



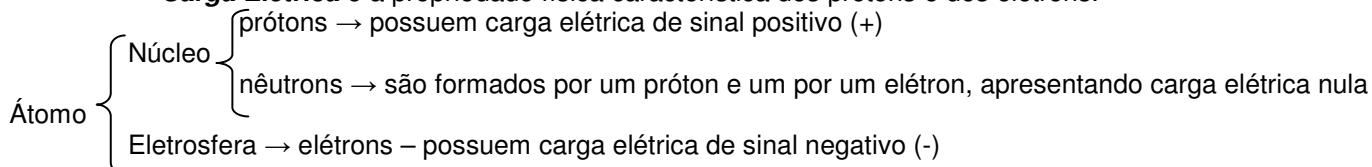
ELETRICIDADE:

É a parte da Física que estuda os fenômenos que ocorrem com as **Cargas Elétricas**. É dividida didaticamente em duas partes: **Eletrostática**, que estuda os fenômenos físicos produzidos por cargas elétricas que se encontram em repouso e a **Eletrodinâmica**, que estuda os fenômenos físicos produzidos pelas cargas elétricas que se encontram em movimento.

Carga Elétrica:

Todas as coisas que existem ao nosso redor são constituídas de moléculas, que por sua vez são constituídas de átomos. Os átomos são constituídos basicamente por três partículas elementares: **prótons, elétrons e nêutrons**.

Carga Elétrica é a propriedade física característica dos prótons e dos elétrons.



ELETRÓSTÁTICA:

Chamamos de Eletrização de um Corpo o processo pelo qual podemos adicionar ou retirar carga(s) elétrica(s) de um corpo.

A carga elétrica que pode ser adicionada ou retirada de um corpo será **sempre** o elétron, visto que ele encontra-se mais afastado do núcleo do átomo, o que “facilita” a sua transferência de um corpo para outro, quando comparado ao próton (este se encontra no núcleo do átomo, junto aos nêutrons. Para retirá-lo do núcleo, devemos “quebrar” o núcleo do átomo, o que é algo bastante complicado de se realizar na prática).

Assim, de maneira simplificada, temos que a quantidade mínima de carga elétrica a ser transferida entre corpos é de **um elétron**, uma vez que o elétron não pode ser dividido (no Ensino Médio) sem perder suas características elétricas.

Se um corpo apresenta número de prótons igual ao número de elétrons, dizemos que ele está eletricamente **neutro**. Se um corpo apresenta quantidades diferentes de prótons e de elétrons, dizemos que o corpo está **eletrizado**, sendo que isso pode ocorrer de duas formas:

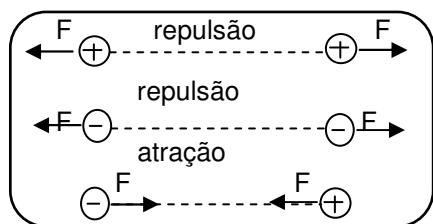
- **Corpo Eletrizado Positivamente:** quando há **falta** de elétrons no corpo.
- **Corpo Eletrizado Negativamente:** quando há **excesso** de elétrons no corpo.

PRINCÍPIOS DA ELETRÓSTÁTICA:

São Princípios básicos que dispõem sobre o comportamento das cargas elétricas quando elas interagem entre si. Através da análise desses Princípios é que podemos entender melhor, por exemplo, como se dispõe num corpo eletrizado as cargas elétricas.

I - Cargas elétricas de mesmo sinal se repelem e de sinais contrários se atraem.

Este Princípio é uma consequência da existência de linhas de campo ou de força (conteúdo abordado mais adiante), ao redor de uma carga elétrica. Suas consequências estão representadas na figura abaixo:



Assim, ao aproximarmos cargas elétricas de mesmo sinal, sejam positivas ou negativas, surge nas cargas elétricas uma força de natureza elétrica, que tentará fazer com que as duas cargas se afastem (Força de Repulsão).

Se aproximarmos cargas elétricas de sinais contrários, surge uma força de natureza elétrica que tentará fazer com que as duas cargas se aproximem (Força de Atração).

II - Num sistema eletricamente isolado, a soma algébrica das suas cargas elétricas é constante.

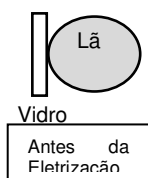
Chamamos de sistema eletricamente isolado a todo sistema onde as cargas elétricas que pertencem ao sistema não podem sair dele e cargas elétricas externas ao sistema não podem entrar. Assim, como não haverá aumento ou diminuição do número de cargas elétricas no sistema, a soma das cargas elétricas positivas e negativas será sempre uma constante.

PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO:

São os processos a serem realizados para que se consiga eletrizar um corpo, seja positivamente ou negativamente. São eles:

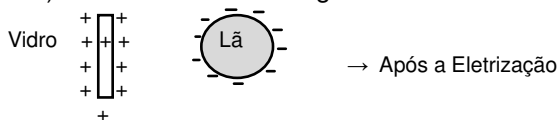
Eletrização por Atrito: ocorre quando o atrito entre dois corpos é o agente responsável pela transferência de elétrons entre eles. **Ao final desse processo, os corpos ficam eletrizados com cargas elétricas iguais** (em quantidades), **porém de sinais contrários** (um positivo e um negativo).

Para entender esse processo, imagine que um bastão de vidro será atritado com um pedaço de lã.



Vamos considerar que lã e vidro estejam inicialmente neutros. Da Química, sabemos que elétrons que recebem energia podem “pular” para uma camada eletrônica mais externa. Ao atritarmos os dois, a temperatura deles aumenta, pois fornecemos energia aos elétrons. Durante a mudança de camada eletrônica, alguns elétrons do vidro são “roubados” pela lã, fazendo com que o vidro fique com falta de elétrons (carga elétrica +) e a lã fique com excesso de elétrons (carga elétrica -).

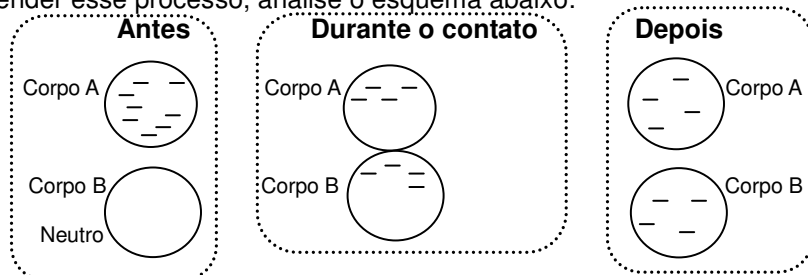
Como os elétrons perdidos pelo vidro devem estar sobrando na lã, podemos considerar que ambos ficam eletrizados com a mesma Quantidade de Cargas Elétricas, porém a lã fica com carga elétrica de sinal Negativo (excesso de elétrons) e o vidro fica com carga elétrica de sinal Positivo (falta de elétrons).



Eletrização por Contato: ocorre quando um corpo que já está inicialmente eletrizado é posto em contato (apenas encostado) com outro corpo, que pode estar neutro, por exemplo. **Ao final desse processo, os dois corpos ficam eletrizados com cargas elétricas de mesmo sinal.**

Sabemos que cargas elétricas de mesmo sinal se repelem. Portanto, num corpo eletrizado as cargas elétricas procuram estar o mais afastado possível entre si. Quando um outro corpo é posto em contato com o corpo eletrizado, as cargas elétricas que estão se repelindo encontram um meio para ficarem ainda mais afastadas umas das outras e, portanto, algumas cargas elétricas acabam passando para o outro corpo, fazendo com que ele também fique eletrizado e com carga elétrica de mesmo sinal.

Para entender esse processo, analise o esquema abaixo:



Eletrização por Indução: ocorre quando aproximamos (**SEM CONTATO**) um corpo que já está eletrizado (corpo A) de um outro corpo, que pode estar eletricamente neutro (corpo B), por exemplo. **Durante este processo, ocorre apenas uma separação entre as cargas elétricas existentes no corpo B devido à presença do corpo A.** Assim, dizemos que o corpo eletrizado induz a separação das cargas elétricas no corpo B.

Essa separação que ocorre entre as cargas elétricas do corpo que estava inicialmente neutro ocorre devido ao fato de que cargas elétricas de sinais contrários se atraem.

Para entender o processo, analise o esquema abaixo:

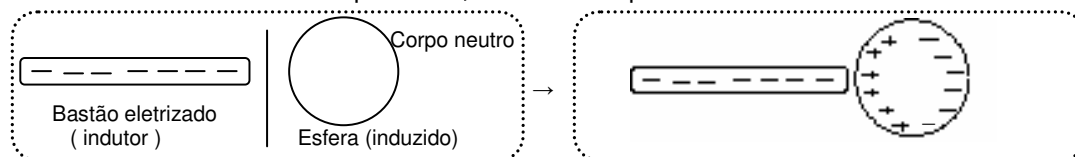


Figura 1 (corpos afastados)

Figura 2 (corpos próximos)

Na Figura 1, apresentamos o bastão eletrizado negativamente separado do corpo neutro. Na Figura 2, ao aproximarmos os dois corpos, sem contato, ocorre que as cargas elétricas presentes no corpo que tem o mesmo sinal das cargas elétricas do bastão (negativas) são repelidas por ele. Isso faz com que cargas elétricas negativas do corpo se afastem do bastão, posicionando-se à direita do corpo. Note que na figura 2 fica bem visível a separação das cargas elétricas no corpo.

ATENÇÃO: apesar da separação de cargas, atente ao detalhe de que o corpo continua eletricamente neutro, pois possui a mesma quantidade de cargas elétricas positivas e negativas.

Se afastarmos agora o bastão do corpo, a distribuição das cargas elétricas em ambos retorna a apresentada na Figura 1.

FIO TERRA:

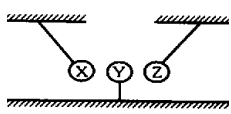
Recurso presente em eletrodomésticos, computadores e equipamentos elétricos e eletrônicos em geral. Tem por objetivo eliminar excesso de cargas elétricas (positivas ou negativas) presentes em um corpo, para evitar que estas sejam transmitidas a uma pessoa através de um choque elétrico.

Basicamente, ao realizarmos contato elétrico entre um corpo eletrizado com a Terra (através de um fio), fornecemos a essas cargas elétricas em excesso um local onde elas podem se afastar a distâncias maiores, fazendo com que elas deixem o corpo, que pode ficar neutro.

Se o corpo apresenta excesso de elétrons, eles se movem para a Terra, abandonando o corpo, para que possam se afastar a distâncias maiores, deixando o corpo eletricamente neutro, por exemplo.

Se o corpo possui falta de elétrons, a Terra fornece elétrons em excesso nela para que o corpo fique eletricamente neutro.

PROBLEMAS:

- 1) Os corpos eletrizados por atrito e por contato ficam carregados respectivamente com cargas elétricas de sinais:
- a) iguais, iguais
 - b) iguais, iguais
 - c) contrários, contrários
 - X d) contrários, iguais
- 2) (PUC-SP) Dispõe-se de uma barra de vidro, um pano de lã e duas pequenas esferas condutoras, A e B, apoiadas em suportes isolados, todos eletricamente neutros. Atrita-se a barra de vidro com o pano de lã, a seguir coloca-se a barra de vidro em contato com a esfera A e o pano com a esfera B. Após essas operações:
- a) o pano de lã e a barra de vidro estarão neutros.
 - X b) o pano de lã atrairá a esfera A
 - c) as esferas A e B continuarão neutras.
 - d) a barra de vidro repelirá a esfera B.
 - e) as esferas A e B se repelirão.
- 3) (UF-SE) Dois corpos A e B são eletrizados por atrito e em seguida um corpo C, inicialmente neutro, é eletrizado por contato com B. Sabendo-se que na eletrização por atrito B perdeu elétrons para A, pode-se afirmar que ao final desses processos as cargas de A, B e C são, respectivamente:
- a) positiva, positiva e positiva.
 - b) positiva, negativa e positiva.
 - c) negativa, negativa e negativa.
 - X d) negativa, positiva e positiva
 - e) negativa, negativa e positiva.
- 4) (F.Carlos Chagas-SP) Uma esfera metálica M, positivamente eletrizada, é posta em contato com outra esfera condutora N, não-eletrizada. Durante o contato ocorre deslocamento de:
- a) prótons e elétrons de M para N.
 - b) prótons de N para M.
 - c) prótons de M para N.
 - X d) elétrons de N para M.
 - e) elétrons de M para N.
- 5) (FUVEST- SP) Três esferas de isopor M, N e P, estão suspensas por fios isolantes. Quando se aproxima N de P, nota-se uma repulsão entre essas duas esferas. Quando se aproxima N de M, nota-se uma atração entre essas duas esferas. Das possibilidades de sinais de carga dos corpos M, N e P propostas abaixo (I, II, III, IV e V), quais são compatíveis com as observações?
- | | |
|--------------------------|--------------|
| I) M (+), N (+), P(-); | a) I e III; |
| II) M (-), N (-), P(+); | b) II e IV; |
| III) M (0), N (0), P(-); | c) III e V; |
| IV) M (-), N (+), P(+); | x d) IV e V; |
| V) M (+), N (-), P(-). | e) I e II. |
- 6) (Fund. C. Chagas - BA) Uma esfera metálica condutora M, negativamente eletrizada, é posta em contato com outra esfera condutora N, não eletrizada (carga neutra). Durante o contato entre as esferas, ocorre deslocamento de:
- a) prótons e elétrons de M para N;
 - b) prótons de N para M;
 - c) prótons de M para N;
 - d) elétrons de N para M;
 - x e) elétrons de M para N;
 - f) nêutrons de M para N e prótons de N para M.
- 7) (UFRGS) Quando um bastão eletricamente carregado atrai uma bolinha condutora A, mas repele uma bolinha condutora B, conclui-se que:
- a) a bolinha B não está carregada;
 - b) ambas as bolinhas estão carregadas igualmente;
 - c) ambas as bolinhas podem estar descarregadas;
 - d) a bolinha B deve estar carregada positivamente;
 - e) a bolinha A pode não estar carregada eletricamente. X
- 8) Na figura abaixo, X, Y e Z são esferas metálicas e idênticas. A esfera Y está fixada em um suporte isolante e as esferas X e Z estão suspensas por fios isolantes. As esferas estão em equilíbrio eletrostático. Nessas condições, é possível afirmar que:(0,2 p)
- 
- a) as esferas X, Y e Z possuem cargas elétricas de mesmo sinal;
 - b) as esferas X e Y possuem cargas elétricas de sinais iguais;
 - c) as esferas Y e Z possuem cargas elétricas de sinais iguais;
 - d) as três esferas possuem carga elétrica nula;
 - e) a esfera Y pode possuir carga de sinal contrário a das esferas X e Z. X
- 9) Associe as colunas:
- | | |
|---------------------------------|---|
| (a) eletrização por atrito | () cargas elétricas de mesmo sinal se repelem e de sinais contrários se atraem; |
| (b) eletrização por indução; | () ocorre apenas separação entre algumas cargas elétricas do corpo; |
| (c) eletrização por contato; | () os corpos ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal; |
| (d) princípio da eletrostática. | () os corpos ficam carregados com cargas iguais, de sinais contrários |
| | () num sistema eletricamente isolado, é constante a soma algébrica das cargas elétricas; |
| | () pode ocorrer sem a existência de contato entre os corpos. |



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA - Professor Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 85 e 86

Quantização da Carga Elétrica:

Vimos anteriormente que a partícula que é transferida quando eletrizamos um corpo é sempre o elétron, somente sendo possível a transferência de quantidades inteiras de elétrons entre os corpos, pois em nosso estudo momentâneo ainda não é possível realizar a divisão de um elétron (não podemos transferir de um corpo para outro apenas meio elétron, ou dois e meio elétrons).

Sabemos que o elétron possui a menor carga elétrica que é encontrada na natureza. Esse valor de carga elétrica é igual, em valor absoluto (significa que devemos desconsiderar o sinal), à carga elétrica de um próton. Essas cargas são iguais em valor absoluto, constituindo a chamada carga elementar (**e**), que é a menor quantidade de carga elétrica que se pode transferir de um corpo para outro, possuindo o valor de: **$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$**

Sendo **n** o número de elétrons em excesso (ou em falta) de um corpo eletrizado, sua carga elétrica, em módulo, será igual ao produto do número de elétrons em excesso (ou em falta) existentes no corpo pela carga elétrica elementar. Assim, temos: **$Q = n \cdot e$** , onde: Q = Quantidade de Carga Elétrica (C);

n = número de elétrons em excesso ou em falta no corpo;
e = carga elementar (**$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$**)

Unidade de Carga Elétrica:

No Sistema Internacional de Unidades (S.I.) a unidade de **carga elétrica** é o **coulomb**, cujo o símbolo é (**C**).

Submúltiplos do coulomb:

São utilizados para facilitar a escrita de números muito grandes ou muito pequenos. Basicamente, ao escrever o número, troca-se o símbolo pelo seu valor, em potência de dez.

Submúltiplos	Símbolo	Valor (C)
Mili	m	10^{-3}
Micro	μ	10^{-6}
Nano	n	10^{-9}
Pico	p	10^{-12}

PROBLEMAS:

1 – Um corpo inicialmente neutro é eletrizado com carga **Q = 32 μC**. Qual o número de elétrons retirados do corpo? Dado: **$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$** .

DADOS: $Q = 32 \mu\text{C} \rightarrow$ Vamos substituir o Submúltiplo micro pelo seu valor. Assim: $Q = 32 \mu\text{C} \rightarrow Q = 32 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

$$Q = n \cdot e \rightarrow 32 \cdot 10^{-6} = n \cdot (1,6 \cdot 10^{-19}) \rightarrow \frac{32 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = n \rightarrow n = \frac{32}{1,6} \cdot 10^{-6-(-19)} \rightarrow n = 20 \cdot 10^{-6+19} \rightarrow n = 20 \cdot 10^{+13} e \rightarrow n = 2 \cdot 10^{+14} \text{ elétrons em falta}$$

ATENÇÃO: para padronizarmos as nossas respostas, vamos procurar “ajeitar” os números que se apresentam na frente da potência de dez de tal maneira que o número ali apresentado seja maior do que 1 e menor do 10. Assim, se deslocarmos a vírgula para a esquerda em x casas decimais deveremos aumentar (somar) o expoente da potência de dez com x. Se deslocarmos a vírgula Y casas decimais para a direita, devemos diminuir (subtrair) o número da potência de Y. Exemplo:

$Q = 255 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ → com os algarismos 255, conseguimos escrever o número 2,55, que é maior do que 1 e menor do que 10. Para tanto, deslocamos a vírgula duas casas para a esquerda e, portanto, devemos SOMAR dois ao expoente da potência. Assim, temos:
 $Q = 2,55 \cdot 10^{-7+2} \rightarrow Q = 2,55 \cdot 10^{-5} \text{ C}$

$Q = 0,8798 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ → com os algarismos 8798, conseguimos escrever o número 8,798, que é maior do que 1 e menor do que 10. Para tanto, deslocamos a vírgula uma casa para a direita e, portanto, devemos DIMINUIR um ao expoente da potência. Assim, temos:
 $Q = 8,798 \cdot 10^{-9-1} \rightarrow Q = 8,798 \cdot 10^{-10} \text{ C}$

2) Se um corpo inicialmente neutro é eletrizado com uma carga **Q = 56mC**, quantos elétrons ele perdeu nesse processo? Dado: **$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$**

$n = 3,5 \cdot 10^{17}$ elétrons em falta

3) Quantos elétrons precisam ser retirados de um corpo para que ele fique com a carga de 1C?

$n = 6,25 \cdot 10^{18}$ elétrons

4) Quantos elétrons foram retirados de um corpo que está eletrizado com a carga elétrica de **8μC**? Dado: **$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$** .

$n = 5 \cdot 10^{13}$ elétrons

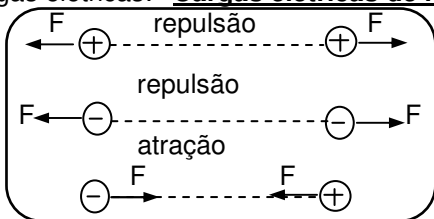
7) Determine a carga elétrica de um corpo, que inicialmente neutro, perdeu **$2,5 \cdot 10^{13}$** elétrons num processo de eletrização. Dado: **$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$** .

$Q = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

Força Elétrica – Lei de Coulomb

As experiências realizadas por cientistas importantes comprovam que durante o processo de eletrização por atrito, o número de cargas elétricas cedidas por um corpo é igual ao número de cargas elétricas recebidas pelo outro corpo. Assim, pode-se enunciar o Princípio da Conservação da Carga Elétrica: **“Num sistema eletricamente isolado, é constante a soma algébrica das cargas elétricas”**.

Também através de observação experimental, pode-se verificar que quando aproximamos corpos eletrizados um do outro, eles interagem entre si através da ação de uma Força, que pode fazer os corpos eletrizados se afastarem ou se aproximarem. Esse fato permite enunciar o Princípio da Atração e Repulsão entre as cargas elétricas: **“Cargas elétricas de mesmo sinal de repelem e de sinais contrários se atraem.”**

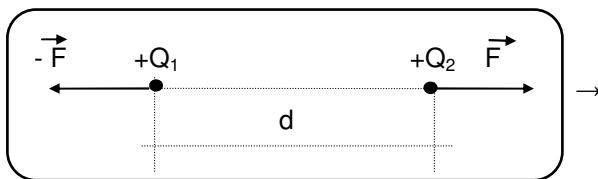


Analisando a figura ao lado, percebemos que se aproximarmos duas cargas elétricas de mesmo sinal existe uma tendência natural a que elas se afastem.

Se aproximarmos cargas elétricas de sinais diferentes, percebemos que existe uma tendência a que estas cargas elétricas se atraiam entre si.

Se essas cargas elétricas são atraídas ou repelidas entre si, isso acontece devido à ação de uma Força, que pode fazer com que as cargas elétricas se movimentem (para afastar ou aproximar). Como essa força é de natureza elétrica (cargas elétricas), vamos chamá-la de **Força Elétrica** e iremos representá-la por **F**.

A intensidade dessa Força Elétrica é obtida através da **Lei de Coulomb**, que tem por enunciado: **“As Forças de atração ou de repulsão entre duas cargas elétricas puntiformes (que tem forma de ponto, ou seja, tamanho desprezível) são diretamente proporcionais ao produto das cargas elétricas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância que as separa”**.



O esquema representa duas cargas elétricas, Q_1 e Q_2 , que se encontram separadas no espaço por uma distância d . Devido à interação entre as duas cargas elétricas, elas ficam submetidas à ação de uma força F (no exemplo, uma força de Repulsão).

Matematicamente, podemos escrever a Lei de Coulomb através da expressão:

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

onde: F = Intensidade da Força Elétrica (N);
 K = constante eletrostática do meio ($N \cdot m^2 / C^2$);
 Q_1 e Q_2 = valores das cargas elétricas (C);
 d = distância de separação entre as cargas elétricas (m).

A intensidade da Força Elétrica de atração ou de repulsão entre duas cargas elétricas quaisquer varia conforme o meio em que as cargas elétricas estão inseridas. Assim, na fórmula acima, o meio está representado pela constante eletrostática (**K**). Cada substância possui um valor para essa constante. Especificamente se o meio de separação entre as cargas elétricas for o vácuo, o valor de K será: **$K_{\text{vácuo}} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$**

PROBLEMAS:

1) Duas cargas elétricas, $Q_1 = 1\mu\text{C}$ e $Q_2 = 4\mu\text{C}$, estão separadas por uma distância de 0,3m, no vácuo. Determine a intensidade da força elétrica de repulsão entre as cargas.

DADOS:

$Q_1 = 1\mu\text{C}$

$Q_2 = 4\mu\text{C}$

Vácuo $\rightarrow K_{\text{vácuo}} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

$d = 0,3\text{m}$

$F = ???$

Como Q_1 e Q_2 estão escritos em função do submúltiplo μ (micro), devemos substituir o símbolo μ pelo seu valor: 10^{-6}
 Assim: $Q_1 = 1 \cdot 10^{-6}\text{C}$
 $Q_2 = 4 \cdot 10^{-6}\text{C}$

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

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{(0,3)^2}$$

$$F = \frac{9 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 10^{9+(-6)+(-6)}}{0,09}$$

$$F = \frac{36 \cdot 10^{9+(-6)+(-6)}}{0,09}$$

$$F = \frac{36 \cdot 10^{-3}}{0,09}$$

Como é uma multiplicação, podemos alterar a ordem dos fatores, sem alterar a equação matemática.

$$F = 400 \cdot 10^{9-6-6}$$

$$F = 400 \cdot 10^{-3}$$

$$F = 4 \cdot 10^{-3+2} \rightarrow \text{“ajutando”}$$

$$F = 4 \cdot 10^{-1} \text{ N ou } F = 0,4\text{N}$$

2) Duas cargas elétricas, $Q_1 = 15\mu\text{C}$ e $Q_2 = 40\mu\text{C}$, estão separadas por uma distância de 0,1m, no vácuo. Determine a intensidade da força elétrica de repulsão existente entre as cargas.

$$F = 540\text{N}$$

3) Duas cargas elétricas, $Q_1 = 9 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ e $Q_2 = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, estão separadas por uma distância de 0,2m, no vácuo. Determine a intensidade da força elétrica de atração existente entre elas.

ATENÇÃO: os sinais das cargas são utilizados para descobrirmos se a Força Elétrica é de atração ou de repulsão. Assim, você não precisa colocá-los nas suas contas.

$$F = 8,1\text{N}$$

4) Duas cargas elétricas, $Q_1 = 15 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ e $Q_2 = 150 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, estão separadas pela distância de 0,1m, no vácuo. Determine a intensidade da força elétrica de repulsão existente entre elas.

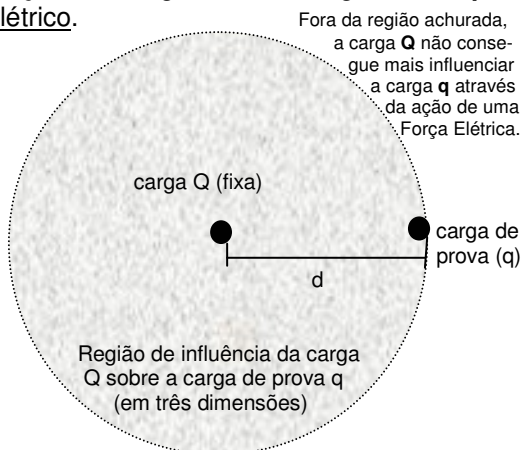
$$F = 2025\text{N}$$

5) Duas cargas elétricas, $Q_1 = -12 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ e $Q_2 = 30 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, estão separadas pela distância de 0,3m, no vácuo. Determine a intensidade da força elétrica de atração existente entre elas.

$$F = 36\text{N}$$

CAMPO ELÉTRICO: E

Imagine uma carga elétrica Q fixada num determinado ponto do espaço. Essa carga elétrica puntiforme Q modifica de alguma forma a região que a envolve, de modo que, ao colocarmos uma carga puntiforme de prova (carga de prova significa que esta carga não está fixa a um ponto qualquer, podendo se movimentar livremente, conforme desejamos) q num ponto P desta região, será constatada a existência de uma Força F , de origem elétrica, agindo em q . Neste caso, dizemos que a carga Q origina, ao seu redor, um Campo Elétrico.



Na figura ao lado, a carga Q encontra-se fixa num ponto do espaço e q é a carga de prova, que pode ser movimentada aleatoriamente, em qualquer direção, conforme desejarmos.

Conforme aumentamos a distância entre as duas cargas elétricas, a carga de prova fica submetida a uma Força Elétrica cuja intensidade é dada pela Lei de Coulomb.

Assim, quanto mais afastamos as cargas elétricas, a força elétrica existente entre elas vai diminuindo de tal maneira que a partir de uma determinada distância a força fica tão reduzida que não seria mais suficiente para movimentar a carga de prova.

Nesse limiar, dizemos que a carga q ainda está sob a influência da carga Q . Além desse limiar, a força elétrica percebida por q passa a ser praticamente nula, pois a distância entre elas é grande.

Com base no exposto e na análise dos fenômenos práticos observados, podemos definir:

Campo Elétrico: Existe uma região de influência da carga Q , onde qualquer carga de prova q , nela colocada, estará sob a ação de uma força de origem elétrica. A essa região chamamos de Campo Elétrico.

Carga Elétrica Puntiforme: é uma carga elétrica que possui dimensões muito pequenas, semelhantes à de um ponto na definição Matemática. Resumindo, são cargas elétricas muito pequenas.

CAMPO ELÉTRICO PRODUZIDO POR UMA CARGA ELÉTRICA PUNTIFORME FIXA:

Podemos calcular a intensidade do Campo Elétrico produzido por uma carga elétrica puntiforme mesclando a definição de Vetor Campo Elétrico com a Lei de Coulomb, obtendo como resultado:

$$E = \frac{K \cdot Q}{d^2}$$

onde: E = Intensidade do campo Elétrico produzido pela carga puntiforme (N/C);
 K = Constante Eletrostática do meio onde a carga se encontra ($N \cdot m^2 / C^2$);
 Q = valor da carga elétrica que está criando o campo Elétrico (C);
 d = Distância da carga elétrica ao ponto onde queremos saber o campo elétrico (m).

RELEMBRANDO: se o meio existente entre as cargas elétricas for o vácuo, o valor de K será: $K_{\text{vácuo}} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

LINHAS DE CAMPO ELÉTRICO: (ou Linhas de Força)

São as linhas que envolvem as cargas elétricas. Essas linhas são invisíveis a olho nu, mas seus efeitos são percebidos com facilidade em laboratório, comprovando a sua existência.

Por convenção, essas linhas saem das cargas elétricas positivas e entram nas cargas elétricas negativas. Assim, podemos representá-las graficamente da seguinte maneira:



ATENÇÃO: No Campo Elétrico Uniforme, a distância entre as linhas de campo elétrico são todas iguais entre si e por isso esse campo Elétrico é chamado de Uniforme. Essa condição só acontece quando a distância de separação entre as placas é relativamente pequena, pois se aumentarmos um pouco a distância, as linhas se deformam, assumindo o formato apresentado para duas cargas elétricas de sinais contrários.

Analisando as figuras apresentadas acima, podemos perceber que as linhas de Campo Elétrico produzidas por uma mesma carga elétrica nunca se cruzam. É esse fenômeno que faz surgir a Força Elétrica de atração ou de repulsão entre duas cargas elétricas (Lei de Coulomb), uma vez que ao aproximarmos as cargas elétricas de mesmo sinal, por exemplo, as linhas de Campo Elétrico precisam se deformar para que continuem sem se cruzar. Para acontecer essa deformação nas linhas de campo, existe a necessidade de se fornecer Trabalho às cargas, através da aplicação de uma Força, utilizada para aproximar as cargas elétricas.

PROBLEMAS:

- 1) Determine a intensidade do Campo Elétrico produzido por uma carga elétrica de $16 \mu\text{C}$, localizada no vácuo, a uma distância de $0,01\text{m}$ da carga.

DADOS:

$$Q = 16 \mu\text{C} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$K_{\text{vácuo}} = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

$$d = 0,01\text{m}$$

$$E = \frac{K \cdot Q}{d^2}$$

$$E = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 16 \cdot 10^{-6}}{(0,01)^2}$$

$$E = \frac{9 \cdot 16 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}{(0,0001)}$$

$$E = \frac{144}{(0,0001)} \cdot 10^{9+(-6)}$$

$$E = 1440000 \cdot 10^3 \text{ N/C}$$

$$E = 1,44 \cdot 10^9 \text{ N/C}$$

Como é uma Multiplicação, a ordem dos fatores não altera o resultado

- 2) Determine a intensidade do Campo Elétrico produzido por uma carga elétrica de $8 \mu\text{C}$, localizada no vácuo, a uma distância de $0,1\text{m}$ da carga.

$$E = 7,2 \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

- 3) Determine a intensidade do Campo Elétrico produzido por uma carga elétrica de $9 \mu\text{C}$, localizada no vácuo, a uma distância de $0,02\text{m}$ da carga.

$$E = 2,025 \cdot 10^8 \text{ N/C}$$

- 4) Determine a intensidade do Campo Elétrico produzido por uma carga elétrica de $16 \mu\text{C}$, localizada no vácuo, a uma distância de $0,1\text{m}$ da carga.

$$E = 1,44 \cdot 10^7 \text{ N/C}$$

- 5) Determine a intensidade do Campo Elétrico produzido por uma carga elétrica de $18 \mu\text{C}$, localizada no vácuo, a uma distância de $0,02\text{m}$ da carga.

$$E = 4,050 \cdot 10^8 \text{ N/C}$$



POTENCIAL ELÉTRICO PRODUZIDO POR UMA CARGA ELÉTRICA PUNTIFORME: V

Para que uma carga elétrica se movimente dentro de um material condutor, ela deve receber uma determinada quantidade de Energia, assim como qualquer outro objeto ou partícula. Essa energia recebida pela carga elétrica é utilizada para que ela se movimente de um determinado ponto a outro do espaço. Se ela recebe mais energia, pode percorrer distâncias maiores e vice-versa.

Essa energia elétrica fornecida à carga faz com que ela se movimente, uma vez que a carga elétrica fica submetida à ação de uma Força (também de origem elétrica, dada pela Lei de Coulomb), que irá produzir um deslocamento na carga elétrica. Assim, dizemos que essa Força, que produz deslocamento, realiza um Trabalho sobre a carga elétrica em questão.

Assim, podemos definir como o **Potencial Elétrico** produzido por uma carga elétrica puntiforme ao **Trabalho realizado pela Força Elétrica, por unidade de carga, para deslocar a carga elétrica do ponto onde ela se encontra até o infinito.**

O Potencial Elétrico também pode ser chamado, mais tecnicamente, de **Tensão Elétrica** ou ainda de **Diferença de Potencial (d.d.p)**. No Sistema Internacional de Unidades (S.I.), a unidade do Potencial Elétrico é o volt (V).

ATENÇÃO: popularmente, a Tensão Elétrica é conhecida como Voltagem. Esse é um termo popular, não técnico/científico, e por isso não será utilizado neste material.

Matematicamente, após uma pequena dedução matemática, podemos calcular o Potencial Elétrico através da equação:

$$V = \frac{K \cdot Q}{d}$$

onde: V = Potencial Elétrico (V);
K = Constante Eletrostática do meio ($N \cdot m^2 / C^2$);
Q = Carga Elétrica (C);
d = Distância da carga ao ponto onde queremos saber o Potencial (m).

RELEMBRANDO: se o meio existente entre as cargas elétricas for o **vácuo**, o valor de K será: $K_{\text{vácuo}} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$

PROBLEMAS:

- 1) Determine a intensidade do Potencial Elétrico produzido por uma carga elétrica de $15 \mu\text{C}$, localizada no vácuo, a uma distância de $0,01\text{m}$ da carga. *Como é multiplicação, a ordem dos fatores não altera o resultado.*

DADOS:
 $Q = 15 \mu\text{C} = 15 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
 $K_{\text{vácuo}} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$
 $d = 0,01\text{m}$
 $V = ???$

$$V = \frac{K \cdot Q}{d}$$
$$V = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 15 \cdot 10^{-6}}{0,01}$$
$$V = \frac{135}{0,01} \cdot 10^{9+(-6)}$$
$$V = 13500 \cdot 10^3$$

V = 1,35 \cdot 10^7 V
Esse é o Potencial Elétrico produzido

- 2) Determine a intensidade do Potencial Elétrico produzido por uma carga elétrica de 13nC , localizada no vácuo, a uma distância de $0,1\text{m}$ da carga. *Como é multiplicação, a ordem dos fatores não altera o resultado.*

DADOS:
 $Q = 13 \text{nC} = 13 \cdot 10^{-9} \text{ C}$
 $K_{\text{vácuo}} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$
 $d = 0,1\text{m}$
 $V = ???$

$$V = \frac{K \cdot Q}{d}$$
$$V = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 13 \cdot 10^{-9}}{0,1}$$
$$V = \frac{117}{0,1} \cdot 10^{9+(-9)}$$
$$V = 1170 \cdot 10^0$$

V = 1170 V

RELEMBRANDO → da Matemática, temos que qualquer número elevado a zero é igual a 1. Portanto, $10^0 = 1$

- 3) Determine a intensidade do Potencial Elétrico produzido por uma carga elétrica de $9 \mu\text{C}$, localizada no vácuo, a uma distância de $0,3\text{m}$ da carga.

V = 2,7 \cdot 10^5 V

- 4) Determine a intensidade do Potencial Elétrico produzido por uma carga elétrica de 3mC , localizada no vácuo, a uma distância de $0,2\text{m}$ da carga.

V = 1,35 \cdot 10^8 V

- 5) Determine a intensidade do Potencial Elétrico produzido por uma carga elétrica de $15 \mu\text{C}$, localizada no vácuo, a uma distância de $0,5\text{m}$ da carga.

V = 2,7 \cdot 10^5 V

- 6) Determine a intensidade do Potencial Elétrico produzido por uma carga elétrica de 300nC , localizada no vácuo, a uma distância de $0,9\text{m}$ da carga.

V = 3000 V



ELETRODINÂMICA:

É a parte da Física que estuda as cargas elétricas que se encontram em movimento, compondo uma corrente elétrica.

ELÉTRONS LIVRES: da Química, sabemos que quando um elétron recebe uma quantidade específica de energia, chamada de *quantun* ou *quanta de energia*, esse elétron pode passar de uma camada eletrônica mais interna para uma camada eletrônica mais externa do átomo.

Se um elétron da última camada de um átomo receber essa energia e puder realizar essa “passagem”, poderá se desprender desse átomo e ficar, por um pequeno intervalo de tempo, livre do seu átomo. Nessas condições, chamamos esse elétron de **Elétron Livre**.

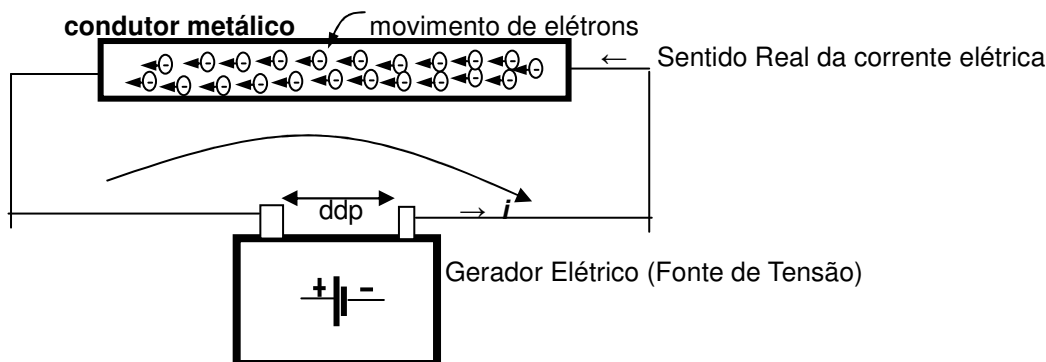
Sabe-se que esse elétron permanece nessa condição de “liberdade” por intervalos de tempo muito pequenos, uma vez que ele encontrará rapidamente um átomo onde esteja faltando um elétron e ali ele será “requisitado”, voltando novamente a fazer parte de um átomo e perdendo, assim, a denominação de elétron livre.

MATERIAIS CONDUTORES DE ELETRICIDADE: são as substâncias que apresentam, em sua estrutura, uma “grande” quantidade de elétrons livres (que são os responsáveis pela condução de corrente elétrica numa substância). São exemplos: metais em geral, alguns poucos tipos de borracha, etc.

MATERIAIS ISOLANTES DE ELETRICIDADE: são as substâncias que apresentam, em sua estrutura, uma “pequena” quantidade de elétrons livres. Assim, a substância não é boa condutora de eletricidade. São exemplos: vidro, plásticos em geral, alguns tipos de borracha, madeira seca, etc.

CORRENTE ELÉTRICA: se inserirmos um material condutor de eletricidade num Campo Elétrico, o movimento dos elétrons livres, que era totalmente desordenado, passa a ter a mesma orientação do campo elétrico, tornando-se assim um movimento bem ordenado de elétrons.

Assim, podemos definir corrente elétrica como sendo o movimento ordenado de elétrons livres que se estabelece num material condutor, devido à presença de um Campo Elétrico.



INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA: (i)

Considere um condutor metálico ligado aos terminais de um gerador elétrico. Seja **n** o número de elétrons que atravessam a seção transversal do condutor no intervalo de tempo ΔT . Como cada elétron apresenta a carga elementar (**e**), no intervalo de tempo ΔT , então passa pela seção transversal do condutor a carga elétrica de valor absoluto igual a: **Q = n . e**, onde $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C é a carga elétrica elementar (RELEMBRANDO).

Define-se intensidade média de corrente elétrica num condutor, num intervalo de tempo ΔT a razão:

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

, onde: **i** = intensidade de corrente elétrica (A);

ΔQ = quantidade de carga elétrica que atravessa o condutor (C);

Δt = intervalo de tempo analisado (s).

UNIDADE DE INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA: é a unidade elétrica fundamental do Sistema Internacional de Unidades (S.I.). É denominada de **ampère (A)**.

ATENÇÃO: popularmente, a Intensidade de Corrente Elétrica é conhecida como Amperagem. Esse é um termo popular, não técnico/científico, e por isso não será utilizado neste material.

PROBLEMAS:

1) Um condutor elétrico é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade 20A. Determine a carga elétrica que atravessa a seção transversal do fio num intervalo de tempo de 10 segundos.

DADOS: $i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$
 $i = 20 \text{ A}$
 $Q = ???$
 $\Delta t = 10\text{s}$

$$20 \cdot 10 = \Delta Q$$

$$\Delta Q = 200\text{C}$$

→ essa é a quantidade de carga elétrica que atravessa o condutor, nesse intervalo de tempo.

2) Certo aparelho eletrônico mede a passagem de $150 \cdot 10^2$ elétrons por minuto, através de uma seção transversal do condutor. Sendo a carga elementar $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, calcule a intensidade de corrente elétrica que atravessa o condutor, nesse intervalo de tempo.

DADOS:
 $n = 150 \cdot 10^2$ elétrons
 $\Delta t = 1 \text{ min} = 60\text{s}$
 $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C
 $i = ???$

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

Não temos ΔQ ↓
 $\Delta Q = n \cdot e$
 ver página 04

$$\Delta Q = 150 \cdot 10^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

$$\Delta Q = 2,4 \cdot 10^{-15} \text{ C}$$

Agora que possuímos o valor de ΔQ , podemos calcular a intensidade de corrente elétrica: 60

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

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

$$i = \frac{2,4 \cdot 10^{-15} \text{ C}}{60}$$

$$i = 4 \cdot 10^{-17} \text{ A}$$

3) Um fio metálico é percorrido por uma Corrente Elétrica contínua e constante de intensidade 8A. Sabe-se que uma carga elétrica de 32C atravessa uma seção transversal do fio num intervalo de tempo ΔT . Determine o intervalo de tempo Δt .

DADOS:
 $i = 8\text{A}$
 $\Delta Q = 32\text{C}$
 $\Delta t = ???$

Vamos aplicar a definição de intensidade de Corrente Elétrica:
 $i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$

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

$$8 = \frac{32}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{32}{8}$$

$$\Delta t = 4\text{s}$$

Esse é o intervalo de tempo que está sendo analisado.

4) Um condutor elétrico é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade 10A. Determine a carga elétrica que atravessa a seção transversal do fio num intervalo de tempo de 60 segundos.

$$\Delta Q = 600\text{C}$$

5) Certo aparelho eletrônico mede a passagem de $1,95 \cdot 10^6$ elétrons por minuto, através de uma seção transversal do condutor. Sendo a carga elementar $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, calcule a intensidade de corrente elétrica que atravessa o condutor, nesse intervalo de tempo.

$$\Delta Q = 3,12 \cdot 10^{-13} \text{ C}$$

$$i = 5,2 \cdot 10^{-15} \text{ A}$$

6) Um fio metálico é percorrido por uma Corrente Elétrica contínua e constante de intensidade 45A. Sabe-se que uma carga elétrica de 4500C atravessa uma seção transversal do fio num intervalo de tempo ΔT . Determine o intervalo de tempo Δt .

$$\Delta t = 100\text{s}$$

7) Certo aparelho elétrico mede a passagem de $396 \cdot 10^{14}$ elétrons por minuto, através de uma seção transversal do condutor. Sendo a carga elementar $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, calcule a intensidade de corrente elétrica que atravessa o condutor, nesse intervalo de tempo.

$$\Delta Q = 6,336 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

$$i = 1,056 \cdot 10^{-4} \text{ A}$$

8) Defina Corrente Elétrica.

9) Defina Intensidade de Corrente Elétrica.



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
DISCIPLINA: FÍSICA Professor: Ronald Wykrota (wykrota@uol.com.br)
AULAS 97 e 98

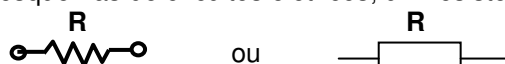
RESISTÊNCIA ELÉTRICA (R): é a oposição à passagem de uma corrente elétrica que os materiais apresentam. Essa oposição dificulta a passagem da corrente elétrica no material. Quanto maior a resistência elétrica do material, mais difícil se torna para a corrente elétrica atravessar o corpo.

No Sistema Internacional, a unidade de Resistência elétrica é o ohm (Ω).

RESISTORES: Nos aquecedores elétricos em geral (chuveiros elétricos, torneiras elétricas, ferros elétricos etc.), ocorre a transformação de Energia Elétrica em Energia Térmica. O fenômeno da transformação de Energia Elétrica em Energia Térmica é denominado de **Feito Térmico ou Efeito Joule**.

O elemento de circuito cuja função exclusiva é efetuar a conversão de Energia Elétrica em Energia Térmica recebe o nome de **Resistor**. Esse resistor é um componente eletro-eletrônico que possui valor de Resistência Elétrica pré-estabelecido.

Em esquemas de circuitos elétricos, um resistor é representado pelos seguintes símbolos:



LEI DE OHM: O físico alemão George Simon Ohm verificou que num Resistor, percorrido por uma corrente elétrica (i), quando entre seus terminais for aplicada a d.d.p. (U) e for mantida a temperatura constante, o quociente da Tensão pela respectiva intensidade de corrente elétrica era uma constante característica do resistor.

$$\boxed{U/i = \text{constante} = R \text{ (Resistência Elétrica do Resistor)}}$$

Através dessa observação prática, podemos enunciar a **Primeira Lei de Ohm**: Para um resistor Ôhmico, a intensidade de corrente elétrica que atravessa o resistor é diretamente proporcional à Tensão aplicada aos seus terminais.

Um resistor que obedece à 1ª Lei de Ohm é denominado de **Resistor Ôhmico**. Para esse resistor, se elaborarmos um gráfico da Tensão X Intensidade de Corrente Elétrica, obteremos sempre uma reta crescente, pois existe uma relação diretamente proporcional entre as grandezas Tensão e Intensidade da Corrente Elétrica.

Matematicamente: $\boxed{U = R \cdot i}$, onde: U = Tensão aplicada ao resistor (V);
 R = Resistência elétrica do resistor (Ω);
 i = intensidade de corrente elétrica (A).

PROBLEMAS:

1) Um resistor tem resistência elétrica igual a 50Ω . Calcule a intensidade de corrente elétrica que o atravessará se ele for submetido a uma tensão de 60V.

DADOS: Vamos aplicar a Primeira Lei de Ohm: $\rightarrow \boxed{U = R \cdot i} \rightarrow \text{isolando } i \rightarrow \frac{60}{50} = i \rightarrow \boxed{i = 1,2A}$ \rightarrow Essa é a intensidade de Corrente Elétrica que irá circular pelo Resistor.

$R = 50\Omega$
 $U = 60V$
 $i = ???$

2) Um resistor ôhmico, quando submetido à uma tensão de 20V, é atravessado por uma corrente elétrica de intensidade 4A. Qual é a Resistência elétrica do resistor?

DADOS: Vamos aplicar a Primeira Lei de Ohm: $\rightarrow \boxed{U = R \cdot i} \rightarrow \text{isolando } R \rightarrow \frac{20}{4} = R \rightarrow \boxed{R = 5\Omega}$ \rightarrow Essa é a Resistência elétrica do Resistor utilizado.

$U = 20V$
 $i = 4A$
 $R = ???$

3) Um resistor ôhmico, quando submetido à uma tensão de 100V, é atravessado por uma corrente elétrica de intensidade 5A. Qual deve ser a tensão aplicada aos terminais desse resistor para que ele seja percorrido por uma corrente elétrica de intensidade 1,2A?

DADOS: $i = 5A$, $U = 100V$, $R = ???$

\rightarrow NÃO temos a resistência do Resistor. Assim, vamos aplicar a 1ª Lei de Ohm para calcularmos a sua Resistência. $\rightarrow \boxed{U = R \cdot i}$

Primeira Lei de Ohm: $\rightarrow \frac{100}{5} = R \rightarrow \boxed{R = 20\Omega}$

\rightarrow Agora que sabemos a resistência, podemos aplicar novamente a 1ª Lei de Ohm para descobrir a nova tensão aplicada ao resistor: $\rightarrow \boxed{U = R \cdot i}$

$\rightarrow \frac{U}{1,2} = 20 \rightarrow \boxed{U = 24V}$ \downarrow Esta é a nova tensão que deve ser aplicada.

4) Um resistor tem resistência igual a 150Ω . Calcule a intensidade de corrente que o atravessará se ele for submetido a uma tensão de 75V.

$$\boxed{i = 0,5A}$$

5) Um resistor ôhmico, quando submetido à uma tensão de 120V, é atravessado por uma corrente elétrica de intensidade 2A. Qual é a resistência elétrica do resistor?

$$\boxed{R = 60\Omega}$$

6) Um resistor ôhmico, quando submetido a uma tensão de 150V, é atravessado por uma corrente elétrica de intensidade 15A. Qual deve ser a tensão aplicada aos terminais desse resistor para que ele seja percorrido por uma corrente elétrica de intensidade 20A?

$$\boxed{U = 200V}$$



Circuito Elétrico:

É o caminho fechado por onde uma Corrente Elétrica pode circular e proporcionar os efeitos que são desejados.

ASSOCIAÇÕES DE RESISTORES:

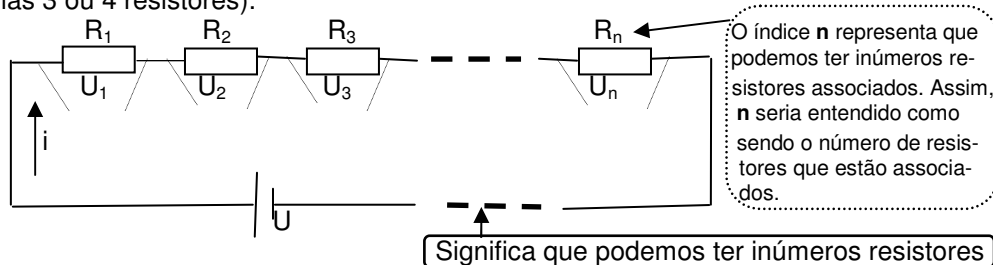
Em vários casos práticos existe a necessidade de se utilizar resistores de valores que não são encontrados no comércio. Nestes casos, para se chegar ao valor de Resistência Elétrica que se faz necessário é comum associar resistores até que se obtenha o valor que é desejado.

Os resistores podem ser associados de diversos modos. Basicamente, existem três modos distintos de associá-los: em **série**, em **paralelo** e a associação **mista** (que envolve simultaneamente a associação em série e em paralelo ao mesmo tempo).

Em qualquer associação de resistores, denomina-se de **Resistor Equivalente (R_e)** ao resistor que pode substituir todos os resistores de uma associação, proporcionando exatamente o mesmo efeito ao circuito que todos os resistores juntos.

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE:

Vários resistores estão associados em série quando são conectados entre si de maneira seriada, ou seja, ligados um em seguida do outro, **de modo a serem percorridos pela mesma Corrente Elétrica**. Abaixo, segue um esquema simplificado que mostra um exemplo genérico de resistores associados em série. A parte tracejada pode ser entendida como sendo uma continuação do circuito, pois podemos associar vários resistores simultaneamente (e não apenas 3 ou 4 resistores).



Características importantes da Associação em Série de Resistores:

- a intensidade da corrente elétrica (i) em cada resistor é a mesma, pois só existe um caminho para que os elétrons livres se movimentem. Assim, temos que: $i = i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_n$

- a tensão da fonte (U) é igual a soma das tensões existentes em cada um dos resistores. Assim, temos que: $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$

- aplicando-se a Primeira Lei de Ohm nas propriedades acima, pode-se chegar à conclusão de que **a Resistência Equivalente (R_{eq}) de uma Associação em Série de Resistores pode ser obtida através da soma das resistências elétricas de cada um dos resistores**. Assim, temos que: $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$

PROBLEMAS:

1) Um resistor $R_1 = 5 \Omega$ e um resistor $R_2 = 20 \Omega$ são associados em série e a essa associação aplica-se uma tensão de 100 V. Calcule:

a) Qual a resistência equivalente da associação?

DADOS:

$R_1 = 5 \Omega$
 $R_2 = 20 \Omega$
 $U = 100V$

Como só temos dois resistores associados:
 $R_{eq} = R_1 + R_2$

$$R_{eq} = 5 + 20$$

$$R_{eq} = 25 \Omega$$

Isto significa que os dois resistores podem ser substituídos por um único resistor de valor 25Ω sem causar alterações as características do circuito.

b) Qual é a intensidade de corrente elétrica total (i) na associação?

DADOS:
 $R_{eq} = 25 \Omega$
 $U = 100V$

Como queremos a intensidade de Corrente Elétrica total, devemos considerar o circuito como um todo. Assim, a resistência a ser considerada é a Resistência Equivalente (R_{eq}).

Aplicando a 1ª Lei de Ohm ao circuito total, temos:
 $U = R_{eq} \cdot i$

$$U = R_{eq} \cdot i \rightarrow 100 = 25 \cdot i \rightarrow i = \frac{100}{25} \rightarrow i = 4A$$

c) Qual é a intensidade da Corrente Elétrica em cada resistor?

Como temos uma associação em Série de Resistores, a intensidade da corrente elétrica que circula por todos os resistores é igual à corrente Elétrica total. Assim, temos que: $i = i_1 = i_2 = 4A$ → resposta do item c).

d) Qual é a tensão em cada resistor associado ($U_1 = ???$ e $U_2 = ???$)?

DADOS:
 $R_1 = 5 \Omega$
 $R_2 = 20 \Omega$
 $U = 100V$
 $U_1 = ???$
 $U_2 = ???$
 $i = i_1 = i_2 = 4A \rightarrow$ intensidade de corrente elétrica total, calculada no item c)

Como já calculamos a intensidade de corrente elétrica em cada resistor ($i_1 = i_2 = 4 A$), basta aplicarmos a 1ª Lei de Ohm para cada resistor. Assim, temos:

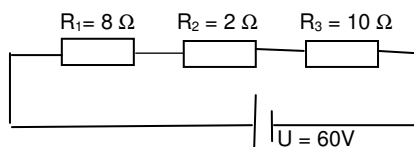
$U_1 = R_1 \cdot i$ e $U_2 = R_2 \cdot i$

$U_1 = R_1 \cdot i$
 $U_1 = 5 \cdot 4$
 $U_1 = 20V$ Tensão no resistor 1

$U_2 = R_2 \cdot i$
 $U_2 = 20 \cdot 4$
 $U_2 = 80V$ Tensão no resistor 2

ATENÇÃO: pelas propriedades da associação em série de resistores, se somarmos as tensões em cada um dos resistores (U_1 e U_2 , neste caso) devemos obter, obrigatoriamente, o valor da Tensão da Fonte (U). Assim, temos que: $U = U_1 + U_2$
 $U = 20 + 80$
 $U = 100V$
 Esta é a tensão da fonte, segundo o enunciado do problema

2) Para o circuito ao lado, determine:



a) Qual é a resistência equivalente (R_{eq}) da associação?

DADOS:
 $R_1 = 8 \Omega$
 $R_2 = 2 \Omega$
 $R_3 = 10 \Omega$
 $U = 60V$

Como só temos três resistores associados, temos:
 $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$

$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$
 $R_{eq} = 8 + 2 + 10$

$R_{eq} = 20 \Omega$

Essa é a Resistência Equivalente da Associação de resistores.

b) Qual é a intensidade de corrente elétrica total (i) na associação?

DADOS:
 $R_{eq} = 20 \Omega$
 $U = 60V$
 Como queremos a intensidade de corrente elétrica total, devemos considerar o circuito como um todo. Assim, a resistência elétrica a ser considerada é a Resistência Equivalente (R_{eq})

Aplicando a 1ª Lei de Ohm ao circuito total, temos:
 $U = R_{eq} \cdot i$

$U = R_{eq} \cdot i$
 $60 = 20 \cdot i \rightarrow i = 3A$
 $\frac{60}{20} = i$
 $3 = i$

c) Qual é a intensidade da Corrente Elétrica em cada resistor?

Como temos uma associação em Série de Resistores, a intensidade da corrente elétrica que circula por todos os resistores é igual à corrente Elétrica total. Assim, temos que: $i = i_1 = i_2 = i_3 = 3 A \rightarrow$ resposta do item c).

d) Qual é a tensão em cada resistor associado ($U_1 = ???$, $U_2 = ???$ e $U_3 = ???$)?

DADOS:
 $R_1 = 8 \Omega$
 $R_2 = 2 \Omega$
 $R_3 = 10 \Omega$
 $U = 60V$
 $i = 3A$
 $U_1 = ???$
 $U_2 = ???$
 $U_3 = ???$

Como já calculamos a intensidade de corrente elétrica total, vamos aplicar a Primeira Lei de Ohm para cada Resistor

$U_1 = R_1 \cdot i$, $U_2 = R_2 \cdot i$, $U_3 = R_3 \cdot i$

$U_1 = R_1 \cdot i$
 $U_1 = 8 \cdot 3$
 $U_1 = 24V$

$U_2 = R_2 \cdot i$
 $U_2 = 2 \cdot 3$
 $U_2 = 6V$

$U_3 = R_3 \cdot i$
 $U_3 = 10 \cdot 3$
 $U_3 = 30V$

ATENÇÃO: pelas propriedades da associação em série de resistores, se somarmos as tensões em cada um dos resistores (U_1 , U_2 e U_3 , neste caso) devemos obter, obrigatoriamente, o valor da Tensão da Fonte (U). Assim, temos que: $U = U_1 + U_2 + U_3$
 $U = 24 + 6 + 30$
 $U = 60V \rightarrow$ Esta é a tensão da fonte, segundo o enunciado do problema

3) Um resistor $R_1 = 50 \Omega$ e um resistor $R_2 = 10 \Omega$ são associados em série e a essa associação aplica-se uma tensão de 1200 V. Calcule:

a) Qual a resistência equivalente da associação?

$R_{eq} = 60 \Omega$

b) Qual a intensidade de corrente elétrica total na associação?

$i = 20A$

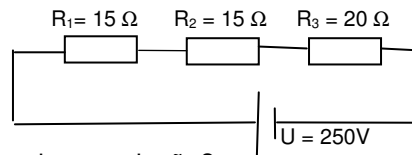
c) Qual é a intensidade de corrente elétrica em cada resistor?

$i = i_1 = i_2 = 20 A$

d) Qual é a tensão em cada resistor associado ($U_1 = ???$, $U_2 = ???$)?

$U_1 = 1000V$; $U_2 = 200V$

4) Para o circuito ao lado, determine:



a) Qual é a resistência equivalente da associação?

$R_{eq} = 50\ \Omega$

b) Qual é a intensidade de corrente elétrica total na associação?

$i = 5\text{A}$

c) Qual é a intensidade de corrente elétrica em cada resistor?

$i = i_1 = i_2 = i_3 = 5\text{A}$

d) Qual é a tensão em cada resistor associado ($U_1 = ???$, $U_2 = ???$ e $U_3 = ???$)?

$U_1 = 75\text{V}$; $U_2 = 75\text{V}$; $U_3 = 100\text{V}$

5) Um resistor $R_1 = 100\ \Omega$ e um resistor $R_2 = 80\ \Omega$ são associados em série e a essa associação aplica-se uma tensão de 360 V. Calcule:

a) Qual a resistência equivalente da associação?

$R_{eq} = 180\ \Omega$

b) Qual a intensidade de corrente elétrica total na associação?

$i = 2\text{A}$

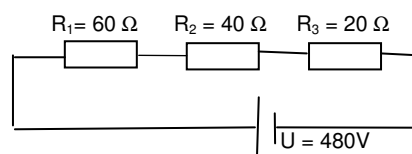
c) Qual é a intensidade de corrente elétrica em cada resistor?

$i = i_1 = i_2 = 2\text{A}$

d) Qual é a tensão em cada resistor associado ($U_1 = ???$, $U_2 = ???$)?

$U_1 = 200\text{V}$; $U_2 = 160\text{V}$

6) Para o circuito ao lado, determine:



a) Qual é a resistência equivalente da associação?

$R_{eq} = 120\ \Omega$

b) Qual é a intensidade de corrente elétrica total na associação?

$i = 4\text{A}$

c) Qual é a intensidade de corrente elétrica em cada resistor?

$i = i_1 = i_2 = i_3 = 4\text{A}$

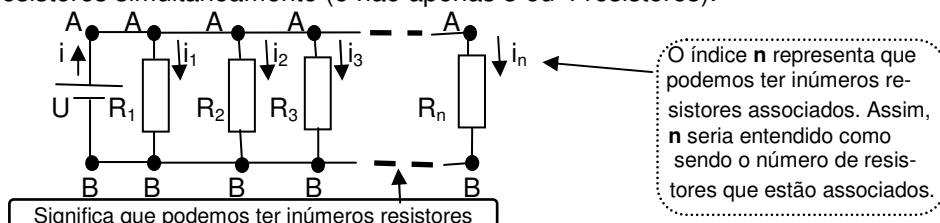
d) Qual é a tensão em cada resistor associado ($U_1 = ???$, $U_2 = ???$ e $U_3 = ???$)?

$U_1 = 240\text{V}$; $U_2 = 160\text{V}$; $U_3 = 80\text{V}$



ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO:

Vários resistores estão associados em paralelo quando são conectados entre si de maneira a que fiquem dispostos paralelamente, ou seja, ligados um ao lado do outro, de modo a serem percorridos, cada um, por uma intensidade de corrente elétrica. Abaixo, segue um esquema simplificado que mostra um exemplo genérico de resistores associados em paralelo. A parte tracejada pode ser entendida como sendo uma continuação do circuito, pois podemos associar vários resistores simultaneamente (e não apenas 3 ou 4 resistores).



Olhando para o circuito apresentado acima, percebe-se que todos os resistores (R_1, R_2, R_3, R_n) estão conectados aos pontos A e B, caracterizando assim uma associação em paralelo de resistores.

Características importantes da Associação em Paralelo de Resistores:

- a tensão da fonte (**U**) é igual à tensão em cada um dos resistores, pois cada um deles está conectado diretamente à fonte de tensão, através dos pontos A e B. Assim, temos: $U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$

- como cada resistor está sendo submetido à tensão (**U**) da fonte, cada um dos resistores será percorrido por uma corrente elétrica. Para determinarmos a intensidade da corrente elétrica total que sai da fonte (**i**), basta somarmos as intensidades das correntes elétricas em cada um dos resistores. Assim, temos:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$

- aplicando-se a Primeira Lei de Ohm nas propriedades acima, pode-se chegar à conclusão de que a **Resistência Equivalente de uma Associação em Paralelo de Resistores pode ser obtida através da fórmula:**

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

ATENÇÃO → **CASOS PARTICULARES:** devem ser utilizados sempre que for possível, pois facilitam as contas, uma vez que não há necessidade de aplicar a fórmula geral, tirar mínimo múltiplo comum, etc.

I) CIRCUITOS COM APENAS DOIS RESISTORES (R_1 e R_2), DE QUAISQUER VALORES (DIFERENTES):

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \rightarrow \text{Só pode ser utilizado para circuitos que apresentem APENAS dois resistores, de valores diferentes.}$$

II) VÁRIOS RESISTORES, TODOS DE MESMO VALOR (TODOS COM VALORES IGUAIS):

$$R_{eq} = \frac{R}{n}, \text{ onde: } R_{eq} = \text{resistência equivalente } (\Omega);$$

$R = \text{Valor de um dos resistores } (\Omega);$ → como são todos resistores iguais (de mesmo valor), podemos escolher qualquer um deles para aplicar na fórmula.

$n = \text{número de resistores associados.}$

PROBLEMAS:

1) Um resistor de $R_1 = 5 \Omega$ e um resistor de $R_2 = 20 \Omega$ são associados em paralelo e conectados à uma fonte de tensão de 100 V. Calcule:

a) Qual a resistência equivalente (R_{eq}) da associação?

DADOS: Podemos utilizar algum dos casos particulares??

$R_1 = 5 \Omega$ **SIM**, pois temos apenas dois resistores. Assim, vamos utilizar a fórmula do **CASO PARTICULAR I**:

$R_2 = 20 \Omega$

$U = 100V$

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \rightarrow R_{eq} = \frac{5 \cdot 20}{5 + 20} \rightarrow R_{eq} = \frac{100}{25} \rightarrow R_{eq} = 4 \Omega \downarrow$$

Essa é a Resistência Equivalente do Circuito

b) Qual é a tensão em cada resistor?

Como os resistores estão associados em paralelo, uma das características dessa associação é que **TODOS** os resistores estão submetidos à tensão da fonte. Assim:

$$U = U_1 = U_2 = 100V \rightarrow \text{os resistores apresentam tensões iguais}$$

c) Qual é a intensidade de corrente elétrica em cada resistor?

DADOS: Como temos a tensão (U_1 e U_2) em cada resistor e as suas resistências elétricas (R_1 e R_2), vamos aplicar a Primeira Lei de Ohm para cada Resistor. Assim, temos:

$$U_1 = R_1 \cdot i_1 \quad U_2 = R_2 \cdot i_2$$

$R_1 = 5 \Omega$ → $U_1 = R_1 \cdot i_1$ $U_2 = R_2 \cdot i_2$

$R_2 = 20 \Omega$ $100 = 5 \cdot i_1$ $100 = 20 \cdot i_2$

$U_1 = 100V$ $i_1 = \frac{100}{5}$ $i_2 = \frac{100}{20}$

$U_2 = 100V$ $i_1 = 20A$ $i_2 = 5A$

$i_1 = ???$

$i_2 = ???$

d) Qual a intensidade de corrente elétrica total na associação?

DADOS:
 $R_1 = 5 \Omega$
 $R_2 = 20 \Omega$
 $U = 100V$
 $R_{eq} = 4 \Omega$

Como queremos a corrente TOTAL, devemos considerar o circuito todo, através da sua Resistência Equivalente. Assim, aplicando a Primeira Lei de Ohm, temos:

$$U = R_{eq} \cdot i$$

$$\begin{aligned} \rightarrow U &= R_{eq} \cdot i \\ 100 &= 4 \cdot i \rightarrow i = 25A \\ \frac{100}{4} &= i \end{aligned}$$

ATENÇÃO:
 Note que se somarmos as correntes em cada um dos resistores, obtemos a corrente total: $i = i_1 + i_2$
 $i = 20 + 5 = 25A$

2) Associam-se em paralelo dois resistores de resistências $R_1 = 20 \Omega$ e $R_2 = 30 \Omega$ e a essa associação aplica-se uma tensão de 120 V. Calcule:

a) Qual a resistência equivalente da associação?

$$R_{eq} = 12 \Omega$$

b) Qual é a tensão em cada resistor?

$$U_1 = 120V \text{ e } U_2 = 120V$$

c) Qual é a intensidade de corrente elétrica em cada resistor?

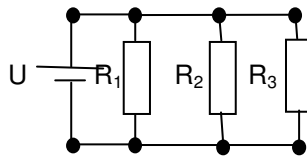
$$i_1 = 6A \text{ e } i_2 = 4A$$

d) Qual é a intensidade de corrente elétrica total na associação?

$$i = 10A$$

3 – Para o circuito ao lado, determine:

DADOS: $U = 90V$; $R_1 = 30\Omega$; $R_2 = 30\Omega$; $R_3 = 30\Omega$



a) A resistência Equivalente da Associação:

DADOS:
 $R_1 = 30\Omega$
 $R_2 = 30 \Omega$
 $U = 90V$
 $R_3 = 30 \Omega$

Podemos utilizar algum dos casos particulares??
SIM, pois temos apenas resistores de mesmo valor (iguais). Assim, vamos utilizar o **CASO PARTICULAR II**:

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

$$\begin{aligned} R_{eq} &= \frac{R}{n} \\ R_{eq} &= \frac{30}{3} \end{aligned}$$

$$R_{eq} = 10\Omega$$

Essa é a Resistência Equivalente do circuito apresentado.

b) Qual é a tensão em cada um dos resistores?

Como os resistores estão associados em paralelo, uma das características dessa associação é que **TODOS os resistores** estão submetidos à tensão da fonte. Assim:
 $U = U_1 = U_2 = U_3 = 90V$ → os resistores apresentam tensões iguais

c) Qual é a intensidade de corrente elétrica em cada um dos resistores?

DADOS:
 $R_1 = 30 \Omega$
 $R_2 = 30 \Omega$
 $R_3 = 30 \Omega$
 $U_1 = 90V$
 $U_2 = 90V$
 $U_3 = 90V$
 $i_1 = ???$
 $i_2 = ???$
 $i_3 = ???$

Como temos as tensões (U_1 , U_2 e U_3) em cada resistor e as suas resistências elétricas (R_1 , R_2 e R_3), vamos aplicar a Primeira Lei de Ohm para cada um dos resistores. Assim, temos:

$$U_1 = R_1 \cdot i_1 ; U_2 = R_2 \cdot i_2 ; U_3 = R_3 \cdot i_3$$

$$U_1 = R_1 \cdot i_1$$

$$90 = 30 \cdot i_1$$

$$i_1 = \frac{90}{30}$$

$$i_1 = 3A$$

$$U_2 = R_2 \cdot i_2$$

$$90 = 30 \cdot i_2$$

$$i_2 = \frac{90}{30}$$

$$i_2 = 3A$$

$$U_3 = R_3 \cdot i_3$$

$$90 = 30 \cdot i_3$$

$$i_3 = \frac{90}{30}$$

$$i_3 = 3A$$

ATENÇÃO: neste caso, como todos os resistores são iguais, deve ocorrer de as intensidades de corrente elétrica nos resistores serem iguais também ($i_1 = i_2 = i_3$)

d) Qual a intensidade de corrente elétrica total na associação?

DADOS:
 $R_{eq} = 10 \Omega$
 $U = 90V$

Como queremos a corrente TOTAL, devemos considerar o circuito todo, através da sua Resistência Equivalente. Assim, aplicando a Primeira Lei de Ohm, temos:

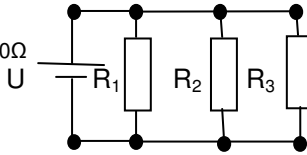
$$U = R_{eq} \cdot i$$

$$\begin{aligned} \rightarrow U &= R_{eq} \cdot i \\ 90 &= 10 \cdot i \\ i &= \frac{90}{10} \\ i &= 9A \end{aligned}$$

ATENÇÃO:
 Note que se somarmos as correntes em cada um dos resistores, obtemos a corrente total i .
 $i = i_1 + i_2 + i_3 \rightarrow i = 3 + 3 + 3 \rightarrow i = 9A$

3 – Para o circuito ao lado, determine:

DADOS: $U = 240V$; $R_1 = 120\Omega$; $R_2 = 120\Omega$; $R_3 = 120\Omega$



a) A resistência Equivalente (R_{eq}) da Associação:

$$R_{eq} = 40\Omega$$

b) Qual é a tensão em cada um dos resistores?

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = 240V$$

c) Qual é a intensidade de corrente elétrica em cada um dos resistores?

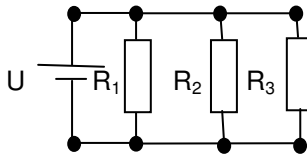
$$i_1 = 2A ; i_2 = 2A ; i_3 = 2A$$

d) Qual a intensidade de corrente elétrica total na associação?

$$i = 6A$$

4 – Para o circuito ao lado, determine:

DADOS: $U = 48V$; $R_1 = 12\Omega$; $R_2 = 12\Omega$; $R_3 = 12\Omega$



a) A resistência Equivalente da Associação:

$$R_{eq} = 4\Omega$$

b) Qual é a tensão em cada um dos resistores?

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = 48V$$

c) Qual é a intensidade de corrente elétrica em cada um dos resistores?

$$i_1 = 4A ; i_2 = 4A ; i_3 = 4A$$

d) Qual a intensidade de corrente elétrica total na associação?

$$i = 12A$$



ASSOCIAÇÃO MISTA DE RESISTORES:

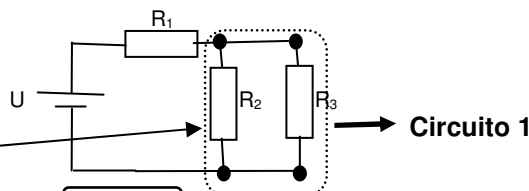
As associações mistas de resistores são chamadas assim, pois contêm associações em **Paralelo** e associações em **Série** de resistores, simultaneamente, no mesmo circuito. Qualquer associação mista pode ser substituída por um resistor equivalente, que se obtém considerando-se que cada associação parcial (série ou paralelo) equivale a apenas um resistor, simplificando aos poucos o desenho da associação.

Para entender melhor, vamos aos problemas.

PROBLEMAS:

'1) Para a associação de resistores do circuito ao lado, calcule:

DADOS: $U = 120V$; $R_1 = 30\Omega$; $R_2 = 20\Omega$; $R_3 = 20\Omega$



a) a resistência equivalente total;

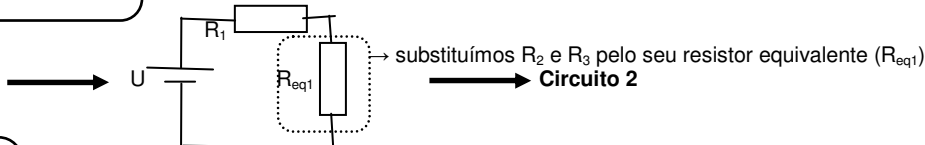
DADOS:
 $U = 120V$
 $R_1 = 30\Omega$
 $R_2 = 20\Omega$
 $R_3 = 20\Omega$

I) Vamos resolver primeiro a associação em paralelo dos resistores R_2 e R_3 , que são resistores de mesmo valor:

$$R_{eq1} = \frac{R}{n}$$

$$\rightarrow R_{eq1} = \frac{R}{n} \rightarrow R_{eq1} = \frac{20}{2} \rightarrow R_{eq1} = 10\Omega \rightarrow \text{do paralelo entre } R_2 \text{ e } R_3$$

II) Trocando os resistores R_2 e R_3 pelo Resistor Equivalente calculado (R_{eq1}) e re-desenhando o circuito, temos:



III) Agora temos uma associação em série de dois resistores. Assim, para calcularmos a Resistência Equivalente total (R_{eq}), basta somarmos R_1 e R_{eq1} :

$$R_{eq} = R_1 + R_{eq1}$$

$$R_{eq} = R_1 + R_{eq1}$$

$$R_{eq} = 30 + 10$$

$$R_{eq} = 40\Omega$$

Resistência Equivalente Total dessa Associação Mista

b) a intensidade de corrente elétrica total que sai da fonte;

$R_{eq} = 40\Omega$

Vamos aplicar a Primeira Lei de Ohm para o circuito Todo, utilizando a Resistência Equivalente:

$$U = R_{eq} \cdot i$$

$U = 120V$

$$U = R_{eq} \cdot i$$

$$120 = 40 \cdot i$$

$$i = \frac{120}{40}$$

$$i = 3A$$

Essa é a intensidade total de corrente elétrica

c) a tensão em cada resistor ($U_1 = ??$; $U_2 = ??$; $U_3 = ??$);

$R_1 = 30\Omega$
 $R_{eq1} = 10\Omega$
 $U = 120V$
 $U_1 = ???$
 $U_2 = ???$
 $U_3 = ???$

I) Vamos aplicar a Primeira Lei de Ohm para cada Resistor do circuito 2, que é mais simples:

$$U_1 = R_1 \cdot i \quad \text{e} \quad U_{eq1} = R_{eq1} \cdot i$$

$$U_1 = R_1 \cdot i$$

$$U_1 = 30 \cdot 3 \rightarrow U_1 = 90V$$

$$U_{eq1} = R_{eq1} \cdot i$$

$$U_{eq1} = 10 \cdot 3 \rightarrow U_{eq1} = 30V$$

Como os resistores R_2 e R_3 foram substituídos dos por R_{eq1} no circuito 2, estão submetidos à mesma tensão. Assim:
 $U_{eq1} = U_2 = U_3 = 30V$

Assim, temos: $U_1 = 90V$, $U_2 = 30V$ e $U_3 = 30V$

d) a intensidade de corrente elétrica em cada resistor ($i_1 = ??$; $i_2 = ??$; $i_3 = ??$):

DADOS:

$R_1 = 30\Omega$
 $R_2 = 20\Omega$
 $R_3 = 20\Omega$
 $U_1 = 90V$
 $U_2 = 30V$
 $U_3 = 30V$
 $i_1 = ???$
 $i_2 = ???$
 $i_3 = ???$

Vamos aplicar a Primeira Lei de Ohm para cada Resistor

$$U_1 = R_1 \cdot i_1 \quad \text{e} \quad U_2 = R_2 \cdot i_2 \quad \text{e} \quad U_3 = R_3 \cdot i_3$$

$$\rightarrow U_1 = R_1 \cdot i_1 \rightarrow U_2 = R_2 \cdot i_2 \rightarrow U_3 = R_3 \cdot i_3$$

$$90 = 30 \cdot i_1 \quad 30 = 20 \cdot i_2 \quad 30 = 20 \cdot i_3$$

$$i_1 = \frac{90}{30} \quad i_2 = \frac{30}{20} \quad i_3 = \frac{30}{20}$$

$$i_1 = 3A$$

$$i_2 = 1,5A$$

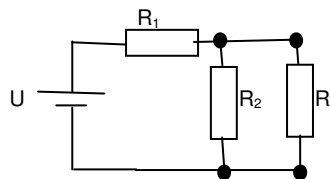
$$i_3 = 1,5A$$

Assim, temos: $i_1 = 3A$, $i_2 = 1,5A$ e $i_3 = 1,5A$ são as correntes em cada resistor

2) Para a associação de resistores do circuito ao lado, calcule:

DADOS: $U = 60V$; $R_1 = 10\Omega$; $R_2 = 10\Omega$; $R_3 = 10\Omega$

a) a resistência equivalente total;



$$R_2 = 15\Omega$$

b) a intensidade de corrente elétrica total que sai da fonte;

$$i = 4A$$

c) a tensão em cada resistor;

$$U_1 = 40V ; U_2 = 20V ; U_3 = 20V$$

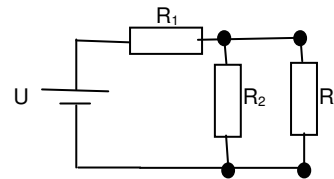
d) a intensidade de corrente elétrica em cada resistor:

$$i_1 = 4A ; i_2 = 2A ; i_3 = 2A$$

3) Para a associação de resistores do circuito ao lado, calcule:

DADOS: $U = 200V$; $R_1 = 90\Omega$; $R_2 = 20\Omega$; $R_3 = 20\Omega$

a) a resistência equivalente total;



$$R_{eq} = 100\Omega$$

b) a intensidade de corrente elétrica total que sai da fonte;

$$i = 2A$$

c) a tensão em cada resistor;

$$U_1 = 180V ; U_2 = 20V ; U_3 = 20V$$

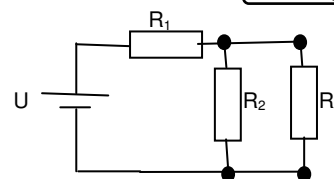
d) a intensidade de corrente elétrica em cada resistor:

$$i_1 = 2A ; i_2 = 1A ; i_3 = 1A$$

4) Para a associação de resistores do circuito ao lado, calcule:

DADOS: $U = 20V$; $R_1 = 5\Omega$; $R_2 = 10\Omega$; $R_3 = 10\Omega$

a) a resistência equivalente total;



$$R_{eq} = 10\Omega$$

b) a intensidade de corrente elétrica total que sai da fonte;

$$i = 2A$$

c) a tensão elétrica em cada um dos resistores;

$$U_1 = 10V ; U_2 = 10V ; U_3 = 10V$$

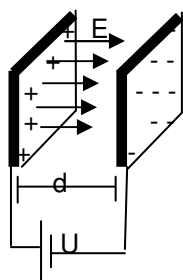
d) a intensidade de corrente elétrica em cada resistor:

$$i_1 = 2A ; i_2 = 1A ; i_3 = 1A$$

CAPACITORES:

Capacitor é o dispositivo eletro-eletrônico que tem por finalidade acumular cargas elétricas num circuito. Ele está presente em vários equipamentos eletrônicos que conhecemos: aparelhos de TV, aparelhos de som, amplificadores, câmeras fotográficas e equipamentos eletrônicos em geral.

Para entender o seu funcionamento, vamos imaginar a seguinte situação:



Conectando-se as chapas metálicas (paralelas) apresentadas ao lado a uma fonte de tensão, fazemos com que uma das placas fique carregada eletricamente com excesso de elétrons (carga de sinal negativo) e a outra com falta de elétrons (carga de sinal positivo). Assim, surge um Campo Elétrico de intensidade **E** entre as placas metálicas.

Ao desligarmos a fonte de tensão das placas, elas ainda permanecem eletrizadas com cargas elétricas de sinais contrários. Levando-se em conta os Princípios da Eletrostática, percebemos que essas cargas elétricas ainda devem realmente permanecer nas placas metálicas. Isso acontece por causa do Campo Elétrico que surgiu entre as placas metálicas.

Como as cargas elétricas ficaram acumuladas nas placas metálicas, podemos perceber que esse dispositivo acumulou uma determinada quantidade de cargas elétricas. Devido a esse fenômeno é que se verifica que o capacitor pode acumular cargas elétricas.

Uma aplicação bastante comum desse dispositivo acontece em máquinas fotográficas, no flash. Dentro da máquina fotográfica existe um capacitor que está conectado à bateria, ficando carregado e, portanto, acumulando cargas elétricas. Ao tirarmos a foto, o capacitor, depois de carregado, é conectado à lâmpada do flash, que utiliza essa corrente elétrica para fazer o flash acender, descarregando o Capacitor.

Em circuitos eletrônicos, os capacitores são bastante utilizados como filtros e em retificadores de tensão alternada.

CAPACITÂNCIA DE UM CAPACITOR (C):

Também conhecida como Capacidade de um Capacitor. Pode ser definida como sendo a relação entre a Quantidade de Carga elétrica (**Q**) que o capacitor acumula e a respectiva Tensão elétrica (**U**) aplicada aos seus terminais.

A unidade de Capacitância no Sistema Internacional (S.I.) é o farad (**F**).

Para aumentarmos a Capacitância de um Capacitor é comum inserirmos entre as placas metálicas um material isolante elétrico, chamado de **Dielétrico**. A presença desse material entre as placas do capacitor permite que um maior número de linhas de Campo Elétrico seja concentrada nessa região. Se mais linhas de campo podem existir ali, mais cargas elétricas podem se alojar nas placas do capacitor, aumentando assim a sua Capacitância.

Experimentalmente, pode-se comprovar que a Quantidade de Carga Elétrica (**Q**) acumulada pelo capacitor é diretamente proporcional à tensão aplicada aos seus terminais e a Capacitância do capacitor. Assim, podemos escrever matematicamente: **$Q = C \cdot U$** ; onde: Q = Quantidade de carga elétrica acumulada pelo capacitor (C);

C = Capacitância do capacitor (F);

U = Tensão elétrica aplicada aos terminais do capacitor (V).

PROBLEMAS:

- Determine a Quantidade de Carga Elétrica acumulada num Capacitor de Capacitância $25\mu\text{F}$, quando ele é submetido a uma tensão de 20V.

Dados:

$C = 25\mu\text{F} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ F}$

$U = 20\text{V}$

$Q = ???$

$Q = C \cdot U$

$Q = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 20$

$Q = 25 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

$Q = 500 \cdot 10^{-6}$

ajeitando \rightarrow

$Q = 5 \cdot 10^{-4} \text{ C}$

Essa é a Quantidade de Carga elétrica acumulada pelo capacitor, nessas condições.

- Determine a Quantidade de Carga Elétrica acumulada num Capacitor de Capacitância $70\mu\text{F}$, quando ele é submetido a uma tensão de 150V.

$Q = 1,05 \cdot 10^{-2} \text{ C}$

- Determine a quantidade de carga elétrica acumulada num capacitor de capacitância $1000\mu\text{F}$, quando ele é submetido a uma tensão de 63V.

$Q = 6,3 \cdot 10^{-2} \text{ C} = 0,063 \text{ C}$

CAPACITOR DE PLACAS PARELELAS:

É o capacitor onde as placas metálicas encontram-se dispostas paralelamente entre si e estão separadas por uma distância d . As placas metálicas encontram-se isoladas por um dielétrico que possui **Permissividade Elétrica** (ξ). Essa permissividade representa, na prática, o número de linhas de Campo Elétrico que podem se concentrar por unidade de área no dielétrico. Assim, quanto maior a permissividade do dielétrico, mais linhas de campo elétrico podem se formar entre as chapas metálicas do capacitor e vice-versa.

Se o dielétrico existente entre as placas metálicas for o vácuo, a permissividade elétrica será de:

$$\xi = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \rightarrow \text{permissividade elétrica do vácuo}$$

Podemos calcular a capacitância de um Capacitor de placas paralelas através da equação:

$$C = \xi \cdot \frac{A}{d}$$

, onde: C = Capacitância do Capacitor (F);

ξ = permissividade elétrica do dielétrico (F/m);

A = área das placas metálicas (m²);

d = distância de separação entre as placas metálicas do capacitor (m).

PROBLEMAS:

- 1) Um capacitor de placas paralelas é formado por duas placas metálicas que possuem área total de 0,05m² e que se encontram separadas por uma distância de 0,01m. Sendo o dielétrico existente entre as placas metálicas o vácuo, calcule a Capacitância (C) desse Capacitor.

DADOS:

$$A = 0,05\text{m}^2$$

$$d = 0,01\text{m}$$

$$\xi = 8,85 \cdot 10^{-12}\text{F/m} \rightarrow \text{o dielétrico é o Vácuo}$$

$$C = ???$$

Como trata-se de um capacitor de placas paralelas, vamos aplicar:

$$C = \xi \cdot \frac{A}{d}$$

$$C = \xi \cdot \frac{A}{d}$$

$$C = (8,85 \cdot 10^{-12}) \cdot \frac{0,05}{0,01} \rightarrow$$

$$C = \frac{0,4425 \cdot 10^{-12}}{0,01}$$

$$C = 44,25 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

↓
"ajeitando"

$$C = 4,425 \cdot 10^{-11} \text{ F}$$

- 2) Um capacitor de placas paralelas é formado por duas placas metálicas que possuem área total de 0,6m² e que se encontram separadas por uma distância de 0,001m. Sendo o dielétrico existente entre as placas metálicas o vácuo, calcule a Capacitância (C) desse Capacitor.

$$C = 5,310 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

- 3) Um capacitor de placas paralelas é formado por duas placas metálicas que possuem área total de 2,5 m² e que se encontram separadas por uma distância de 0,0001m. Sendo o dielétrico existente entre as placas metálicas o vácuo, calcule a Capacitância (C) desse Capacitor.

$$C = 2,2125 \cdot 10^{-7} \text{ F}$$

ASSOCIAÇÕES DE CAPACITORES:

Da mesma maneira que nos resistores, é comum necessitarmos, em circuitos elétricos ou em equipamentos elétricos, de Capacitores que não possuem valores nominais comerciais. Assim, para obtermos o valor de capacitância que necessitamos, devemos associar Capacitores.

As associações podem ser feitas em **Série**, em **Paralelo** ou de maneira **Mista**.

Em Capacitores, não valem as mesmas características já apresentadas para os resistores, pois são componentes com características bem diferentes. Assim, temos as seguintes características para a Capacitância Equivalente (C_{eq}):

ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE DE CAPACITORES:

A Capacitância Equivalente (C_{eq}) é dada por:

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

→ o índice n representa que podemos ter n capacitores (vários) associados simultaneamente

ASSOCIAÇÃO EM PARALELO DE CAPACITORES:

A Capacitância Equivalente (C_{eq}) é dada por:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

→ o índice n representa que podemos ter n capacitores (vários) associados simultaneamente

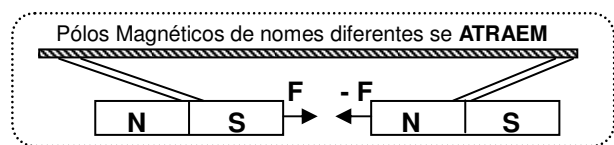
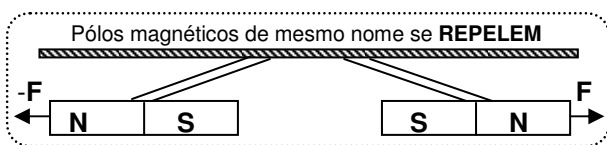
ELETROMAGNETISMO:

As propriedades magnéticas dos materiais foram percebidas na Grécia antiga. Sabia-se que uma pedra, chamada de **Magnetita**, conseguia atrair para si pequenos pedaços de ferro.

Inicialmente, esse fenômeno causou grande curiosidade entre a população da época e logo surgiram várias explicações (algumas até absurdas) para o fenômeno.

Hoje em dia sabemos que a Magnetita é um material dotado naturalmente de propriedades magnéticas. Chamamos de **ímã** ao material que apresenta propriedades magnéticas e, por isso, pode gerar um Campo Magnético ao seu redor. Os ímãs podem ser naturais (como a magnetita, por exemplo) ou artificiais, os quais são processados artificialmente em laboratórios e passam a apresentar características magnéticas (algumas vezes, bem acentuadas).

Todo ímã é composto por dois pólos, chamados de **Pólos Magnéticos**. Esses pólos recebem os nomes de **Pólo Norte** e **Pólo Sul** de um ímã. Experimentalmente, verifica-se que **os pólos magnéticos de mesmo nome se repelem e pólos magnéticos de nomes diferentes se atraem.**



Se cortarmos um ímã ao meio, separando-o em dois novos pedaços, teremos dois novos ímãs, cada um com seus pólos Norte e Sul, respectivamente. Se tornarmos a cortar esses dois pedaços do ímã inicial ao meio, teremos quatro novos ímãs, cada um com seus respectivos pólos Norte e Sul. Esse fenômeno irá se repetir sempre que cortarmos um ímã em pedaços. Assim, podemos dizer que **não podemos separar os pólos magnéticos de um ímã, mesmo que esse ímã seja cortado em pedaços muito pequenos.**

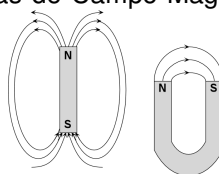
Na prática, verifica-se que quando cortamos pedaços muito, muito pequenos de um ímã, onde se pensaria em separar os pólos magnéticos dele, a substância acaba perdendo as suas propriedades magnéticas, deixando assim de ser um ímã e possuir pólos magnéticos.

CAMPO MAGNÉTICO:

É a região do espaço, ao redor de ímã, onde os seus efeitos magnéticos são percebidos.

O Campo Magnético criado por um ímã é composto por Linhas de Campo Magnético, que também são chamadas de Linhas de Indução Magnética. Essas Linhas de Campo Magnético (ou de Indução Magnética) são invisíveis a olho nu, mas podemos perceber e comprovar facilmente a sua existência jogando limalhas de ferro (pó de ferro) em cima de um ímã coberto por uma fina folha de papel. Fazendo isso podemos perceber que as linhas de campo magnético apresentam a característica de serem **linhas fechadas**, que por convenção **saem do pólo Norte e entram no pólo Sul**.

Podemos representar as linhas de Campo Magnético conforme a figura abaixo, lembrando que elas encontram-se em três dimensões.



INDUÇÃO MAGNÉTICA:

Todas as substâncias que conhecemos apresentam em sua estrutura ímãs muito pequenos, chamados de **Ímãs Elementares**. Naturalmente, esses ímãs elementares encontram-se posicionados de maneira aleatória, dentro da substância.

Quando uma substância é submetida à presença de um Campo Magnético, podem ocorrer, simplificadaamente, duas situações:

- se a grande maioria dos ímãs elementares da substância sofrerem mudanças em sua distribuição, que era aleatória, passando agora a ficarem alinhados de acordo com a orientação do Campo Magnético, essa substância apresentará agora propriedades magnéticas bem mais intensas do que antes. A essas substâncias chamamos de materiais **Ferros-magnéticos**, pois elas são intensamente atraídas por um ímã que esteja em suas proximidades. São exemplos de substâncias ferro-magnéticas: ferro, ferro doce, aço, vários tipos de metais, etc.

- se apenas uma pequena quantidade dos ímãs elementares da substância ficar alinhada com o Campo Magnético, essa substância não apresentará propriedades magnéticas intensas. A essas substâncias chamamos de materiais **Paramagnéticos**, pois elas não são atraídas por um ímã que esteja em suas proximidades. São exemplos de substâncias paramagnéticas: Alumínio, madeira, plástico, borracha, cimento, tecidos, vidro, etc.

Em 1820, através da realização de um experimento simples, Hans C. Oersted descobriu que a Corrente Elétrica que percorre um fio metálico produz um Campo Magnético ao redor do fio. Apesar de parecer um fenômeno simples, essa descoberta revolucionou o meio científico da época, pois a partir de sua descoberta surgiram novas possibilidades de estudo sobre a interação de uma Corrente Elétrica com um Campo Magnético, culminando com a descoberta de conceitos Físicos que deram origem a vários equipamentos elétricos que utilizamos diariamente em nossas casas, como motores elétricos, bobinas, transformadores, reatores, dentre outros.

CAMPO MAGNÉTICO CRIADO AO REDOR DE UM CONDUTOR METÁLICO RETILÍNEO:

As Linhas do Campo Magnético produzido ao redor do fio são circulares e concêntricas ao fio (possuem como centro da circunferência o centro do fio). Assim, podemos representá-las da seguinte maneira, considerando que o fio encontra-se perpendicular ao plano da folha:



O sentido das Linhas de Campo Magnético produzidas pela corrente elétrica que atravessa o fio metálico foi estudado por Ampère, que estabeleceu uma regra prática para a sua obtenção. Essa regra prática ficou conhecida como **Regra da Mão Direita**.

Para aplicar a Regra da Mão Direita, devemos fazer o seguinte: com a mão direita espalmada, deve-se posicionar o seu dedo polegar de tal maneira que ele indique o sentido da corrente elétrica que circula no fio.

Feito isso, se "girarmos" os outros dedos como se fossemos fechar a mão, esse movimento coincidirá com o sentido do Campo Magnético ao redor do fio metálico, conforme nos apresenta a figura ao lado.

No Sistema Internacional de Unidades (S.I.), a unidade de Campo Magnético é o tesla (T).

Através de experiências desenvolvidas em laboratórios, os cientistas concluíram que a intensidade do Campo Magnético produzido por uma Corrente Elétrica que circula por um condutor metálico retilíneo é diretamente proporcional à intensidade da Corrente Elétrica que atravessa o fio e inversamente proporcional à distância do fio. Assim, podemos calcular a intensidade desse Campo Magnético através da relação:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

, onde: B = intensidade do Campo Magnético ao redor do fio (T);

μ_0 = permeabilidade magnética do vácuo, cujo valor é: →

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

i = intensidade da corrente elétrica que atravessa o fio (A);

r = distância do centro do fio ao ponto onde queremos calcular o campo magnético (m).

PROBLEMAS:

- 1) Um fio metálico retilíneo ligado a um circuito elétrico é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade 5A. Calcule a intensidade do Campo Magnético produzido pela corrente elétrica a uma distância de 0,01m do fio, que se encontra no vácuo.

DADOS:
i = 5A
r = 0,01m
 $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} (T \cdot m)/A$
B = ???

Vamos aplicar a fórmula para calcular a intensidade do Campo Magnético:
 $B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r}$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$$B = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2 \cdot \pi \cdot (0,01)}$$

$$B = \frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2 \cdot (0,01)}$$

$$B = \frac{20 \cdot 10^{-7}}{0,02}$$

$$B = 1000 \cdot 10^{-7}$$

$$B = 1000 \cdot 10^{-7}$$

$$B = 1 \cdot 10^{-4} T$$

Essa é a intensidade do campo magnético no ponto indicado

Matematicamente, podemos simplificar π

- 2) Um fio metálico retilíneo ligado a um circuito elétrico é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade 15A. Calcule a intensidade do Campo Magnético produzido pela corrente elétrica a uma distância de 0,02m do fio, que se encontra no vácuo.

$$B = 1,5 \cdot 10^{-4} T$$

- 3) A 0,4m de distância de um fio metálico retilíneo a intensidade do campo magnético é de $4 \cdot 10^{-6} T$. Calcule a intensidade da Corrente elétrica que percorre o fio, que se encontra no vácuo.

DADOS:
r = 0,4m
B = $4 \cdot 10^{-6} T$
 $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} (T \cdot m)/A$
i = ???

Vamos aplicar a fórmula para calcular a intensidade da corrente elétrica:
 $B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r}$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$$4 \cdot 10^{-6} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot (0,4)}$$

$$4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot (0,4) = 4 \cdot 10^{-7} \cdot i$$

$$\frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot (0,4)}{4 \cdot 10^{-7}} = i$$

$$\frac{3,2 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-7}} = i \rightarrow i = 8A$$

- 4) A 0,3m de distância de um fio metálico retilíneo a intensidade do campo magnético é de $28 \cdot 10^{-6} T$. Calcule a intensidade da Corrente elétrica que percorre o fio, que se encontra no vácuo.

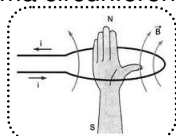
$$i = 42A$$

CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO POR UMA ESPIRA CIRCULAR:

Em nosso dia-a-dia, é comum utilizarmos equipamentos ou eletrodomésticos que utilizam Campos Magnéticos produzidos por Correntes Elétricas que circulam por fios metálicos condutores. Os exemplos mais comuns são os motores elétricos de máquinas de lavar roupas e de máquinas em geral, transformadores de tensão presentes em postes de energia elétrica, campainhas, alternador e motor de arranque de carros, máquinas de tomografia computadorizada e ressonância magnética, dentre outros.

Em princípio, os Campos Magnéticos produzidos por Correntes Elétricas que circulam em fios metálicos retilíneos apresentam intensidades muito pequenas. Para aumentarmos a intensidade do Campo Magnético, devemos aumentar a quantidade de fios que produzem o Campo Magnético. Assim, utilizamos espiras e bobinas para produzir Campos Magnéticos mais intensos.

Definimos por espira ao condutor elétrico metálico único que apresenta formato semelhante ao de uma circunferência fechada, de raio R.



Na figura ao lado, apresentamos uma única espira que é percorrida por uma Corrente Elétrica de intensidade i , produzindo um Campo Magnético como é mostrado na figura. Como temos apenas um fio metálico, a intensidade do Campo Magnético produzido pela Corrente Elétrica é pequena.

A intensidade do Campo Magnético produzido por uma única espira, percorrida por uma corrente elétrica de intensidade i , pode ser calculada através da equação:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot R}$$

onde: B = intensidade do Campo Magnético (T);

μ_0 = permeabilidade magnética do vácuo, cujo valor é: $\rightarrow \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$

i = intensidade de Corrente Elétrica (A);

R = raio da espira (m).

PROBLEMAS:

- 1) Calcule a intensidade do Campo Magnético produzido por uma espira circular de raio 0,1m, sabendo que ela é percorrida por uma Corrente Elétrica de intensidade 15A e que está localizada no vácuo.

DADOS:

R = 0,1m

$i = 15A$

$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} (T \cdot m/A)$

B = ???

Como temos apenas uma espira, vamos utilizar:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot R}$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot R}$$

$$B = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 15}{2 \cdot (0,1)}$$

$$B = \frac{4 \cdot 15 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{0,2}$$

$$B = \frac{60 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{0,2}$$

$$B = \frac{300 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{1}$$

$$B = 3 \pi \cdot 10^{-5} T \downarrow$$

ATENÇÃO: o número pi (π) não precisa ser substituído pelo seu valor (3,14...). Ele ficará indicado nas respostas.

- 2) Calcule a intensidade do Campo Magnético produzido por uma espira circular de raio 0,01m, sabendo que ela é percorrida por uma Corrente Elétrica de intensidade 50A e que está localizada no vácuo.

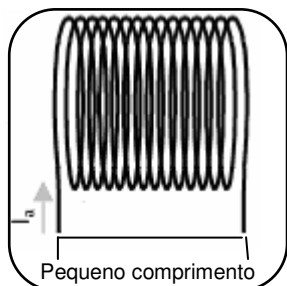
$$B = 2 \pi \cdot 10^{-3} T$$

- 3) Calcule a intensidade do Campo Magnético produzido por uma espira circular de raio 0,004m, sabendo que ela é percorrida por uma Corrente Elétrica de intensidade 75A e que está localizada no vácuo.

$$B = 3,75 \cdot \pi \cdot 10^{-3} T$$

CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO POR UMA BOBINA (CHATA):

Para aumentarmos a intensidade do Campo Magnético produzido, aumentamos o número de espiras por onde a corrente elétrica irá circular, passando a termos um conjunto de espiras. Definimos por **Bobina** (ou **Solenóide**) ao conjunto de várias espiras de fio metálico.



Numa bobina chata (de pequeno comprimento), cada espira que a compõe está produzindo um Campo Magnético. Assim, o Campo Magnético produzido pela bobina circular poder ser calculado multiplicando-se o número (N) de espiras existentes na bobina pelo Campo Magnético produzido por cada uma das espiras, que foi apresentado logo acima.

Assim, podemos então calcular:

$$B = \frac{N \cdot \mu_0 \cdot i}{2 \cdot R}$$

onde: N = número de espiras das Bobina (espiras);

μ_0 = permeabilidade magnética do vácuo, cujo valor é: $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$

i = intensidade de Corrente Elétrica (A);

R = raio da espira (m).

PROBLEMAS:

- 1) Uma bobina chata é composta por 250 espiras de fio metálico, tendo formato circular de raio 0,05m. Estando a bobina no vácuo e sabendo que ela é percorrida por uma corrente elétrica de intensidade 15A, calcule a intensidade do Campo Magnético produzida.

DADOS:

N = 250 espiras
 R = 0,05m
 $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (T.m/A)
 i = 15A
 B = ???

Como temos uma bobina chata, devemos utilizar:

$$B = \frac{N \cdot \mu_0 \cdot i}{2 \cdot R}$$

$$B = \frac{N \cdot \mu_0 \cdot i}{2 \cdot R}$$

$$B = \frac{250 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 15}{2 \cdot (0,05)}$$

$$B = \frac{250 \cdot 4 \cdot 15 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{0,1}$$

$$B = \frac{15000 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{0,1}$$

$$B = 150000 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$$

$$B = 1,5 \cdot \pi \cdot 10^{-2} \text{ T}$$

O número pi (π) fica apenas indicado na resposta final.

- 2) Uma bobina chata é composta por 2000 espiras de fio metálico, tendo formato circular de raio 0,005m. Estando a bobina no vácuo e sabendo que ela é percorrida por uma corrente elétrica de intensidade 30A, calcule a intensidade do Campo Magnético produzida.

$$B = 2,4 \cdot \pi \text{ T}$$

- 3) Defina Espira.

- 4) Defina Bobina.

- 5) Explique porque o Campo Magnético produzido por uma Bobina é mais intenso do que o produzido por uma espira.

- 6) Para uma mesma bobina, explique o que acontece com o Campo Magnético produzido quando aumentamos a intensidade da Corrente Elétrica que a atravessa.

- 7) Uma bobina chata é composta por 4000 espiras de fio metálico, tendo formato circular de raio 0,1m. Estando a bobina no vácuo e sabendo que ela é percorrida por uma corrente elétrica de intensidade 15A, calcule a intensidade do Campo Magnético produzida.

$$B = 1,2 \cdot \pi \cdot 10^{-1} \text{ T}$$

- 8) Uma bobina chata é composta por 600 espiras de fio metálico, tendo formato circular de raio 0,02m. Estando a bobina no vácuo e sabendo que ela é percorrida por uma corrente elétrica de intensidade 4A, calcule a intensidade do Campo Magnético produzida.

$$B = 2,4 \cdot \pi \cdot 10^{-2} \text{ T}$$

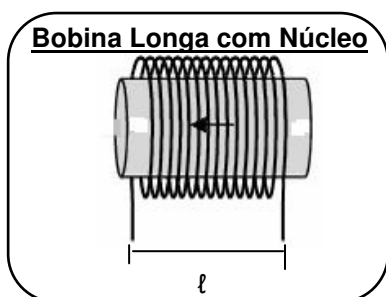
CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO POR UMA BOBINA LONGA:

Ao contrário de uma bobina chata, é comum que as bobinas presentes em equipamentos elétricos possuam comprimentos relativamente consideráveis (sem exageros).

Quando uma bobina é percorrida por uma Corrente Elétrica, ela automaticamente se transforma num ímã, pois apresenta um Campo Magnético. Quando a Corrente Elétrica deixa de circular pela bobina, esta deixa imediatamente de produzir um Campo Magnético, perdendo também as suas características magnéticas. Assim, **uma bobina só se comporta como um ímã quando ela é percorrida por uma Corrente Elétrica.** Sem a Corrente Elétrica, a bobina comporta-se como um objeto qualquer, sem características magnéticas.

Em face do exposto, podemos chamar uma bobina de **Eletroímã**, ou seja, ela é um ímã que funciona exclusivamente através da **Energia Elétrica**.

Assim como num Capacitor, podemos melhorar o desempenho de uma bobina inserindo em seu interior um material que permita que mais linhas de Campo Magnético sejam produzidas. Na bobina, geralmente isso é feito inserindo-se um núcleo de material metálico, chamado de **Núcleo da Bobina**.



A intensidade do Campo Magnético produzido no interior de uma Bobina longa que possui N espiras e que tem comprimento l pode ser calculada através da equação:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot i}{l}$$

onde: B = intensidade do Campo Magnético (T);
 μ_0 = permeabilidade magnética do vácuo, cujo valor é: $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$
 N = número de espiras (espiras);
 i = intensidade da Corrente Elétrica que circula pela bobina (A);
 l = comprimento da bobina (m).

PROBLEMAS:

- 1) Uma bobina de comprimento 0,8m é fabricada com 500 espiras de um fio metálico de cobre. Quando conectada à rede elétrica, é percorrida por uma Corrente Elétrica de intensidade 8A. Estando essa bobina localizada no vácuo, calcule a intensidade do Campo Magnético produzido no seu interior.

DADOS:
 $l = 0,8m$
 $N = 500$ espiras
 $i = 8A$
 $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} (T \cdot m/A)$
 $B = ???$

Temos uma bobina longa. Vamos aplicar: $B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot i}{l}$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot i}{l} \rightarrow B = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 500 \cdot 8}{0,8} \rightarrow B = \frac{16000 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{0,8} \rightarrow B = 20000 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \rightarrow B = 2 \cdot \pi \cdot 10^{-3} T \downarrow$$

Essa é a intensidade do Campo Magnético produzido pela bobina, no seu interior.

- 2) Uma bobina de comprimento 0,6m é fabricada com 1500 espiras de um fio metálico de cobre. Quando conectada à rede elétrica, é percorrida por uma Corrente Elétrica de intensidade 20A. Estando essa bobina localizada no vácuo, calcule a intensidade do Campo Magnético produzido no seu interior.

$B = 2 \cdot \pi \cdot 10^{-2} T$

- 3) Uma bobina que possui comprimento de 0,6667m produz, em seu interior, um Campo Magnético de intensidade $9 \cdot \pi \cdot 10^{-7} T$. Sabendo que essa bobina é percorrida por uma Corrente Elétrica de intensidade 0,5A e que ela localiza-se no vácuo, calcule o número de espiras (N) que essa bobina possui.

DADOS:
 $l = 0,6667 m$
 $B = 9 \cdot \pi \cdot 10^{-7} T$
 $i = 0,5A$
 $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} (T \cdot m/A)$
 $N = ???$

Temos uma bobina longa. Vamos isolar N em: $B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot i}{l}$

$$9 \cdot \pi \cdot 10^{-7} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot N \cdot (0,5)}{0,6667} \rightarrow \text{isolando } N \rightarrow \frac{6 \cdot 0003 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{2 \cdot \pi \cdot 10^{-7}} = N \rightarrow N = 3 \text{ espiras}$$

simplificando

$$\frac{9 \cdot (0,6667) \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{6 \cdot 0003 \cdot \pi \cdot 10^{-7}} = \frac{4 \cdot (0,5) \cdot N \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{2 \cdot N \cdot \pi \cdot 10^{-7}}$$

- 4) Uma bobina que possui comprimento de 1,3334m produz, em seu interior, um Campo Magnético de intensidade $18 \cdot \pi \cdot 10^{-7} T$. Sabendo que essa bobina é percorrida por uma Corrente Elétrica de intensidade 1A e que ela localiza-se no vácuo, calcule o número de espiras (N) que essa bobina possui.

$N = 6$ espiras

FORÇA MAGNÉTICA QUE ATUA SOBRE CARGAS ELÉTRICAS EM MOVIMENTO NUM CAMPO MAGNÉTICO:

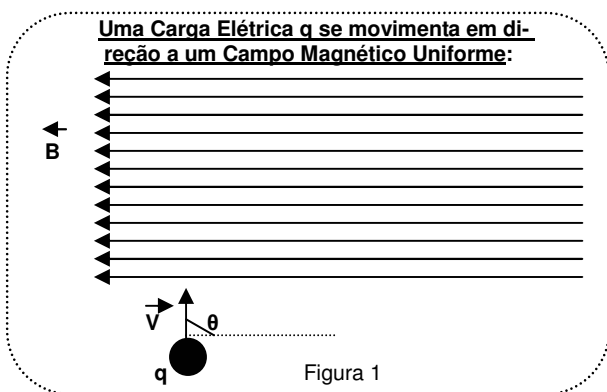
Considere uma Carga Elétrica que se movimenta livremente no espaço. Como ela está em movimento, a carga elétrica produz ao seu redor um Campo Magnético, conforme já vimos.

Se no seu caminho essa Carga Elétrica encontrar um Campo Magnético (não produzido por essa carga elétrica em questão), os dois Campos Magnéticos irão interagir entre si e devido a esse fenômeno a Carga Elétrica ficará submetida à ação de uma Força de origem magnética, chamada de **Força Magnética (F_m)**. Essa Força Magnética também é conhecida como **Força de Lorentz**.

Como a Carga Elétrica agora está submetida à ação de uma Força, a sua trajetória pode sofrer alterações, dependendo de algumas condições.

Para determinarmos as características da Força Magnética a que a Carga Elétrica ficará submetida, podemos aplicar a regra prática conhecida como **Regra da Mão Esquerda**. Para utilizar essa regra, a nossa mão esquerda deve estar com os dedos polegar, indicador e médio perpendiculares entre si. O dedo polegar irá indicar o sentido da Força Magnética sofrida pela carga elétrica. O dedo indicador indicará o sentido do Campo Magnético e o dedo médio deverá indicar a velocidade do movimento da Carga Elétrica em relação ao Campo Magnético.

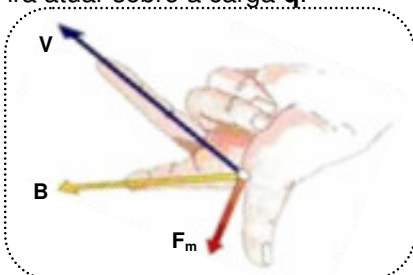
Para entender melhor, vamos analisar as figuras:



Na Figura 1, apresentamos um Campo Magnético com direção horizontal e sentido da direita para a esquerda. A carga q movimenta-se verticalmente de baixo para cima, em direção ao Campo Magnético.

Na Figura 2, apresentamos um esquema de como devemos posicionar os dedos da mão esquerda com as grandezas físicas que eles indicariam o sentido. Dedo polegar indica o sentido da Força Magnética (F_m), o dedo indicador deve indicar o sentido do Campo Magnético (B) e o dedo médio indica o sentido da velocidade V com que a carga elétrica se movimenta.

Aplicando a Regra da Mão Esquerda na Figura 1, podemos determinar a direção da Força Magnética que irá atuar sobre a carga q .



Para aplicarmos a Regra da Mão Esquerda na Figura 1, o nosso dedo indicador de apontar horizontalmente da direita para a esquerda e o dedo médio deverá apontar verticalmente de baixo para cima. Assim, nosso dedo polegar indicará a direção e o sentido da Força Magnética, que neste caso está saindo do plano da folha.

A Figura ao lado, apesar de não possibilitar uma visão perfeita em três dimensões, nos mostra que a Força Magnética (F_m) a que a carga é submetida está saindo do plano da folha.

A intensidade da Força Magnética que atua sobre uma Carga Elétrica em movimento num Campo Magnético pode ser calculada através da equação:

$F_m = q \cdot V \cdot B \cdot \text{sen}\theta$, onde: F_m = Força Magnética (N);
 q = carga elétrica (C);
 V = velocidade do movimento da Carga Elétrica (m/s);
 B = intensidade do Campo Magnético (T);
 θ = ângulo existente entre a velocidade da carga elétrica e o Campo Magnético ($^\circ$).

CASOS PARTICULARES:

I) **Carga Elétrica em repouso em relação ao Campo Magnético:**

Se a Carga Elétrica encontra-se em repouso em relação ao Campo Magnético, ela possui velocidade de 0m/s (está parada). Se substituirmos esse valor na fórmula apresentada acima, teremos que a Força Magnética sofrida pela carga será nula (zero).

$$F_m = q.V .B.\text{sen}\theta \rightarrow F_m = q.0.B.\text{sen}\theta \rightarrow \boxed{F_m = 0N} \rightarrow \text{qualquer número multiplicado por zero é igual a zero}$$

II) **Carga Elétrica que se movimenta na mesma direção do Campo Magnético:**

Se a Carga Elétrica é lançada na mesma direção do Campo Magnético, o ângulo que ela descreve com o Campo Magnético será de 0°. Se substituirmos θ pelo valor 0° na fórmula apresentada, temos que $\text{sen } 0^\circ = 0$. Assim, a Força Magnética sofrida pela Carga Elétrica também será nula.

$$F_m = q.V .B.\text{sen}\theta \rightarrow F_m = q.V.B.\text{sen}(0^\circ) \rightarrow F_m = q.V.B.0 \rightarrow \boxed{F_m = 0N}$$

III) **Cargas Elétricas lançadas perpendicularmente ao Campo Magnético:**

Se a Carga Elétrica é lançada perpendicularmente ao Campo Magnético, o ângulo que ela descreve com o Campo Magnético (θ) será de 90°. Se substituirmos θ pelo valor de 90° na fórmula apresentada, temos que $\text{sen } 90^\circ = 1$. Assim, a intensidade da Força Magnética sofrida pela Carga Elétrica será de:

$$F_m = q.V .B.\text{sen}\theta \rightarrow F_m = q.V.B.\text{sen}(90^\circ) \rightarrow F_m = q.V.B.1 \rightarrow \boxed{F_m = q.V.B}$$

Nessas condições, se a intensidade da Força Magnética for constante e perpendicular à velocidade da Carga Elétrica, esta descreverá Movimento Circular Uniforme, podendo, em alguns casos, ficar "presa" dentro de um Campo Magnético, sem conseguir sair dele, descrevendo uma trajetória circular.

PROBLEMAS:

- 1) Ao se movimentar numa determinada região do espaço, uma partícula eletrizada com Carga Elétrica de $2\mu\text{C}$ encontra um Campo Magnético de intensidade 5.10^2 T . A partícula movimenta-se com velocidade de 90m/s e penetra no Campo Magnético com um ângulo de 30° (em relação ao Campo Magnético). Calcule a intensidade da Força Magnética que atuará sobre a partícula.

DADOS:

$$q = 2\mu\text{C} = 2.10^{-6}\text{C}$$

$$B = 5.10^2\text{T}$$

$$V = 90\text{m/s}$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$F_m = ???$$

Vamos aplicar a equação:

$$\boxed{F_m = q.V .B.\text{sen}\theta}$$

$$\rightarrow F_m = q.V .B.\text{sen}\theta$$

$$F_m = (2.10^{-6}).(90).(5.10^2).\text{sen } 30^\circ$$

$$F_m = 2.90.5.10^{-6}.10^2.\text{sen } 30^\circ$$

$$F_m = 900.10^{-4}(0,5)$$

$$\rightarrow F_m = 450.10^{-4} \text{ N}$$

$$\boxed{F_m = 4,5.10^{-2} \text{ N}}$$

Esta é a intensidade da Força Magnética sofrida pela carga. Sua direção e seu sentido são obtidos pela Regra da Mão Esquerda.

- 2) Ao se movimentar numa determinada região do espaço, uma partícula eletrizada com Carga Elétrica de 45nC encontra um Campo Magnético de intensidade 9.10^3 T . A partícula movimenta-se com velocidade de 250m/s e penetra no Campo Magnético com um ângulo de 45° (em relação ao Campo Magnético). Calcule a intensidade da Força Magnética que atuará sobre a partícula.

$$\boxed{F_m = 7,159.10^{-2} \text{ N}}$$

- 3) Uma partícula eletrizada com Carga Elétrica de $2\mu\text{C}$ penetra, perpendicularmente, num Campo Magnético de intensidade 3T com velocidade de 20000m/s. Calcule a intensidade da Força Magnética que atuará sobre a partícula.

$$\boxed{F_m = 0,12 \text{ N ou } F_m = 1,2.10^{-1} \text{ N}}$$

- 4) Uma partícula eletrizada com Carga Elétrica de $35\mu\text{C}$ penetra, paralelamente, num Campo Magnético de intensidade 5T com velocidade de 30000m/s. Calcule a intensidade da Força Magnética que atuará sobre a partícula.

$$\boxed{F_m = 0N}$$

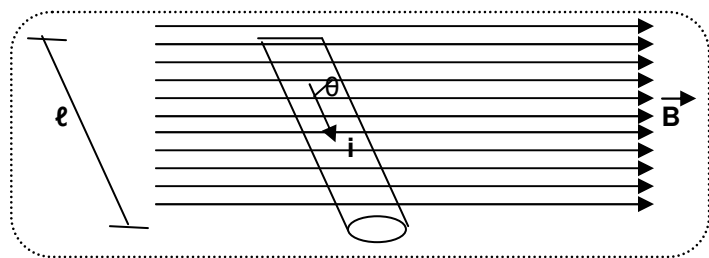
FORÇA MAGNÉTICA QUE ATUA SOBRE UM CONDUTOR RETILÍNEO INSERIDO NUM CAMPO MAGNÉTICO:

Considere um fio metálico de comprimento ℓ , percorrido por uma Corrente Elétrica de intensidade i .

Sabemos que a Corrente Elétrica que circula pelo fio metálico produz um Campo Magnético ao seu redor. Se esse fio estiver inserido num Campo Magnético de intensidade B , haverá interação entre esses dois Campos Magnéticos e o fio metálico ficará submetido à ação de uma Força de origem magnética que tenta, em alguns casos, modificar a posição inicial do fio.

Em termos práticos, é a existência dessa Força de natureza magnética que provoca vibração e/ou zumbido em equipamentos elétricos que utilizam bobinas, como campainhas, motores elétricos, transformadores, válvulas, etc.

Para visualizar esse fenômeno, analise a figura abaixo:



Agora temos um fluxo de Cargas Elétricas que constituem a Corrente Elétrica. Então podemos substituir, na Regra da Mão Esquerda, a velocidade da carga elétrica V pelo sentido da Corrente Elétrica, indicado na figura por i .

Então, aplicando a Regra da Mão Esquerda na Figura, percebemos que a Força Magnética a que o fio fica submetido está saindo do plano da folha (não perpendicularmente).

Podemos calcular a intensidade da Força Magnética sofrida pelo fio através da equação:

$F_m = B \cdot i \cdot \ell \cdot \text{sen}\theta$, onde: F_m = Força Magnética (N);
 B = intensidade do Campo Magnético (T);
 i = intensidade de Corrente Elétrica (A);
 ℓ = comprimento do fio imerso no Campo Magnético (m);
 θ = ângulo existente entre a corrente elétrica e o Campo Magnético ($^\circ$);

CASOS PARTICULARES:

I) Se a Corrente Elétrica for paralela ao Campo Magnético:

Se a Corrente Elétrica for paralela ao Campo Magnético, o ângulo existente entre a Corrente Elétrica e o Campo Magnético será de 0° . Assim, temos que a intensidade da Força Magnética sofrida pelo fio é nula, pois:

$\theta = 0^\circ$ $\rightarrow F_m = B \cdot i \cdot \ell \cdot \text{sen}\theta \rightarrow F_m = B \cdot i \cdot \ell \cdot \text{sen } 0^\circ \rightarrow F_m = B \cdot i \cdot \ell \cdot 0 \rightarrow$ **$F_m = 0N$**

II) Se a Corrente Elétrica for perpendicular ao Campo Magnético:

Se a Corrente Elétrica for perpendicular ao Campo Magnético, o ângulo existente entre a Corrente Elétrica e o Campo Magnético será de 90° . Assim, temos que a intensidade da Força Magnética sofrida pelo fio é máxima, pois:

$\theta = 90^\circ$ $\rightarrow F_m = B \cdot i \cdot \ell \cdot \text{sen}\theta \rightarrow F_m = B \cdot i \cdot \ell \cdot \text{sen } 90^\circ \rightarrow F_m = B \cdot i \cdot \ell \cdot 1 \rightarrow$ **$F_m = B \cdot i \cdot \ell$**

PROBLEMAS:

- Um condutor metálico retilíneo possui 0,3m de comprimento. Tal fio é percorrido por uma Corrente Elétrica de Intensidade 5A e encontra-se fixo dentro de um Campo Magnético de intensidade $6 \cdot 10^{-4}$ T. Considerando que o fio possua uma inclinação de 30° em relação ao Campo Magnético, calcule a intensidade da Força Magnética sofrida pelo fio, nessas condições.

DADOS:
 $\ell = 0,3m$
 $i = 5A$
 $B = 6 \cdot 10^{-4} T$
 $\theta = 30^\circ$
 $F_m = ???$

Vamos aplicar a Equação:
 $F_m = B \cdot i \cdot \ell \cdot \text{sen}\theta$
 RELEMBRANDO: \downarrow
 $\text{sen } 30^\circ = 0,5$

$F_m = B \cdot i \cdot \ell \cdot \text{sen}\theta$

$F_m = 6 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot (0,3) \cdot \text{sen}30^\circ$

$F_m = 6 \cdot 5 \cdot (0,3) \cdot 10^{-4} \cdot (0,5)$

$F_m = 6 \cdot 5 \cdot (0,3) \cdot (0,5) \cdot 10^{-4}$

$F_m = 4,5 \cdot 10^{-4} N$

Essa é a intensidade da Força Magnética sofrida pelo fio. Sua direção e o seu sentido são obtidos através da Regra da Mão Esquerda.

- Um condutor metálico retilíneo possui 0,5m de comprimento. Tal fio é percorrido por uma Corrente Elétrica de Intensidade 15A e encontra-se fixo dentro de um Campo Magnético de intensidade $560 \cdot 10^{-1}$ T. Considerando que o fio esteja perpendicular (90°) em relação ao Campo Magnético, calcule a intensidade da Força Magnética sofrida pelo fio, nessas condições.

$F_m = 420N$



INTRODUÇÃO À FÍSICA MODERNA – TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA:

Chamamos de Física Moderna à parte da Física que estuda os fenômenos descobertos mais recentemente por esta Ciência, especialmente do final do século XIX até os nossos dias.

É graças a descoberta e explicação de vários fenômenos estudados pela Física Moderna que hoje podemos utilizar as mais variadas tecnologias que estão presentes em nosso dia-a-dia, como computadores, telefones celulares, televisores de LCD, de LED e de Plasma, aparelhos de Ressonância Magnética, aparelhos de Tomografia Computadorizada, Radiografias de Raio X, Energia Nuclear de Usinas Nucleares, equipamentos que utilizam Raios Laser, Máquinas Fotográficas digitais e uma série de outros equipamentos eletrônicos presentes no nosso cotidiano.

Durante muito tempo, a natureza da luz foi uma incógnita para os cientistas. Alguns a consideravam como partícula, o que explicava parte dos fenômenos luminosos. Outros a consideravam como onda, o que explicava parte dos fenômenos luminosos. Porém, nenhuma das considerações acima conseguia explicar simultaneamente os fenômenos luminosos já conhecidos naquela época.

EQUAÇÕES DE MAXWELL:

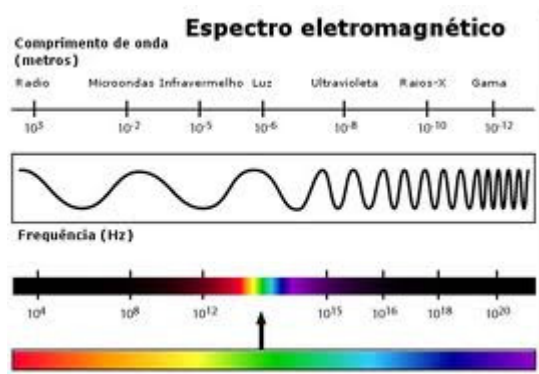
Ampliando e aprofundando as descobertas de Coulomb, Ampère, Oersted e Faraday, James Clark Maxwell estruturou matematicamente um conjunto de Equações, chamadas de ***Equações de Maxwell***, que sintetizavam todo o conhecimento sobre o Eletromagnetismo existente em sua época.

Um dos resultados mais importantes das Equações de Maxwell foi a determinação do valor da velocidade de propagação de uma onda eletromagnética, no vácuo. O valor determinado corresponde ao mesmo valor da velocidade de propagação da luz, no vácuo, que já era conhecido na época, sendo de aproximadamente $3 \cdot 10^8$ m/s.

Essa coincidência de valores de velocidades levou Maxwell a suspeitar que a Luz fosse uma Onda Eletromagnética. Hoje em dia sabemos que a suspeita de Maxwell é verdadeira, pois podemos considerar a Luz como Onda Eletromagnética, pois ela também não precisa de um meio material para se propagar. Além disso, as suposições de Maxwell foram verificadas experimentalmente pelo alemão Heinrich Hertz.

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO:

A descoberta das ondas eletromagnéticas teve grande importância para o meio industrial. Conforme as previsões de Maxwell, existem ondas eletromagnéticas que possuem comprimentos muito pequenos ou que possuem comprimentos muito grandes. Ao conjunto dessas ondas eletromagnéticas chamamos de ***Espectro Eletromagnético***, que hoje podemos representar esquematicamente através da figura abaixo:



Os estudos de Maxwell revolucionaram as possibilidades de comunicação (rádio, televisão, celulares, etc), pois permitiu o desenvolvimento das telecomunicações e orientação espacial via radares.

A região do Espectro Eletromagnético que é composta pelas radiações luminosas tem grande importância para os seres vivos, pois sabemos que é a Luz que nos permite o estímulo da nossa visão.

Ao conjunto de frequências da Luz que os seres humanos conseguem enxergar naturalmente chamamos de ***Espectro Visível da Luz***.

RAIOS X:

Em 1895, o físico alemão Roentgen percebeu, acidentalmente, que uma tela recoberta por um sal de Bário brilhava sempre que um tubo de Crookes emitia ***Raios Catódicos*** (chamamos de raios catódicos, basicamente, a todo feixe de elétrons que é emitido por um dispositivo adequado a esse fim). Ao colocar a sua mão entre a tela e o tubo, ele percebeu que podia enxergar, de forma clara, o contorno dos ossos de sua mão.



Roentgen também descobriu que os raios emitidos pelo tubo de Crookes impressionavam chapas fotográficas, demarcando nitidamente o contorno dos ossos de nosso corpo. Assim, Roentgen chamou os raios emitidos pelo tubo de **Raios X**, que utilizamos hoje com muita frequência na medicina para obter radiografias dos nossos ossos.

A figura ao lado apresenta uma suposta radiografia da cabeça do personagem Homer Simpson. As partes mais claras de uma radiografia médica representam tecidos com maior densidade, que são atravessados com menos intensidade pelo **raio X**.

O ÁTOMO DE RUTHERFORD:

Após as várias descobertas científicas ocorridas no final do século XIX, o físico **Ernest Rutherford** propôs um modelo de átomo. Nesse modelo, as cargas elétricas positivas de um átomo, responsáveis por cerca de 90% da sua massa, estariam concentradas em um núcleo central do átomo. As cargas elétricas negativas desenvolvem órbitas circulares ao redor deste núcleo, em grande velocidade.

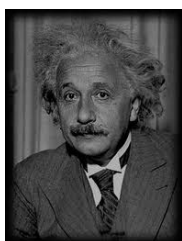
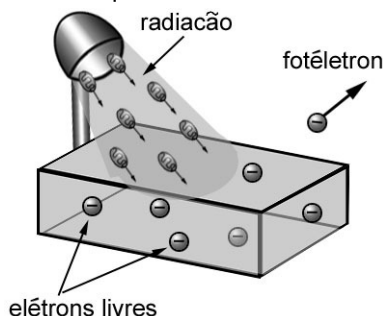
MECÂNICA QUÂNTICA:

Alguns estudos realizados no início do século XX obtiveram conclusões que contrariavam a Mecânica de Newton, surgindo então a necessidade de elaboração de uma nova teoria que pudesse explicar os resultados observados.

Devido a essa necessidade, surgiu um conjunto de teorias que chamamos de Mecânica Quântica, que proporcionou avanços que mudaram radicalmente a vida dos seres humanos. Através dos estudos relacionados à Mecânica Quântica, hoje temos e utilizamos em grande escala os transistores, raio laser, processadores de computador, chips eletrônicos, dentre outros.

EFEITO FOTOELÉTRICO:

No final do século XIX, algumas experiências realizadas descobriram que superfícies metálicas, quando atingidas por raios luminosos, emitiam elétrons. Essa descoberta ia contra os conceitos sobre o caráter ondulatório da luz, teoria que se acreditava correta até então.



Albert Einstein

Foi Albert Einstein que obteve uma explicação satisfatória para esse fenômeno. Nela, Einstein ampliou o conceito de **Quantização da Energia** (de Max Planck) para as ondas Eletromagnéticas e chamou cada pacote de Energia transportada pela Luz de **fóton**.

Ao penetrar numa superfície metálica, um fóton atinge um elétron, lhe transferindo toda a sua energia. Ao abandonar o metal, o elétron realiza um Trabalho (δ).

A explicação desse fenômeno rendeu, posteriormente, o Prêmio Nobel de Física a Einstein, em 1921.

Atualmente, vários equipamentos eletroeletrônicos utilizam-se do Efeito Fotoelétrico em seu funcionamento, como células fotoelétricas, controles remotos e circuitos de segurança.

DUALIDADE ONDA PARTÍCULA DA LUZ:

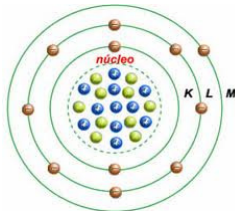
Alguns fenômenos luminosos, como a interferência e a difração da luz, são explicados com base na natureza ondulatória da Luz (luz é uma onda eletromagnética). Outros fenômenos, entretanto, somente podem ser explicados através da Teoria Corpuscular da Luz (luz é composta por partículas).

Assim, segundo Paraná (2003):

“Na Física Moderna, um feixe de Luz é constituído de um feixe de fótons. O comportamento coletivo desse feixe de fótons é de natureza ondulatória. O comportamento “individual” de cada fóton é de natureza corpuscular. Assim, a Luz apresenta um caráter dual: pode ser compreendida como uma onda, quanto vista à distância, mas só pode ser compreendida em todas as suas características quando vista de perto, de acordo com a sua natureza corpuscular...”

O MODELO ATÔMICO DE BOHR:

Simplificadamente, segundo o modelo atômico de Rutherford, os elétrons giram ao redor do núcleo do átomo.



De acordo com os estudos de Maxwell, cargas elétricas que possuem aceleração emitem radiação, o que as fazem perder energia. Se esses elétrons perdem energia constantemente, o raio da sua órbita diminui constantemente e, portanto, o elétron deve acabar colidindo com o núcleo do átomo, fazendo com que a matéria entre em **colapso**.

Para explicar esse fenômeno, em 1913, **Niels Bohr** propôs que a teoria de Maxwell não poderia ser aplicada à escala atômica. Utilizando a idéia de **Quantização da Energia**, proposta por Max Planck, Bohr propôs que os elétrons de um átomo estariam concentrados em certos níveis energéticos, nos quais não haveria emissão de radiação (e perda de energia). Para passar para um nível energético mais elevado, o elétron precisa ganhar energia suficiente, do meio externo, para realizar esse "salto". Para retornar ao nível energético original, o elétron deve perder a energia absorvida no "salto".

O PRINCÍPIO DA INCERTEZA DE HEISENBERG:

Não é possível conhecer, simultaneamente e com precisão absoluta, a posição e a Quantidade de Movimento do elétron.

Enunciado em 1927 por Werner Heisenberg, constitui uma das idéias fundamentais do pensamento físico dos dias de hoje. Nele, se sabemos com boa precisão a posição de uma partícula, sua Quantidade de Movimento fica indeterminada ou, se a Quantidade de Movimento de uma partícula é conhecida com boa precisão, a sua posição não pode ser determinada.

Assim, não podemos dizer que sabemos perfeitamente a trajetória de um elétron. O que podemos dizer é que, em certo instante de tempo, existe uma região definida do espaço onde existe uma maior probabilidade de se encontrar um elétron.

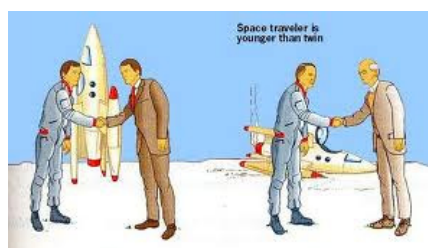
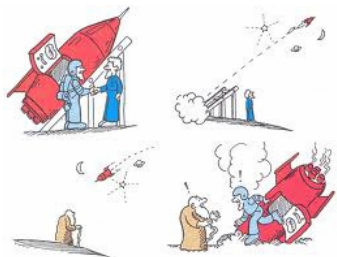
TEORIA DA RELATIVIDADE:

Em 1905, Albert Einstein formulou dois princípios básicos da Teoria da Relatividade Restrita.

- 1º) As Leis da Física são as mesmas para todos os observadores em quaisquer sistemas de referência inerciais.
- 2º) A velocidade da Luz no vácuo tem o mesmo valor para todos os observadores, qualquer que seja o seu movimento ou o movimento da fonte luminosa.

Em sua teoria, Einstein propôs que o tempo depende do referencial adotado como padrão. Assim, um mesmo evento pode durar intervalos de tempo diferentes para dois observadores que escolham referenciais diferentes. A essa diferença nos tempos percebidos em cada um dos referenciais chamou-se de **Dilatação dos Tempos**.

Segundo Einstein, para um observador que se desloque com uma velocidade próxima a da velocidade da luz, o tempo passa mais vagorosamente do que para outro, que adote um referencial com velocidade menor que a velocidade da luz. Para explicar esse fenômeno, Einstein utilizou um exemplo que hoje é conhecido como **Paradoxo dos Gêmeos**.



ATENÇÃO: Para refletir mais e entender melhor esta importante Teoria da Física, faça uma pesquisa sobre o **Paradoxo dos Gêmeos**, proposto por Einstein.

RADIOATIVIDADE:

Em 1896, um ano após a descoberta dos Raios X, o físico francês Antoine Henri Becquerel descobriu que cristais de um sal de Urânio emitiam naturalmente radiação.

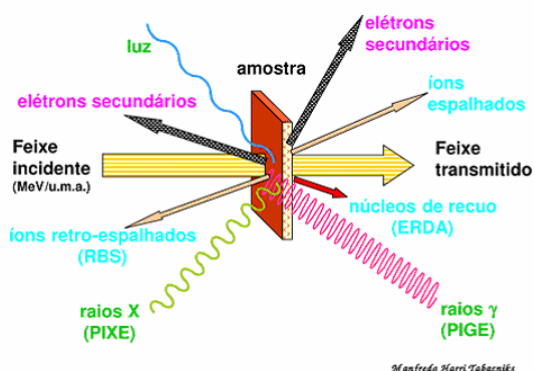
A análise dessas emissões de radiação levou os cientistas a concluir que quando um átomo de uma substância radioativa emite essa radiação (na forma de partículas), ocorre uma desintegração no interior do núcleo do átomo. Assim, dependendo da partícula que é emitida, a quantidade de cargas positivas do núcleo do átomo pode aumentar, diminuir ou permanecer a mesma.

Como a quantidade de prótons existente no núcleo do átomo pode variar, pode transformar o átomo do elemento químico inicial em outro, que possui número atômico diferente.

Em uma desintegração radioativa, podem ser emitidos três tipos de radiação:

- **raios alfa (α)**, constituídos de núcleos de átomos de Hélio (He);
- **raios beta (β)**, constituídos de elétrons ou de pósitrons;
- **raios gama (γ)**, constituídos de fótons de alta energia.

Interação de feixe de íons com a matéria - MeV



FISSÃO E FUSÃO NUCLEAR:

Através de experiências onde o núcleo de um átomo de Urânio foi bombardeado com nêutrons descobriram-se as propriedades de **Fissão e Fusão nucleares**.

Após o núcleo do átomo de Urânio sofrer a colisão com nêutrons, o núcleo de Urânio dividiu-se em dois outros núcleos, de massas atômicas aproximadamente iguais. Após essa divisão do núcleo, ocorreu a liberação de uma grande quantidade de energia (208MeV) na forma de Calor.

Esse fato culminou na confirmação da Equação $E = m \cdot c^2$, que foi proposta por Albert Einstein e virou tema de estudos no mundo inteiro. Os resultados desses estudos culminaram com a parição dos primeiros Reatores Nucleares, em 1942, onde se utilizava a fissão nuclear para produzir Energia Elétrica.

Essa nova tecnologia foi, infelizmente, adaptada e em 1945 e resultou na fabricação da primeira bomba nuclear, que é um artefato militar utilizado para matar pessoas e destruir países em grande escala.

REFERÊNCIAS:

ARRIBAS, S. D. **Experiências de Física na Escola**. Passo Fundo: Ed. Universitária, 1996.

BEN-DOV, Y. **Convite à Física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1996.

BRAGA, M. [et al.] **Newton e o triunfo do mecanicismo**. São Paulo: Atual, 1999.

BERNSTEIN, J. **As idéias de Einstein**. São Paulo: Editora Cultrix Ltda, 1973.

BONJORNO. **Física Completa**. Editora Moderna. 2002.

CARUSO, F.; ARAÚJO, R. M. X. de. **A Física e a Geometrização do mundo**: Construindo uma cosmologia científica. Rio de Janeiro: CBPF, 1998.

CHAVES, A. **Física: Mecânica**. Volume 1. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso Editores, 2000.

CHAVES, A. **Física - Sistemas Complexos e Outras Fronteiras**. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso Editores, 2000.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C..**Física** , Volume único.

GRF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, Física 2; Física Térmica/Óptica/GRF – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 3ª edição, 1996.

PARANÁ. **Física**, Volume Único, Editora Ática, 2003;

PENTEADO, P. C.; TORRES, C. M. A. **Física – Ciência e Tecnologia**, Volume 3.