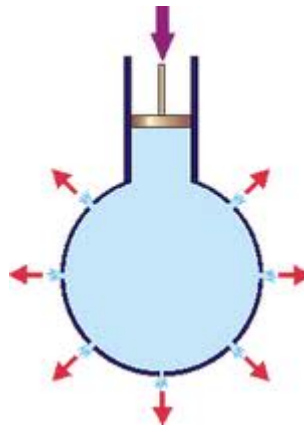
**:: FIQUE LIGADO!! ::**

Pegue um pedaço de mangueira flexível e transparente, dobre em “U”, despeje água num dos ramos e, depois, óleo de cozinha, verá uma situação semelhante a da figura. Faça a medida dos desníveis de altura dos líquidos e verifique se a relação é aproximadamente satisfeita, considere a densidade do óleo igual  $910 \text{ kg/m}^3$  e a da água igual  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

**5. O PRINCÍPIO DE PASCAL**

Ele é definido como: uma variação da pressão aplicada a um fluido incompressível contido em um recipiente é transmitida integralmente a todas as partes do fluido e às paredes do recipiente.

Figura 41 - Desnível entre os líquidos imiscíveis

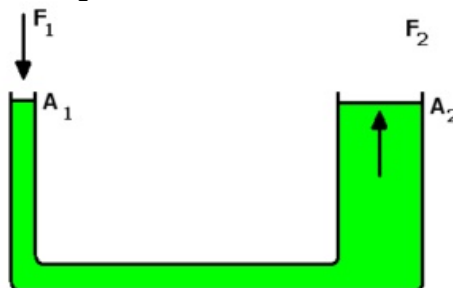


Fonte: <http://tinyurl.com/4ypwzbnk>

O princípio de Pascal pode ser visto quando apertamos uma extremidade de uma pasta de dentes para fazer a pasta sair pela outra extremidade.

Uma aplicação é a prensa hidráulica. A prensa contém um fluido incompressível confinado entre dois êmbolos deslizantes que fecham dois ramos com seções retas de áreas diferentes. Uma força externa é aplicada sobre um êmbolo e provoca a variação de pressão que é transmitida pelo fluido até o outro êmbolo.

Figura 42 - Prensa Hidráulica



Fonte: <http://tinyurl.com/3jev8j>

Note que como a pressão nos dois pontos é a mesma, a pressão transferida leva à seguinte relação:

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

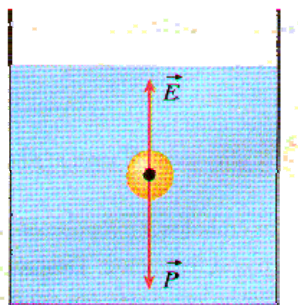
Portanto certa força aplicada ao longo de uma dada distância pode ser transformada em uma força maior aplicada ao longo de uma distância menor. Há uma grande vantagem em poder exercer uma força maior. Por exemplo, podemos levantar com pouco esforço um automóvel utilizando um macaco hidráulico. Mesmo tendo que movimentar a alavanca do macaco por uma distância muito maior que a percorrida pelo automóvel em sua elevação.

## 6. PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

Quando um corpo está total ou parcialmente submerso em um fluido uma força de empuxo exercida sobre o fluido age sobre o corpo. A força é dirigida para cima e tem intensidade igual ao peso do fluido deslocado do corpo.

Note que o sempre o corpo terá uma força para baixo, que é o peso. Se ele for maior que o empuxo, o corpo afunda, se for menor o corpo flutua. Caso contrário, ele fica inerte.

Figura 43 – Representação vetorial do peso e do empuxo



Fonte: <http://tinyurl.com/42wzovw>

Para os casos em que os corpos estão totalmente submersos, o volume dos corpos é o mesmo do líquido deslocado, portanto a comparação pode ser feita através da densidade. Se o corpo for mais denso que o fluido, ele afunda. Se o corpo for menos denso que o fluido, ele flutua. Se tiver a mesma densidade do fluido, ele fica em equilíbrio.

Para corpos que estão parcialmente submersos, há o equilíbrio de forças, portanto o empuxo e o peso devem ter as mesmas intensidades. A diferença para o caso dos corpos submersos é que aqui o volume do corpo é sempre maior do que líquido deslocado. Portanto, a densidade do corpo é sempre menor do que do fluido. A relação entre o volume imerso e o volume total do corpo é dado por

$$\frac{d_F}{d_C} = \frac{V_I}{V_T}$$

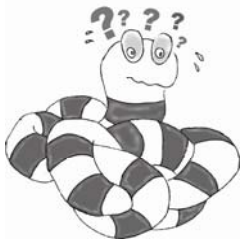
onde  $d_F$  é a densidade do fluido e  $d_C$  é a densidade do corpo.

Figura 44 – Noventa por cento do iceberg está submerso



Fonte: <http://tinyurl.com/4yoh89g>

**:: PERGUNTAS?? ::**



Explique as afirmativas do rapaz na ilustração abaixo. Qual o motivo de a pedra “ficar pesada” quando sai de dentro da água?]

Figura 45 – A importância do empuxo



Fonte: <http://tinyurl.com/3dv9om9>

Alguns peixes podem controlar o volume, se expandem ou comprimem, usando as bexigas natatórias. Este controle serve para alterar a sua densidade de massa, o que lhe permite fazer movimentos dentro da água, sem usar as nadadeiras. Se ele aumenta o seu volume, mais água é deslocada e aumenta o empuxo, do contrário, o empuxo diminui. Com isso, ele pode encontrar uma configuração que o deixa em equilíbrio, que ocorre quando  $E=P$ , ou, ele iguala a sua densidade de massa com a da água.

Da mesma forma, o empuxo do ar é responsável pelo movimento ascendente dos balões inflados com ar quente. Ao inflar o balão com ar quente (ou um gás menos denso do que o ar), o volume do ar deslocado é aproximadamente igual ao do balão. Se o peso do conjunto balão inflado mais o que ele carrega for menor do que o empuxo do ar, o balão sobe.

## :: FIQUE LIGADO!! ::



Figura 46 – A descoberta de Arquimedes



Fonte: <http://tinyurl.com/6h2gvpe>

Diz a lenda que o rei Hiero mandou um ourives fazer uma coroa com determinada quantidade de ouro puro, mas, depois que a coroa ficou pronta, o rei desconfiou que o ourives o tivesse enganado. O rei achou que parte do ouro havia sido substituída por prata, apesar de o ourives ter tomado cuidado de fazer a coroa com o mesmo peso daquele do ouro recebido. Para solucionar o problema, o rei deixou a tarefa a cargo de Arquimedes. Ele deveria solucionar o problema sem destruir a coroa.

A descoberta da solução teria ocorrido quando Arquimedes se banhava imerso num tanque com água. Ele percebeu que enquanto entrava no tanque, determinada quantidade de água era derramada. Arquimedes então associou a observação com o problema do rei e saiu gritando “eureka” (descobri).

Para verificar, pegou uma quantidade de ouro com peso igual àquela que o rei havia dado ao ourives, mergulhou o ouro em um recipiente cheio de água e mediu o volume da água derramada, a seguir, repetiu o processo com a coroa e com uma quantidade de prata de peso igual, de onde observou que a quantidade de água derramada pela coroa era intermediária a do ouro e da prata, sendo a da prata maior, o que constatava a desconfiança do rei.

Se o fato ocorreu ou não, faz parte das histórias para enaltecer a genialidade do pensador e mostrar a solução para o problema do rei naquela ocasião.

As relações entre as quantidades de material e o volume da água derramada comparam as medidas da densidade do ouro e da prata: a prata é menos densa do que o ouro, massas iguais de ouro e de prata têm volumes diferentes, o da prata é maior, por isso a coroa, que tinha prata misturada, derramou mais água do que a mesma massa de ouro, e menos do que a prata. Porém, há de se levar em conta que se a quantidade de ouro subtraída foi pequena, poderia ser difícil determinar as variações de volume (nas condições de precisão das medidas na época) das amostras submersas em água.

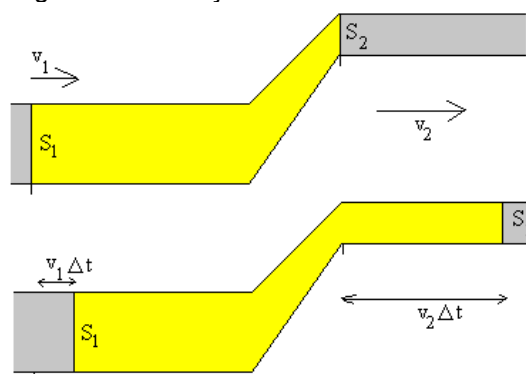


## 7. FLUIDOS IDEIAIS EM MOVIMENTO

Um fluido ideal é aquele que satisfaz quatro requisitos: i) escoamento linear; ii) escoamento incompressível; iii) escoamento não-viscoso; escoamento irrotacional. O fluido ideal é distribuído em camadas que se superpõem e podem escoar livremente umas sobre outras. O escoamento é laminar sem atrito. A velocidade de escoamento do fluido em qualquer ponto de uma seção reta do tubo de escoamento é a mesma e não muda com o tempo. Não há viscosidade. O fluido é incompressível, a densidade  $\mu$  é constante. O escoamento é irrotacional.

É possível aumentar a velocidade da água que sai da mangueira com o polegar. Isso mostra que um fluxo de água tem que passar mais rápido por áreas mais estreitas. Podemos expressar isso em termos de uma equação de continuidade.

Figura 47 – Relação entre área e velocidade



Fonte: <http://tinyurl.com/3omhwzr>

Na figura acima veja que o movimento de volume dentro do tubo leva a uma aceleração do fluido em regiões mais apertadas, logo escrevemos

$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

## 8. PULMÕES

A produção de energia no organismo ocorre com o consumo de oxigênio, assim como se faz nas reações químicas de oxidação da glicose. O oxigênio que abastece o sangue é obtido por difusão nos pulmões, onde a concentração de  $O_2$  é alta e a de  $CO_2$  é baixa, neste órgão há a troca de  $CO_2$  por  $O_2$ : o sangue venoso vai para os pulmões pelas artérias pulmonares, se enriquece de  $O_2$  e volta para o coração pelas veias pulmonares, do coração ele é bombeado para o corpo saindo pela aorta.

O ar inalado é conduzido pela traqueia até os pulmões, onde são abastecidas as cavidades chamadas alvéolos. Existem cerca de 300 milhões de alvéolos nos pulmões, são cavidades esféricas, com diâmetro entre 0,1 e 0,3 mm, posicionadas nos terminais dos bronquíolos: tubos estreitos de condução de ar até os alvéolos.

Os alvéolos são encobertos por tubos capilares que conduzem sangue. As paredes destes tubos são finas e em contato com os alvéolos, o que permite a troca de moléculas de  $O_2$  e

CO<sub>2</sub> por difusão no sangue. O ar que chega aos pulmões infla os alvéolos, como se fossem bolhas de ar na água, para tanto, a pressão interna nos alvéolos deve ser maior do que a do meio onde estão imersos. A conexão entre o raio do alvéolo e a diferença de pressão (interna e externa) que o mantém cheio de ar é (lei de Laplace):

$$\Delta p = \frac{2\gamma}{r}$$

onde  $r$  é o raio e  $\gamma$  é a tensão superficial. Esta expressão mostra que se a tensão superficial se mantiver constante durante a respiração, os alvéolos maiores seriam preferidos para receber ar, precisariam de pressão menor para ser inflados: dobrando o tamanho do raio a diferença de pressão cai pela metade. Os alvéolos pequenos poderiam não se encher de ar.

Na inalação, o ar entra e a pressão interna (760 mmHg) no alvéolo torna-se maior do que a pressão pleural externa  $p_e$  (758 a 759 mmHg), que diminui com o movimento do diafragma. O aumento do volume da caixa torácica diminui a sua pressão interna, os pulmões ficam expostos à pressão atmosférica e o ar entra, o oposto ocorre na exalação. O volume de ar que entra depende do raio da expansão do alvéolo, que é regulado pela tensão superficial: se a membrana dos alvéolos for dura, eles podem não se encher de ar, mas se for muito suave ela pode se romper.

Para resolver este problema, os alvéolos são revestidos por um fluido chamado surfactante, feito de uma mistura de lipídeos e proteínas, que reveste a membrana alveolar e regula a tensão superficial. O controle é feito de forma que a tensão superficial alveolar seja adaptada para possibilitar que os alvéolos inflam (ou murchem) com baixa diferença de pressão. As medidas indicam que o surfactante atua como um facilitador da respiração, uma pequena diferença de pressão (~1 mmHg) possibilita o enchimento dos alvéolos com ar.

## UNIDADE 4 Eletricidade

### 1. INTRODUÇÃO

Átomos são partículas formadas por um núcleo e elétrons. Dentro do núcleo atômico, além de outras partículas, estão os prótons e os nêutrons. Costuma-se usar os símbolos “Z” para representar o número de prótons (ou número atômico), “N” para o de nêutrons e “A” ( $A=Z+N$ ) para o número de massa, que indica o número total de prótons e nêutrons do núcleo atômico.

Os elementos químicos são classificados segundo o número atômico. Átomos com números atômicos iguais são chamados de isótopos, eles pertencem ao mesmo elemento químico. Alguns exemplos: hidrogênio,  $Z=1$ ; hélio,  $Z=2$ ; carbono,  $Z=6$ ; nitrogênio,  $Z=7$ ; oxigênio,  $Z=8$  e urânio,  $Z=92$ . Os elementos químicos são representados por símbolos químicos: “H” para o hidrogênio; “He” o hélio; “C” o carbono; “N” o nitrogênio; “O” o oxigênio e “U” o urânio.

Toda a estrutura dos elementos químicos, organizada por suas propriedades, pode ser encontrada na tabela periódica

Figura 48 – A tabela periódica

The image shows a standard periodic table of elements. The main table is color-coded by groups: Group 1A (blue), Group 2A (light blue), Groups 3A-8A (various colors including green, yellow, orange, and red). Below the main table are two rows of elements: the Lanthanide series (Série dos Lantanídeos) and the Actinide series (Série dos Actinídeos), both in red boxes.

Fonte: <http://tinyurl.com/5vmasgv>

O elétron é uma partícula fundamental da natureza (não tem estrutura interna); a sua quantidade de carga elétrica define a unidade elementar de carga elétrica, que se representa com o símbolo “e”.

Existem dois tipos de carga elétrica: positiva e negativa. A carga do elétron é negativa, igual a “ $-1e$ ”. O próton tem a mesma quantidade de carga elétrica do elétron, mas é positiva: “ $+1e$ ”. O nêutron não tem carga elétrica. Desta forma, a carga elétrica do núcleo é dada pelo total de prótons, e a do átomo é a soma das cargas dos prótons com a dos elétrons.

Um átomo eletricamente neutro tem quantidades iguais de prótons e elétrons, exemplos: um átomo neutro de hidrogênio ( $Z=1$ ) tem 1 elétron; o nitrogênio ( $Z=7$ ), 7 elétrons; o oxigênio ( $Z=8$ ), 8 elétrons.

Íons são átomos com desequilíbrios nas quantidades de prótons e elétrons: íons negativos têm excesso de elétrons, íons positivos tem falta de elétrons. De forma semelhante, também se tem íons moleculares.

Moléculas são arranjos específicos de quantidades e tipos de átomos, como a molécula de água ( $H_2O$ ), cloreto de sódio ( $NaCl$ ) e gás oxigênio ( $O_2$ ). Um objeto está positivamente carregado quando há falta de elétrons no seu material (retiram-se elétrons dele), do contrario, quando a carga é negativa, há excesso de elétrons (inserem-se elétrons nele). Um procedimento simples de eletrização e por fricção entre dois materiais, há transferência de elétrons de um material para o outro: um recebe elétrons (fica negativo) e o outro cede (fica positivo). Nestes processos, os elétrons participantes das transferências de cargas são os elétrons da periferia dos átomos, os elétrons de valência.

As ligações químicas dos átomos nas moléculas, ou dentro das substancias, são de natureza elétrica.

Conforme os tipos de átomos que se ligam ha um tipo de ligação química entre eles. Na molécula de água a ligação é do tipo covalente: os elétrons são compartilhados entre os átomos participantes. A ligação no cloreto de sódio ( $NaCl$ ) é a iônica, formam-se íons positivo e negativo que se atraem: o sódio ( $Na$ ) doa um elétron ao cloro ( $Cl$ ), transformam-se nos íons  $Na^+$  e  $Cl^-$ . Nos sólidos metálicos, como o cobre, íons positivos se prendem numa rede, chamada rede cristalina, eles ficam imersos num mar de elétrons (chamados elétrons livres).

Quanto às propriedades elétricas, os materiais se apresentam como condutores ou não condutores. Os condutores, como os fios de cobre, tem cargas livres para se moverem ao longo do material; nos materiais não condutores (também chamados de isolantes), como o plástico, as cargas não são livres para se moverem pelo material. As ligações dos aparelhos elétricos nas fontes de energia elétrica são feitas com fios de cobre revestidos com plástico. O cobre conecta o aparelho a rede de energia e a capa plástica isola os fios e nos protege de um eventual choque elétrico.

A eletricidade estuda os fenômenos elétricos em conjunto com o magnetismo que estuda os fenômenos magnéticos.

## 2. CARGAS ELÉTRICAS

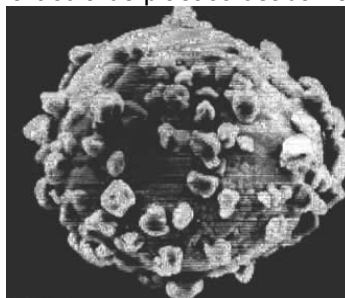
Os corpos eletricamente carregados interagem exercendo forças uns sobre os outros. Corpos com cargas de mesmo sinal se repelem enquanto corpos com cargas de sinais contrários se atraem.

## :: SAIBA MAIS... ::



O toner às vezes é chamado de tinta seca, mas o toner na verdade não é tinta. Tinta é um pigmento líquido. O toner é um pó fino com carga negativa e à base de plástico. A cor preta do toner vem de pigmentos misturados às partículas de plástico durante a sua fabricação.

Figura 49 - Partícula de plástico usada nas copiadoras



Fonte: <http://tinyurl.com/6dsqaws>

Na copiadora, o toner fica preso em esferas maiores, com carga positiva, e armazenado dentro de um cartucho. Quando as esferas cobertas de toner rolam sobre o cilindro, as partículas de toner acham os íons, com carga positiva nas áreas que não foram expostas na superfície do cilindro, mais atraentes do que a esfera com carga mais fraca. Em seguida, as mesmas partículas são ainda mais atraídas pelo papel com carga estática. O plástico no toner evita que ele se solte do papel; para isto, basta aplicar calor ao toner e as partículas derretem e fundem o pigmento ao papel. Fonte: <http://informatica.hsw.uol.com.br/copiadoras5.htm>

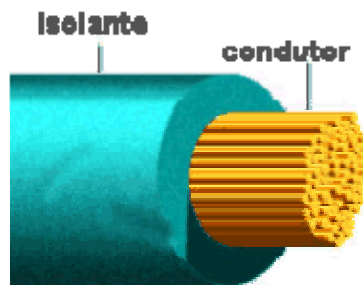
A unidade da carga elétrica é Coulomb. Ela é definida de modo que um elétron tenha carga negativa de módulo

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

Condutores são materiais nos quais as cargas elétricas se movem com facilidade, como os metais, o corpo humano e a água da torneira. Por outro lado, não condutores, também conhecidos como isolantes, são materiais nos quais as cargas não podem se mover, como os plásticos, a borracha, a madeira e a água destilada. Os semicondutores são materiais com características intermediárias entre os condutores e os isolantes, materiais bem conhecidos são silício e o germânio. Os supercondutores são condutores perfeitos nos quais as cargas se movem sem encontrar nenhuma resistência.

Uma coisa que é importante lembrar é que a carga elétrica é conservada. Isto é, se um corpo perde carga, esse valor obrigatoriamente vai para outro corpo.

Figura 50 – O fio elétrico é um conjunto de um condutor revestido por um isolante



Fonte: <http://tinyurl.com/6hnefff>

**:: FIQUE POR DENTRO!! ::**



Você sabia que os termos “positiva” e “negativa” para os dois tipos de carga foram escolhidos arbitrariamente por Benjamin Franklin.

{PROBLEMA} Quantos elétrons é preciso remover de uma moeda para deixá-la com uma carga de  $+1,0 \times 10^{-7} \text{C}$  ?

**3. LEI DE COULOMB**

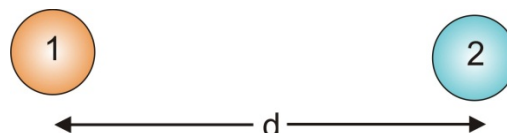
A força de repulsão ou atração entre duas cargas é dada pela lei de Coulomb cujo o módulo é dado por

$$F = k \frac{(q_1)(q_2)}{d^2}$$

onde r é a distância entre as cargas e  $q_1$  e  $q_2$  são os valores das cargas elétricas. A constante de proporcionalidade é

$$k = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2}$$

Figura 51 – Duas cargas elétricas a uma distância d.

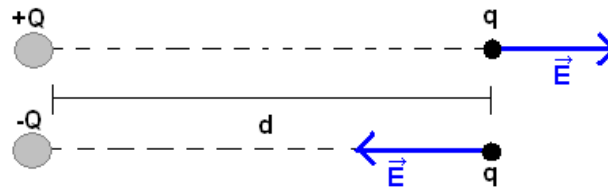


Fonte: Roberto Menezes

**4. CAMPO ELÉTRICO**

Campo elétrico é uma grandeza física vetorial provocada pela ação de uma ou mais cargas elétricas. Outras cargas elétricas sentem este campo proporcionalmente à sua carga elétrica.

Figura 52 – Campos Elétricos gerados por cargas positiva e negativa.



Fonte: <http://tinyurl.com/639ftqn>

Uma carga elétrica gera um campo elétrico radial cujo módulo depende da distância até ela.

$$E = \frac{kQ}{d^2}$$

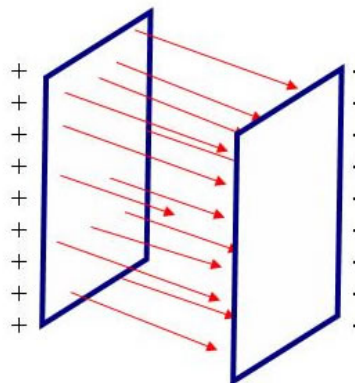
A unidade de campo elétrico é N/C. Uma partícula carregada experimenta uma força elétrica quando sujeita a um campo elétrico, cujo módulo é:

$$F = qE$$

Se a carga é positiva, a força é no sentido do campo; se negativa, a força é no sentido oposto ao do campo. Esta representação se equivale àquela discutida antes para a força de Coulomb. O campo elétrico de um sistema com várias partículas carregadas é o campo resultante da soma vetorial dos campos elétricos das cargas individuais, o que é chamado de superposição dos campos. Em particular, se eletrizamos uniformemente um plano extenso de cargas, o campo elétrico em pontos próximos ao plano é uniforme (o módulo é constante e as linhas de campo são perpendiculares ao plano). O plano de cargas pode ser uma folha de papel eletrizada.

Um campo elétrico uniforme é aquele que é definido como uma região em que todos os pontos possuem o mesmo vetor campo elétrico em módulo, direção e sentido. Sendo assim, as linhas de força são paralelas e equidistantes. Para produzir um campo com essas características, utiliza-se duas placas planas e paralelas eletrizadas com cargas de mesmo módulo e sinais opostos. Um capacitor de placas paralelas cria no seu interior, campos elétricos uniformes.

Figura 53 – Placas paralelas de cargas opostas formando campo elétrico uniforme



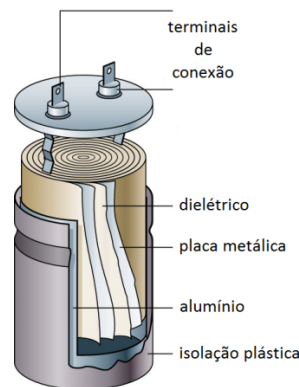
Fonte: <http://tinyurl.com/3lyuqbj>

## :: SAIBA MAIS... ::



Capacitor é um dispositivo elétrico formado por placas que armazenam cargas e energia elétrica. Existem diferentes formatos de capacitor, o de placas paralelas e um deles. Estes dispositivos estão presentes nos circuitos elétricos dos aparelhos. O fornecimento da energia que armazenam pode vir da rede elétrica, das baterias ou pilhas que alimentam os aparelhos. Um exemplo comum da aplicação do capacitor é no sistema da luz do flash nas câmeras fotográficas. O capacitor armazena energia elétrica quando as suas placas são carregadas, quando o flash é acionado, o capacitor se descarrega sobre a lâmpada, que acende e apaga num brilho instantâneo (flash). Sistemas de capacitores também são usados nos desfibriladores, aparelhos que dão estímulos elétricos para combater a fibrilação do coração, contrações desordenadas das fibras musculares do coração. O uso de capacitores nestes sistemas é conveniente porque eles armazenam quantidades programadas de energia e controlam o tempo de exposição da descarga.

Figura 54 – Exemplo de capacitor



Fonte: <http://tinyurl.com/3ems84w>

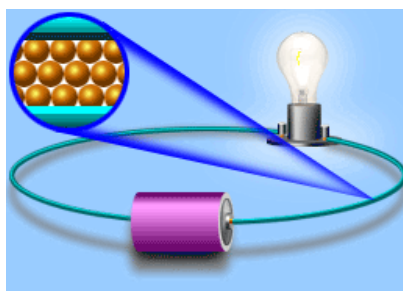
## 5. CORRENTE ELÉTRICA E CIRCUITOS ELÉTRICOS

Corrente elétrica é movimento líquido de cargas por um condutor elétrico. A unidade de corrente elétrica é dada por Ampère. A corrente elétrica pode ser vista como a variação da carga com o tempo

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



Figura 55 – Corrente Elétrica



Fonte: <http://tinyurl.com/65upsvz>

Um circuito elétrico é um arranjo de dispositivos elétricos ligados por fios condutores a uma fonte de energia elétrica. A corrente elétrica que passa pelo circuito é um movimento dirigido de cargas elétricas provocado pela diferença de potencial aplicada pelo dispositivo de força eletromotriz que alimenta o circuito com energia elétrica.

Desta forma, para que as cargas elétricas fluam no circuito, não pode haver nenhuma interrupção no caminho que elas seguem, é desta forma que os interruptores funcionam, eles fecham ou abrem o circuito para ligar ou desligar os aparelhos. A corrente elétrica é uma medida da taxa de variação de carga elétrica no tempo, a sua unidade de medida é o ampere “A”, definido como:  $1\text{ A} = 1\text{ C/s}$ . O sentido da corrente elétrica é tomado, por convenção, como o do movimento das cargas positivas: elas se deslocam do terminal positivo para o negativo da bateria. Apesar desta convenção, as cargas que se movem dentro do fio de cobre são os elétrons, eles são as cargas que estão livres na região de condução elétrica do material.

Os materiais apresentam resistência elétrica quanto à passagem de corrente elétrica ( $i$ ) e voltagem ( $V$ ). A resistência  $R$  é definida como

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

A unidade de resistência elétrica é Ohm ( $\Omega$ ). Esta lei é conhecida como lei de Ohm.

Figura 56 - Quadrinho



Fonte: <http://tinyurl.com/66ujahn>

A resistência elétrica dissipa energia na forma de energia térmica, ela se aquece com a passagem da corrente elétrica. Este aquecimento é usado nos chuveiros elétricos para aquecer água, um fio enrolado fica imerso na água do reservatório do chuveiro, quando passa a corrente elétrica, ela se aquece, e conseqüentemente aquece a água.

Figura 57 - Lâmpada Incandescente.



Fonte: <http://tinyurl.com/6azaq9x>

A lâmpada incandescente também usa esse recurso de aquecimento de um filamento de tungstênio que chega à temperatura em torno de 2500°C quando a lâmpada está acesa. Assim, o fio se incandesce e emite luz visível.

O efeito resultante da energia dissipada por aquecimento é conhecido como efeito Joule. A quantidade de energia perdida com o tempo, também chamada de potência média é dada por

$$P = R \cdot i^2$$

Lembramos que a unidade de potência é W (Watt).

Para ilustrar esta discussão, observe o exemplo: a potência média de um chuveiro comum é 4400 W, um banho quente com duração de 20 minutos consome 1,47 kWh de energia. Considerando que o preço de 1 kWh é cerca de R\$0,40, o custo desse banho gira em torno de R\$ 0,59. A fatura mensal de energia elétrica contabiliza o consumo de energia elétrica de todos os aparelhos ligados no período (acrescidos dos impostos).

Um fenômeno elétrico indesejável, mas muito comum, é o efeito do choque elétrico. O nosso corpo é um meio condutor de eletricidade, assim, se oferecemos um caminho alternativo para a corrente elétrica, encostando a um fio ou partes desprotegidas de aparelhos ligados na eletricidade, ela atravessa o nosso corpo. Os seus efeitos dependem da região do corpo que atravessa e da voltagem aplicada. De forma aproximada, correntes acima de 10 mA podem ser fatais. Deve-se tomar as devidas precauções ao lidar com aparelhos ou instalações elétricas, antes de tudo deve-se certificar que o fornecimento de energia está desligado, além de usar luvas e calçados de borracha (que são feitos de materiais isolantes). Dentro das residências, a distribuição de energia elétrica, do quadro geral para os compartimentos, é controlada por disjuntores. Este dispositivo funciona como uma chave automática liga/desliga: o fornecimento de energia elétrica é mantido enquanto a corrente elétrica através do disjuntor não exceder o limite que ele controla (observe que no botão do disjuntor tem um número que indica a corrente elétrica máxima em ampères), caso contrário, ele se desliga automaticamente, evitando acidentes ou danos aos aparelhos.

**:: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::**

1) A potência média de um chuveiro comum é 4400 W. Determine o gasto médio mensal, considerando banhos diários com duração de 20 minutos a um custo de R\$ 0,40 por 1 kWh consumido.

2) Se uma lâmpada incandescente de 100 W fica acesa durante 8 horas por dia, quanta energia ela consome num mês? Quanto custa (em reais) esta operação? Considere o preço da energia elétrica do problema anterior.

**6. BATERIAS, PEIXE ELÉTRICO**

As baterias são dispositivos de força eletromotriz (fem) que apesar do termo “força” em seu nome, aplica uma diferença de potencial ao circuito onde são ligadas. A fem é definida como o trabalho por unidade de carga que circula pela bateria, o que é necessário para elevar o potencial elétrico das cargas dentro dela, indo do terminal negativo para o positivo.

A aplicação da fem ao circuito mantém uma diferença de potencial elétrico entre os terminais positivo e negativo da bateria, dirigindo a corrente elétrica pelo circuito no sentido do terminal positivo para o negativo. Nas baterias comuns e nas pilhas, a produção da energia elétrica é feita por meio da conversão interna de energia química, quando ocorrem reações químicas que liberam energia.

Figura 58 - A enguia é um peixe-elétrico.



Fonte: <http://tinyurl.com/4x92b2j>

O peixe elétrico tem várias baterias biológicas, chamadas eletroplacas, ao longo do seu corpo. A polarização das eletroplacas é feita pelo sistema nervoso do peixe, equivalentes a pequenas baterias com resistência elétrica. O peixe elétrico poraquê (natural da região amazônica) tem 140 fileiras de eletroplacas, cada uma contendo 5000 eletroplacas (equivalente a um dispositivo de fem com 0,15 V e resistência elétrica de  $0,25 \Omega$ ). O sistema todo de eletroplacas deste peixe elétrico equivale a uma grande bateria com 750 V de fem e uma pequena resistência elétrica de  $9 \Omega$ . O peixe elétrico usa este recurso para apanhar as suas presas e como arma de defesa quando se encontra em perigo. Outro peixe que se move nas proximidades do elétrico pode ser eletrocutado. O peixe elétrico atua como uma bateria de alta voltagem ligada à

resistência elétrica do corpo do outro peixe. No caso da aproximação de uma pessoa, cuja resistência elétrica é em torno de  $1000\ \Omega$ , se o peixe elétrico e o corpo da pessoa formarem um circuito com a voltagem máxima, a corrente elétrica pelo corpo da pessoa pode chegar aos 750 mA. A descarga elétrica do peixe é rápida e ocorre em pulso de duração de alguns mili segundos. As características do pulso elétrico, como a voltagem, tempo de duração e a sequência da quantidade de pulsos elétricos dependem do tipo de peixe.

## 7. SISTEMA NERVOSO

As nossas atividades e as funções do organismo são comandadas pelo sistema nervoso, que pode ser dividido em dois blocos principais: o central, que é composto pelo cérebro e a medula espinhal, e o periférico, que conecta o sistema central aos órgãos sensoriais e as outras partes do corpo. O sistema sensorial envolve os cinco sentidos, ele coleta as informações do meio exterior e repassa para as fibras nervosas do sistema periférico. O caminho das informações é feito em duas vias, de forma que as nossas percepções do mundo exterior e as informações vão para o sistema central e as respostas aos estímulos vêm em sentido contrário, a partir do sistema central. Em particular, vamos analisar como as células nervosas transmitem informações conectando as partes do sistema nervoso.

O sistema central consiste do cérebro e da medula espinhal: os impulsos nervosos são conduzidos por feixes de nervos, que passam pela medula e se estendem até o cérebro. O sistema nervoso periférico faz a ligação do sistema central com os músculos e glândulas. Classificação dos neurônios:

- Sensoriais: repassam as informações colhidas pelos órgãos sensoriais para o sistema nervoso central.

- Motores: mandam as informações do sistema nervoso central para os músculos (tecidos responsáveis por movimentos de contração e relaxação como os músculos cardíacos, ou de flexão e extensão como aqueles que flexionam e estendem as partes do corpo) e glândulas (células que segregam ou excretam substâncias químicas, como as glândulas endócrinas, salivares e sebáceas).

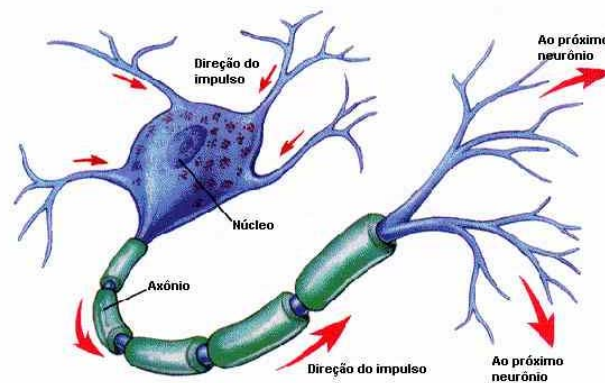
- Interneurônios (ou neurônios associativos): fazem a comunicação entre os neurônios sensoriais e motores na medula espinhal.

Neurônios são células nervosas cuja função básica é transmitir estímulos nervosos para o (ou a partir do) cérebro. A estrutura básica destas células é composta por dendritos, núcleo celular, corpo celular, axônio e os terminais do axônio. As conexões entre neurônios são feitas por sinapses, que consistem em junções que ligam o axônio da célula que transmite o estímulo aos dendritos do neurônio receptor.

A transmissão do estímulo nervoso de um neurônio a outro é feita em duas partes: uma de natureza elétrica, que se propaga ao longo de uma das células e outra química, que faz a comunicação entre as células. O sinal elétrico se propaga pelo axônio, por meio de sucessivas despolarizações da membrana celular, alterando a concentração de íons dentro e fora da célula. O sinal elétrico altera as propriedades químicas da membrana celular controlando a sua

permeabilidade, abrindo e fechando os canais dos íons que se difundem por ela. O impulso nervoso segue pelo axônio até alcançar os terminais nervosos nas sinapses, de onde as células pré-sinápticas são estimuladas e liberam os neurotransmissores que estão armazenados nas vesículas sinápticas. Estas substâncias químicas atravessam a fenda sináptica e são recolhidas por receptores específicos nos dendritos do neurônio seguinte. Estas substâncias reagem quimicamente e estimulam a célula receptora alterando localmente o seu potencial de membrana. Se o potencial tiver um valor acima do limiar de excitação da célula o sinal se propaga, caso contrário, ele amortece e nenhum sinal é transmitido. Quando o estímulo nervoso se propaga, ele é chamado de potencial de ação.

Figura 59 - Diagrama de um neurônio



Fonte: <http://tinyurl.com/6hfmd7v>

Existem cerca de dez bilhões destas células no corpo humano, com vários formatos e tamanhos, ligando tecidos musculares e glândulas ao sistema nervoso. A velocidade de propagação do potencial de ação é cerca de 100 m/s e os seus pulsos elétricos tem duração aproximada de 2 ms. O axônio funciona como um fio condutor de eletricidade que transmite um impulso elétrico, ele é revestido por uma camada de gordura (chamada mielina) que tem as funções de isolá-lo eletricamente do meio onde está imerso e fazer o estímulo nervoso se propagar mais rápido.

## UNIDADE 5

### ÓTICA

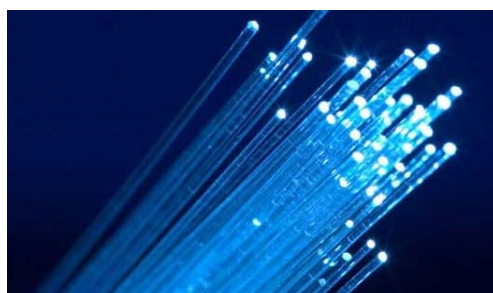
#### 1. INTRODUÇÃO

Nesta unidade vamos estudar a **ótica**. A ótica é o ramo da física que estuda os fenômenos da luz e pode ser dividida em dois ramos: física e geométrica.

A ótica geométrica trata a luz como raios que se propagam em linha reta. Estes raios sofrem desvios quando passam de um meio material para outro, provocados pelos fenômenos da refração e reflexão.

A ótica física, também conhecida como ótica ondulatória, estuda outros fenômenos da luz, como a difração e os espectros de frequência e energia. Nesta área a luz é tratada como onda eletromagnética (ou radiação eletromagnética) que se propaga pelo espaço.

Figura 59 – Fibra ótica



Fonte: <http://globpt.com/wp-content/uploads/2009/05/fibra-optica.jpg>

A luz de um objeto pode advir por emissão ou reflexão. Na emissão, o objeto é uma fonte de luz, como o sol ou a lâmpada acesa, ou seja, o próprio objeto produz a luz que emite. Na reflexão, o objeto que se vê reflete a luz proveniente de uma fonte luminosa (como a lâmpada): a luz que incide sobre o objeto, tem uma parte refletida (que vem para os nossos olhos e nos dá a sensação de ver o seu formato e sua cor), e outra parte que é absorvida pelo objeto (na forma de energia térmica).

#### 2. ONDAS

Ondas são oscilações periódicas que caminham pelo espaço e podem ser de natureza mecânica ou eletromagnética.

Ondas mecânicas precisam de um meio material de propagação, como as ondas transmitidas por uma corda ou as ondas sonoras. Ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material, são transmitidas até mesmo através do vácuo (espaço vazio). Nas ondas mecânicas o meio material é perturbado com a chegada das oscilações da onda, as partículas do

meio ficam em movimentos oscilatórios à medida que a onda se propaga. No caso das eletromagnéticas são oscilações elétricas e magnéticas que se propagam pelo espaço.

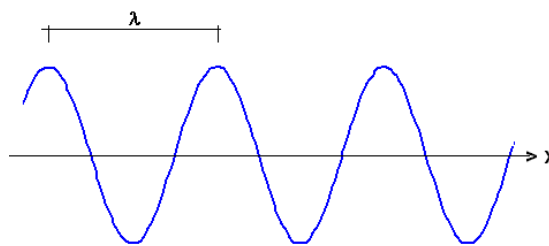
As grandezas que caracterizam as ondas são: velocidade de propagação, frequência e comprimento de onda. A velocidade de propagação mede a rapidez com que a onda caminha pelo espaço. Para se ter uma ideia, a velocidade do som no ar é cerca de trezentos e trinta metros por segundo e a da luz no vácuo é 300 mil km/s, muito maior do que a do som, e é por isso que num dia de tempo nublado com trovoadas, primeiro vemos o raio de luz do trovão, depois ouvimos o seu estrondo. O Sol está a 150 milhões de quilômetros de distância da Terra e a sua luz demora cerca de oito minutos para chegar até aqui. A velocidade de propagação da luz no vácuo é um valor máximo, quando a luz se propaga em qualquer meio material, a velocidade é menor do que no vácuo.

A frequência se relaciona com a rapidez da oscilação e com um padrão de repetição no tempo, ao qual damos o nome de período. Quanto maior a frequência ( $f$ ), menor o período ( $T$ ), observe que estas grandezas são inversamente proporcionais.

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

O comprimento de onda é uma medida da repetição da onda no espaço, ou seja, a cada comprimento de onda o formato da onda se repete.

Figura 60 - Comprimento de onda.



Fonte: Roberto Menezes

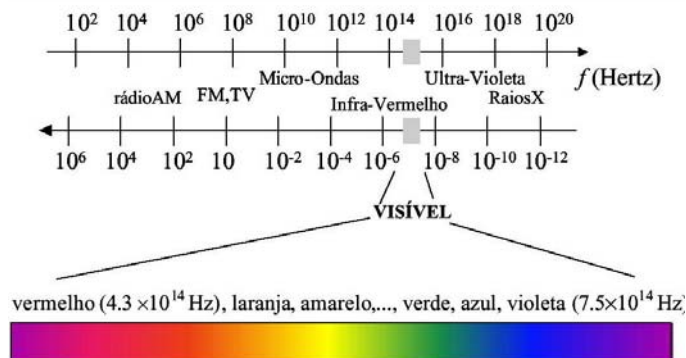
Como o período dá o padrão de repetição da onda no tempo, a cada período a onda deve se deslocar de um comprimento de onda, assim, a velocidade ( $v$ ), o período ( $T$ ), a frequência ( $f$ ) e o comprimento de onda ( $\lambda$ ) estão relacionados da forma:

$$v = \lambda f$$

A onda eletromagnética pode ser classificada e nomeada em faixas de energia: raios gama, raios-X, ultravioleta, luz visível, infravermelho, micro-ondas e ondas de rádio (em ordem decrescente da energia). Tal distribuição é chamada de espectro eletromagnético.

A luz visível compreende a porção do espectro eletromagnético cujas ondas sensibilizam os nossos olhos. Cada cor desta radiação tem uma energia associada e o conjunto delas compõe o espectro da luz visível. As suas componentes principais compreendem as cores: vermelha, laranja, amarela, verde, azul, anil e violeta, cujas energias aumentam da luz vermelha para a violeta.

Figura 61 – O Espectro Eletromagnético



Fonte: Fundamentos da Física

A combinação destas cores resulta na luz branca, assim como se podem formar outras cores em diferentes combinações destas componentes da luz. Deforma diferente, se houver mistura de tintas coloridas o resultado é outro, tende a ficar preto. Como vimos anteriormente, a cor refletida por um objeto indica que ele absorveu as outras componentes da luz que incidiu sobre ele, assim, a mistura de tintas coloridas resulta na absorção de cores, o que faz a combinação escurecer.

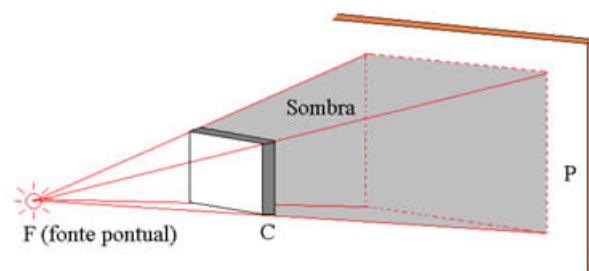
### 3. PRINCÍPIOS DA ÓTICA GEOMÉTRICA

A ótica geométrica se baseia em três princípios: i) a propagação retilínea da luz; ii) independência dos raios de luz; iii) reversibilidade dos raios de luz.

O primeiro princípio é a propagação retilínea da luz: “Em um meio homogêneo e transparente a luz se propaga em linha reta. Cada uma dessas “retas de luz” é chamada de raio de luz”.

A propagação retilínea da luz explica o aparecimento da sombra, que é simplesmente a região do espaço onde a luz não consegue ir.

Figura 62 – Sombra gerada devido à propagação retilínea da luz.



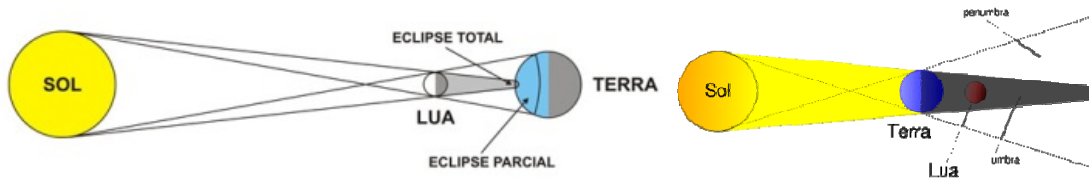
Fonte: <http://tinyurl.com/69rt9zd>

O mesmo raciocínio do princípio da propagação retilínea da luz explica o fenômeno dos eclipses. O sol é uma fonte luminosa extensa, por isso na projeção de sua luz sobre a terra se tem sombra e penumbra. Há dois tipos de eclipses. O da lua, quando ela passa pela sombra projetada, ficando totalmente por trás do sol. E há também o eclipse do sol, quando a lua se



encontra entre o sol e a terra. Um observador na terra, que é a região da sombra projetada, ele observará o eclipse total do sol – o sol escondido por trás da lua.

Figura 63 - Diagramas do Eclipse Solar.(esquerda) e o Eclipse Lunar (direita)



Fonte: <http://tinyurl.com/5u6j3e2><http://tinyurl.com/6gnwh6b>

O segundo princípio é da independência dos raios de luz: “Quando dois raios de luz se cruzam, um não interfere na trajetória do outro, cada um se comportando como se o outro não existisse.” Se fosse o caso, seria possível criar armas do tipo usado no filme star wars, onde feixes de luzes se interferem.

Figura 64 - Independência dos Raios de Luz.

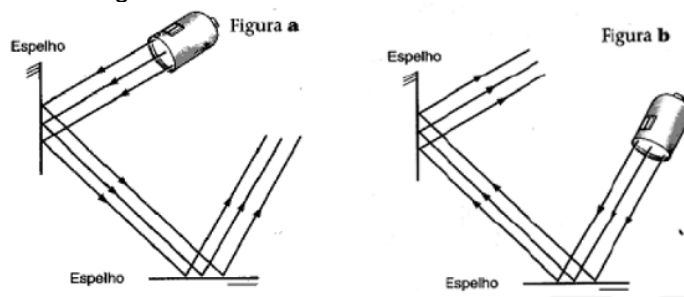


Fonte: <http://tinyurl.com/67w66vn>

O terceiro princípio é o da reversibilidade dos raios de luz:

“Se revertermos o sentido de propagação de um raio de luz ele continua a percorrer a mesma trajetória, em sentido contrário”. O terceiro princípio pode ser verificado, por exemplo, quando olhamos para os olhos de uma pessoa no espelho e ela também pode nos ver.

Figura 65 - Reversibilidade dos raios de luz



Fonte: <http://tinyurl.com/3uh2dyd>

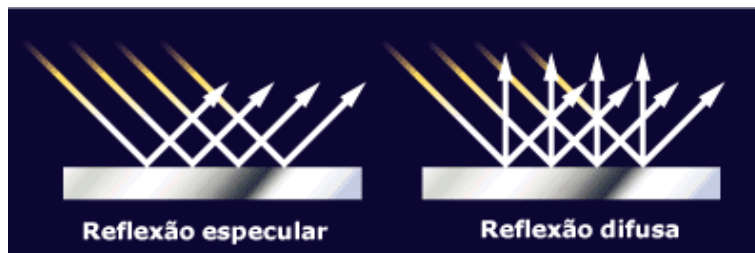
#### 4. REFLEXÃO LUMINOSA

Quando a luz incide sobre uma superfície de um corpo, ela pode ser absorvida para dentro do corpo em forma de dissipação de calor ou refração; ou ela pode ser refletida. A reflexão é uma

característica tanto ondulatória quanto corpuscular. Na reflexão a direção da propagação do feixe de luz é desviada ao entrar em contato com uma superfície.

Existem dois tipos de reflexão: a especular e a difusa. A reflexão especular onde os raios de luz são refletidos numa única direção, ou seja, um feixe de raios paralelos entre si permanece assim depois da reflexão. Esse tipo de reflexão ocorre em superfícies polidas. A principal consequência de uma reflexão especular é uma imagem pode ser vista, pois a superfície é um espelho. Por outro lado, a reflexão difusa existe em superfícies irregulares, onde feixes de raios paralelos são refletidos em todas as direções. Um exemplo de uma superfície com reflexão difusa é uma parede branca.

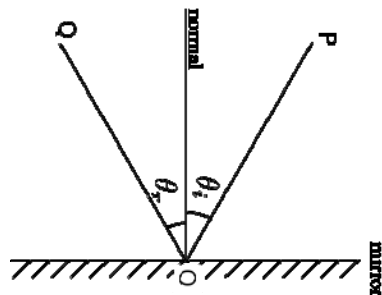
Figura 66 - Esquemas das reflexões especular (esquerda) e difusa (direita)



Fonte: <http://static.hsw.com.br/gif/hologram-4a.gif>

Leis da reflexão. Na figura abaixo, definimos o eixo perpendicular ao plano refletor como a reta normal. Os ângulos  $\theta_i$  e  $\theta_r$  são os ângulos que o raio incidente e o raio refletido, respectivamente.

Figura 67 - Reflexão de um raio luminoso

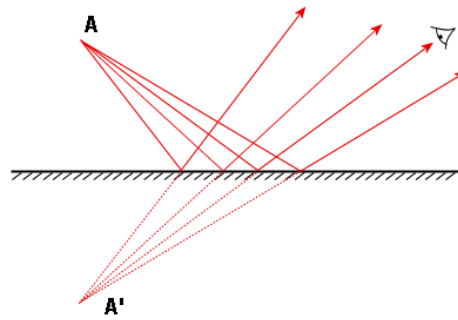


Fonte: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/10/Reflection\\_angles.svg/170px-Reflection\\_angles.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/10/Reflection_angles.svg/170px-Reflection_angles.svg.png)

A primeira lei da reflexão diz que é: o raio incidente, o raio refletido e a normal à superfície refletora estão contidos em um mesmo plano. A segunda lei da reflexão afirma que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

Uma superfície é considerada um espelho quando o grau de reflexão especular é superior a 70%. A imagem de um objeto conjugada por um espelho não está na superfície do próprio, e sim na mesma distância que o objeto está. Veja na figura abaixo, o ponto A está à mesma distância do ponto A' (como este ponto é está dentro do espelho dizemos que este ponto é virtual).

Figura 68 – Feixe de Raios e seus prolongamentos virtuais

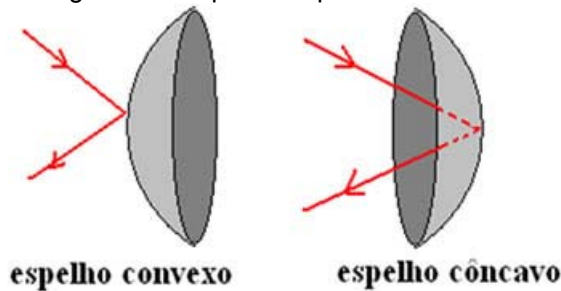


Fonte: <http://tinyurl.com/6ftlvbu>

## 5. ESPELHOS ESFÉRICOS

Espelhos esféricos são definidos como superfícies com reflexão especular que são cortes de uma esfera. Existem dois tipos de espelhos esféricos: os espelhos côncavos (parte interna da casca esférica) e os espelhos convexos (parte externa da casca esférica).

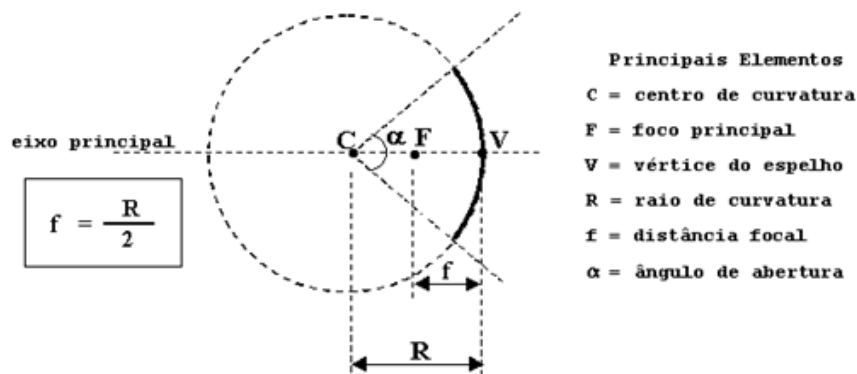
Figura 69 – Tipo de Espelhos Esféricos



Fonte: <http://tinyurl.com/5uhoa8h>

Esses espelhos obedecem às leis da reflexão. Um espelho é chamado espelho esférico de Gauss, quando ele tem uma abertura pequena inferior a 10°. Os elementos de um espelho esférico podem ser visto na figura abaixo:

Figura 70 – Principais elementos de Espelho Esférico

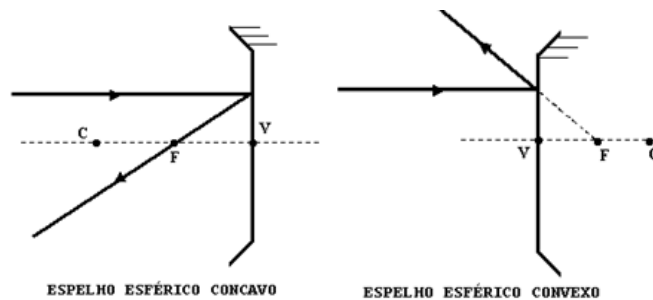


Fonte: <http://tinyurl.com/5sf3nx5>

Além de ter um ângulo de abertura pequeno, os raios incidentes devem ser próximos ao eixo principal, como também eles devem ser pouco inclinados em relação ao eixo principal. Alguns raios de luz têm particularidades, é o que veremos agora.

- 1) Se um raio de luz incidir paralelamente ao eixo principal, o raio refletido passa pelo foco principal;

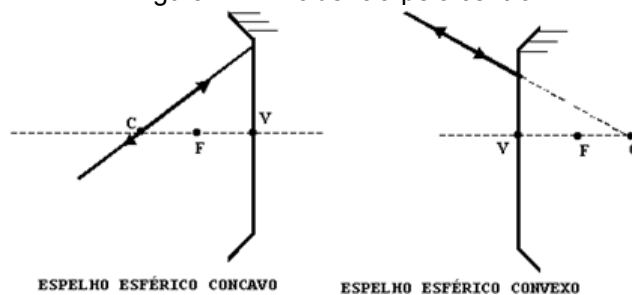
Figura 71 – Incidência paralela



Fonte: <http://tinyurl.com/43e8qz6>

- 2) Se um raio de luz incidir passando pelo centro de curvatura, o raio é refletido passando sobre si mesmo;

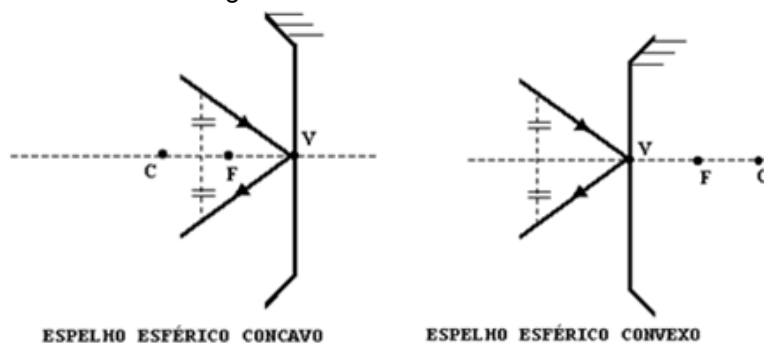
Figura 72 – Incidência pelo centro



Fonte: <http://tinyurl.com/64z83x8>

- 3) Se um raio de luz incidir no vértice do espelho, o raio refletido é simétrico em relação ao eixo principal.

Figura 73 – Incidência no vértice



Fonte: <http://tinyurl.com/5s7q9me>

## 6. REFRAÇÃO DA LUZ

Definimos o índice de **refração** de um determinado meio como a relação entre a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ) e a velocidade da luz em um determinado meio ( $v$ ).

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

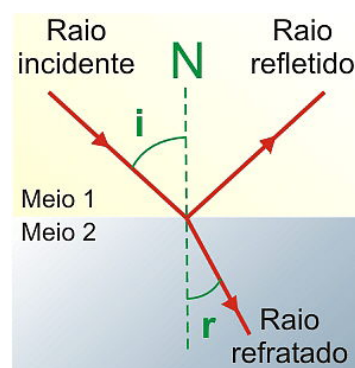
Como a velocidade da luz no vácuo é maior do que em qualquer outro meio o índice de refração é sempre maior que 1. O valor da velocidade da luz no vácuo é

$$c = 3,0 \times \frac{10^8 \text{ m}}{\text{s}}$$

A velocidade da luz no ar é muito próxima à velocidade no vácuo, então o índice de refração é bem próximo à unidade. A velocidade da luz no meio depende da frequência da luz. É visto que a velocidade da luz diminui com a frequência, portanto o índice de refração aumenta com a frequência.

Quando um feixe de luz passa de um meio para o outro, percebe-se que o raio é refratado. Essa refração depende dos índices de refração de cada um dos meios.

Figura 74 - Raio Incidente e Raio Refratado



Fonte: [http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/images/fib\\_opt\\_1.jpg](http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/images/fib_opt_1.jpg)

Vamos tratar a refração e reflexão de uma luz monocromática, a que tem apenas uma frequência, só vermelho ou só azul, por exemplo. As discussões são de caráter geral, servem para luz de qualquer frequência. Outra observação é que trataremos os desvios de apenas um raio de luz, mas as análises podem ser estendidas a todos os raios que atravessam os meios em questão.

A primeira lei da refração é semelhante à primeira lei da reflexão: o raio incidente, o raio refratado e a normal à superfície estão contidos em um mesmo plano. A segunda lei afirma que os senos dos ângulos de incidência e refração são inversamente proporcionais aos índices de refração da onda nos respectivos meios. Ou em outras palavras, seja raio incidente passando de um meio A para um meio B, podemos expressar a segunda lei da ótica.

$$n_A \sin(i) = n_B \sin(r)$$

Onde  $i$  e  $r$  são, respectivamente, os ângulos incidentes e refratados. Essa lei é conhecida também como lei de Snell. Note que se o raio incidência tiver a mesma direção da reta normal (ângulo de incidência nulo), ele não é desviado. Note que a partir de certos ângulos não há refração, a condição para isto acontecer (chamada também de reflexão total) é

$$\sin(i) = \frac{n_B}{n_A}$$

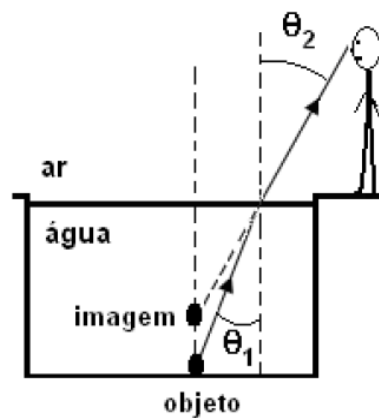
Em geral, o raio incidente se divide em parte refletida e parte refratada.

### :: SAIBA MAIS... ::



Um exemplo onde isto acontece é quando olhamos para o fundo de uma piscina, ela parece mais rasa do que e na realidade. Se olharmos para um objeto ao fundo da piscina ele parecerá mais próximo da superfície porque a luz que nos chega dele é a refratada da água para o ar. Vamos analisar este exemplo. O objeto está no fundo da piscina, dentro da água, e a pessoa que observa está fora da água, onde o meio é o ar. A luz que vem do objeto se propaga pela água (meio 1) e parte e refratada para o ar (meio 2). Desta forma, temos que  $n_1=1,33$  (e o índice de refração da água) e  $n_2=1,00$  (e o índice de refração do ar), o que corresponde ao caso da Figura , onde a luz incide do meio de maior índice de refração para o de menor:  $n_1 > n_2$ .

Figura 75 - O objeto parece estar em menor profundidade do que estar



Fonte: Prof N. Teruya

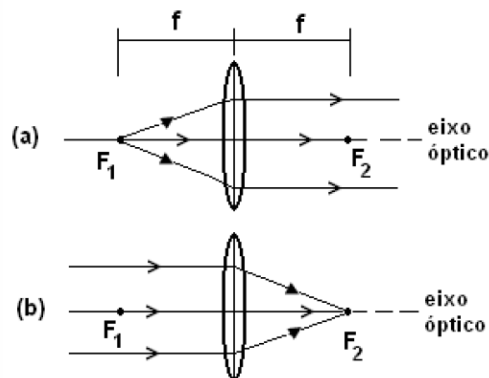
Devido à refração da luz que vem do objeto ao fundo da piscina, a sua imagem faz parecer que ele está mais próximo da superfície. Por isso, uma pessoa que não sabe nadar deve ficar atenta à profundidade aparente da piscina.

## 7. LENTES

Lentes são dispositivos óticos onde a luz é refratada em duas superfícies. Definimos lentes delgadas como lentes estreitas tais quais essas duas superfícies estão próximas. Apesar de duas refrações, apenas mostramos a situação inicial e a situação final.

O que caracteriza uma lente delgada são os raios de curvatura das superfícies refratoras, o eixo ótico e os focos. O eixo ótico da lente passa perpendicularmente pelo centro dela, os raios de luz que incidem sobre ele, não sofrem desvios, pois o ângulo de incidência é nulo. As lentes têm dois focos ( $F_1$  e  $F_2$ ), situados em posições opostas da lente, com mesmas distâncias focais ( $f$ ) em relação ao centro da lente.

Figura 76 - Sistemas de lentes convexas

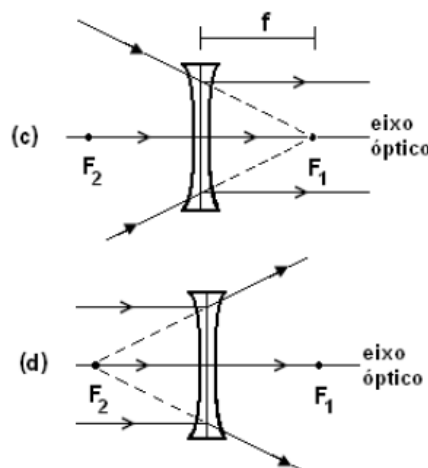


Fonte: Prof. N. Teruya

Definimos  $F_1$  como o foco primário, raios que emergem da lente paralelos ao eixo ótico, incidem a partir dele (nas lentes convergentes), ou para ele (nas lentes divergentes). Chamamos  $F_2$  de foco secundário: os raios que incidem paralelos ao eixo, emergem convergindo para ele (nas lentes convergentes), ou emergem divergindo dele (nas lentes divergentes).

Os focos  $F_1$  e  $F_2$  das lentes divergentes estão em posições opostas em relação aos das convergentes, assim, a distância focal da lente convergente é definida positiva ( $f > 0$ ) e a da lente divergente é negativa ( $f < 0$ ). Lentes convergentes também são chamadas de positivas (ou convexas) e as divergentes de negativas (ou côncavas).

Figura 77 - Sistemas de lentes côncavas



Fonte: Prof. N. Teruya

Os focos F1 e F2 das lentes divergentes estão em posições opostas em relação aos das convergentes, assim, a distância focal da lente convergente é definida positiva ( $f > 0$ ) e a da lente divergente é negativa ( $f < 0$ ). Lentes convergentes também são chamadas de positivas (ou convexas) e as divergentes de negativas (ou côncavas).

A convergência de uma lente é definida como o inverso da distância focal

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

. No sistema internacional de medidas a unidade da convergência é dioptria (di). De acordo com a convenção de sinais, positivo e negativo, das distâncias focais, as lentes convergentes tem convergência positiva e a das divergentes é negativa.

Para determinar a imagem formada por uma lente, bastam os raios principais de luz: os que cruzam a lente em pontos especiais, como nos focos e no centro da lente; e os que incidem paralelos ao eixo óptico. Nas lentes convergentes, os raios que incidem a partir do foco F1, emergem paralelamente ao eixo óptico; aqueles que incidem paralelos ao eixo óptico, se refratam convergindo para o foco F2. Nos casos das lentes divergentes, isto ocorre com o prolongamento dos raios luminosos (representados por linhas tracejadas): os raios que incidem em direção ao foco F1, se refratam paralelos ao eixo óptico; os raios que incidem paralelos ao eixo, divergem com prolongamentos a partir do foco F2. Para qualquer lente, os raios que passam pelo centro da lente não sofrem desvios.

Embora os objetos sejam representados como pontos, os corpos extensos emitem raios de luz de toda extensão. Sejam as distâncias:  $f$ , a focal,  $d_o$  a do objeto e  $d_i$  a da imagem, todas em relação ao centro da lente. Estas distâncias se relacionam de acordo com a seguinte equação

$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

A convenção dos sinais, positivo e negativo, das distâncias do objeto e da imagem é adotada da forma:

- A distância objeto " $d_o$ " é positiva quando o objeto está do mesmo lado dos raios incidentes na lente (objeto real); do contrário, " $d_o$ " é negativa (objeto virtual).
- A distância imagem " $d_i$ " é positiva quando a imagem está do lado oposto ao da incidência dos raios do objeto (imagem real); " $d_i$ " é negativa quando a imagem está do mesmo lado da incidência da luz do objeto (imagem virtual).

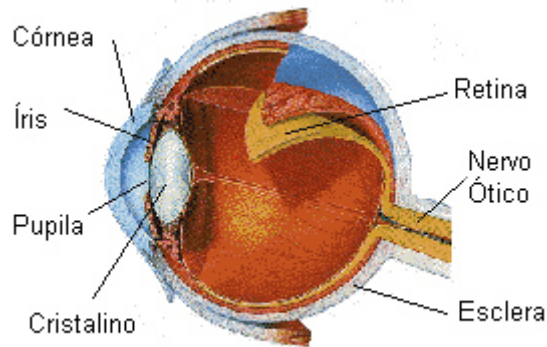
## 8. O OLHO HUMANO

O caminho seguido pela luz, depois de chegar aos olhos, pode ser descrito na sequência: córnea, íris, pupila, cristalino, retina e fotorreceptores. A luz de um objeto penetra no olho pela córnea, membrana transparente que reveste e protege o olho externamente. A seguir, a íris, porção colorida do olho, e a pupila, parte central escura, formam o sistema de controle de entrada da luz: a íris controla a abertura da pupila por onde a luz passa. Os raios de luz passam pelo cristalino, que trabalha como um sistema de lentes convergentes, e projetam imagens reais invertidas sobre a retina. Entre o cristalino e a retina há um fluido chamado humor vítreo que



preenche a região. Os fotorreceptores, cones e bastonetes, são células que revestem a retina, transformam as imagens nos estímulos nervosos que são transmitidos pelo nervo ótico ao cérebro, aonde são interpretados. Os bastonetes detectam a luminosidade, mesmo em ambientes com pouca luz, e os cones reconhecem as cores: vermelho, azul e verde, cujas combinações resultam nas cores que vemos. Problemas nas células cone podem levar ao daltonismo, que é a deficiência na visão colorida.

Figura 78 – O Olho Humano



Fonte: <http://tinyurl.com/6a4hggxi>

A nitidez da imagem projetada na retina é controlada pelo ajuste do foco pela córnea e o cristalino, conforme o objeto se aproxima ou se afastado olho. Esta acomodação visual é feita por meio dos músculos ciliares, que se contraem ou relaxam alterando as curvaturas da córnea e do cristalino. Porém, há limites de aproximação ou afastamento dos objetos, que são chamados de pontos próximo e distante, respectivamente.

A distância do cristalino à retina é aproximadamente igual a 2 cm ( $d_i = +2$  cm), para distâncias objeto variáveis, o foco é ajustado pela musculatura do olho de forma a ajustar a projeção da imagem real sobre a retina. O ponto distante de um olho normal está no infinito. A distância do ponto próximo é particular de cada pessoa, se um objeto estiver mais próximo do olho do que o ponto próximo, a imagem perde a nitidez. As distâncias destes pontos variam com a idade das pessoas, pois, com o tempo, a elasticidade dos músculos ciliares perde a eficiência. A distância média normal do ponto próximo é cerca de 25 cm.

## :: SAIBA MAIS... ::

**DALTONISMO**

O daltonismo é, na maioria das vezes, uma alteração de origem genética onde o indivíduo não é capaz de identificar as cores. Uma característica bastante comum deste distúrbio é a grande dificuldade que seus portadores possuem em diferenciar o verde do vermelho.

John Dalton foi o primeiro cientista a estudar este distúrbio, uma vez que ele mesmo era portador desta alteração visual. Em homenagem a este químico, esta dificuldade de percepção das cores passou a ser chamada de daltonismo.

Diretamente relacionada ao cromossomo X, esta “disfunção visual” é bem mais comum em homens do que em mulheres. Acredita-se que 8% da população seja portadora deste distúrbio, dentro deste percentual, apenas 1% inclui as mulheres, os 7% restantes incluem o sexo masculino.

A mutação genética que provoca o daltonismo dá aos daltônicos algumas vantagens como: uma visão noturna bem mais apurada em relação àqueles que não a possuem, e também, uma maior capacidade de reconhecerem elementos semiocultos que passariam despercebidos para os não daltônicos.

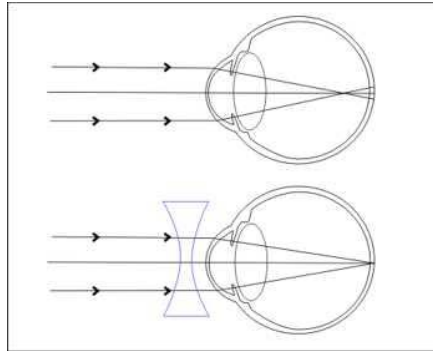
Atualmente não se conhece tratamentos para esse distúrbio; contudo, sendo conhecedora de suas limitações visuais, uma pessoa portadora de daltonismo pode ajustar-se a elas e levar uma vida normal. Fonte: <http://www.todabiologia.com/genetica/daltonismo.htm>

**9. OUTRAS DEFICIÊNCIAS VISUAIS**

As deficiências visuais ocorrem por problemas no ajuste do sistema de focalização em relação ao tamanho do globo ocular. Os problemas nos ajustes feitos pela córnea e pelo cristalino, fazem com que as imagens sejam projetadas fora da retina, antes ou depois dela, conforme a deficiência visual seja miopia ou hipermetropia, respectivamente. As lentes são usadas para fazer as correções. As imagens dos objetos, produzidas pelas lentes, funcionam como objetos para os olhos.

A **miopia** é uma deficiência na visão cujos efeitos são a formação de imagens distorcidas de objetos distantes. O ponto distante de um olho normal está no infinito (muito longe do olho), mas para o míope, o ponto distante está mais próximo do que deveria. O efeito disso é que as imagens de objetos distantes são focalizadas antes da retina, por isso a impressão de estarem embaçadas.

Figura 79 – Representação da imagem em um olho miopia: com correção e sem correção

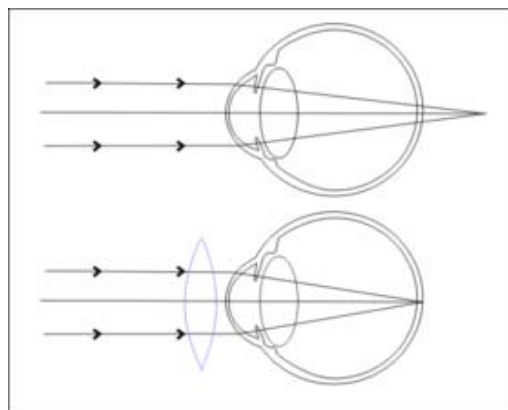


Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/miopia/imagens/miopia-20.jpg>

A causa disso é a grande distância entre o cristalino e a retina no globo ocular. Para corrigir e ver imagens nítidas, se a faz correção através do uso de lentes divergentes (convergência negativa), que levam as imagens para serem projetadas sobre a retina. As lentes devem formar imagens de objetos distantes em distâncias equivalentes a do ponto distante do olho.

A hipermetropia produz imagens distorcidas quando os objetos estão próximos. A causa desta deficiência é o distanciamento do ponto próximo, que está mais longe do que num olho normal. A imagem de um objeto próximo é focalizada atrás da retina porque a distância entre o cristalino e a retina é pequena. A correção é feita com lentes convergentes (convergência positiva): as imagens virtuais diretas dos objetos próximos são levadas para mais longe. Como o ponto próximo está longe, a lente convergente deve afastar as imagens dos objetos próximos para o ponto próximo hipermetrope.

Figura 80 - Representação da imagem em um olho hipermetropia: com e sem correção



Fonte: <http://tinyurl.com/6a4hggx>

## REFERÊNCIAS

- DAVIDOVITS, Paul (2008), Physics in Biology and Medicine, 3a ed., Elsevir inc.
- DURAN, Jose Enrique Rodas (2003), Biofísica: Fundamentos e Aplicações, 1a ed., Prentice Hall.
- HALLIDAY; RESNICK & WALKER (2007), Fundamentos de Física, Vol. 1, 7a ed., LTC Editora.
- HALLIDAY; RESNICK & WALKER (2007), Fundamentos de Física, Vol. 2, 7a ed., LTC Editora.
- HALLIDAY; RESNICK & WALKER (2007), Fundamentos de Física, Vol. 3, 7a ed., LTC Editora.
- HALLIDAY; RESNICK & WALKER (2007), Fundamentos de Física, Vol. 4, 7a ed., LTC Editora.
- YOUNG, H. & FREEDMAN, R. (2004), Sears e Zemansky, Física IV, 10a ed., Pearson e Addison Wesley.
- OKUNO, Emico; CALDAS, Ibere L. & CHOW, Cecil (1986), Física para Ciências Biológicas e Biomédicas, 2 a ed., EditoraHarbra.



Homenagem ao Pólo de Apoio Presencial de Pombal, Paraíba.