

ELETROMAGNETISMO

Experiências mostraram que um campo magnético pode ser gerado não apenas por ímãs, mas também por correntes elétricas e hoje atribui-se o magnetismo dos ímãs a existência de micro correntes no seu interior. Desta forma, a origem de qualquer campo magnético é atribuída as cargas elétricas em movimento.

ELETROMAGNETISMO - É o ramo da Física que estuda as interações elétricas e magnéticas em conjunto.

CAMPO MAGNÉTICO

“Cargas elétricas em movimento; origem de todos os campos magnéticos”.

INTRODUÇÃO - O magnetismo é um fenômeno básico no funcionamento de motores elétricos, geradores, reprodução de voz e imagens, gravação de informações na memória do computador e várias outras aplicações tecnológicas.

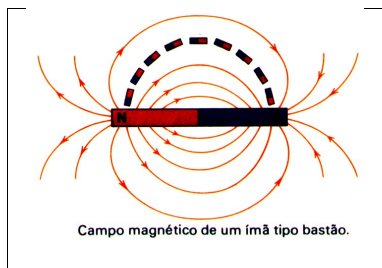
CAMPO MAGNÉTICO - Chama-se campo magnético a região do espaço modificada pela presença de um ímã, de um condutor percorrido por uma corrente elétrica ou de um corpo eletrizado em movimento.

Vetor indução magnética (B)- Caracteriza a intensidade, a direção e o sentido do campo magnético em um ponto do espaço.

Unidade de indução magnética no S.I é o tesla (T), sendo $T = N / (A \cdot m)$.

MAGNETISMO: É a propriedade de certos materiais atraírem pedaços de ferro.

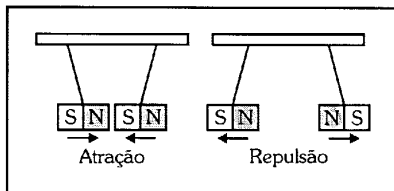
ÍMÃS : São pedaços de metais ferrosos que têm a propriedade de se atraírem ou repelirem mutuamente e de atraírem pedaços de ferro. Podem ser naturais ou artificiais. A magnetita é um ímã natural.



PÓLOS MAGNÉTICOS DOS ÍMÃS. Em qualquer ímã, por menor que ele seja, existem duas regiões distintas onde as suas propriedades magnéticas se manifestam mais intensamente. Essas regiões são denominadas pólos magnéticos do ímã.

INTERAÇÃO ENTRE PÓLOS DE ÍMÃS:

Pólos magnéticos iguais se repelem enquanto pólos magnéticos diferentes se atraem.



INSERIBILIDADE DOS PÓLOS DOS ÍMÃS: Consta-se experimentalmente que é impossível isolar um dos pólos dos ímãs.

LINHAS DE INDUÇÃO: São linhas que permitem uma visualização do campo magnético. Têm as seguintes características:

- são tangentes ao vetor indução magnética em cada ponto
- são orientados no sentido deste vetor
- são sempre fechadas, isto é, não tem fontes nem sorvedouros
- a densidade das linhas de indução permite avaliar a intensidade do campo magnético em determinada região.

Indução magnética de um solenóide:

A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A IMANTAÇÃO.

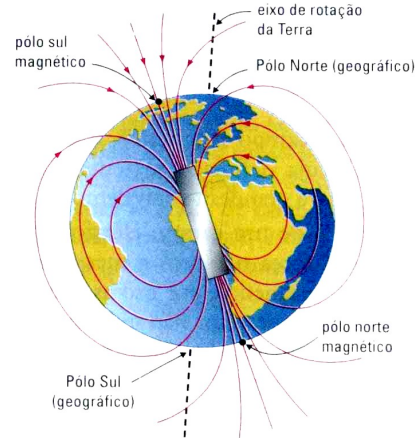
Geralmente, quando aquecemos um material (ferromagnético) que apresenta uma magnetização perceptível, esta vai diminuindo à medida que a temperatura aumenta. A temperatura a partir da qual o material

não apresenta mais magnetização espontânea recebe o nome de PUNTO DE CURIE.

MATERIAL	PUNTO CURIE °C	MATERIAL	PUNTO CURIE °C
Ferro	1131	níquel	358
Cobalto	770	Gadolínio	16

CAMPO MAGNÉTICO DA TERRA - Em torno da Terra, existe um campo magnético chamado de campo magnético Terrestre. Uma pequena agulha magnética (ímã de prova) ali colocada se orienta de modo a apontar sempre a mesma extremidade para um ponto situado nas vizinhanças do Pólo Norte Geográfico.

Pólo Norte Magnético - Quando um ímã está livre para girar em torno do seu centro de gravidade, num plano horizontal, um dos seus pólos aponta sempre para o norte geográfico da Terra. Esse pólo é chamado Pólo Norte Geográfico do ímã. O outro pólo, que aponta para o sul geográfico, é chamado pólo Sul magnético do ímã.



SUBSTÂNCIAS MAGNÉTICAS

PARAMAGNÉTICAS- são aquelas que, na presença de um campo magnético, se imantam muito fracamente, fazendo com que o valor do campo magnético seja ligeiramente aumentado.

DIAMAGNÉTICAS- em presença de um campo magnético se imantam fracamente, fazendo, com que o valor do campo magnético se torne ligeiramente menor.

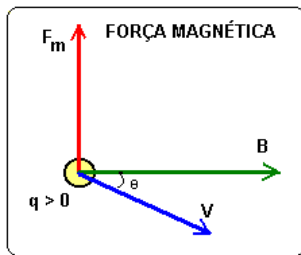
FERROMAGNÉTICAS (ferro, níquel e cobalto e suas ligas)- sob a ação de um campo magnético, estas substâncias se imantam fortemente, fazendo com que o campo magnético resultante seja muitas vezes maior do que o campo aplicado.

A grande maioria das substâncias na natureza é paramagnética ou diamagnética.

Alguns valores de B	
Descrição	Intensidade aproximada do campo magnético (T)
Superfície do núcleo atômico	10^{12}
Junto a um ímã de recados de geladeira	10^{-2}
Na superfície da Terra	10^{-4}
No espaço interestelar	10^{-10}
Valor min. Num compartimento blindado	10^{-14}

FORÇA MAGNÉTICA

AS FORÇAS ENTRE DUAS CARGAS EM MOVIMENTO NÃO SÃO IGUAIS EM MÓDULOS, NÃO TÊM A MESMA DIREÇÃO E NEM SÃO OPOSTAS EM SENTIDO.



ELEMENTO DE CORRENTE: Chama-se elemento de corrente a grandeza vetorial que se obtém multiplicando a intensidade da corrente elétrica que percorre um pequeno trecho de condutor, pelo deslocamento das cargas da corrente. O sentido do vetor elemento de corrente é coincidente com o da corrente elétrica e a sua direção é a da tangente ao condutor no ponto considerado.

FORÇA EXERCIDA SOBRE UM ELEMENTO DE CORRENTE, DEVIDO À PROXIMIDADE DE UM FIO CONDUTOR, PERCORRIDO POR UMA CORRENTE ELÉTRICA.

Dada um condutor longo, percorrido por uma corrente elétrica, nas proximidades e paralelamente a um elemento de corrente, constata-se experimentalmente que o elemento de corrente fica sujeito à ação de uma força que apresenta as seguintes características:

- A força é de atração se os sentidos da corrente que percorre o condutor e do elemento de corrente coincidem e de repulsão quando esses sentidos são opostos.
- A intensidade da força é diretamente proporcional ao produto da intensidade da corrente que percorre o condutor pelo módulo do elemento de corrente e inversamente proporcional à distância que os separa.

PERMEABILIDADE MAGNÉTICA- É uma constante para o cálculo da força que age em um elemento de corrente ou carga em movimentos próximos de um condutor percorrido por uma corrente elétrica.

A permeabilidade do vácuo, $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ T.m / A no S.I.}$

DEFINIÇÃO DE AMPÈRE (unidade de intensidade de corrente elétrica do S.I)

Quando dois fios condutores, longos e retilíneos, situados no vácuo, a uma distância de 1 metro um do outro, são percorridos por correntes elétricas de intensidades iguais, a intensidade da corrente que percorre cada um desses condutores será de 1 ampère

Se eles se atraírem ou repelirem com uma força, por metro de condutor, de intensidade igual a $2 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}$.

FORÇA DE LORENTZ - É uma força magnética (F_m) que age sobre uma partícula eletrizada com carga positiva q , quando a partícula se move, com velocidade v , na região de um campo magnético de indução B . A força F_m tem as seguintes características:

Direção: da perpendicular ao plano determinado por v e B ;

Sentido: dado pela regra do “tapa” da mão direita se a carga q for positiva e contrário ao obtido pela regra se a carga q for negativa;

Intensidade: $F_m = q v B \sin \theta$

Equação Vetorial: $\mathbf{F} = q \mathbf{V} \times \mathbf{B}$

REPRESENTAÇÃO DE VETORES PERPENDICULARES AO PLANO DA PÁGINA.



APLICAÇÕES DA FORÇA DA MAGNÉTICA (LORENTZ).

CARGAS EM MOVIMENTO NUM CAMPO MAGNÉTICO

Uma força que é sempre perpendicular a velocidade fará com que a partícula gire em círculo. No caso de uma partícula com carga q que se move num campo magnético a força centrípeta é a própria força magnética.

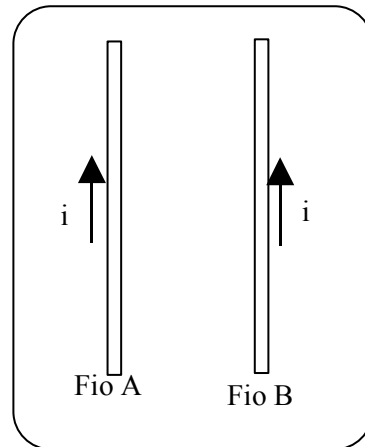
FORÇA SOBRE UM CONDUTOR RETO EM CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME.

Para um condutor retilíneo, de comprimento L , percorrido por uma corrente de intensidade i , mergulhado em um campo magnético uniforme de indução B , e sendo θ o ângulo entre a direção do condutor e a de B , a força magnética será dada pela fórmula:

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} i L \sin \theta$$

FORÇA ENTRE CONDUTORES PARALELOS. Dois condutores, paralelos e retilíneos, de comprimento L , percorridos por correntes de intensidade i_1 e i_2 , separados por uma distância d , interagem entre si com uma força magnética de intensidade:

$$\mathbf{F} = \mu_0 i_1 i_2 L / 2\pi d$$



CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR CORRENTES.

EXPERIÊNCIA DE OERSTED- A experiência de Oersted foi fundamental pois provou que: **uma corrente elétrica produz efeitos magnéticos.**

A ORIGEM DO CAMPO MAGNÉTICO E PORTANTO DA INTERAÇÃO MAGNÉTICA, SÃO AS CARGAS ELÉTRICAS EM MOVIMENTO.

CAMPO MAGNÉTICO GERADO POR UM ELEMENTO DE CORRENTE.

LEI DE BIOT-SAVART. Determina o campo magnético ΔB num ponto P, devido a um elemento de corrente $i \Delta L$. Sendo r o módulo do vetor que vai do elemento de corrente até o ponto P.

MÓDULO. $\Delta B = (\mu_0 i \Delta L \cdot \sin \theta) / 4\pi r^2$

Onde:

θ é o ângulo formado pelo vetor r e a direção do elemento de corrente $i \Delta L$.

μ_0 = permeabilidade magnética do meio onde está o condutor.

DIREÇÃO. Perpendicular ao plano formado por r e ΔL .

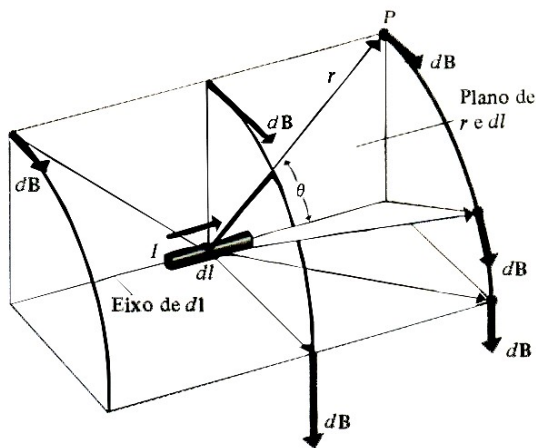
SENTIDO. Dado pela regra da mão direita.

REGRA DA MÃO DIREITA. Coloque ΔL e r de modo que seus inícios coincidam e dobre os dedos de sua mão direita pelo menor dos dois ângulos entre ΔL e r (nesta ordem, $\Delta L \Rightarrow r$); seu polegar aponta no sentido de ΔB .

Ver figura Sears pág 672

COMENTÁRIOS SOBRE A LEI DE BIOT-SAVART.

A lei de Biot-Savart é análoga a lei de Coulomb, usada para calcular o campo elétrico produzido por uma carga pontual. A fonte do campo magnético é a carga q com velocidade V ou um elemento de corrente I de comprimento ΔL , da mesma forma como uma carga q é a fonte do campo elétrico. O campo magnético diminui com o quadrado da distância da carga em movimento ou elemento de corrente, da mesma forma como o campo elétrico diminui com o quadrado da distância a carga.



Vetores campo magnético devido a um elemento de corrente.

Lei de Ampere.

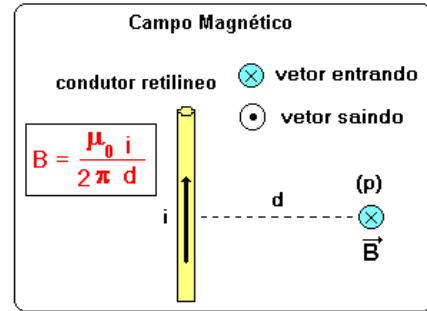
CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO POR CERTOS OBJETOS.

Nas fórmulas que se seguem usamos a seguinte simbologia:

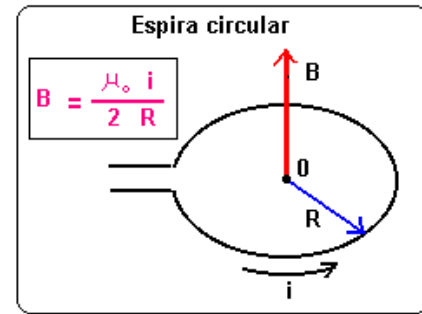
μ_0 = permeabilidade magnética do meio vácuo.

i = corrente elétrica.

A- CONDUTOR RETILÍNEO COMPRIDO (infinito).



B- ESPIRA CIRCULAR – Campo magnético no centro de uma espira circular de raio “R”, percorrida por uma corrente “i”.



C- SOLENÓIDE COMPRIDO (BOBINA) - Campo magnético no interior de uma solenóide comprido.

$$B = (N/L) \pi_0 i = n \pi_0 i$$

N = número de espiras

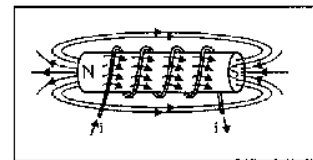
L = comprimento do solenóide

n = número de espiras por unidade de comprimento.

Obs. Para um solenóide comprido, podemos considerar o campo magnético com sendo uniforme no seu interior e nulo no exterior.

Indução magnética de um solenóide:

Um solenóide muito longo percorrido por uma corrente elétrica constante produz um campo magnético uniforme em seu interior, com linhas de indução paralelas ao eixo do solenóide, exceto nas proximidades das bordas. Nos pontos exteriores ao solenóide o campo é nulo.



INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

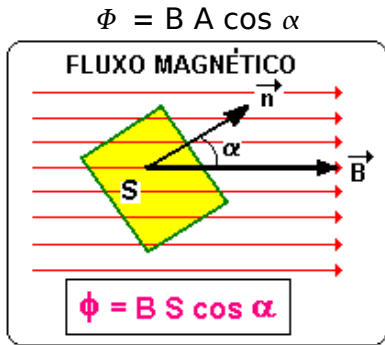
“Um campo magnético variável induz um campo elétrico e vice-versa”
 “A natureza tende a se opor as mudanças”

Fluxo de indução magnética “Φ” através de uma superfície- aberta é igual ao número de linhas de indução que atravessam a superfície.

$$\Phi = \iint \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} \, dA$$

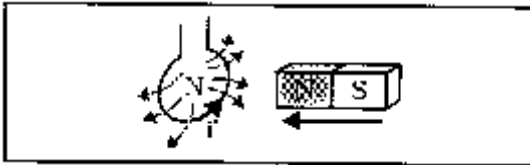
O módulo do fluxo da indução magnética através de uma superfície fechada é nulo.

Fluxo magnético para uma superfície plana de área “A” num campo magnético uniforme “B”, que faz um ângulo “alfa” com a normal ao plano é dado por



UNIDADE DE FLUXO MAGNÉTICO no SI é o Weber (Wb).

Indução Eletromagnética- é o fenômeno que consiste no aparecimento de uma corrente elétrica em uma espira quando há movimento relativo entre a espira e um ímã. A corrente que, nestas condições, aparece na espira, recebe o nome de corrente induzida. **Aparecerá uma corrente induzida em um circuito , sempre que houver variação do fluxo da indução magnética através da área limitada pelo circuito, seja pela variação da intensidade B da indução , ou pela variação da área ou do ângulo que B faz com a normal à área no decurso do tempo.**



Lei de Faraday- “Toda vez que o fluxo magnético através da área limitada por um circuito fechado variar com o decorrer do tempo, será induzida neste circuito uma força eletromotriz”.

$$\varepsilon = - \Delta \Phi / \Delta t = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

Lei de Lenz- É a manifestação da tendência dos sistemas resistirem às mudanças. Constitui, também, uma regra prática para a determinação do sentido da corrente induzida num circuito. Vamos apresentar alguns enunciados que consideramos instrutivos.

Forma 1. “O sentido da corrente induzida em um circuito é tal que se opõe à causa que a produz”.

Forma 2. “A fem e a corrente elétrica induzida num circuito gera um campo magnético, que se opõe à variação do fluxo magnético que induz essa corrente”.

Indutor- Um indutor é um dispositivo que pode ser usado para criar um campo magnético conhecido numa dada região. Também podemos definir o indutor com um dispositivo que armazena energia magnética, ao ser percorrido por uma corrente elétrica. Um indutor é caracterizado pela sua indutância (L).

Indutância de um solenóide- A indutância, na região central, de um solenóide longo, de seção transversal de área A e n espiras por unidade de comprimento (l), é

$$L = \mu_0 n^2 A l$$

Auto-indutância de um circuito- representa o fluxo da indução magnética produzido pela própria corrente do circuito, através da área por ele limitada, por unidade de corrente.

Características da auto-indutância de um circuito: representa uma oposição às variações da intensidade da corrente no circuito. Quando a intensidade da corrente aumenta, a auto-indutância tende a diminuí-la, e quando a intensidade da corrente diminui ,a auto-indutância tende a aumentá-la.

Unidade de Auto-indutância –no S. I é o henry (símbolo H).

F. e. m auto- induzida- Toda vez que houver variação da intensidade da corrente, em um circuito situado na região de um campo magnético, haverá uma variação do fluxo do campo através da área limitada pelo circuito e, conseqüentemente, aparecerá no circuito uma f. e. m auto-induzida.

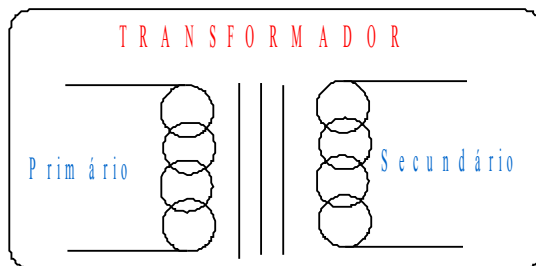
$$\varepsilon = -L (di/dt)$$

TRANSFORMADOR – Dispositivo que permite alterar uma ddp alternada, aumentando-a ou diminuindo-a.

Se o número de espiras no primário(np) é maior que no secundário(ns), ele irá baixar a tensão de saída no secundário, e vice versa.

A fórmula que relaciona as tensões (U), correntes (i) e número de espiras (n) é:

$$U_s / U_p = n_s / n_p = i_s / i_p$$



Relatividade dos fenômenos elétricos e magnéticos:

Quando uma barra condutora tem um movimento de translação na região de um campo magnético, a força que atua sobre os elétrons livres da barra pode ser considerada elétrica ou magnética, dependendo do referencial adotado.

