

ELETROMAGNETISMO MAGNETISMO

1. INTRODUÇÃO:

1.1-HISTÓRICO:

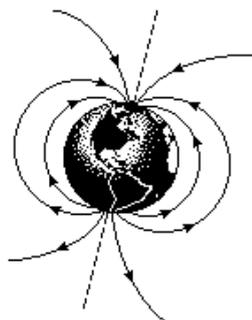
-Tão antigo quanto à eletricidade é o conhecimento do homem com relação ao magnetismo. Os chineses, séculos antes de Cristo já utilizavam as “pedras magnéticas” ou pequenas agulhas imantadas para se orientarem em suas viagens marítimas. Na Europa, os gregos da Ásia menor na época de Demócrito já usavam “as pedras da Magnésia” em tratamentos médicos e na idade média o navegador italiano Marco Pólo em contato com os povos do extremo oriente trouxe para a Europa os conhecimentos sobre a orientação náutica em alto mar por meio de bússolas. Nas universidades europeias desenvolveram-se os primeiros estudos científicos sobre o magnetismo ,culminando com o tratado de W.Gilbert,1600 d.C, intitulado “PRINCÍPIOS DE MAGNETISMO”.

Em 1820 o dinamarquês Christian Oersted descobriu o ELETROMAGNETISMO ao observar que correntes elétricas em circuitos fechados induziam o desvio de agulhas imantadas próximas a essas. Em 1840, Faraday desenvolveu os primeiros motores elétricos utilizando-se do princípio da indução magnética. Em 1860, Maxwell desenvolveu a Teoria Eletromagnética que unificou a Eletricidade, o Magnetismo e a Óptica ao ELETROMAGNETISMO. Sendo essa teoria aplicada até hoje para explicar os fenômenos :elétricos, magnéticos e ópticos.

1.2-ÍMÃS NATURAIS

As pedras mágicas como eram chamadas são formadas pela magnetita (Fe_3O_4) que se encontravam em grande abundância na região de magnésia (Ásia Menor).Elas têm a capacidade de atrair pedaços de metais do tipo Ferro, Níquel e Cobalto.

Microscopicamente, a explicação para este fenômeno, foi apresentada pela Física Quântica , no qual micro-correntes eletrônicas no interior das moléculas de Ferro. Como exemplo de ímã natural temos a TERRA.

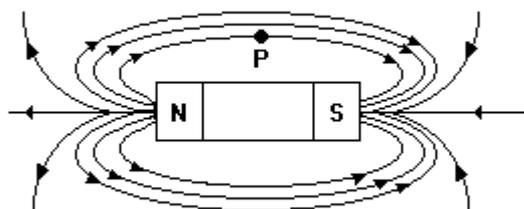


1.2.1- PROPRIEDADES

1ª- Existência de um campo magnético envolvendo o magneto.

As linhas magnéticas são fechadas saindo pelo pólo Norte e entrando pelo pólo sul.. No interior do ímã são paralelas caracterizando um campo uniforme.

2ª-Pólos Magnéticos nas extremidades do ímã. São as zonas de maior intensidade do campo magnético. Observe a maior concentração de linhas de indução magnética nessas regiões.



3ª-ATRAÇÃO E REPULSÃO MAGNÉTICA

Pólos opostos de dois ímãs se atraem, enquanto pólos idênticos se repelem.

4ª-DÍPOLOS MAGNÉTICOS

Essa propriedade também conhecida como inseparabilidade dos pólos magnéticos.

Assim os pólos A e B são respectivamente sul e norte.

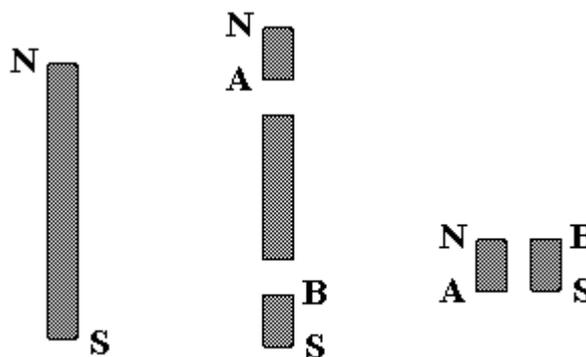


Figura I

Figura II

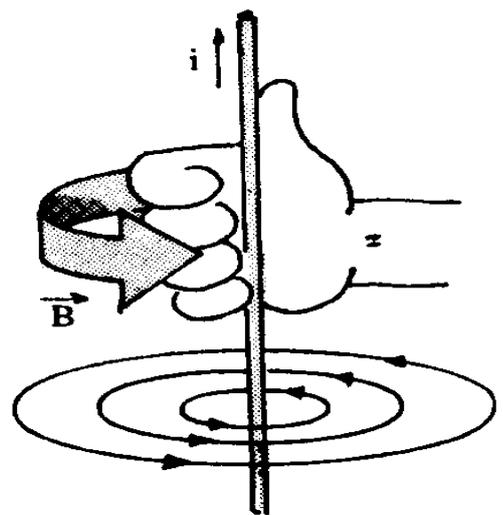
Figura III

ELETROMAGNETISMO

2.CAMPOS MAGNETICOS GERADOS POR CORRENTE ELÉTRICA

2.1-FIO RETILÍNEO E LONGO:

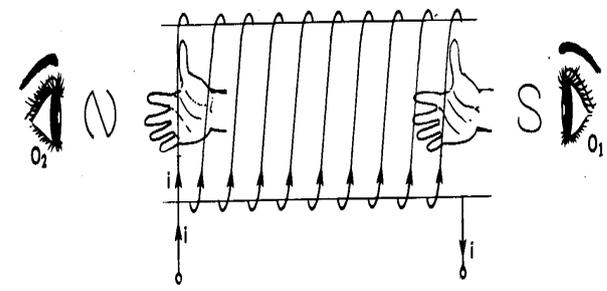
O campo magnético é concêntrico ao condutor, perpendicular ao plano da corrente elétrica, cujo sentido é determinado pela regra da mão direita:



INTENSIDADE: $B = \frac{\mu N \cdot I}{L}$

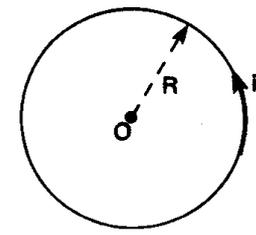
DIREÇÃO: O campo magnético no interior do solenóide é paralelo ao eixo de simetria e perpendicular ao plano da corrente.

SENTIDO: regra da mão direita.



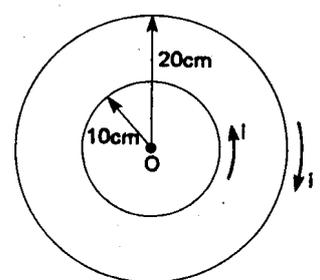
EXERCÍCIOS

1ª) Uma espira circular de raio $R=2\pi$ é percorrida por uma corrente elétrica de intensidade $i=4$ A, conforme a figura. Represente o vetor indução magnética **B** no centro **O** da espira e calcule sua intensidade.



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

2ª) Na figura, as duas espiras são concêntricas, coplanares e estão percorridas por correntes elétricas de mesma intensidade $i=10$ A, nos sentidos indicados. O raio da espira menor é de 10cm e da maior 20cm. Determine a intensidade do vetor indução magnética resultante no centro O.



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

3ª) Na figura representamos um fio condutor muito longo percorrido por uma corrente elétrica

INTENSIDADE: $B = \frac{\mu I}{2\pi d}$

Onde μ é a constante denominada susceptibilidade magnética do meio

$\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} Tm / A$

DIREÇÃO: Perpendicular ao plano do condutor.

SENTIDO:

Regra da mão direita

2.2-ESPIRA:

INTENSIDADE: $B = \frac{\mu I}{2R}$

DIREÇÃO: O campo magnético no centro da espira é perpendicular ao centro da espira.

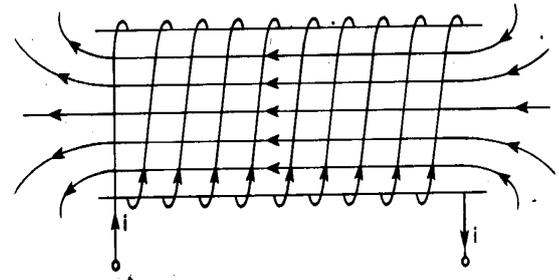
SENTIDO: regra da mão direita.

2.3-BOBINA:

$B_{bobina} = N \cdot B_{espira}$

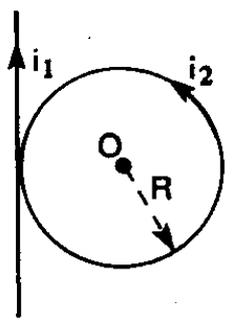
N é o número de espiras que compõe a bobina.

2.4. SOLENÓIDE



O campo magnético do solenóide será determinado por:

Prof. Nemésio Augusto – Física – 3º Ano EM
de intensidade $i_1=4$ A e uma espira circular de raio $r=0,20$ m, percorrida pela corrente elétrica de intensidade $i_2= 2$ A. O fio e a espira estão no mesmo plano, um tangenciando o outro, conforme a figura. Determine a intensidade do vetor indução magnética resultante no centro o da espira.



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

4ª) Uma bobina chata é constituída de 50 espiras circulares de raio 10cm. Qual a intensidade de corrente elétrica que deve percorrer a bobina, para que o vetor indução magnética em seu centro tenha intensidade de $5 \times 10^{-4} T$

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

FORÇA MAGNÉTICA

1-INTERAÇÃO ENTRE A CARGA ELÉTRICA E O CAMPO MAGNÉTICO

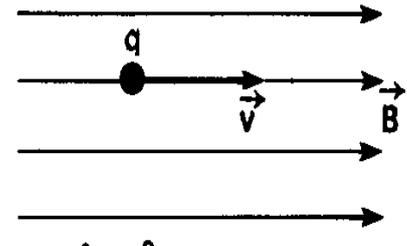
Consideremos uma carga elétrica Q introduzida no interior de um campo magnético. Quais os efeitos produzidos por esse campo magnético sobre o movimento dessa carga? Respondendo a esta pergunta, constatamos experimentalmente que:

Se carga é colocada em repouso no interior do campo magnético, esta permanecerá em repouso, pois não observaremos nenhuma interação(Força) entre a carga e o campo magnético;

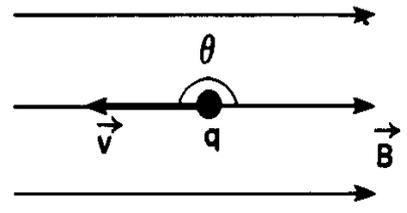
$$v = 0 \Rightarrow F_{mag} = 0$$

Se carga é colocada no interior do campo magnético, em movimento paralelo(mesma direção)as linhas de indução magnética, a carga permanecerá em movimento retilíneo e uniforme(estado inercial), pois não observaremos nenhuma interação(Força) entre a carga e o campo magnético;

Se V é paralelo a B então $F_{MAG} = 0$

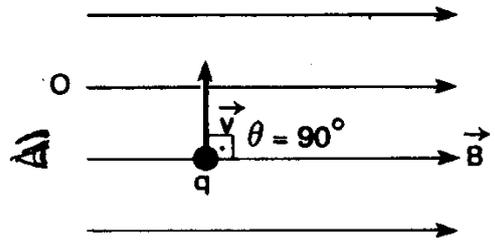


a) $\theta = 0^\circ$

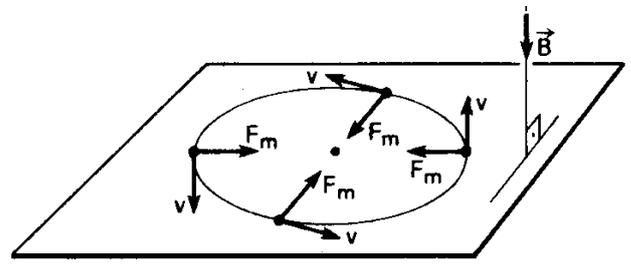


b) $\theta = 180^\circ$

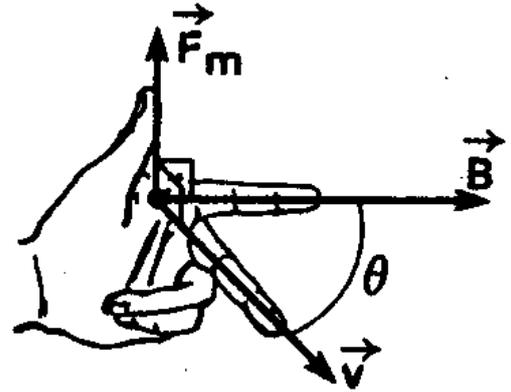
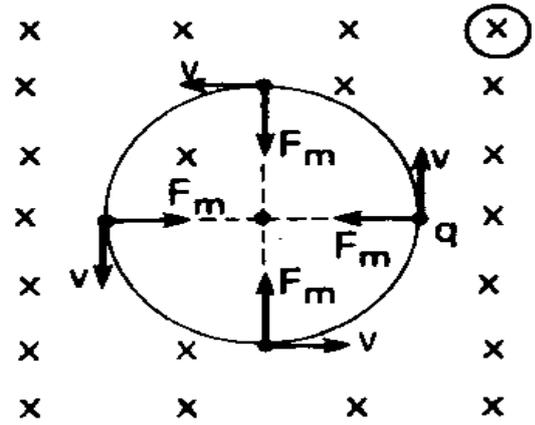
Se carga é colocada no interior do campo magnético, em movimento perpendicular as linhas de indução magnética, a carga sofrerá a ação de uma força magnética perpendicular (centrípeta) ao seu movimento(vetor velocidade) descrevendo um movimento circular e uniforme no interior do campo magnético.



Se $\alpha = 90^\circ$ então F_{mag} é máxima e de natureza centrípeta. Observando o campo magnético do alto, penetrando na folha de papel:



Força magnética é perpendicular à velocidade, gerando uma força centrípeta e conseqüentemente produzindo um movimento circular.



Precisamos então determinar o vetor força magnética, para compreendermos esta interação entre carga elétrica e campo magnético

2.O VETOR FORÇA MAGNÉTICA
2.1-MÓDULO ou INTENSIDADE

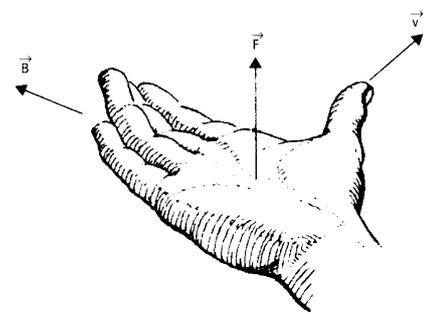
A força magnética poderá ser determinada pela expressão:

$$F_{MAG} = q.v.B.\text{sen } \alpha$$

onde:

- q é a carga elétrica;
 - B é o módulo do campo magnético;
 - V é o módulo da velocidade da carga elétrica no interior do campo magnético;
 - α é o ângulo entre os vetores velocidade e o vetor campo magnético;
 - F é a força magnética produzida pelo campo magnético sobre a carga elétrica.
- As unidades no S.I.

Pela regra da Mão Direita nº2 usaremos a seguinte convenção:
O dedo polegar indica a direção da velocidade;
Os demais dedos juntos apontam a direção do campo magnético;
Na palma da mão a direção da Força Magnética.

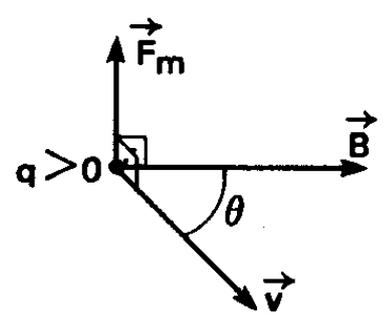


GRANDEZA	UNIDADE
FORÇA MAGNÉTICA	N (NEWTON)
CAMPO MAGNÉTICO	T (TESLA)
CARGA ELÉTRICA	C (COULOMB)
VELOCIDADE	-m/s(Metro/segundo)

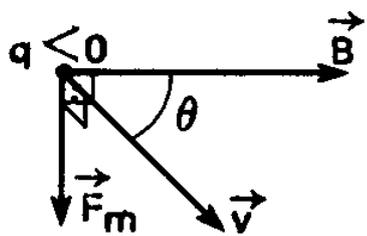
2.2-DIREÇÃO DA FORÇA MAGNÉTICA

A força magnética é PERPENDICULAR ao plano formado pela velocidade e ao campo magnético. Para determina-la use a regra da Mão Esquerda ou a regra da mão direita nº2
Pela regra da mão esquerda. Veja a figura
O dedo polegar indica a direção e o sentido da força;
O dedo indicador indica a direção do campo magnético;
O dedo médio indica a direção da velocidade.

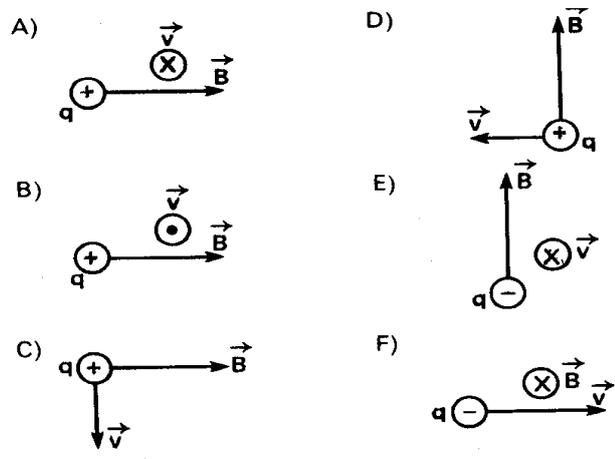
2.3 SENTIDO DA FORÇA MAGNÉTICA
O sentido é determinado pelas regras acima citadas, observando-se o sinal da carga elétrica. Veja a figura:



Ou se

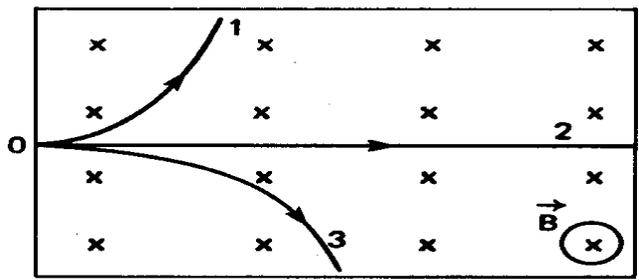


1ª) Represente a força magnética que age na carga elétrica q lançada no campo magnético de indução B , nos casos:

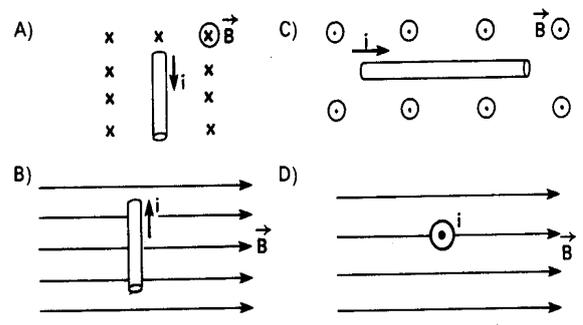


2ª) Um feixe constituído de três espécies de partículas, A eletrizada positivamente, B eletrizada negativamente e C neutra, é lançado de um ponto O de campo magnético uniforme de indução B e descreve as trajetórias indicadas na figura. Supondo que as partículas estejam sob ação do campo magnético somente, pede-se:

- Identificar a trajetória de cada partícula;
- Determinar, entre as partículas A e b, qual a de maior massa. Sabe-se que A e B têm cargas elétricas de mesmo valor absoluto e penetram no campo magnético com mesma velocidade.

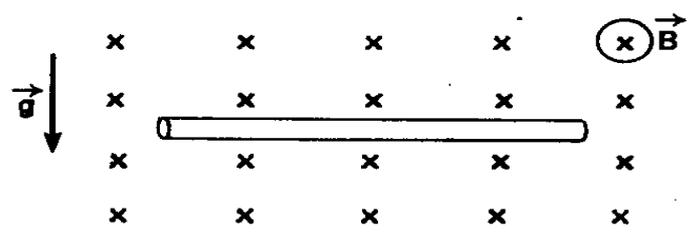


3ª) Represente a força magnética que age sobre cada condutor retilíneo, percorrido por corrente elétrica e imerso no interior de um campo magnético uniforme, nos casos:



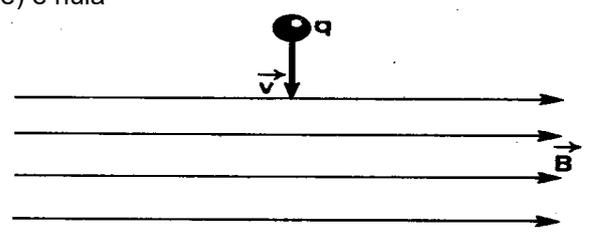
4ª) Um condutor reto e horizontal de comprimento $l = 0,5m$ e massa $m = 2 \cdot 10^{-3} Kg$, percorrido por corrente elétrica de intensidade $i = 8 A$, encontra-se em equilíbrio sob ação exclusiva do campo da gravidade e de um campo magnético uniforme de indução B , conforme a figura. Sendo $g = 10m/s^2$, determine:

- A intensidade do vetor B ;
- O sentido da corrente elétrica i .



5ª) (FATEC-SP) A carga elétrica q positiva penetra no campo magnético uniforme B com velocidade v , conforme ilustra a figura anexa. A força magnética que atua na carga tem direção e sentido:

- perpendicular ao plano do papel, saindo dele;
- perpendicular ao plano do papel, entrando nele;
- coincide com o vetor velocidade;
- formando ângulo de 45° com o campo magnético, entre v e B ;
- é nula



Prof. Nemésio Augusto – Física – 3º Ano EM

6ª) Um elétron em um tubo de raios catódicos está-se movendo paralelamente ao eixo do tubo com velocidade de 10^7 m/s. aplica-se um campo de indução magnética \mathbf{B} , de 4T, formando um ângulo de 30° com o eixo do tubo. Sendo a carga do elétron $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, determine a intensidade da força magnética que sobre ele.

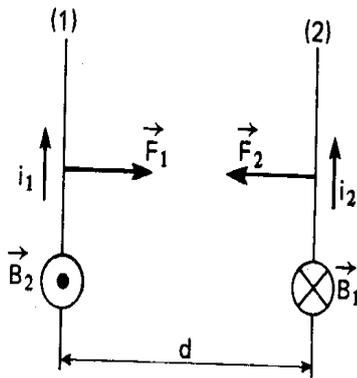
7ª) Uma partícula eletrizada com carga elétrica q e massa m penetra com velocidade v_0 no campo magnético de intensidade \mathbf{B} , perpendicularmente ao vetor \mathbf{B} . A trajetória da partícula é:

- uma circunferência de raio mv_0/eB ;
- Uma circunferência de raio $2mv_0/eB$
- Uma circunferência de raio $mv_0/2eB$
- Uma parábola de distância focal $mv_0/2eB$
- Uma hipérbole eqüilátera de distância focal mv_0/eB

FORÇA MAGNÉTICA ENTRE 2 CONDUTORES PARALELOS E LONGOS PERCORRIDOS POR UMA CORRENTE ELÉTRICA

1ºCASO:

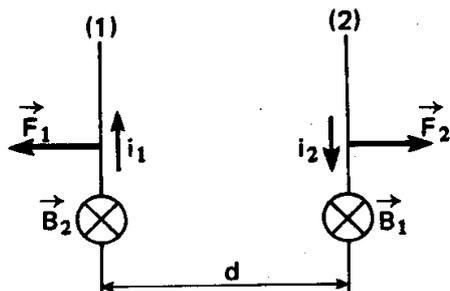
CONDUTORES PARALELOS - CORRENTES ELÉTRICAS NO MESMO SENTIDO:



FORÇA MAGNÉTICA:
INTENSIDADE:

$$F = \frac{\mu I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

DIREÇÃO: perpendicular ao plano das correntes;



SENTIDO: atração entre os condutores.

2ºCASO:

CONDUTORES PARALELOS - CORRENTES ELÉTRICAS EM SENTIDOS OPOSTOS:

FORÇA MAGNÉTICA:

INTENSIDADE:

$$F = \frac{\mu I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

DIREÇÃO: perpendicular ao plano das correntes;
SENTIDO: atração entre os condutores.

EXERCÍCIOS

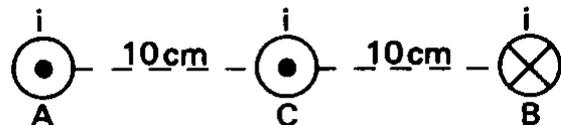
1ª) Dois fios retos longos estão situados a 30 cm um do outro e são percorridos por correntes de intensidades 6 A e 20 A, respectivamente, no mesmo sentido:

- Entre os condutores há atração ou repulsão?
- Qual a intensidade da força magnética que um condutor exerce sobre o outro, sobre um comprimento igual a 1 metro?

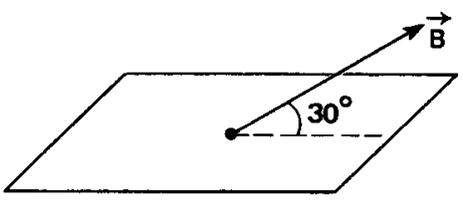
2ª) Dois fios retos e extensos estão a 50 cm um do outro e são percorridos por correntes elétricas de intensidades iguais a 10 A, em sentidos opostos. Determine a intensidade e a natureza da força de interação entre esses condutores por unidade de comprimento.

3ª) A figura indica três condutores elétricos A, B e C perpendiculares ao papel e percorridos por correntes elétricas de intensidades iguais a $i=10$ A. Determine a intensidade da força magnética resultante que os condutores A e B exercem sobre um comprimento igual a 1 metro do condutor C.

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



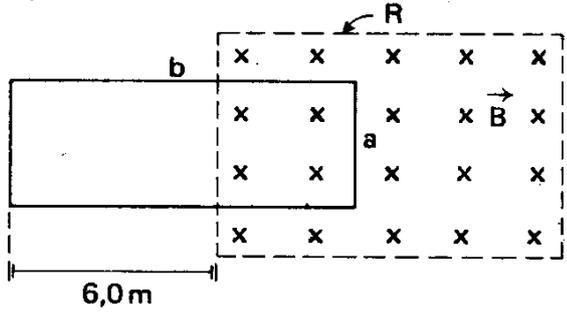
1ª) Consideremos uma superfície plana de área 4m^2 , dentro de uma região onde há um campo de indução magnética \underline{B} uniforme, de módulo 5 T , tal que o ângulo entre B e a superfície seja 30° . Calcule o fluxo de B através da superfície.



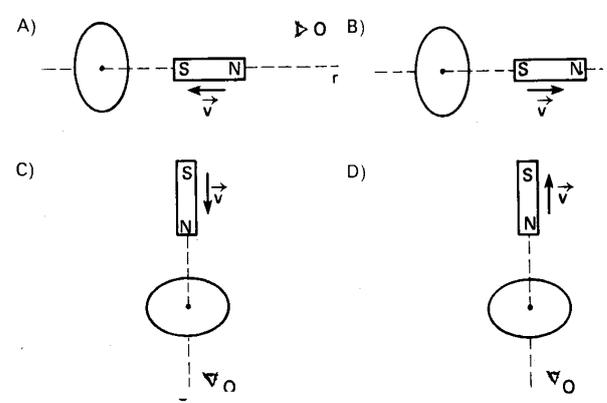
2ª) Um fio em forma de espira quadrada, de lado $l=2\text{m}$, está numa região onde há um campo magnético uniforme de indução $B=6\text{ Tesla}$, de modo que o plano da espira é perpendicular a B . Calcule o fluxo de B através da espira.

3ª) Consideremos uma região onde um campo de indução magnética B , uniforme, cujo módulo é de 2T . dentro dessa região há uma superfície plana S de área igual a 5m^2 , sendo \odot o ângulo entre B e a superfície. Sabendo que $\text{seno}=0,6$ e $\text{coseno}=0,8$, calcule o módulo do fluxo de B através da superfície S .

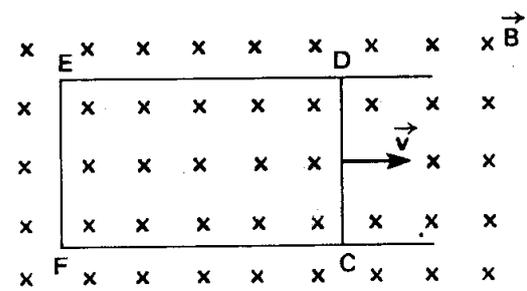
4ª) Na região assinalada na figura, há um campo magnético uniforme de indução de 5T . Fora da região R não há campo magnético. Uma espira retangular de lados 4m e 10m , está parcialmente dentro da região R , como mostra a figura, de modo que o plano da espira é perpendicular a B . Calcule o módulo do fluxo magnético através da espira.



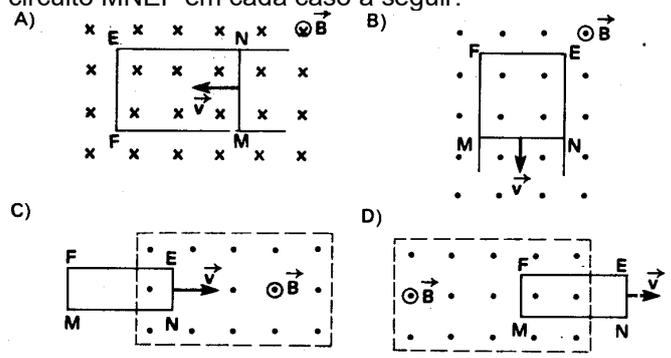
5ª) Em cada caso a seguir, temos um ímã em forma de barra, que se move sobre uma reta r perpendicular ao plano de uma espira circular fixa. Determine em cada caso o sentido da corrente induzida, para o observador O .



6ª) Um condutor retilíneo CD apóia-se em um fio condutor com forma de U , como mostra a figura. O conjunto está imerso num campo de indução magnética B , uniforme, de modo que B é perpendicular ao plano dos condutores. Um operador puxa o condutor CD de modo que este se move no sentido indicado na figura. Determine o sentido da corrente elétrica induzida no circuito $CDEF$



7ª) Determine o sentido da corrente induzida no circuito $MNEF$ em cada caso a seguir:



Prof. Nemésio Augusto – Física – 3º Ano EM

8ª) Uma espira retangular, de área $0,2\text{m}^2$, está imersa em um campo de indução magnética \underline{B} , uniforme, de modo que o plano da espira é perpendicular a B . em um intervalo de tempo $\Delta t=4\text{s}$, a intensidade de \underline{B} aumenta de 5T para 13T . a resistência elétrica da espira é de 2Ω . Para esse intervalo de tempo calcule:

- O módulo da força eletromotriz induzida na espira;
- A intensidade da corrente induzida na espira;
- A carga elétrica que passou por uma seção reta qualquer do fio que forma a espira;

9ª) Uma espira circular ,de área $1,2\text{m}^2$, está imersa em um campo de indução magnética \underline{B} , uniforme, de modo que o plano da espira é perpendicular a B . em um intervalo de tempo $\Delta t=3\text{s}$, a intensidade de \underline{B} diminui de 8T para 3T . a resistência elétrica da espira é de 4Ω . Para esse intervalo de tempo calcule:

- O módulo da força eletromotriz induzida na espira;
- A intensidade da corrente induzida na espira;
- A carga elétrica que passou por uma seção reta qualquer do fio que forma a espira;

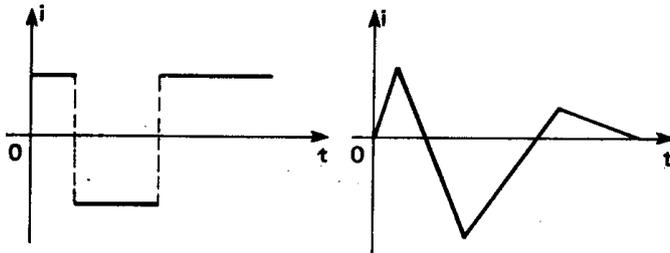
CORRENTE ALTERNADA

1. -CONCEITO;

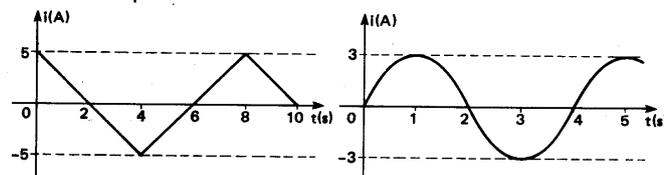
É a corrente elétrica que o seu sentido é alternado, isto é, a corrente que circula ora num sentido, ora em outro sentido (sentido oposto). Poderemos ter correntes alternadas periódicas e não-periódicas.

Veja a figura:

Correntes Aperiódicas



Correntes periódicas



Para identificar se a corrente é alternada no circuito basta verificar se o gerador fornece uma

tensão alternada. Veja a representação esquemática:

2. CORRENTE ALTERNADA SENOIDAL.

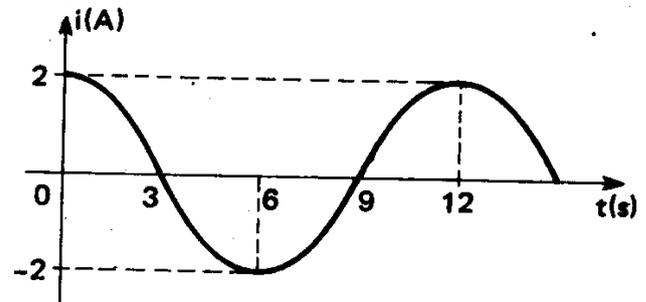
Estudaremos as correntes alternadas periódicas e essas são representadas pela corrente alternada senoidal.

$$I = I_0 \cdot \text{SEN}(wt + \alpha)$$

I_0 É A INTENSIDADE MÁXIMA;
 W é a pulsação da corrente:

$$\omega = 2\pi f$$

Sendo f a frequência de pulsação da onda
Ver gráfico:



$$I_0 = 2A \quad T=12s \quad f = \frac{1}{12} \text{ Hz} \quad W = \frac{\pi}{6} \text{ rd/s}$$

No Brasil, a frequência usada pelas usinas geradoras de corrente elétrica é de 60Hz , mas há países que usam 50Hz . As correntes alternadas são produzidas por gerador eletromagnético também senoidal.

3. -VALOR EFICAZ.

O valor eficaz de uma corrente alternada periódica é o valor de uma corrente contínua constante que, num intervalo de tempo igual a um período, dissipa a mesma energia em um resistor. No caso da corrente alternada senoidal é dada por

$$I_{EF} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

Poderemos também determinar a tensão alternada de valor eficaz

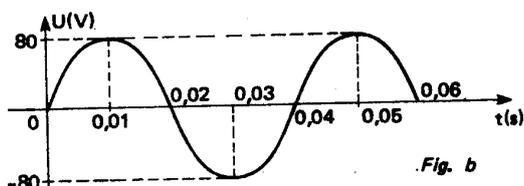
$$U_{EF} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

Quando uma corrente alternada percorre um resistor, a potência média (P_m) dissipada nesse resistor é definida como sendo a energia dissipada em um período, dividida pelo período.

$$P_m = U_{EF} \cdot I_{EF}$$

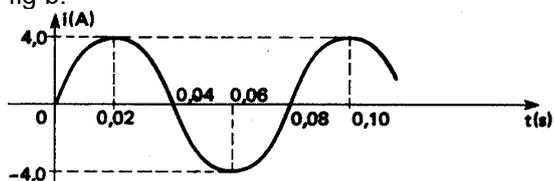
EXERCÍCIOS

1ª) Um resistor de resistência $r=40 \Omega$ está ligado a um gerador (fig a) que mantém entre seus terminais uma tensão alternante senoidal, cujo valor em função do tempo é dado pelo gráfico da fig b:



- Calcule o valor Máximo da corrente elétrica que passa pelo resistor;
- Calcule os valores eficazes de tensão e da corrente;
- Qual a frequência da tensão alternante?
- Esboce o gráfico da corrente em função do tempo
- Calcule a potência media emitida pelo resistor

2ª) Um resistor de resistência $r=30 \Omega$ está ligado a um gerador (fig a) que mantém entre seus terminais uma tensão alternante senoidal, cujo valor em função do tempo é dado pelo gráfico da fig b:

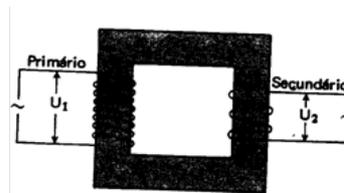


- Calcule o valor Máximo da corrente elétrica que passa pelo resistor;
- Calcule os valores eficazes de tensão e da corrente;
- Qual a frequência da tensão alternante?
- Esboce o gráfico da corrente em função do tempo
- Calcule a potência media emitida pelo resistor

Resolução: a)120V; b)2,8 A e 85V; c)12,5Hz; d)240W.

4. - TRANSFORMADORES

São dispositivos eletromagnéticos que funcionam em circuitos alternados com a função de elevar ou reduzir a tensão elétrica num circuito.



4.1.-Características do Transformador:

- são formados por um núcleo de ferro conectando duas bobinas com quantidades de espiras por bobina diferentes.
- A tensão em cada terminal é proporcional ao número de espiras por bobina

$$\frac{U_P}{N_P} = \frac{U_S}{N_S}$$

U_P É a tensão no transformador primário ou de entrada de tensão;

U_S É a tensão no transformador secundário ou de saída de tensão;

N_P É o número de espiras da bobina primária;

N_S É o número de espiras da bobinas secundário.

- A potência transferida num transformador ideal é constante. Nos transformadores em geral com núcleos de ferro doce a perda é de 1% aproximadamente.

O seu valor pode ser determinado por:

$$U_P I_P = U_S I_S$$

Quando a tensão de saída é maior do que a tensão de entrada o transformador é denominado de ELEVADOR DE TENSÃO. Quando a tensão de saída é menor do que a da entrada o transformador é denominado de ABAIXADOR DE TENSÃO.

3ª) Consideremos um transformador ideal, com 600 espiras no primário e 200 espiras no secundário. Aplica-se ao primário uma tensão alternante de valor eficaz 150 V, de modo que nele circula uma corrente de valor eficaz 0,2 A. Calcule:

- a tensão eficaz no secundário;
- a intensidade eficaz da corrente no secundário;