EEEFM PROFESSORA FILOMENA QUITIBA

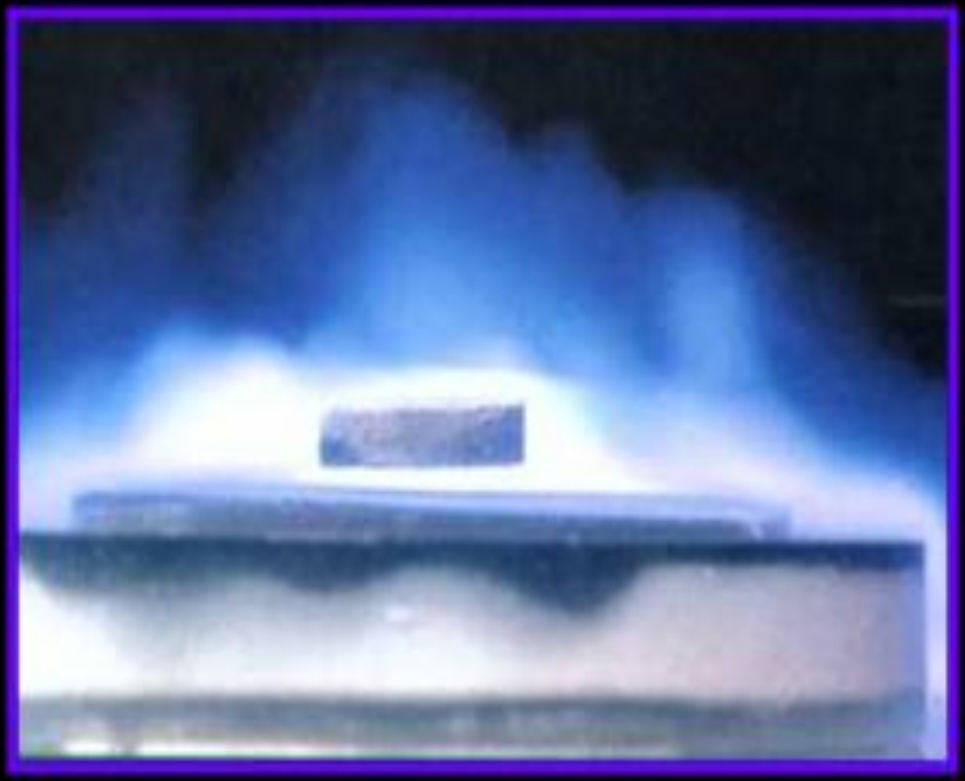
DISCIPLINA:FÍSICA

PROF:LUCAS A. XAVIER
www.wikifisica.com

O Eletromagnetismo.

James Clerk Maxwell

Eletromagnetismo



O campo magnético criado pela corrente elétrica que percorre um supercondutor faz com que um pequeno ímã flutue

Introdução

As primeiras observações de fenômenos magnéticos são muito antigas. Acredita-se que estas observações foram realizadas pelos gregos, em uma cidade denominada Magnésia. Eles verificaram que existia um certo tipo de pedra que era capaz de atrair pedaços de ferro.

Introdução

Sabe-se atualmente que essas pedras, denominadas **ímãs naturais**, são constituídas por um certo óxido de ferro.

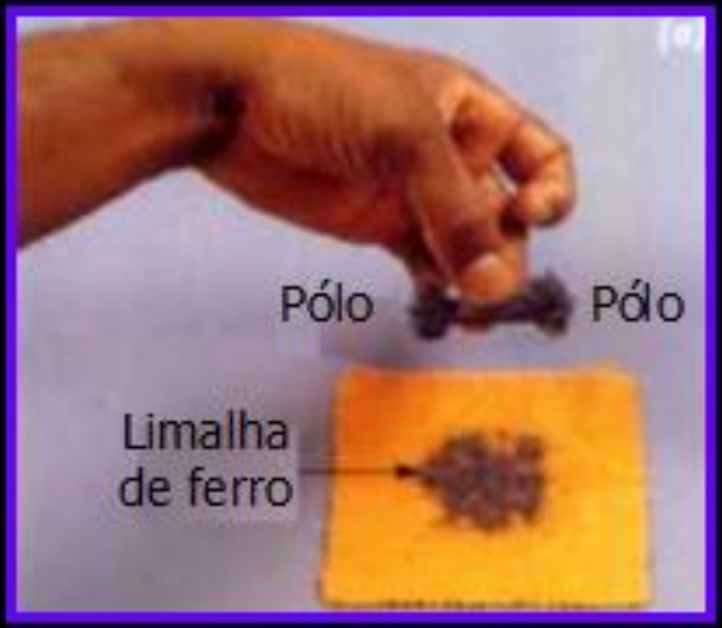
O termo "magnetismo" foi, então, usado para designar o estudo das propriedades destes ímãs, em virtude do nome da cidade onde foram descobertos.

Observou-se que um pedaço de ferro, colocado nas proximidades de um ímã natural, adquiria as mesmas propriedades de um ímã (imantação), obtendo assim ímãs não-naturais (**ímãs artificiais**).

Fenômenos Magnéticos

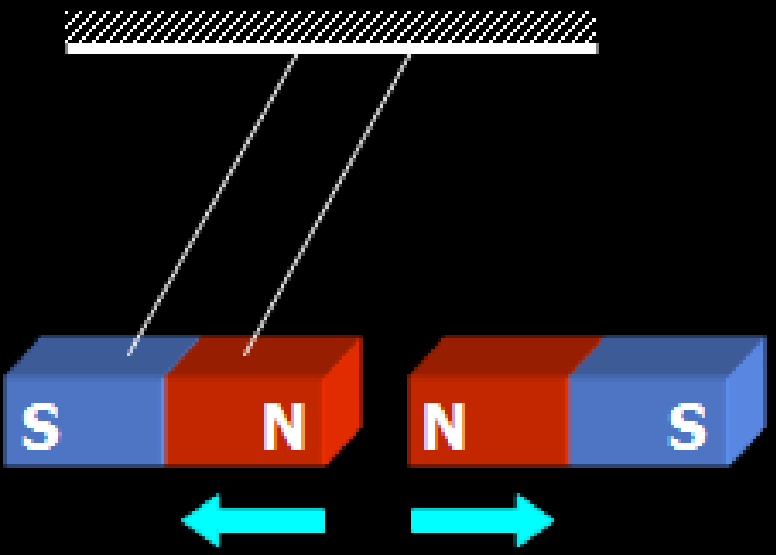
Verificou-se que os pedaços de ferro eram atraídos com maior intensidade por certas partes do ímã, as quais foram denominadas **pólos do ímã**.

Um ímã sempre possui dois pólos com comportamentos opostos. O **pólo norte** e o **pólo sul** magnéticos.

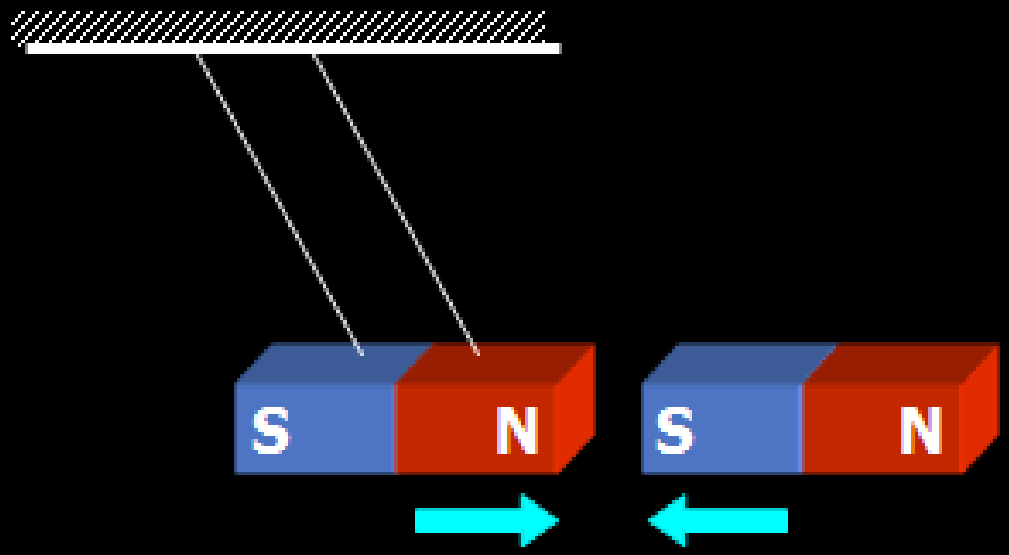


Fenômenos Magnéticos

- Verifica-se que dois ímãs em forma de barra, quando aproximados um do outro apresentam uma força de interação entre eles.



Repulsão



Atração

Pólos de mesmo nome se repelem e de nomes diferentes se atraem

Fenômenos Magnéticos – A Bússola

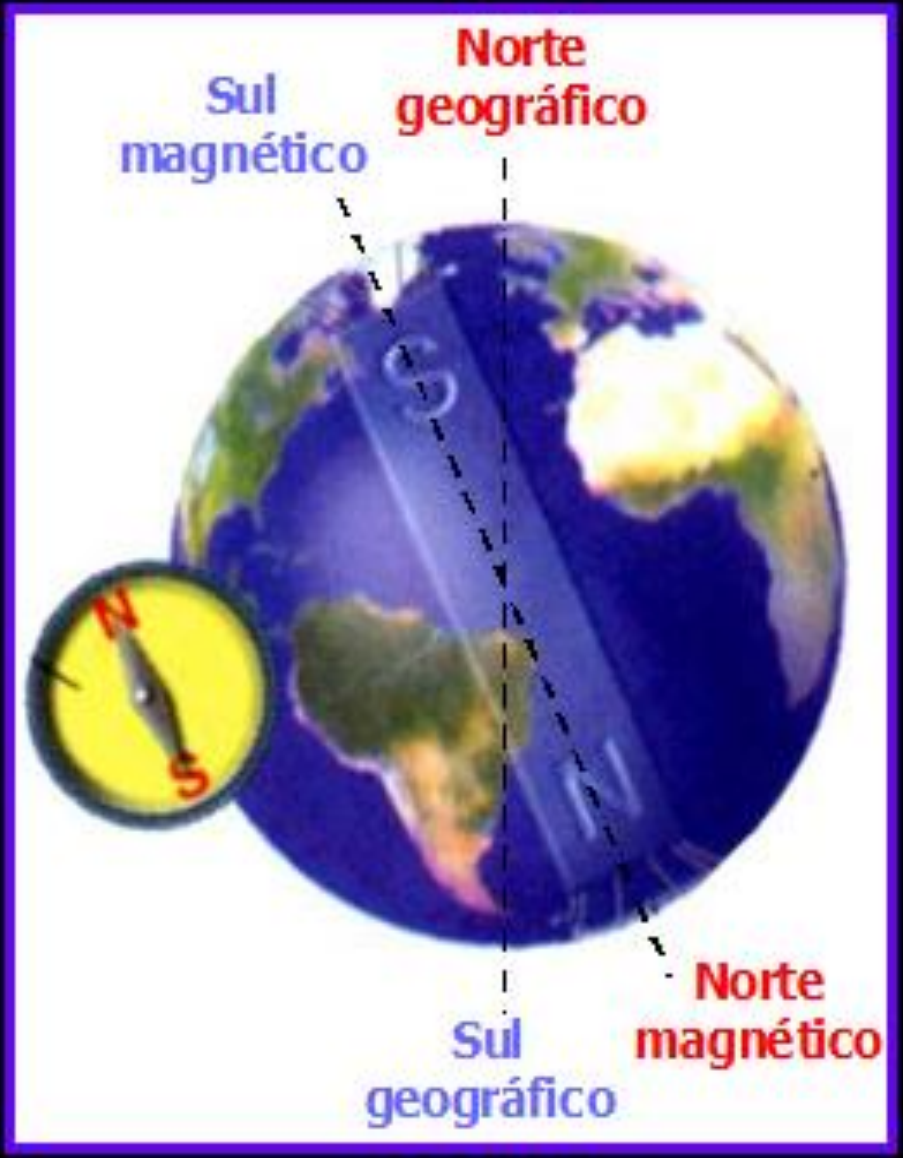
A bússola foi a primeira aplicação prática dos fenômenos magnéticos.

É constituída por um pequeno ímã em forma de losango, chamado agulha magnética, que pode movimentar-se livremente.

"O Ímã Terra"

A Terra se comporta como um grande ímã cujo pólo magnético norte é próximo ao pólo sul geográfico e vice-versa.

Os pólos geográficos e magnéticos da Terra não coincidem.

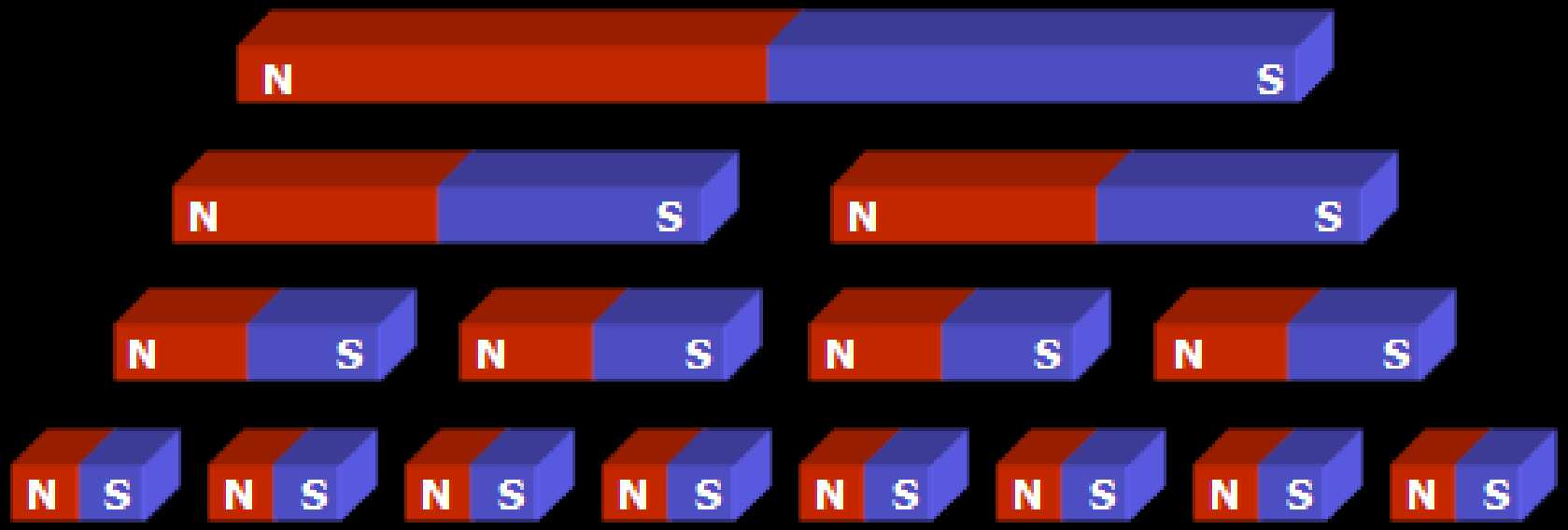


Propriedade de inseparabilidade dos pólos

Cortemos um ímã em duas partes iguais, que por sua vez podem ser redivididas em outras tantas.

Cada uma dessas partes constitui um novo ímã que, embora menor, tem sempre dois pólos.

Esse processo de divisão pode continuar até que se obtenham átomos, que tem a propriedade de um ímã.



Campo Magnético

Defini-se como campo magnético toda região do espaço em torno de um condutor percorrido por corrente elétrica ou em torno de um ímã.

A cada ponto *P* do campo magnético, associaremos um vetor ***B***, denominado vetor indução magnética ou vetor campo magnético.

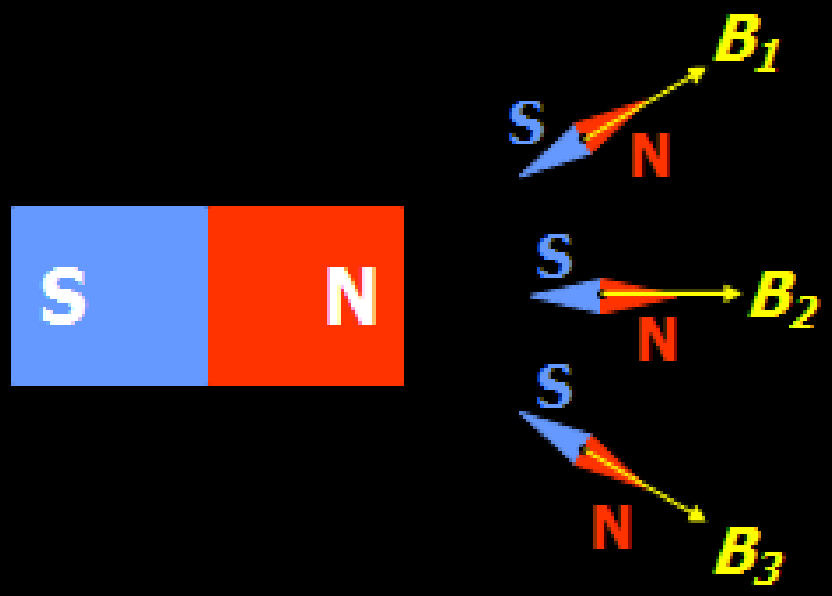
No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de intensidade do vetor ***B*** denomina-se tesla (símbolo T).

Direção e sentido do vetor *B*

Uma agulha magnética, colocada em um ponto dessa região, orienta-se na direção do vetor ***B*** .

O pólo norte da agulha aponta no sentido do vetor ***B*** .

A agulha magnética serve como elemento de prova da existência do campo magnético num ponto.



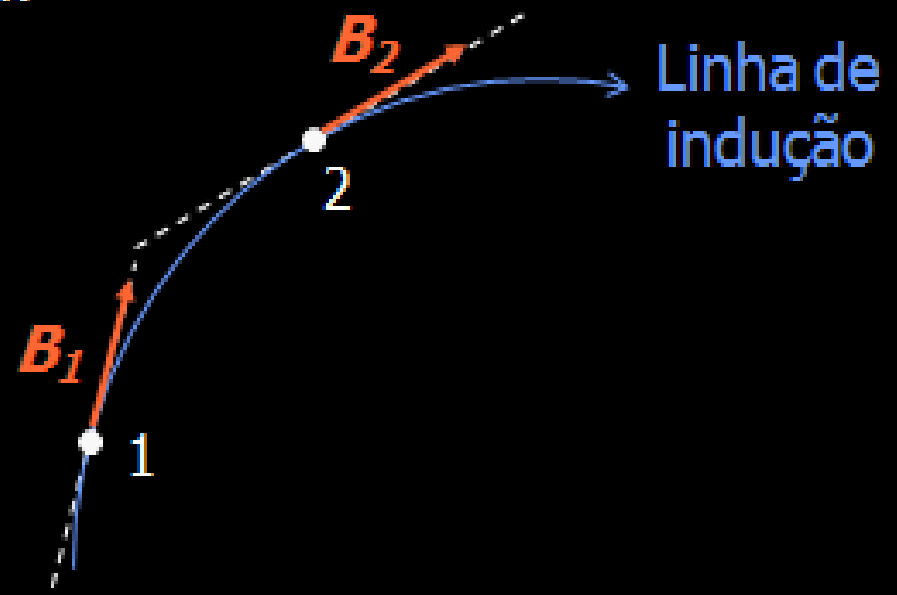
Linhas de Campo Magnético

Em um campo magnético, chama-se linha de campo magnético toda linha que, em cada ponto, é tangente ao vetor ***B*** e orientada no seu sentido.

As linhas de campo magnético ou linhas de indução são obtidas experimentalmente.

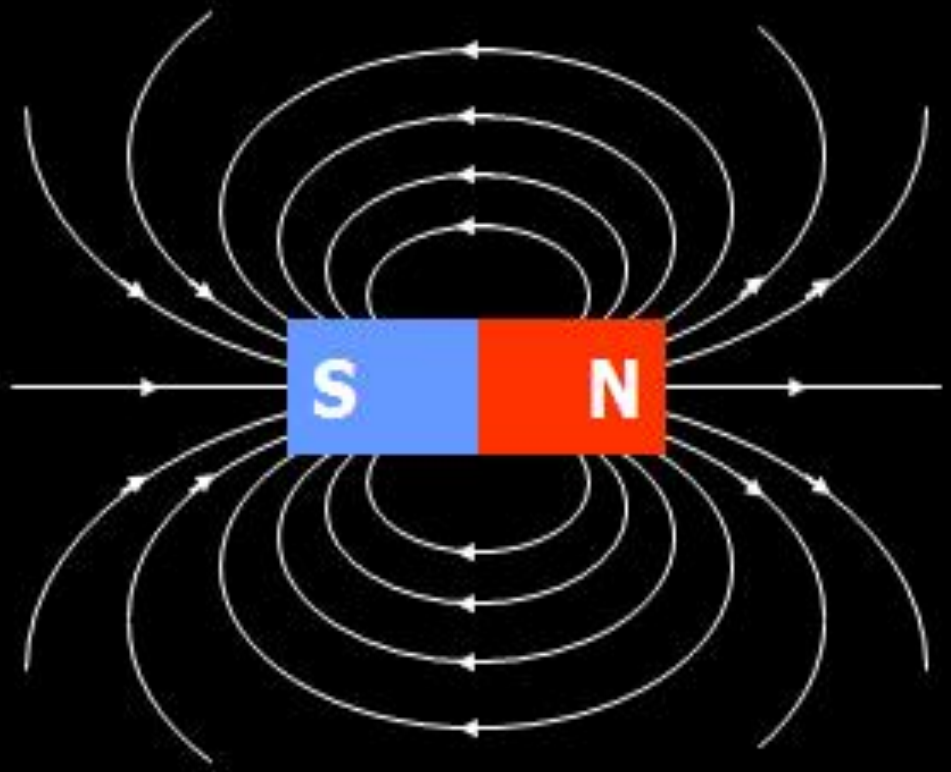
As linhas de indução saem do pólo norte e chegam ao pólo sul, externamente ao ímã.

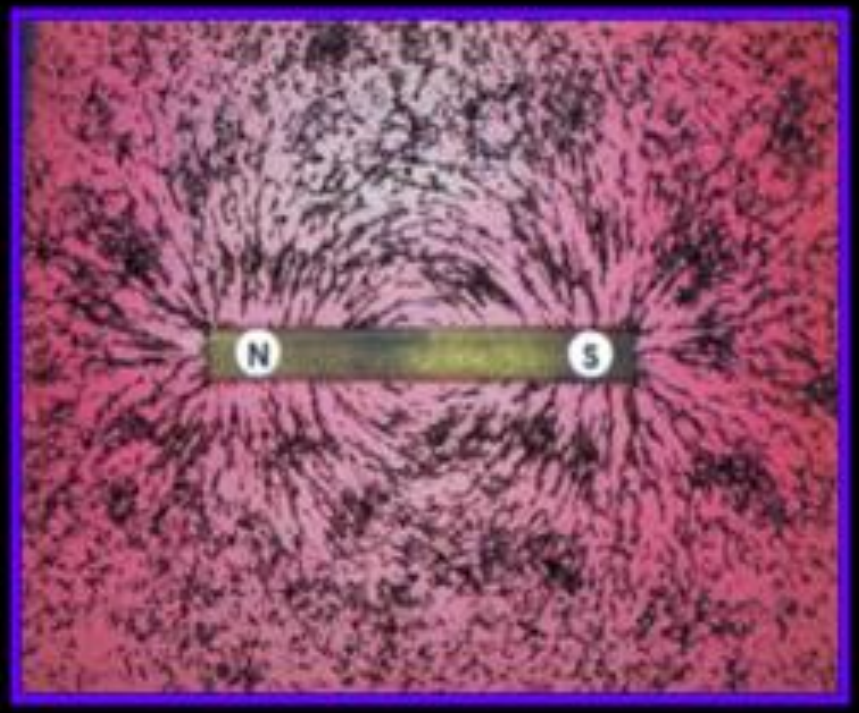
As linhas de indução são uma simples representação gráfica da variação do vetor ***B***.



Linhas de Indução

- Ímã em forma de barra:

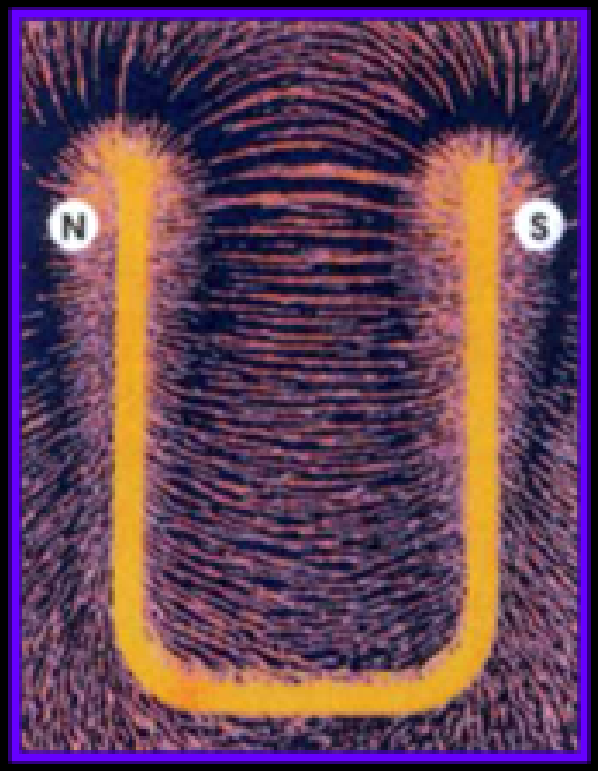


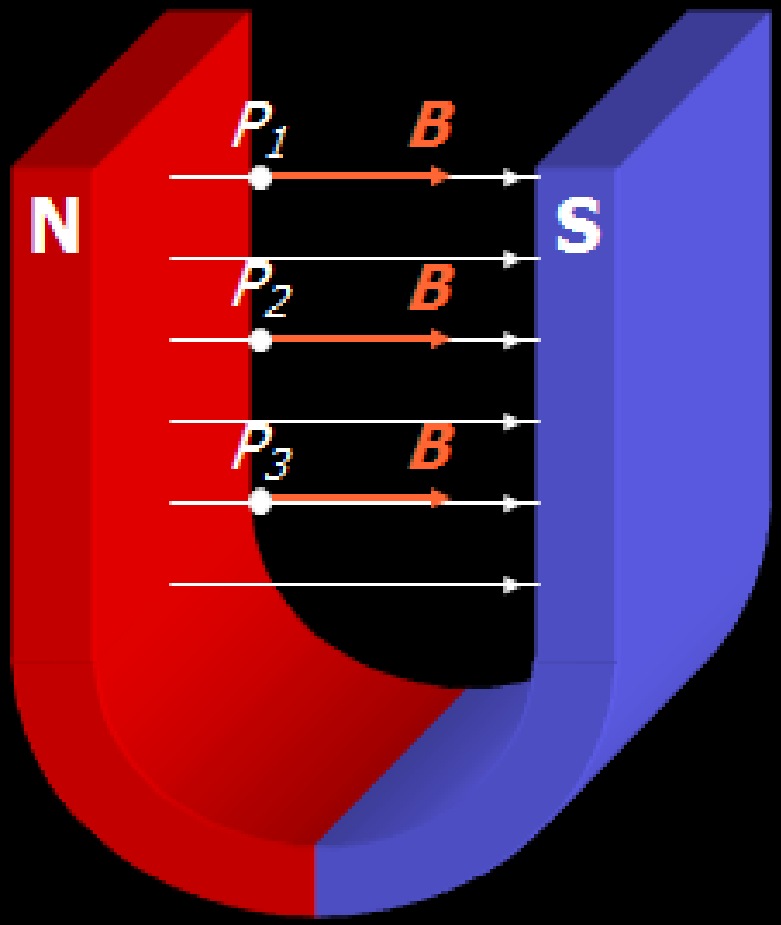


Linhas de indução obtidas experimentalmente com limalha de ferro. Cada partícula da limalha comporta-se como uma pequena agulha magnética.

Linhas de Indução – Campo Magnético Uniforme

- Ímã em ferradura ou em U:





Campo magnético uniforme é aquele no qual, em todos os pontos, o vetor ***B*** tem a mesma direção, o mesmo sentido e a mesma intensidade.

Classificação das Substâncias Magnéticas

Substâncias Ferromagnéticas: são aquelas que apresentam facilidade de imantação quando em presença de um campo magnético. Ex: ferro, cobalto, níquel, etc.

Substâncias Paramagnéticas: são aquelas que a imantação é difícil quando em presença de um campo magnético. Ex: madeira, couro, óleo, etc.

Substâncias Diamagnéticas: são aquelas que se imantam em sentido contrário ao vetor campo magnético a que são submetidas. Corpos formados por essas substâncias são repelidos pelo ímã que criou o campo magnético. Ex: cobre, prata, chumbo, bismuto, ouro, etc.

Imantação Transitória e Permanente

- **Ímãs permanentes** são aqueles que, uma vez imantados, conservam suas características magnéticas.
- **Ímãs transitórios** são aqueles que, quando submetidos a um campo magnético, passam a funcionar como ímãs; assim que cessa a ação do campo, ele volta às características anteriores.

MAGNETISMO E TEMPERATURA

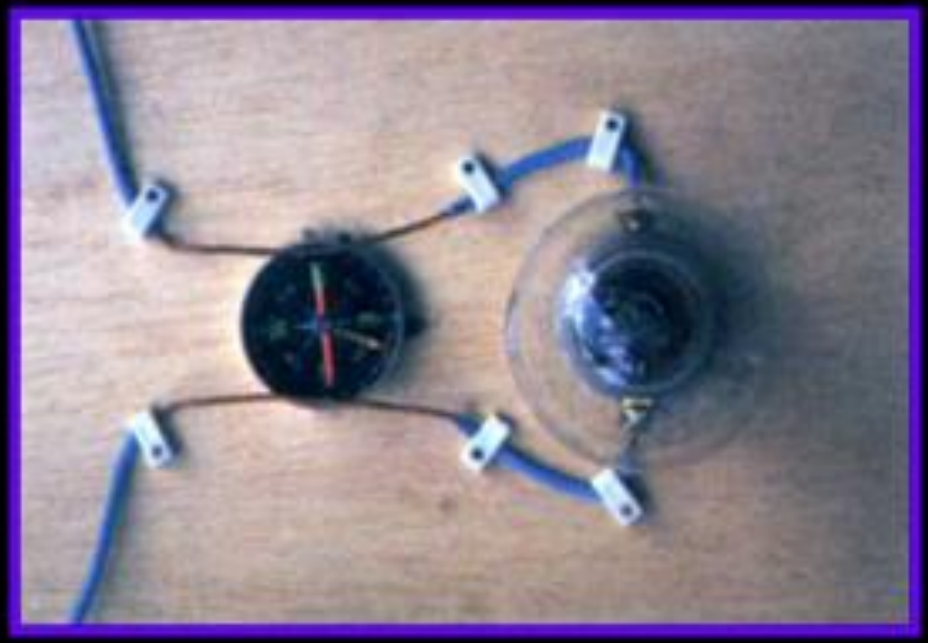
Todo imã natural perde o poder magnético ao atingir uma determinada temperatura, chamada de **Ponto de Curie**.

Ferro: Temperatura de Curie: 770°C
Cobalto: Temperatura de Curie: 1075°C
Níquel: Temperatura de Curie: 365°C

A Experiência de Oersted

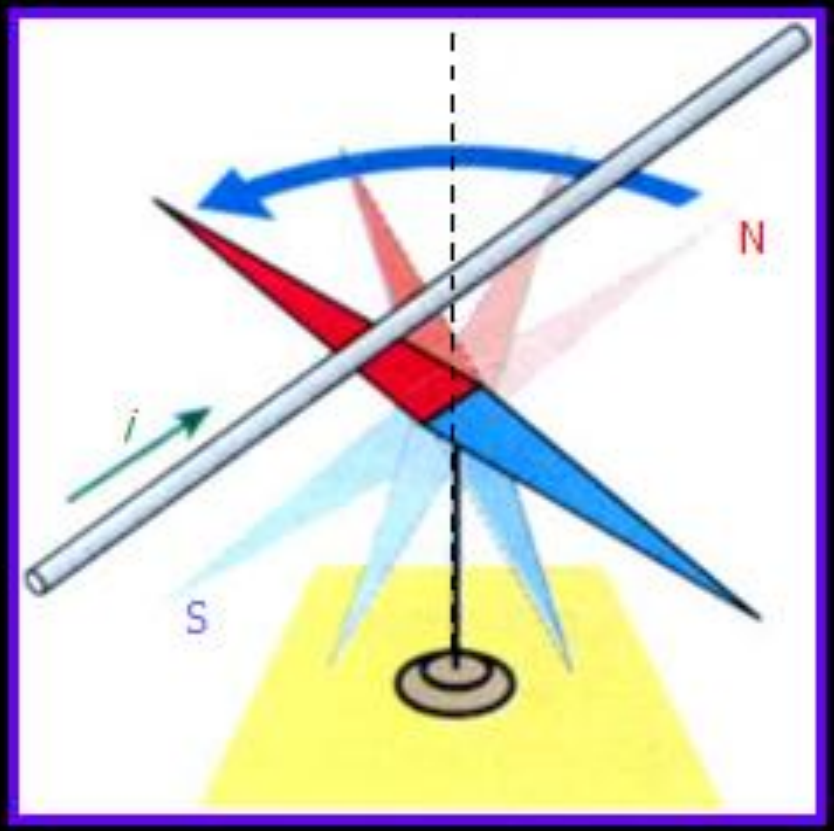
- Em 1820, o físico dinamarquês H. C. Oersted notou que uma corrente elétrica fluindo através de um condutor desviava uma agulha magnética colocada em sua proximidade.

Hans Christian Oersted



Experiência de Oersted

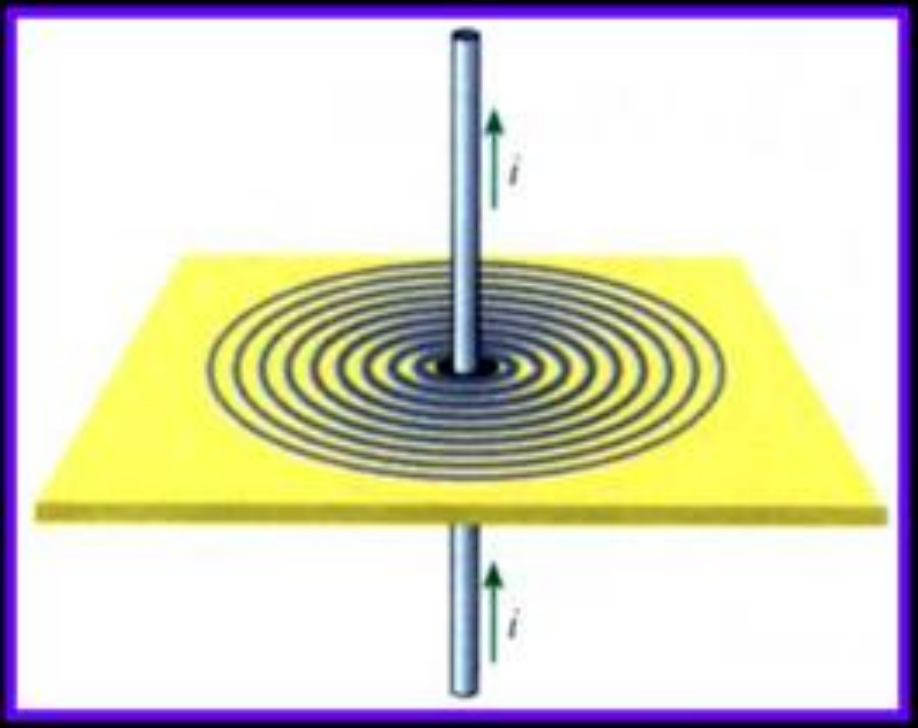
Quando a corrente elétrica " *i* " se estabelece no condutor, a agulha magnética assume uma posição perpendicular ao plano definido pelo fio e pelo centro da agulha.

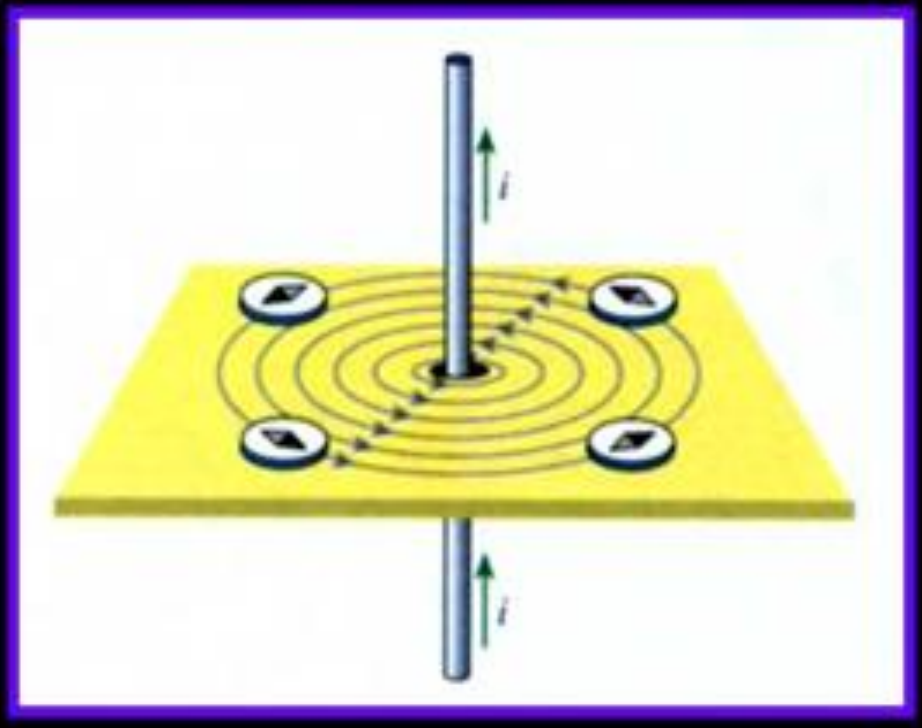


Campo Magnético Gerado em um Condutor Reto

Em cada ponto do campo o vetor B é perpendicular ao plano definido pelo ponto e o fio.

As linhas de indução magnética são circunferências concêntricas com o fio.

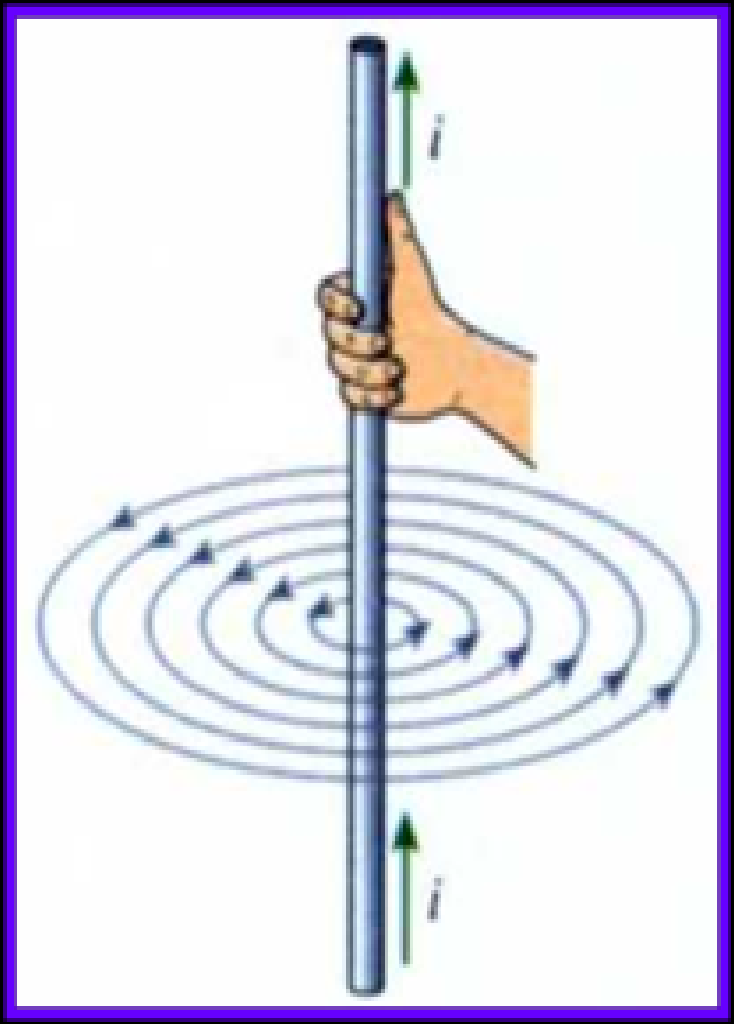




Sentido das Linhas de Campo Magnético

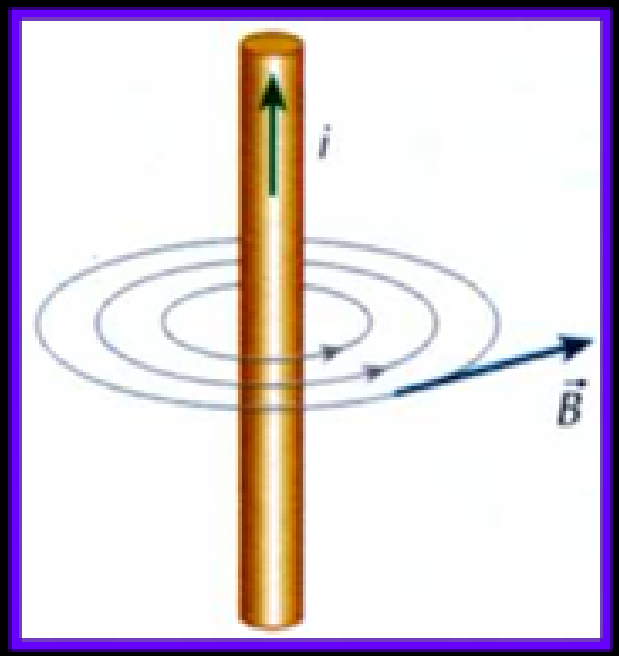
O sentido das linhas de campo magnético gerado por corrente elétrica foi estudado por Ampère, que estabeleceu regra para determiná-lo, conhecida como **regra da mão direita**.

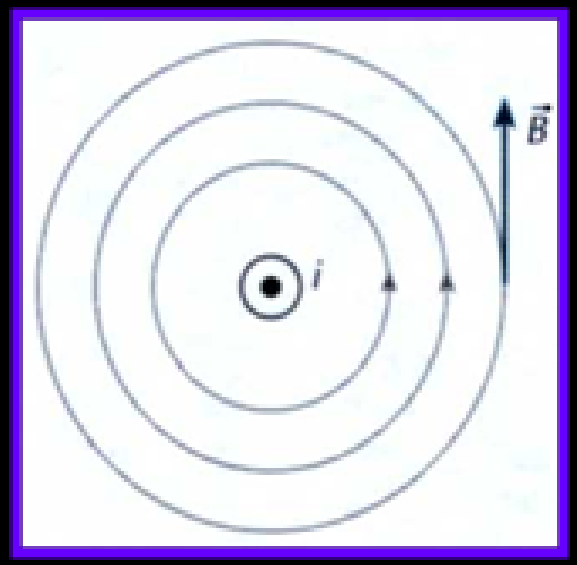
Segure o condutor com a mão direita e aponte o polegar no sentido da corrente. Os demais dedos dobrados fornecem o sentido do vetor ***B***.

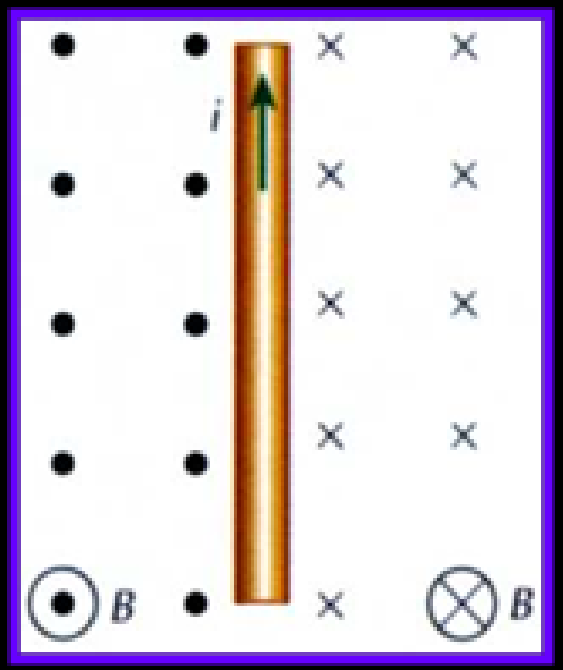


Linhas de Indução – Condutor Retilíneo

- Vista em perspectiva
- Vista de cima
- Vista de lado





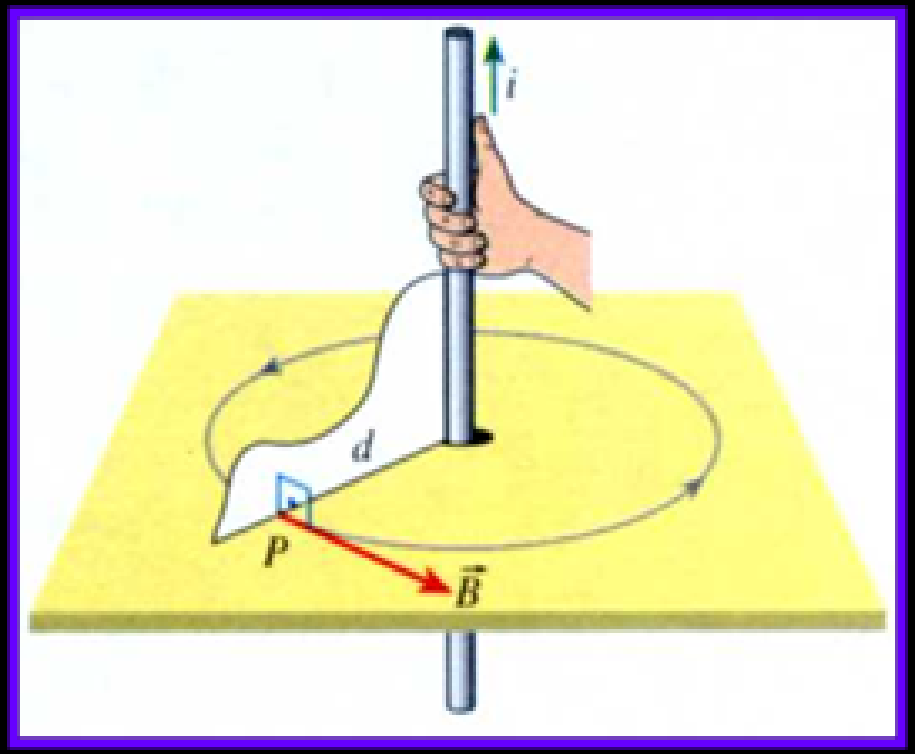


⊙ → Grandeza orientada do plano para o observador (saindo do plano)

⊗ → Grandeza orientada do observador para o plano (entrando no plano)

Intensidade do Vetor *B* – Condutor Retilíneo

- A intensidade do vetor ***B***, produzido por um condutor retilíneo pode ser determinada pela Lei de Biot-Savart:



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

i ⇒ corrente em ampère

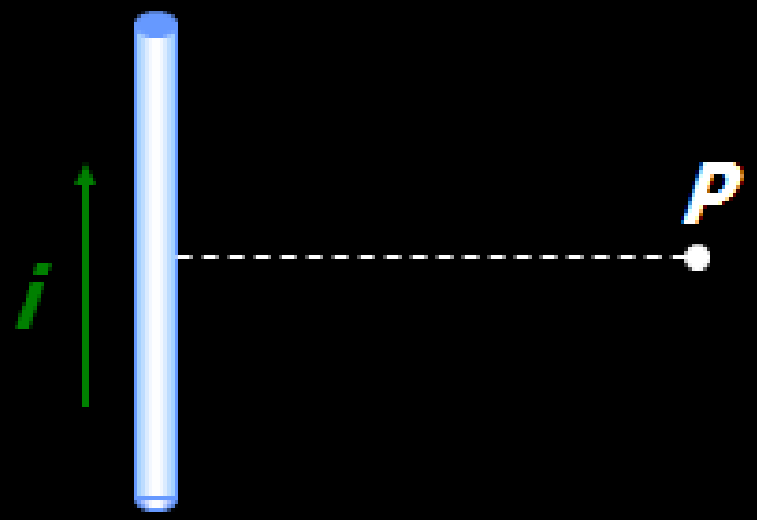
d ⇒ distância do ponto ao condutor, perpendicular a direção do mesmo

μ_0 ⇒ permeabilidade magnética do vácuo.

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

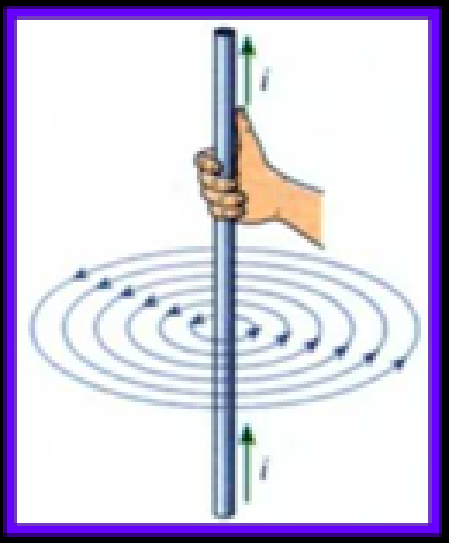
Exemplo

Um condutor reto e extenso no vácuo é percorrido por uma corrente de 5*A*. Calcule o valor da intensidade do vetor indução magnética em um ponto P que dista 20cm do condutor. Indique o sentido do vetor.

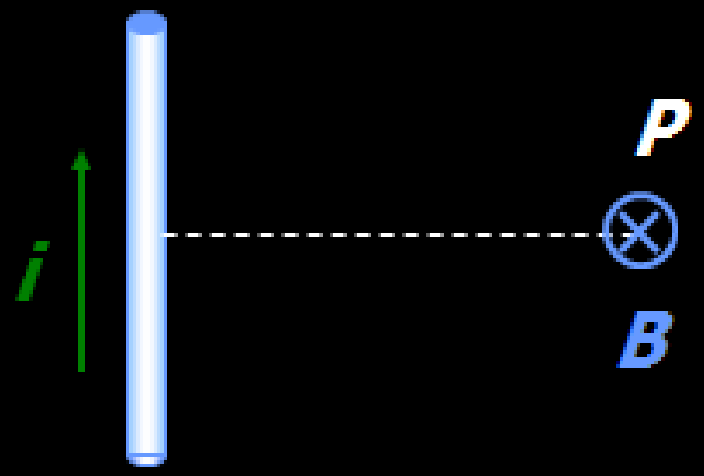


Solução

- Pela regra da mão direita, o vetor tem o sentido indicado na figura a seguir:



Vista em perspectiva



$$Dados:$$
$$\Rightarrow i = 5A$$
$$\Rightarrow d = 20cm = 2 \cdot 10^{-1} m$$
$$\Rightarrow \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

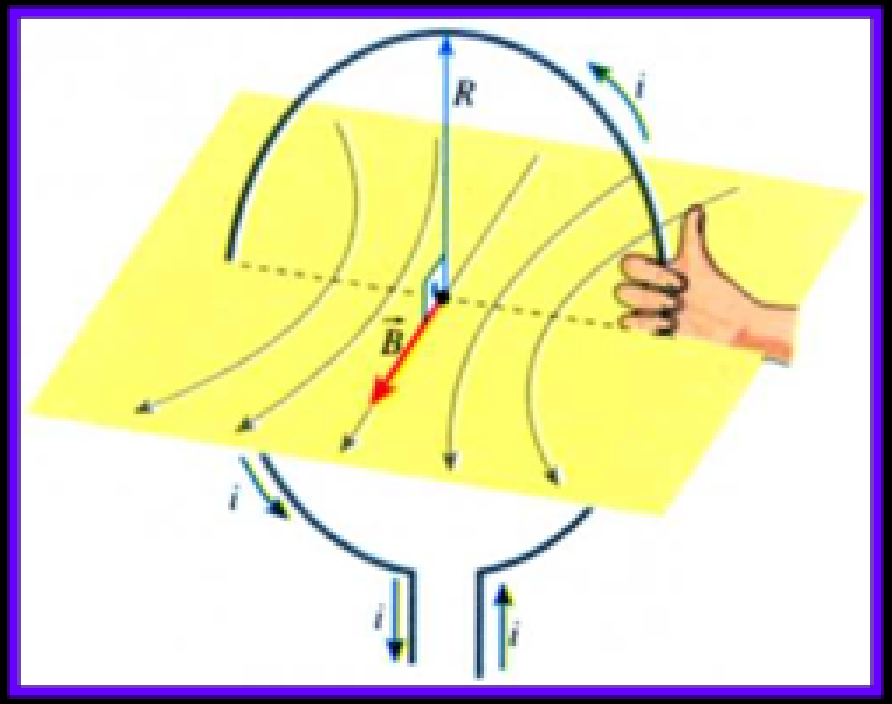
- A intensidade de B vale:

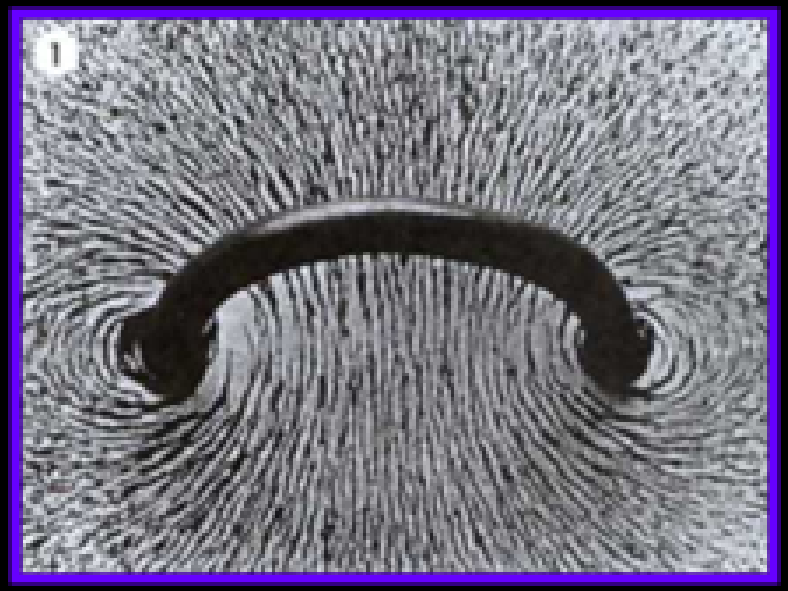
$$B = \frac{\mu_o \cdot i}{2 \cdot \pi . d} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow B = 5 \cdot 10^{-6} T$$

Campo Magnético em uma Espira Circular

Considere uma espira circular (condutor dobrado segundo uma circunferência) de centro *O* e raio *R*.

As linhas de campo entram por um lado da espira e saem pelo outro, podendo este sentido ser determinado pela regra da mão direita.





Linhas obtidas experimentalmente com limalha de ferro

Campo Magnético em uma Espira Circular

- A intensidade do vetor ***B*** no centro *O* da espira vale:

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

i ⇒ corrente em ampère

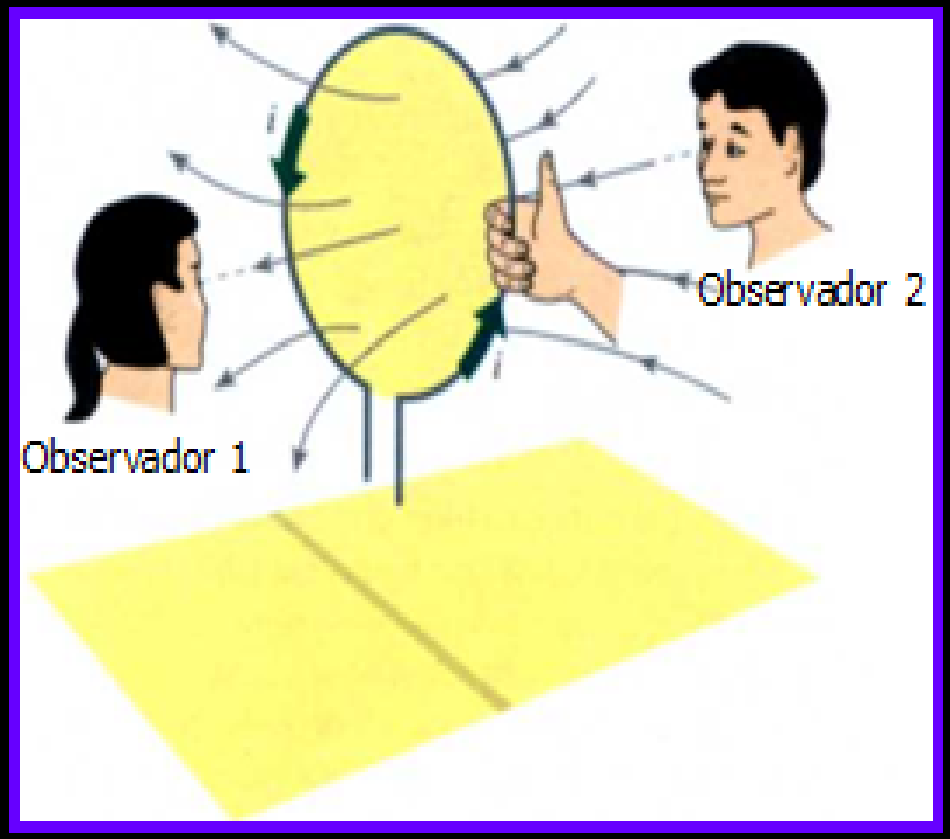
R ⇒ Raio da espira em metros

μ_o ⇒ permeabilidade magnética do vácuo.

$$\mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}\, T \cdot m/A$$

Pólos de uma espira

Note que a espira tem dois pólos. O lado onde ***B*** "entra" é o pólo sul; o outro, o norte.



Para o observador 2, as linhas de indução da espira entram pela face que está voltada para ele. Portanto, essa face da espira se caracteriza como um pólo sul.

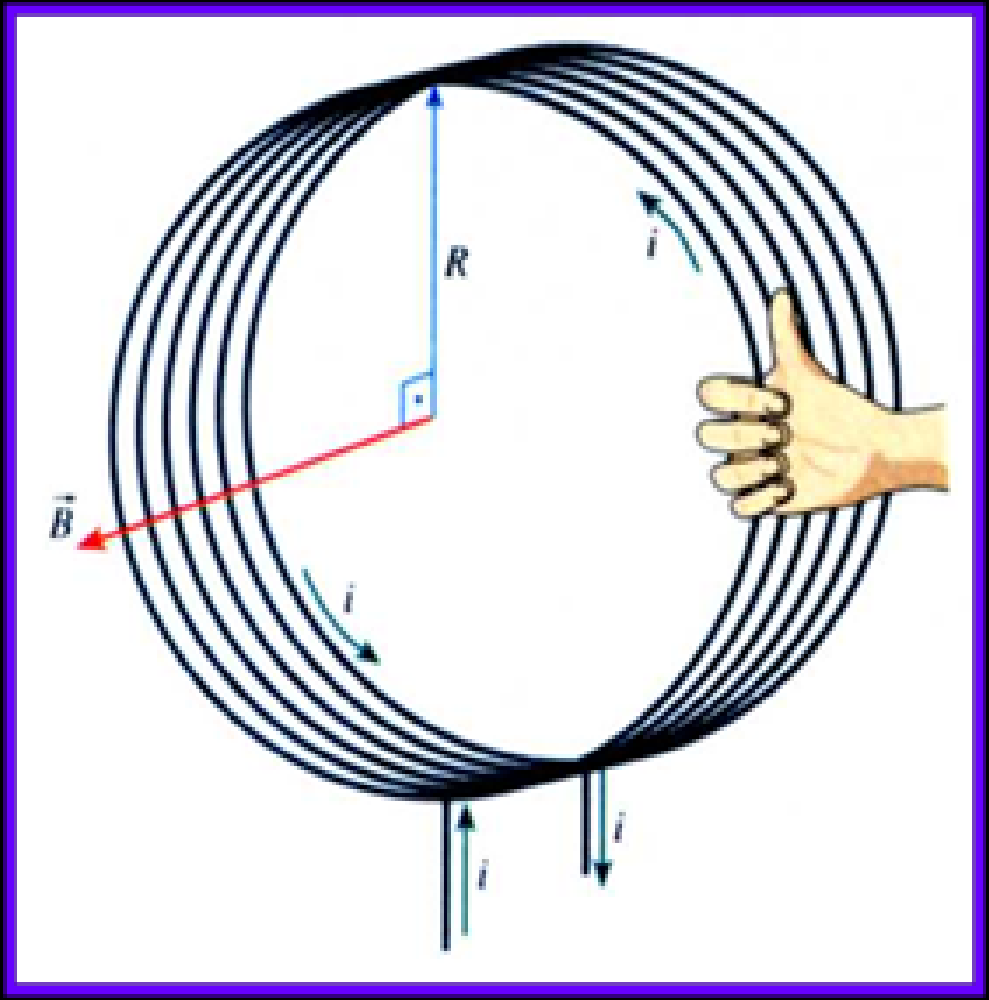
Campo Magnético em uma Bobina Chata

Uma bobina chata é constituída de várias espiras justapostas.

A intensidade do vetor ***B*** no centro da bobina vale:

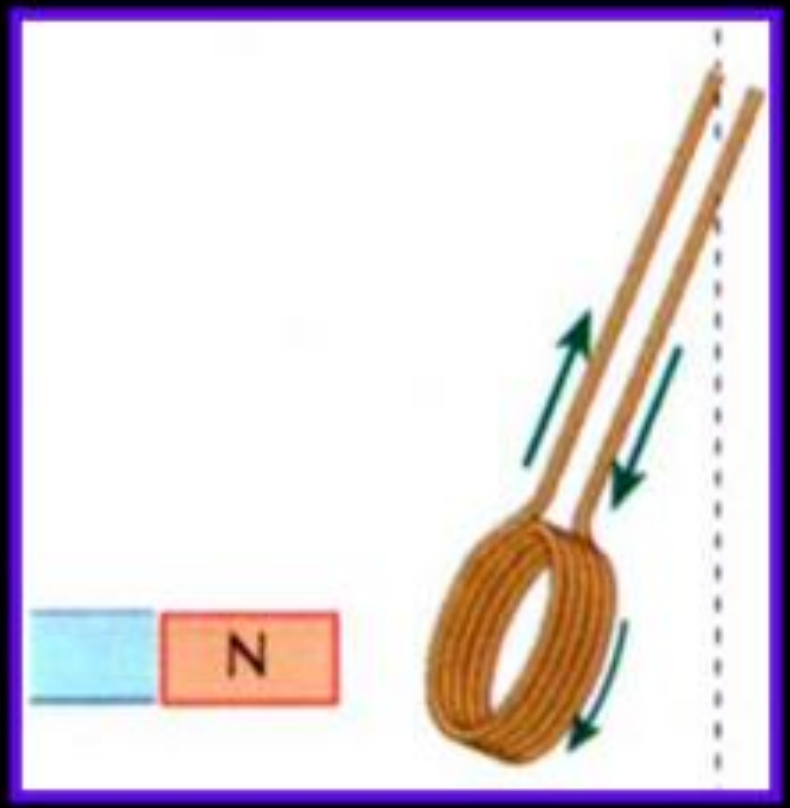
$$B = N \cdot \frac{\mu_o \cdot i}{2 \cdot R}$$

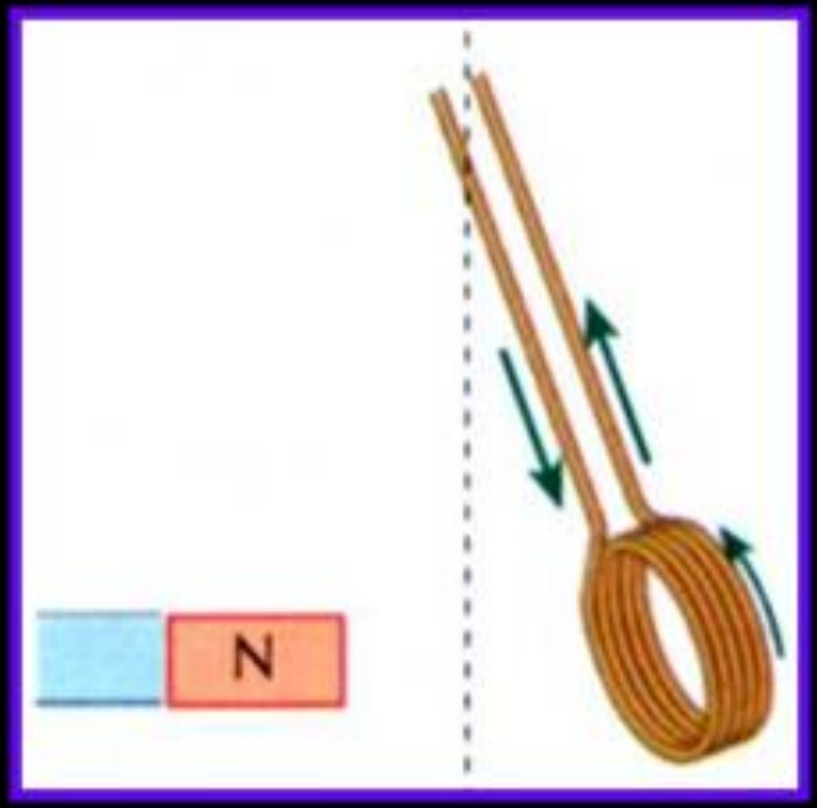
$N \Rightarrow$ Número de espiras



Pólos de uma Bobina Chata

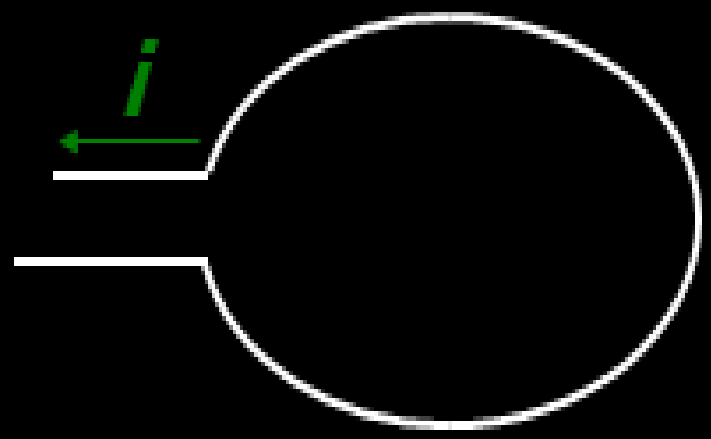
Aproximando-se um ímã de uma bobina, verifica-se que o pólo norte daquele atrai o sul da bobina, repelindo o norte da mesma.





Exemplo

Dada uma espira circular no vácuo com raio de $4 \cdot \pi cm$, sendo percorrida por uma corrente elétrica de 2,0A no sentido indicado na figura, determine as características do vetor ***B*** no centro da espira.

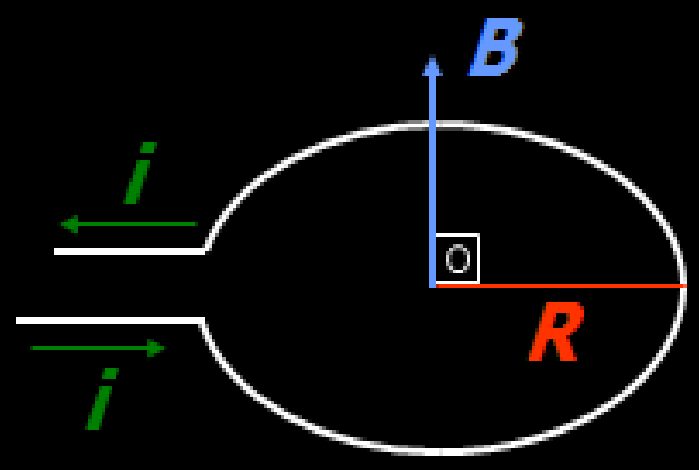


Solução

- A intensidade do vetor ***B*** no centro da espira vale:

$$Dados:$$
$$\Rightarrow i = 2A$$
$$\Rightarrow R = 4 \cdot \pi cm = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-2} m$$
$$\Rightarrow \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

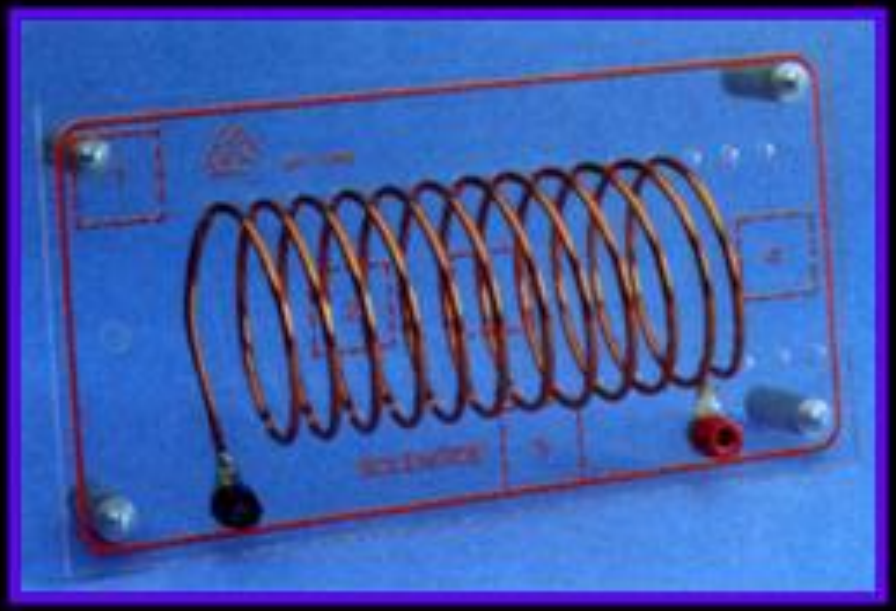
$$B = \frac{\mu_o \cdot i}{2 \cdot R} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 2}{2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-2}}$$
$$B = 10^{-5} T$$



A direção é perpendicular ao plano da espira e o sentido, "saindo do plano"

Campo Magnético em um Solenóide

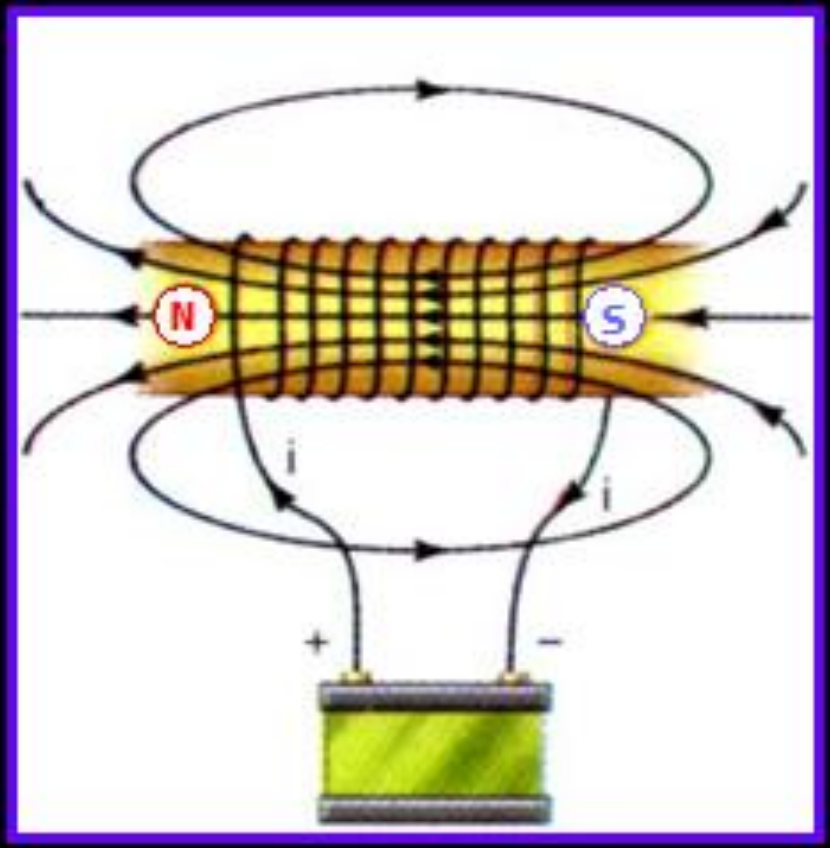
O solenóide é um dispositivo em que um fio condutor é enrolado em forma de espiras não justapostas.



O campo magnético produzido próximo ao centro do solenóide (ou bobina longa) ao ser percorrido por uma corrente elétrica i , é praticamente uniforme (intensidade, direção e sentido constantes).

Linhas de Indução em um Solenóide

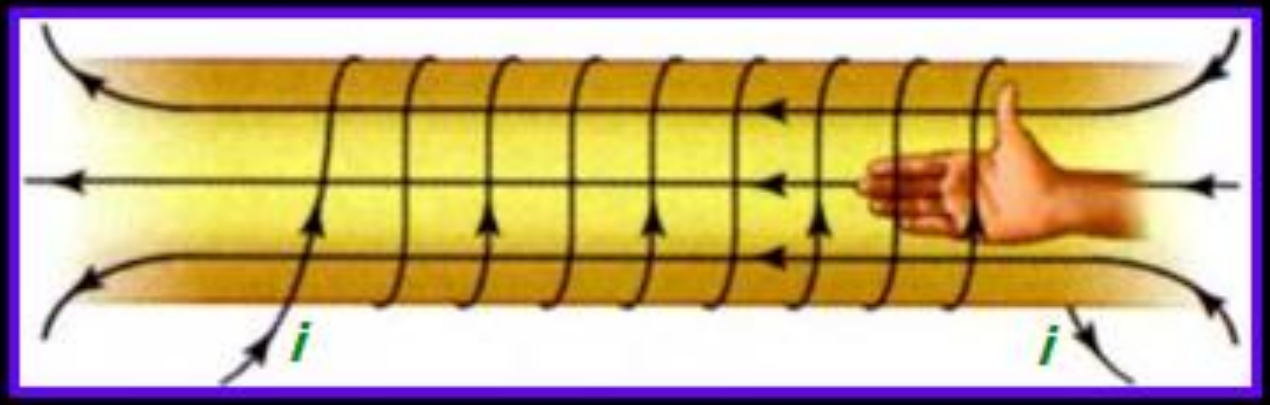
O solenóide se comporta como um ímã, no qual o pólo sul é o lado por onde "entram" as linhas de indução e o lado norte, o lado por onde "saem" as linhas de indução.

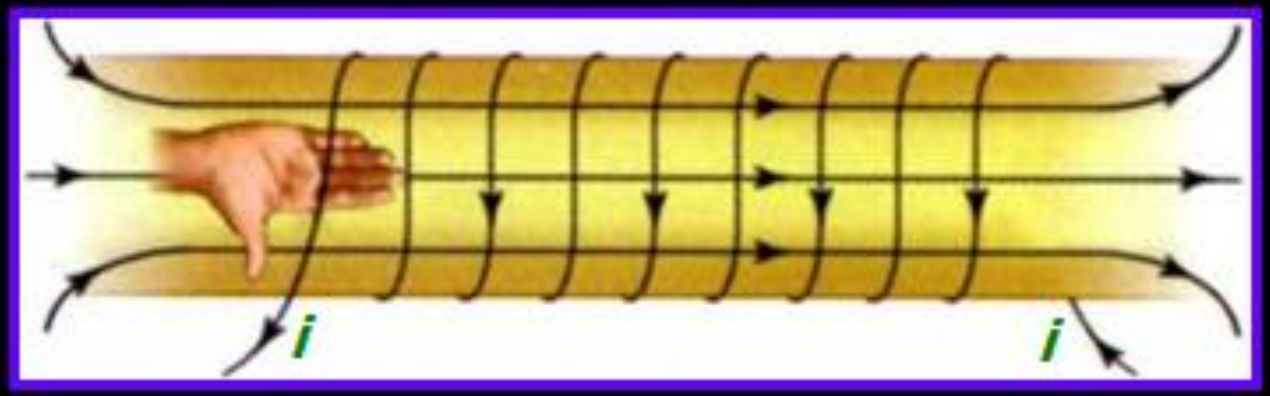


Linhas de indução obtidas com limalha de ferro

Direção e sentido do vetor ***B*** no interior do solenóide

Para determinar o sentido das linhas de indução no interior do solenóide, podemos usar novamente a regra da mão direita.

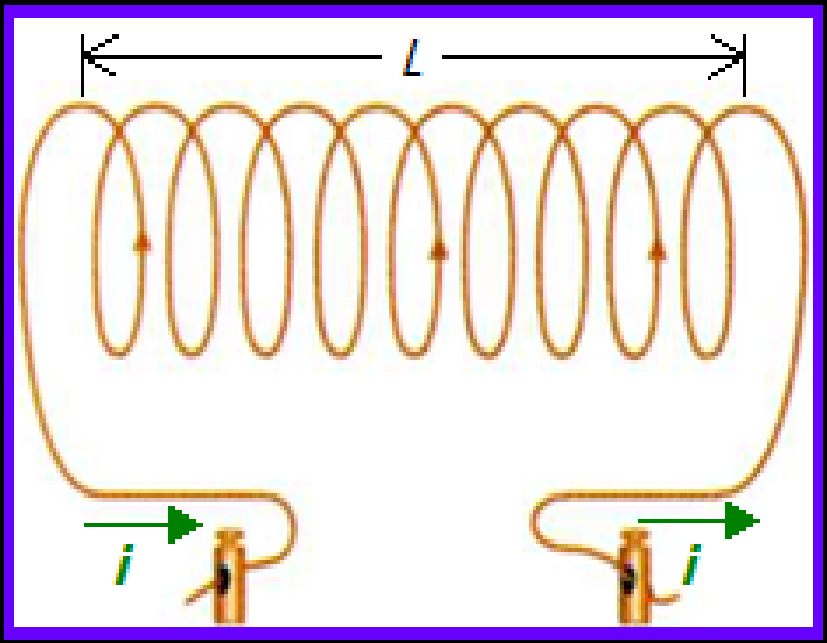




Intensidade do vetor *B* no interior do solenóide

A intensidade do vetor indução magnética uniforme no interior do solenóide é dada por:

$$B = \frac{\mu_o \cdot N \cdot i}{L}$$



$N \Rightarrow$ Número de espiras

Exemplo

Um solenóide de 1000 espiras por metro está no vácuo e é percorrido por uma corrente de 5,0A. Qual a intensidade do vetor indução magnética no interior do solenóide?

Solução

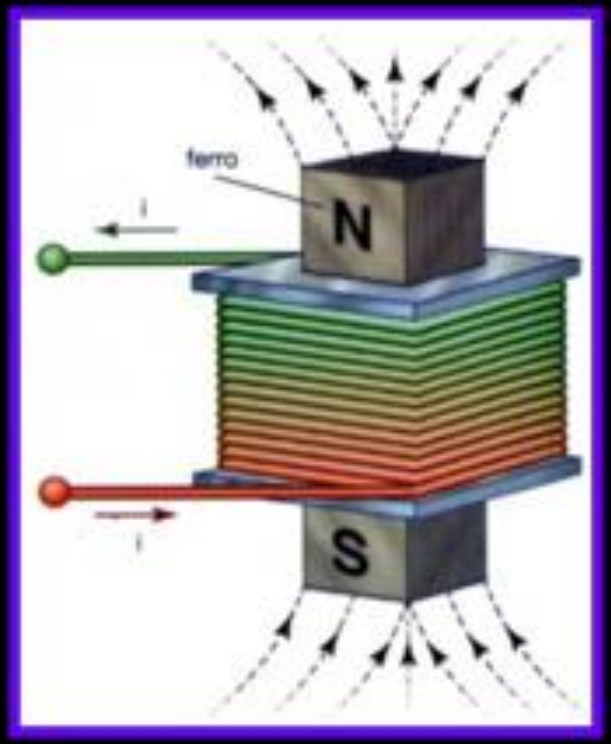
$$Dados:$$
$$\Rightarrow i = 5A$$
$$\Rightarrow N = 1000 espiras$$
$$\Rightarrow L = 1m$$
$$\Rightarrow \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

$$B = \frac{\mu_o \cdot N \cdot i}{L}$$
$$B = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 10^{3} \cdot 5}{1}$$
$$B = 2 \cdot \pi \cdot 10^{-3} T$$

O Eletroíma

Uma bobina com núcleo de ferro constitui um eletroíma.

Em virtude da imantação do pedaço de ferro, o campo magnético resultante assim obtido é muito maior do que o campo criado apenas pela corrente que passa pela bobina.

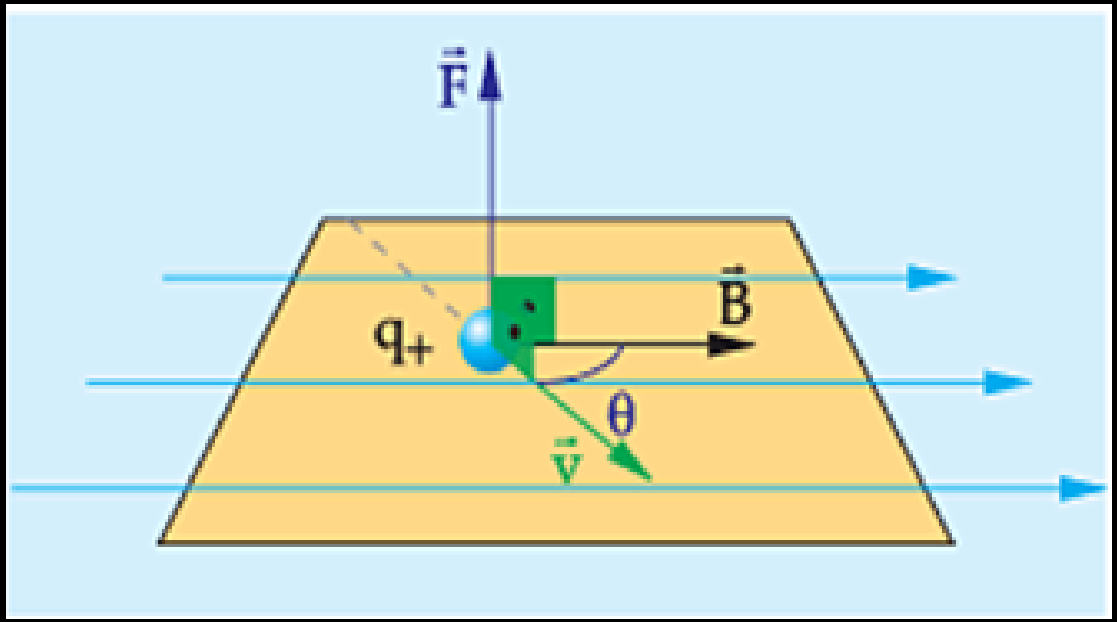


Eletroímã

- O prego é apenas um material ferromagnético.Não podendo desta forma atrair outros objetos ferromagnéticos.
- Mas, se enrolarmos um fio de cobre em torno do prego(veja a foto ao lado)e fecharmos o circuito com um gerador(veja a figura abaixo)olhe o que acontece(o prego passa a atrair os clipes de aço).
- Conseguimos transformar, portanto, um prego em um imã com ajuda da corrente elétrica.Dizemos que se trata de um eletroímã.
- O fio de cobre, enrolado desse jeito em torno do prego, forma uma bobina(veja a 1ªfoto).
- Quando a corrente elétrica passa por uma bobina, disposta em tono de um objeto de metal, seus imãs elementares são orientados de modo que ele se transforma em um ímã.O prego passa, então,a apresentar pólos norte e sul em suas extremidades.

FORÇA MAGNÉTICA (FORÇA DE LORENTZ)

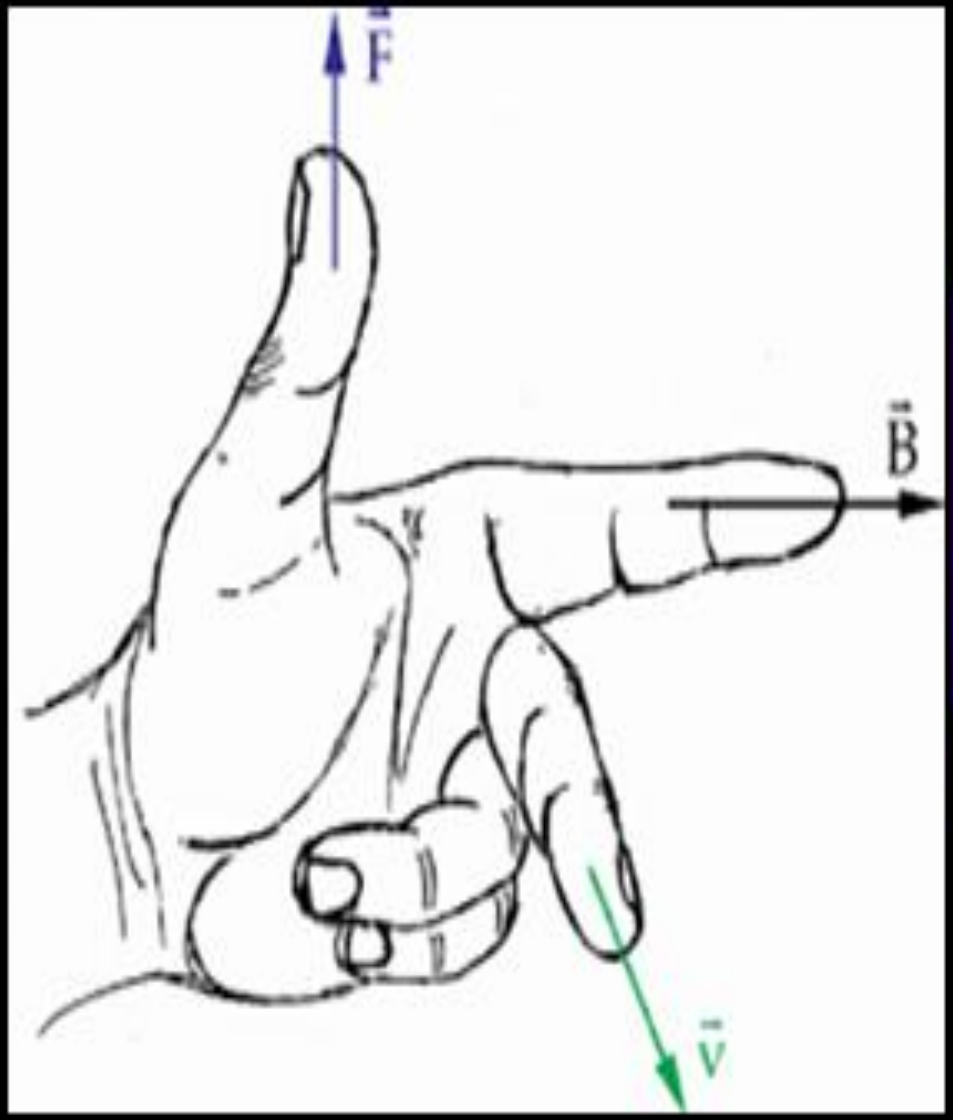
FORÇA MAGNÉTICA SOBRE UM TRECHO ELEMENTAR DE UM FIO CONDUTOR



INTENSIDADE: $F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen}\theta$

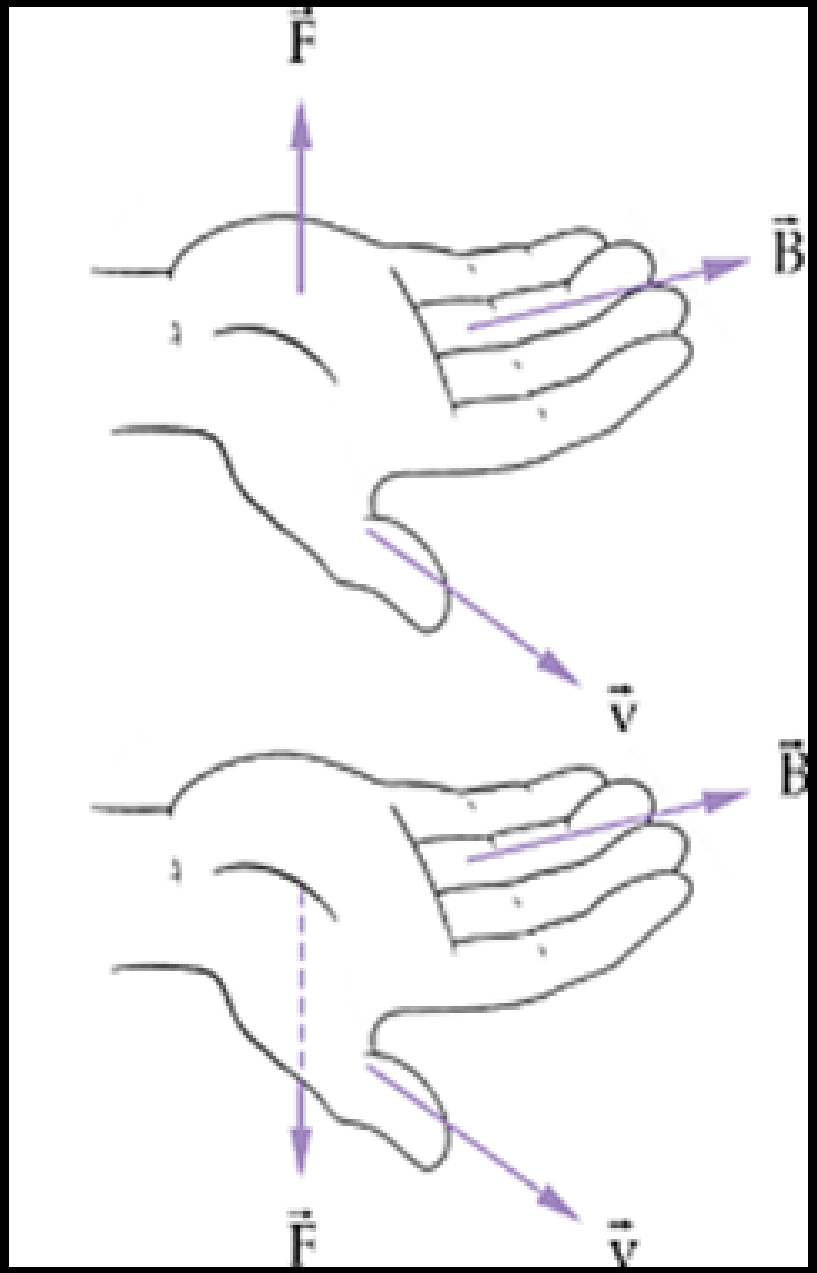
DIREÇÃO: perpendicular ao plano determinado pelos vetores B e V

SENTIDO: determinado pela "regra da mão esquerda" ou pela do "tapa".



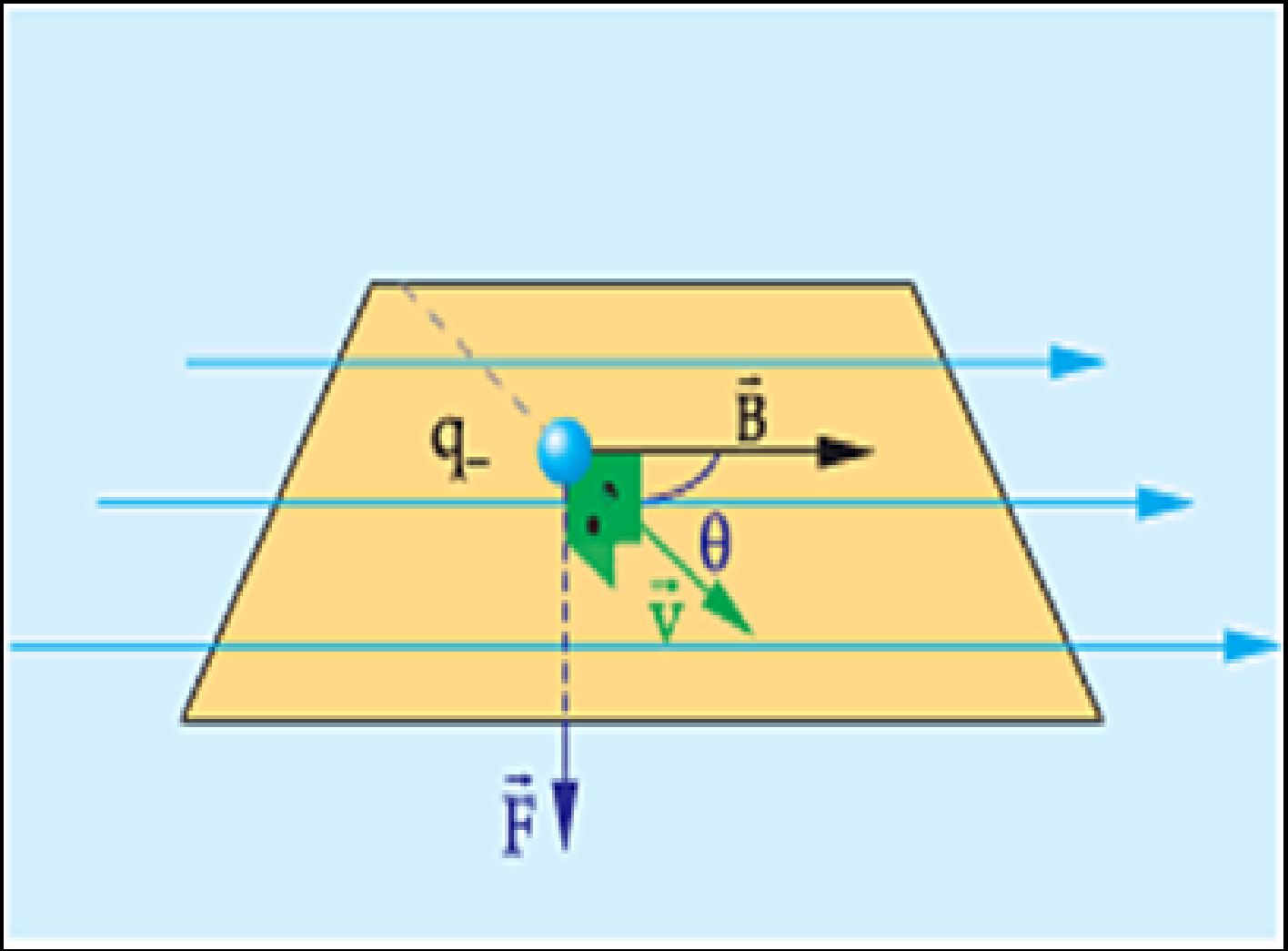
Regra da mão esquerda:
colocando o dedo indicador no sentido do vetor indução magnética e o dedo médio no sentido da velocidade , o polegar determina o sentido da força .

SENTIDO: determinado pela "regra da mão esquerda" ou pela do "tapa".



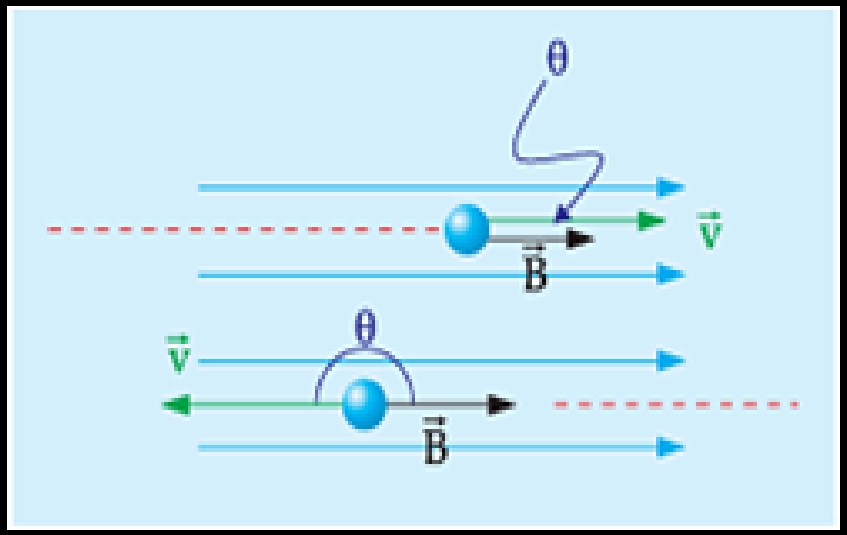
Regra do tapa: Colocando o polegar no sentido da velocidade e os outros dedos no sentido do vetor indução magnética , a força magnética tem o sentido de um tapa dado com a palma da mão.

OBSERVAÇÃO



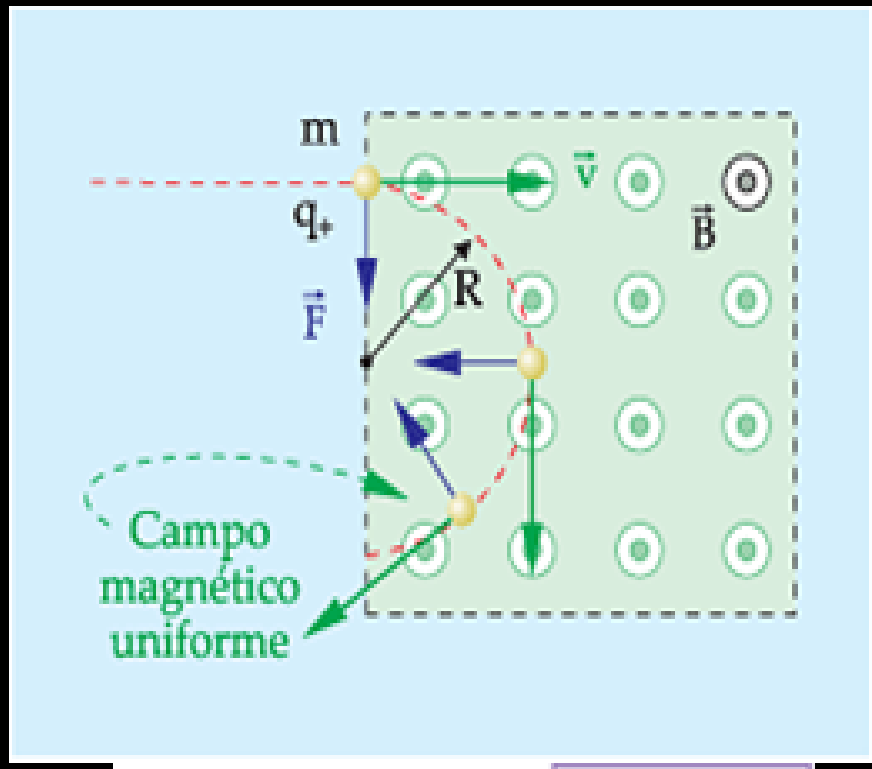
CARGA LANÇADA EM (C.M.U)

A)



$$F_{mag} = 0$$

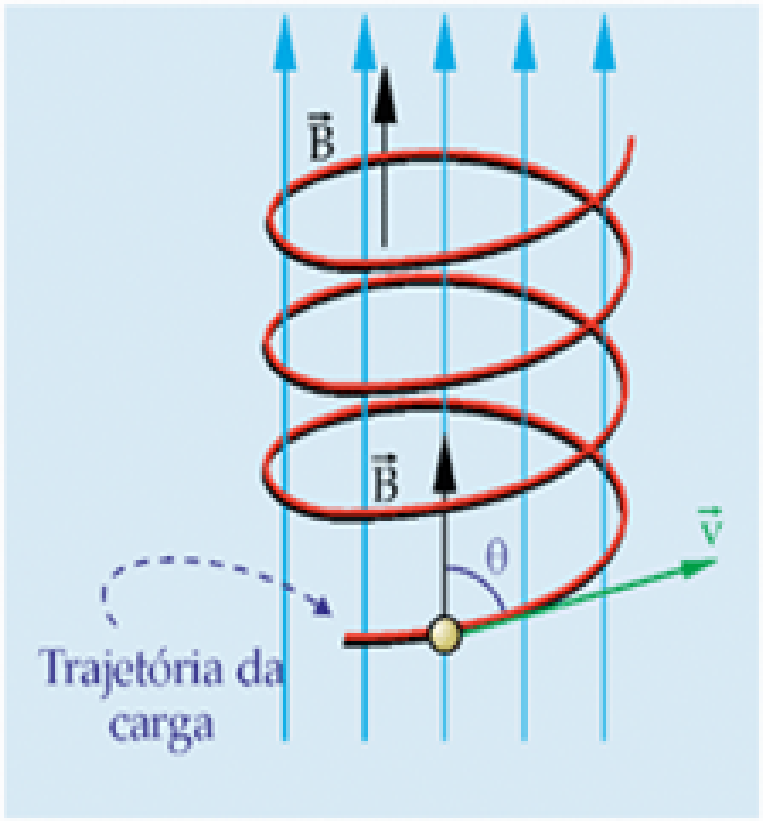
B)



$$|q| \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B}$$

CARGA LANÇADA EM (C.M.U)

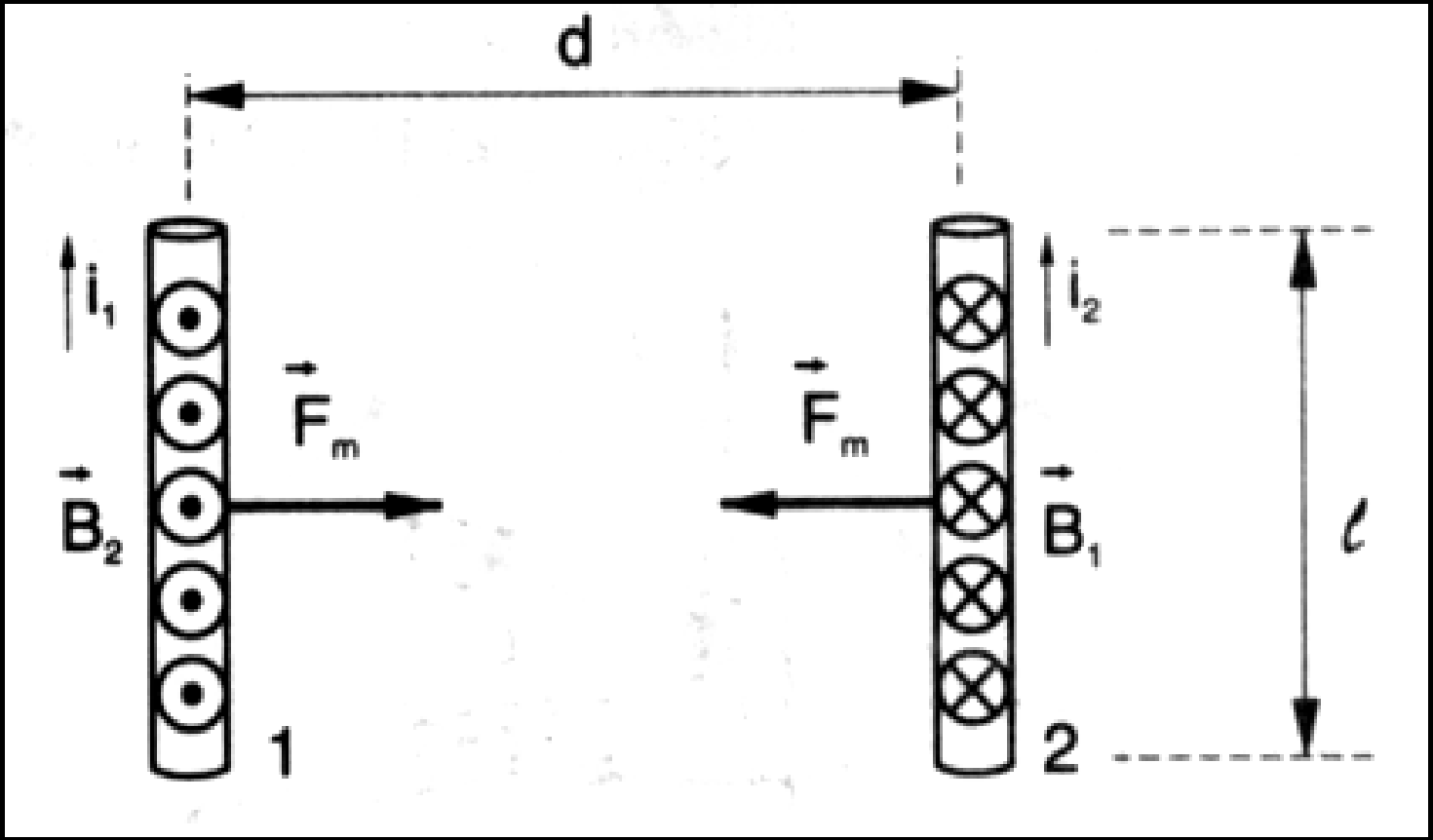
C)



Lançada obliquamente às linhas de indução magnética do campo, a partícula descreve um movimento helicoidal uniforme, qualquer que seja o ângulo q, diferente dos citados anteriormente e compreendido no intervalo $0° < \theta < 180°$.

$$F_{mag} = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\,\theta$$

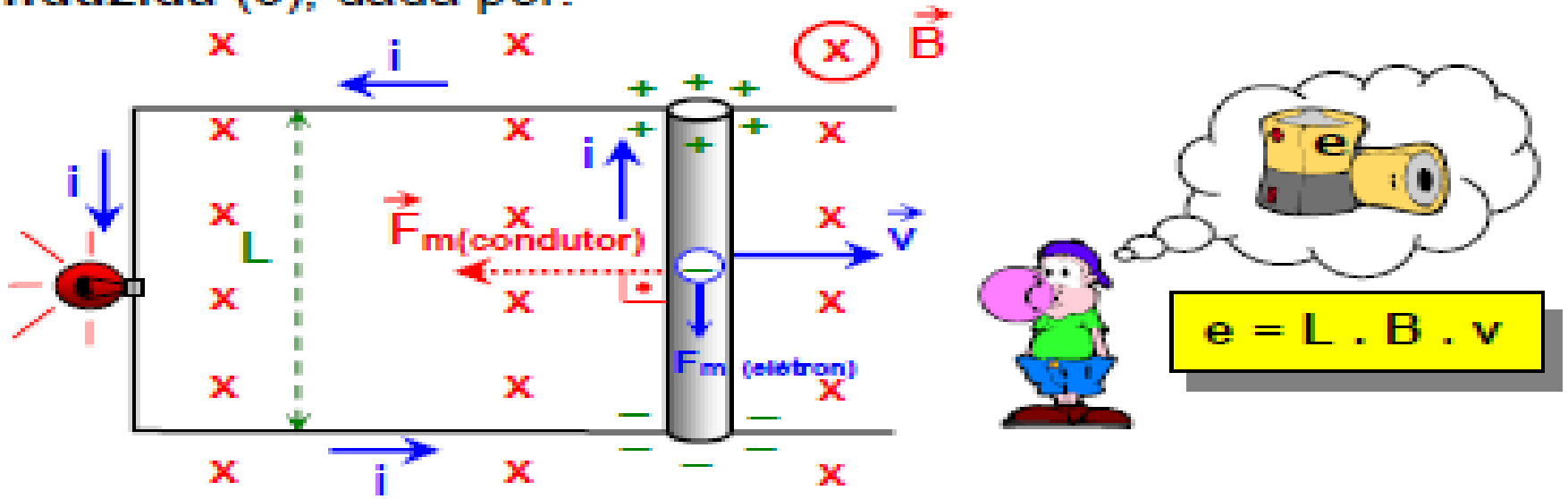
OBSERVAÇÃO 2



$$F_M = \frac{\mu_0 . i1 . i2 . L}{2 . \pi . R}$$

1. FORÇA ELETROMOTRIZ INDUZIDA – *fem* induzida (e)

Considere um condutor reto de comprimento L atravessando perpendicularmente, com velocidade constante $\vec{v}$, um campo magnético uniforme $\vec{B}$. Uma força magnética atua nos elétrons livres do condutor, deslocando-os para uma de suas extremidades. A outra extremidade fica com excesso de prótons. Assim, nas extremidades do **condutor** surge uma ***ddp*** e o mesmo passa a se comportar como um **gerador** de ***fem* induzida** (e), dada por:

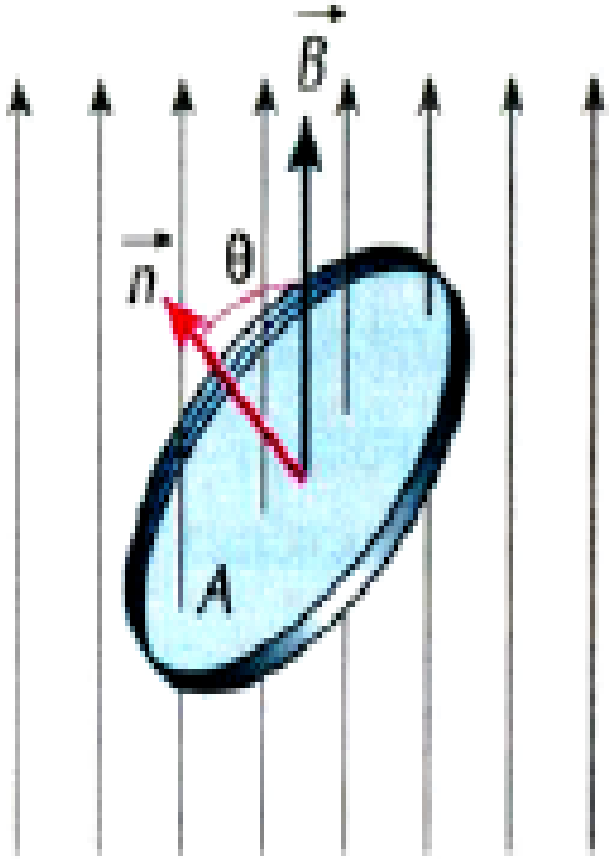


- Unidade de e, no S.I: **V (volt)**

OBS: Surgirá uma ***fem* induzida** (e) no condutor desde que ocorra **movimento relativo** entre o **condutor** e o **campo magnético**.

2. FLUXO MAGNÉTICO (Ø)

O fluxo do campo magnético uniforme $\vec{B}$ através de uma espira de área A é dado por:



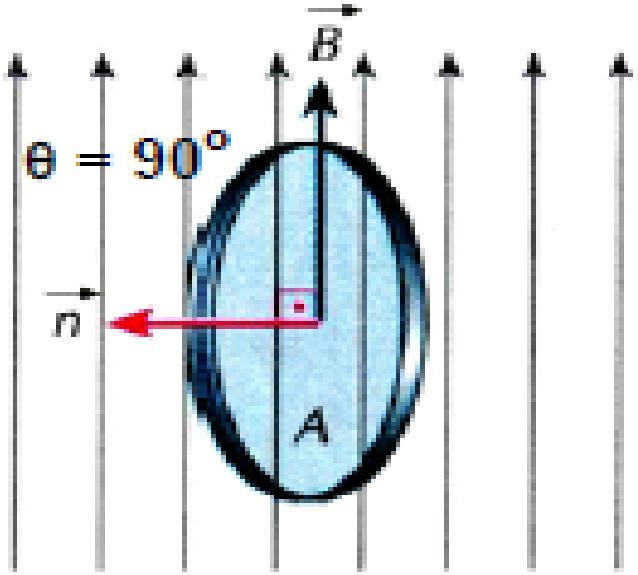
$$\boxed{Ø = A \,.\, B \,.\, \cos\theta}$$

, onde θ é o ângulo formado entre o vetor campo $\vec{B}$ e a normal à espira $\vec{n}$.

- Unidade de Ø, no S.I: $T.m^2 = Wb$ (weber)

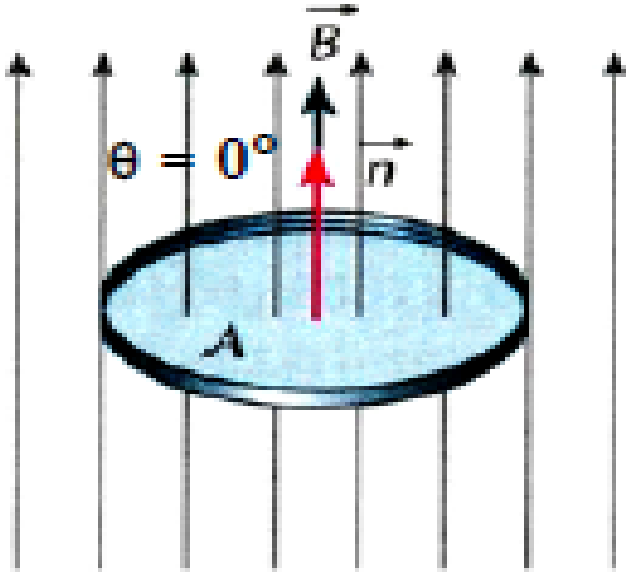
CASOS PARTICULARES PARA O FLUXO MAGNÉTICO:

a) Espira paralela ao campo magnético.



cos 90° = 0 ➡ **Ø = 0**

b) Espira perpendicular ao campo magnético.



cos 0° = 1 ➡ **Ø = A . B**

ATENÇÃO: Para variar o fluxo magnético (ΔØ) através de uma espira, podemos variar a área da espira (ΔA), variar o campo magnético (ΔB) ou variar o ângulo (Δθ), girando a espira.

3. LEI DE FARADAY

Se o fluxo magnético varia com o tempo em uma espira, também, surge na mesma uma *fem* induzida média (e_m) dada por:

$$e_m = -\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

$\Delta \phi \rightarrow$ variação de fluxo magnética.

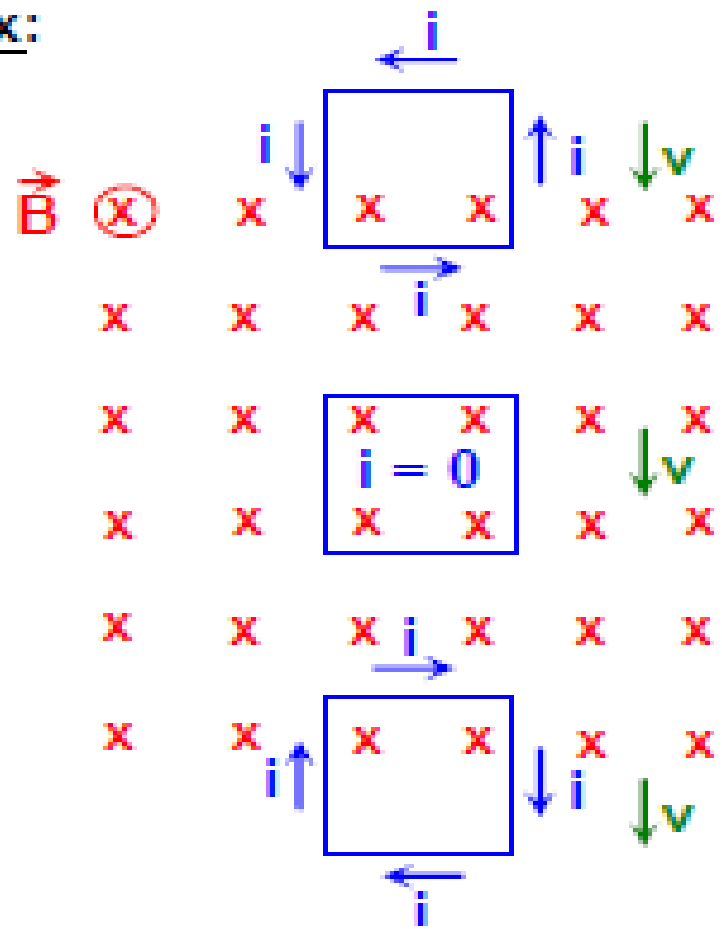
$\Delta t \rightarrow$ intervalo de tempo.

1. LEI DE LENZ:

"O sentido da corrente induzida (i) em uma espira é tal que se opõe à variação do fluxo magnético que lhe deu origem"

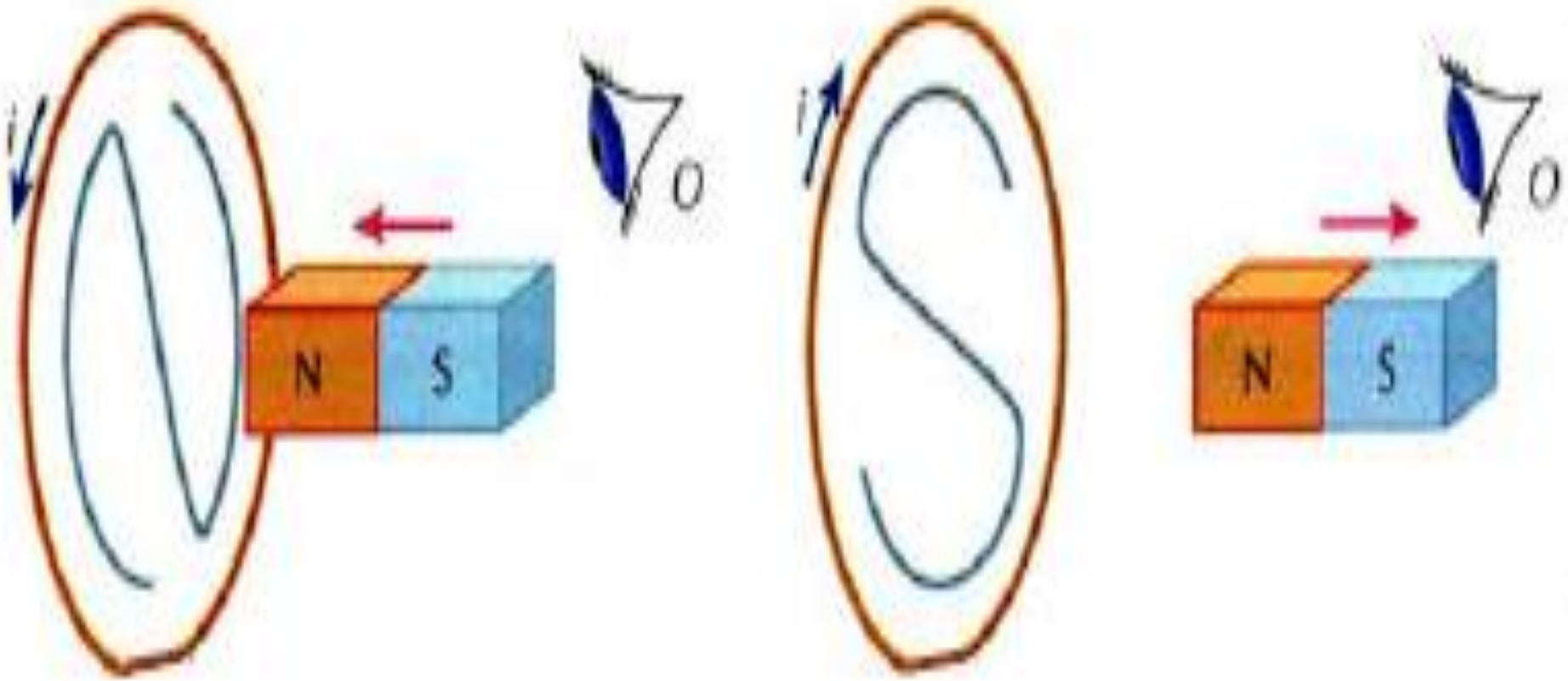
MALANDRAGEM DO FARIAS: Na prática, a corrente induzida tenta manter constante o número de linhas de força na espira, ou seja, "destruir" as linhas de força que surgirem a mais ou "repor" as linhas de força que sumirem.

Ex:



Note que surge uma corrente induzida na espira somente quando ela estiver entrando ou saindo do campo magnético, pois nesses casos há uma variação de fluxo magnético na mesma devido à variação da área sujeita ao campo magnético. Note, ainda, que nesses dois casos a corrente muda de sentido, originando-se a corrente alternada.

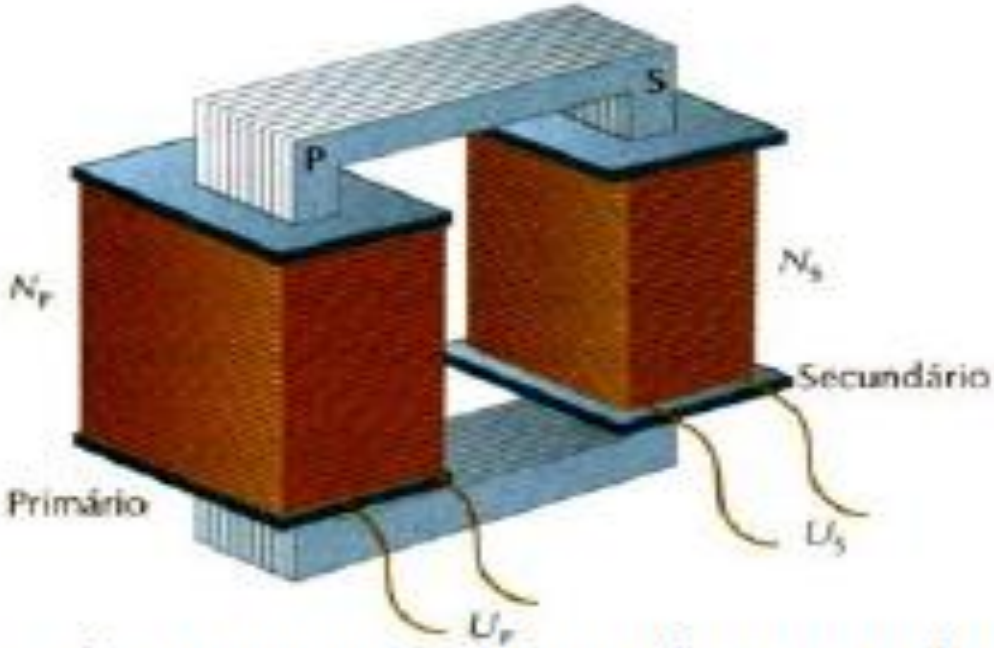
ATENÇÃO: No caso de ímãs, a corrente induzida na espira tem um sentido que se opõe à aproximação ou ao afastamento do ímã, ou seja, a espira repele o ímã na aproximação e atrai no afastamento.

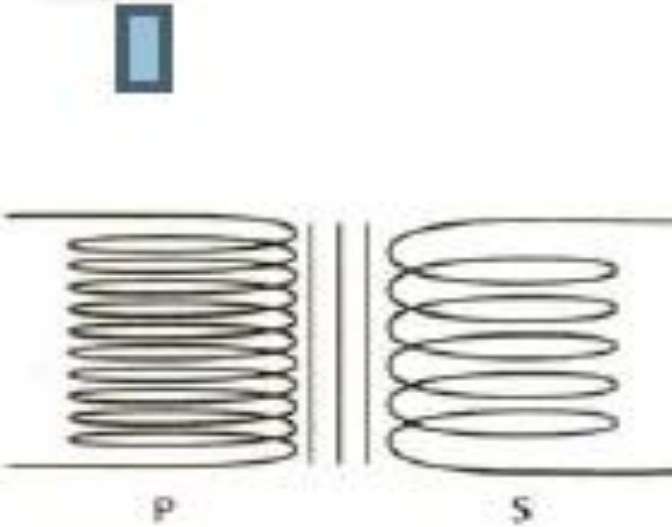


2. TRANSFORMADOR

É um aparelho que permite transformar a ***ddp* alternada**, **aumentando-a** ou **diminuindo-a** conforme a conveniência.

O transformador consta de **duas bobinas** independentes, enroladas sobre um mesmo núcleo de ferro. A bobina que **recebe a ddp** a ser **transformada** chama-se de **primário (P)** e a outra, que **fornece a *ddp* transformada**, chama-se de **secundário (S)**.





A **corrente alternada** no **primário** (i_P) origina um **fluxo magnético variável no secundário**. Esse **fluxo variável origina no secundário** uma **corrente induzida** (i_S) e uma ***ddp* induzida** (U_S).

OBS: Nos bons transformadores, a potência no secundário e no primário são aproximadamente iguais. Assim:

$$P_S = P_P \Rightarrow U_S \cdot i_S = U_P \cdot i_P \Rightarrow \boxed{\downarrow i_S = \frac{U_P \cdot i_P}{\uparrow U_S}}$$

- Se $\uparrow U_S \Rightarrow \downarrow i_S$ (Transformador: elevador de tensão)
- Se $\downarrow U_S \Rightarrow \uparrow i_S$ (Transformador: abaixador de tensão)

OBS: A tensão elétrica (U) é diretamente proporcional ao número de espiras (N). Assim, se o número de espiras do secundário for o dobro do primário, a ddp do secundário também será o dobro do primário.