



cap. 33 - O campo magnético

Instrutor: Prof. Carlos Eduardo Souza - Cadu

**Sala: A2-15 (IF, andar 1P)
Email: carlooseduardosouza@id.uff.br**



O campo magnético

O campo magnético é uma grandeza física relacionada ao Magnetismo

Magnetismo:
área da física relacionada ao estudo dos ímãs e suas propriedades



O campo magnético

O magnetismo tem muitas aplicações no nosso mundo contemporâneo.



A máquina de ressonância magnética produz a imagem dos órgãos em 3D.

O campo magnético

Historicamente, a origem do magnetismo data do período da Grécia antiga.



Thales de Mileto 600AC.

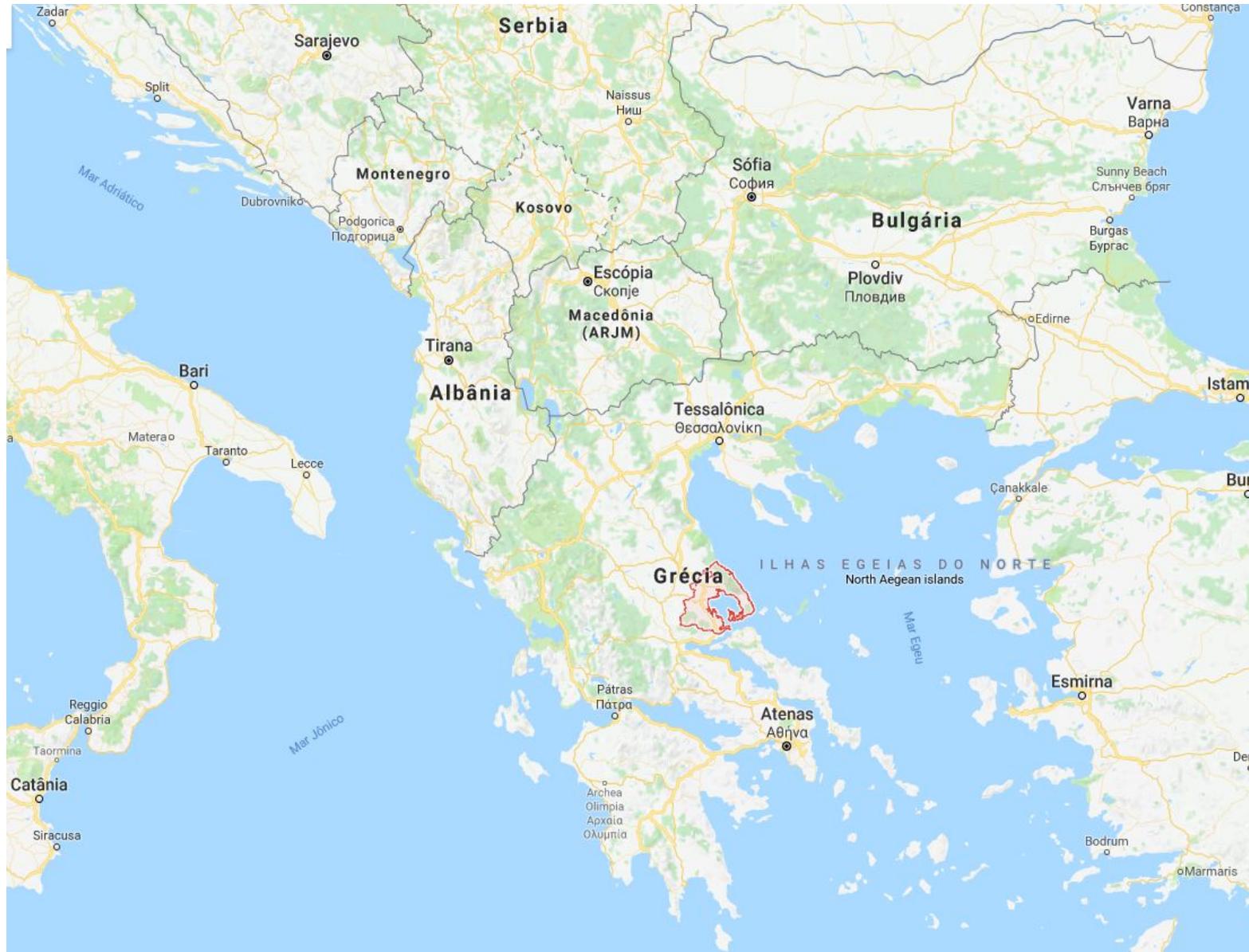
Observou que a magnetita interagia com outras pedras de magnetita e com minerais de ferro.





O campo magnético

Magnésia...



O campo magnético

Os chineses já exploravam o magnetismo com a bússola antes mesmo dos anos 1000 ...



pronúncia: "djang rá"

Almirante Zheng He - 1405/1435





O campo magnético

O magnetismo é bem explicado através do uso do conceito de campo magnético.

O conceito campo magnético se torna fundamentalmente importante quando se descobre que podemos construir dispositivos "sem ímãs", capazes de produzir "magnetismo".

Isso abre portas para o desenvolvimento tecnológico...

- [Maglev](#)
- [Ressonância Magnética](#)

O campo magnético

As questões que abordaremos



O que é o magnetismo?

Como são criados os campos magnéticos?

Quais são as propriedades dos campos magnéticos?

Como os campos magnéticos são utilizados?

Objetivos:

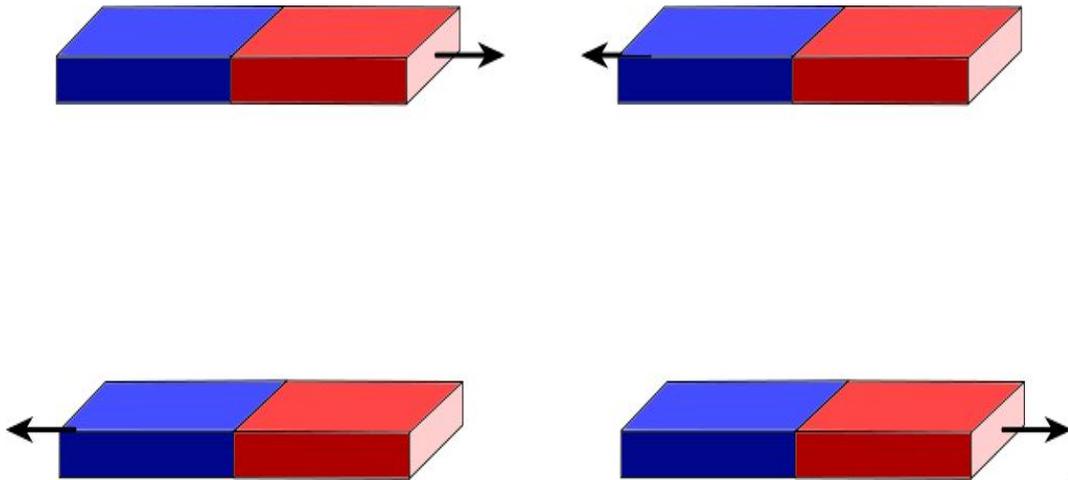
- Reconhecer fenômenos magnéticos básicos
- Descrever o movimento de uma partícula carregada em um campo magnético
- Calcular o campo magnético produzido por correntes elétricas
- Calcular forças e torques sobre correntes
- Descrever propriedades magnéticas de materiais

Objetivos:

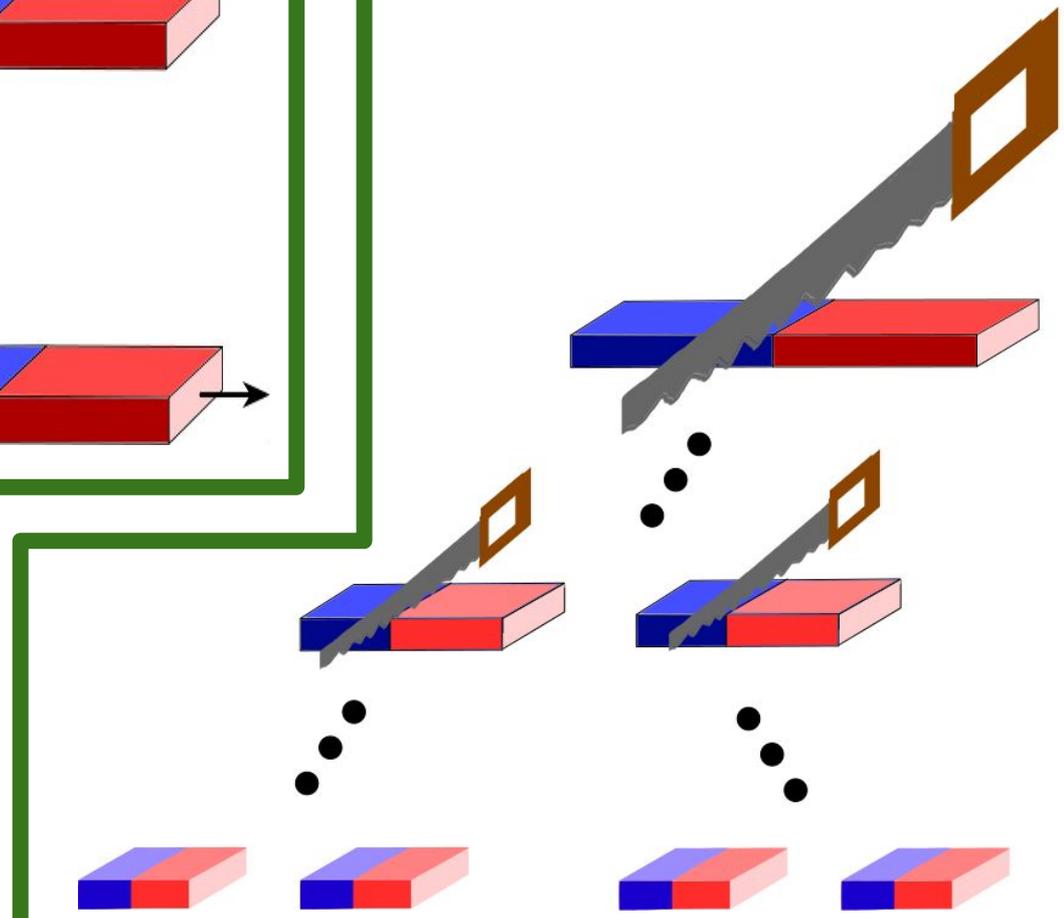
- **Reconhecer fenômenos magnéticos básicos**
- Descrever o movimento de uma partícula carregada em um campo magnético
- Calcular o campo magnético produzido por correntes elétricas
- Calcular forças e torques sobre correntes
- Descrever propriedades magnéticas de materiais

Ímãs e magnetismo: observações experimentais

Experimento 1

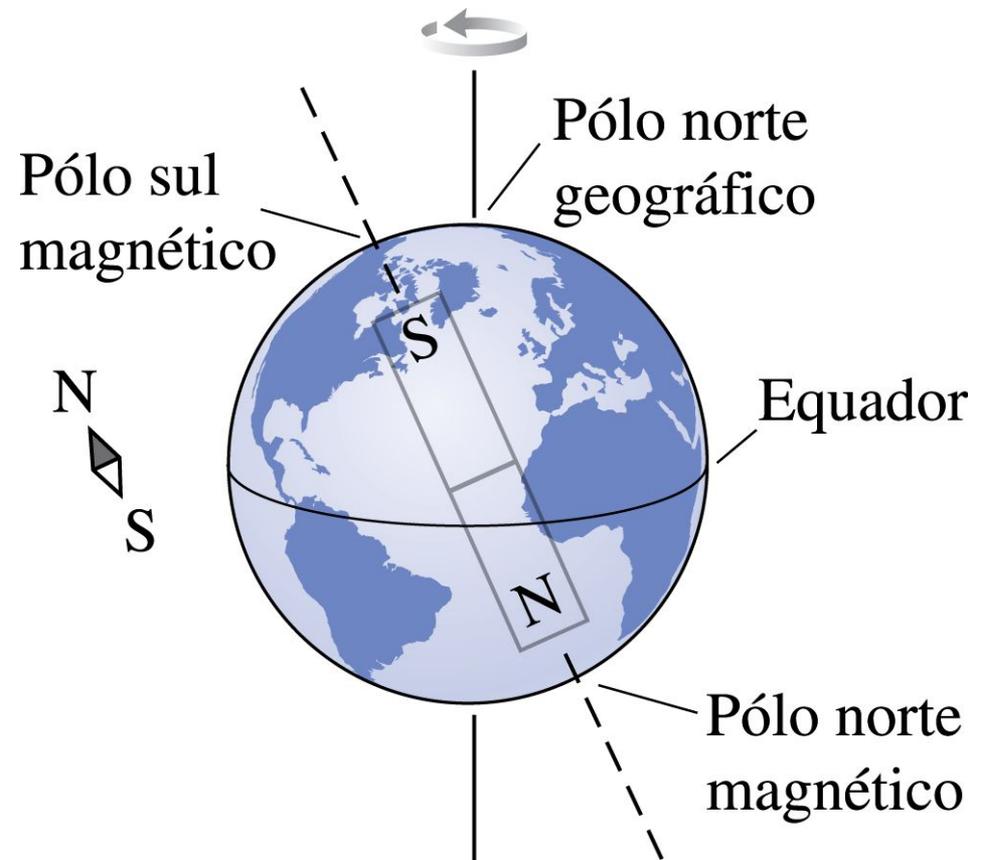
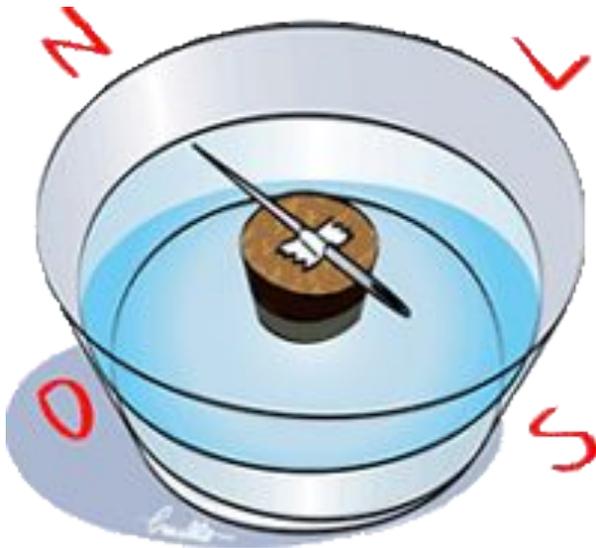


Experimento 2



Ímãs e magnetismo: observações experimentais

Experimento 3



Ímãs e magnetismo: observações experimentais

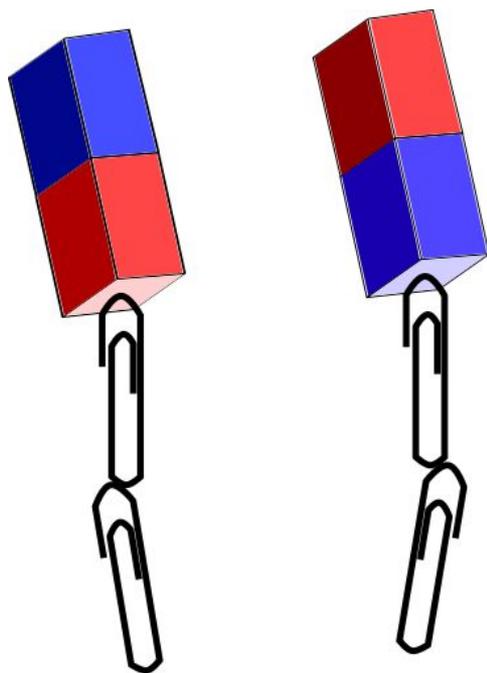
Experimento 4



O norte de uma bússola é atraído pelo pólo sul de um ímã

Ímãs e magnetismo: observações experimentais

Experimento 5

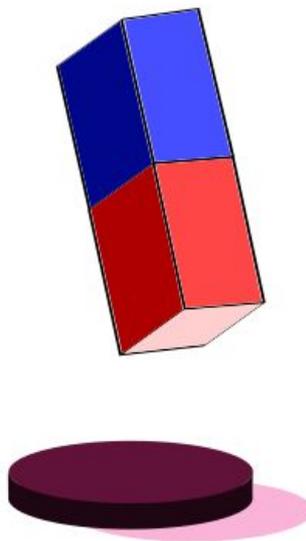


independente do
polo, o ímã
sempre atrai o
ferro...

Ímãs sempre atraem minerais com ferro:
ferromagnetismo

Ímãs e magnetismo: observações experimentais

Experimento 5



sem efeito...

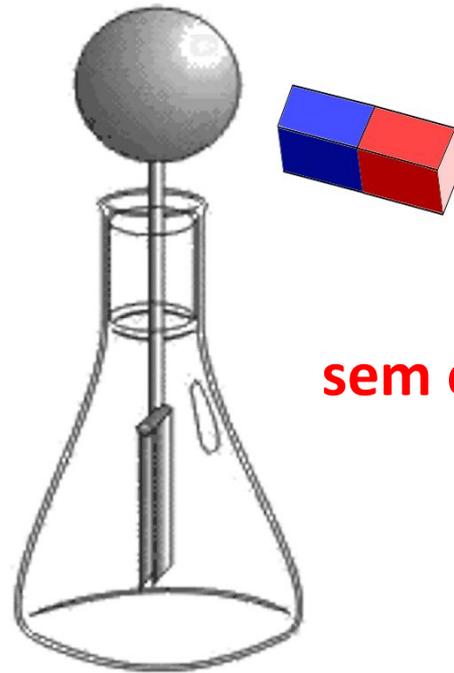
vidro, plástico...

Ímãs não interagem com alguns materiais:

Paramagnetismo

Ímãs e magnetismo: observações experimentais

Experimento 6



sem efeito...

A não ser pela polarização, um ímãs não interage com as cargas elétricas.

O campo magnético

Descobrendo o magnetismo

Observações

- **pólos magnéticos*** são diferentes de cargas elétricas
- **Força magnética é de ação a distância**
- **Nem todos os materiais exibem comportamento magnético**
- **Materiais magnéticos são sempre atraídos por ímãs, independente do pólo.**

***região do ímã na qual o campo magnético é mais intenso.**



O campo magnético

Substâncias paramagnéticas: substâncias que apresentam **difícilidade de imantação** em presença de um campo B . - madeira, couro, óleo, vidro...

Substâncias ferromagnéticas: substâncias que apresentam **facilidade de imantação** em presença de um campo B . - ferro, cobalto...

Substâncias diamagnéticas: substâncias que apresentam **imantação oposta** em presença de um campo B . - cobre, ouro...

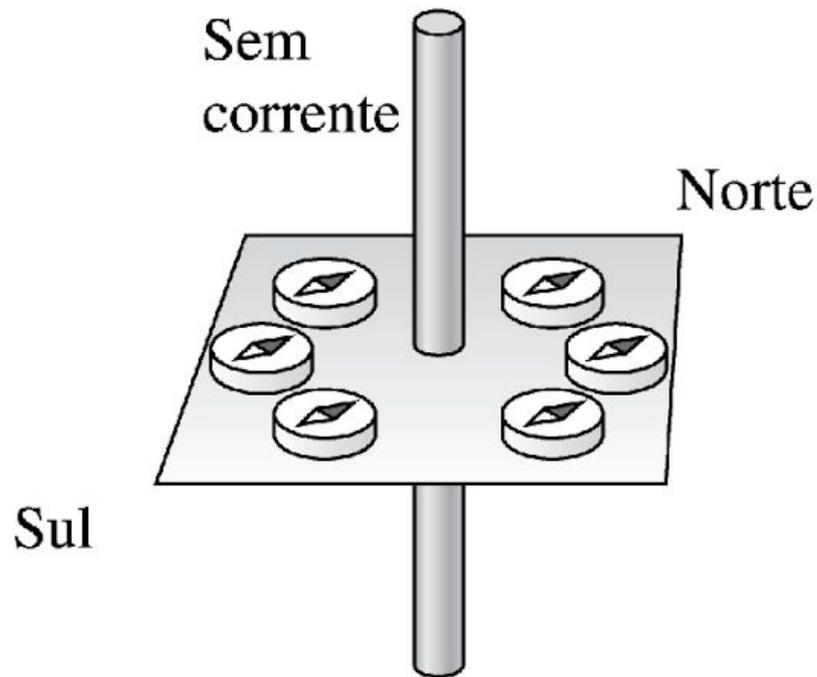
O campo magnético

A descoberta do campo magnético

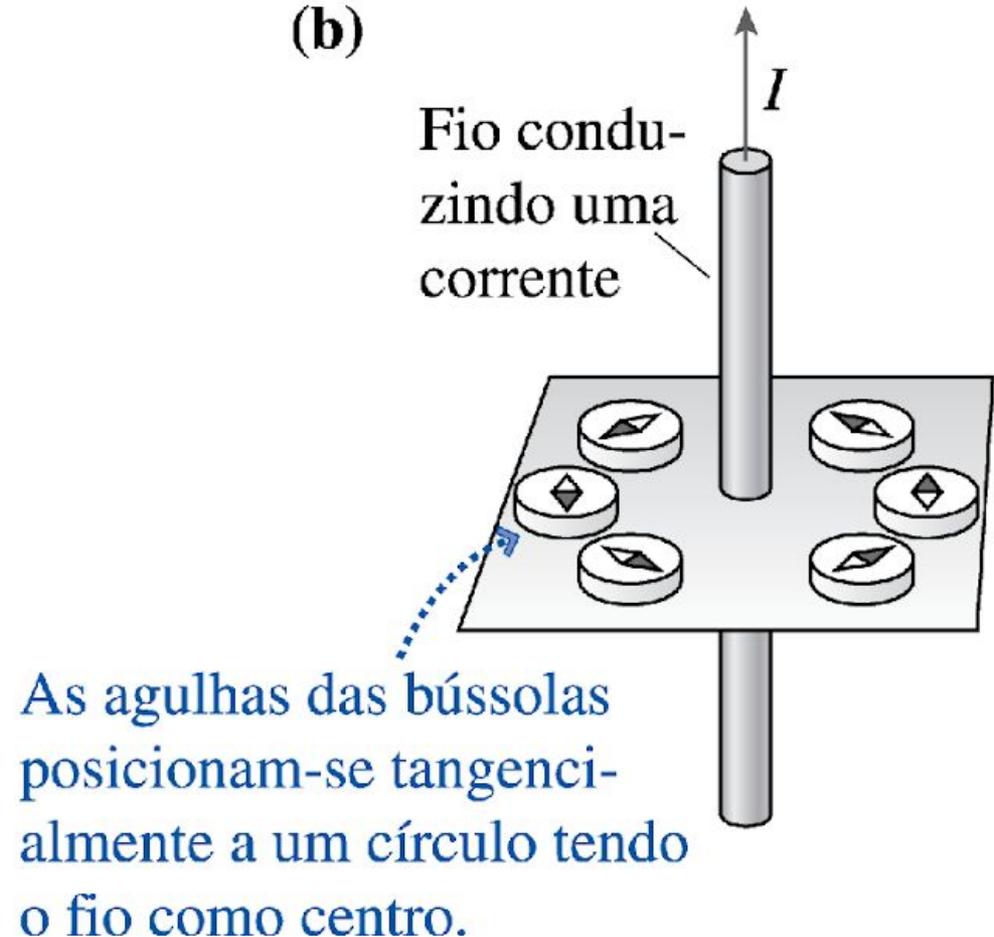
Outro tipo de magnetismo??

Hans Christian Oersted, em 1819, durante uma aula experimental.

(a)

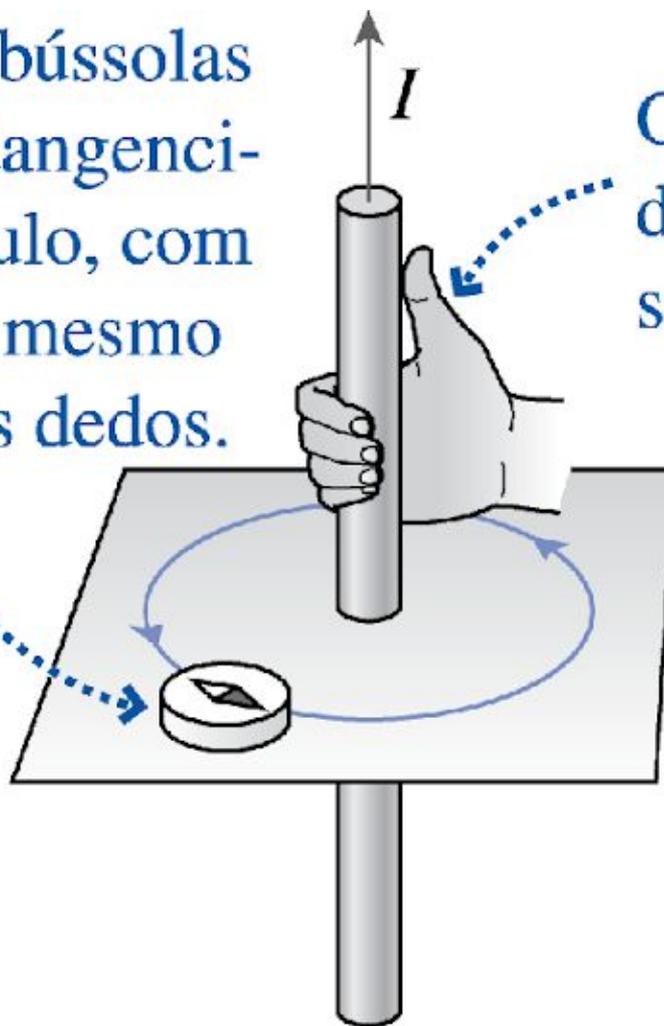


(b)



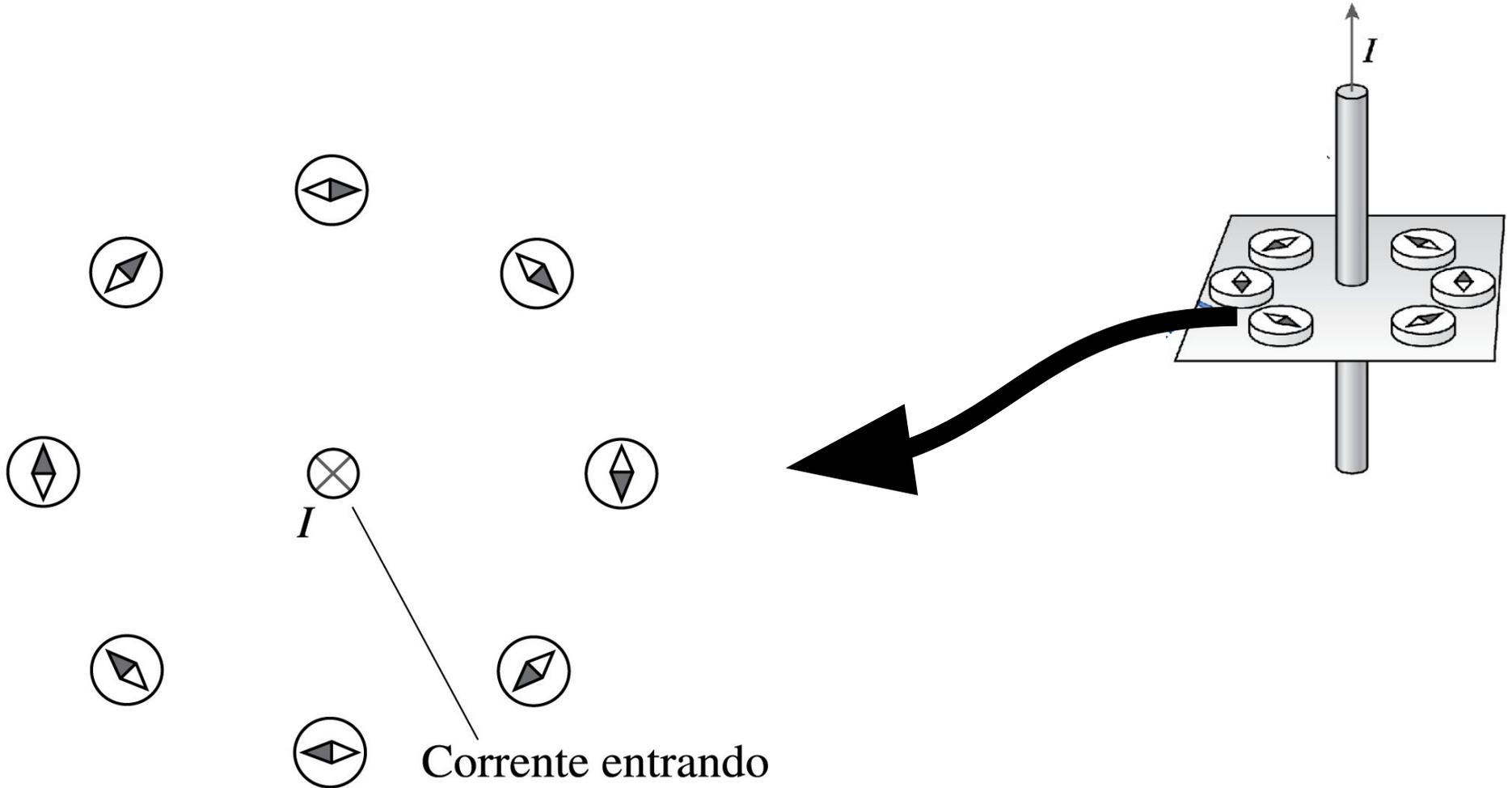
O campo magnético

As agulhas das bússolas posicionam-se tangencialmente ao círculo, com o pólo norte no mesmo sentido dos seus dedos.



O polegar da mão direita aponta no sentido da corrente.

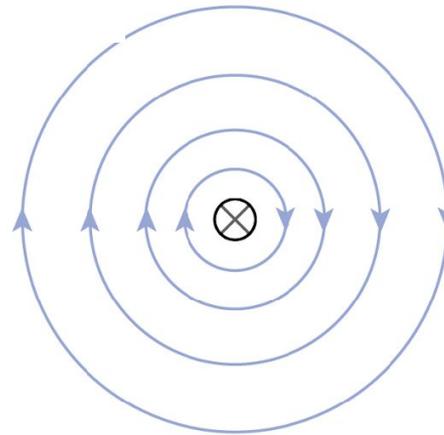
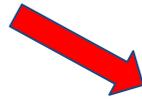
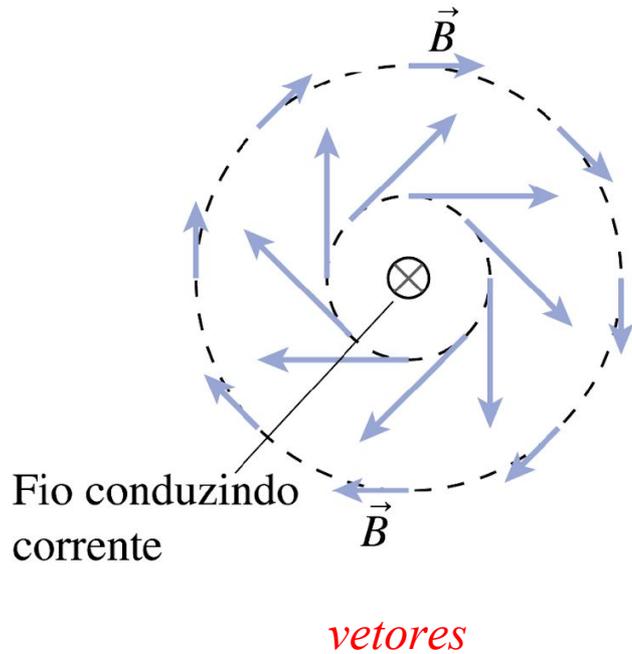
O campo magnético



- Toda corrente que flui cria um campo magnético em todos os pontos do espaço.
- Em cada ponto do espaço o campo é um vetor
- O campo magnético B exerce forças sobre os pólos magnéticos

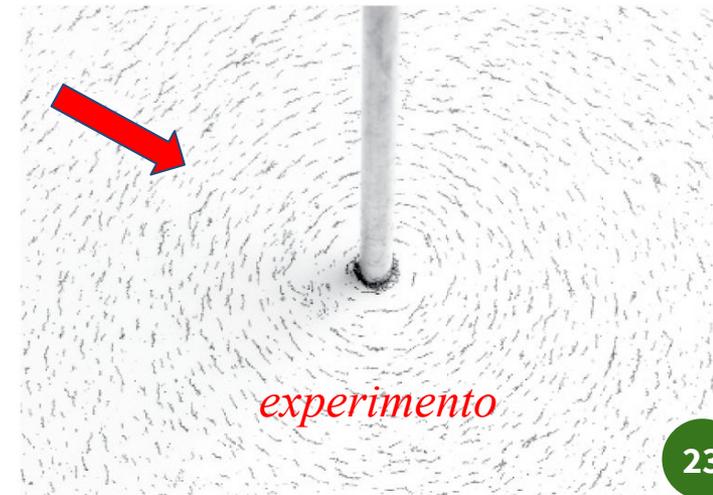


Representando o campo magnético



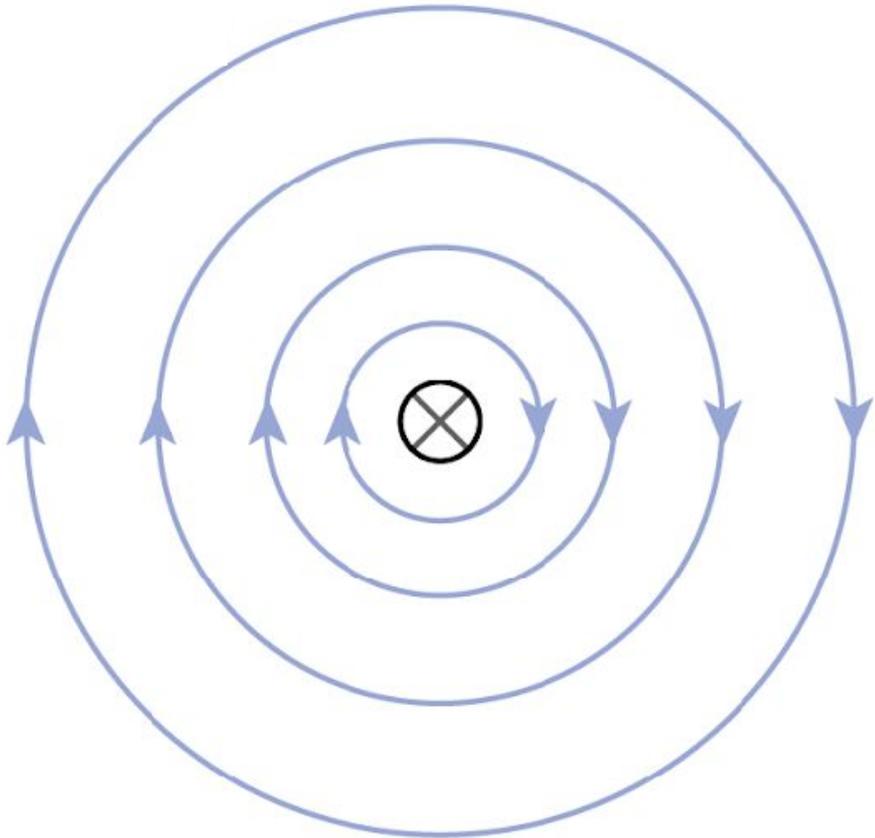
*linhas de campo
sempre são
fechadas!*

O campo (magnético) produzido por um fio que conduz uma corrente é muito diferente do campo (elétrico) produzido por um fio carregado.



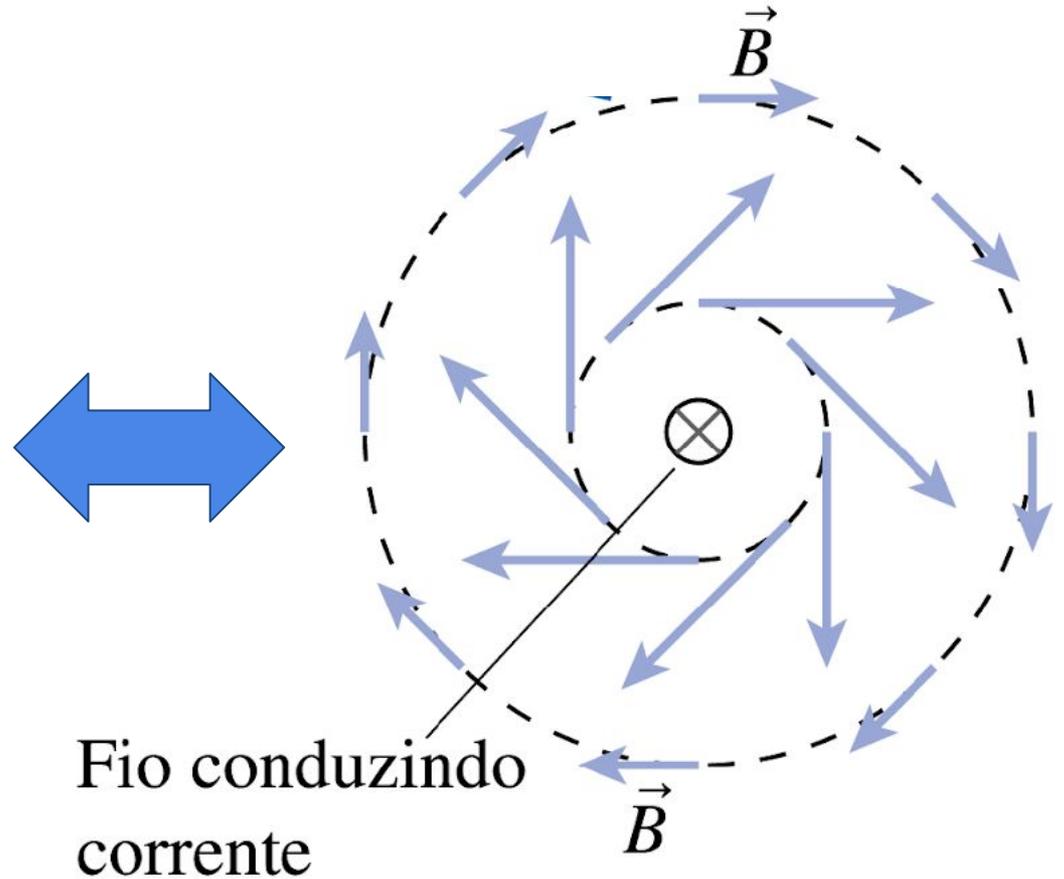
Representando o campo magnético

linhas de campo



*As linhas de campo
sempre são fechadas!*

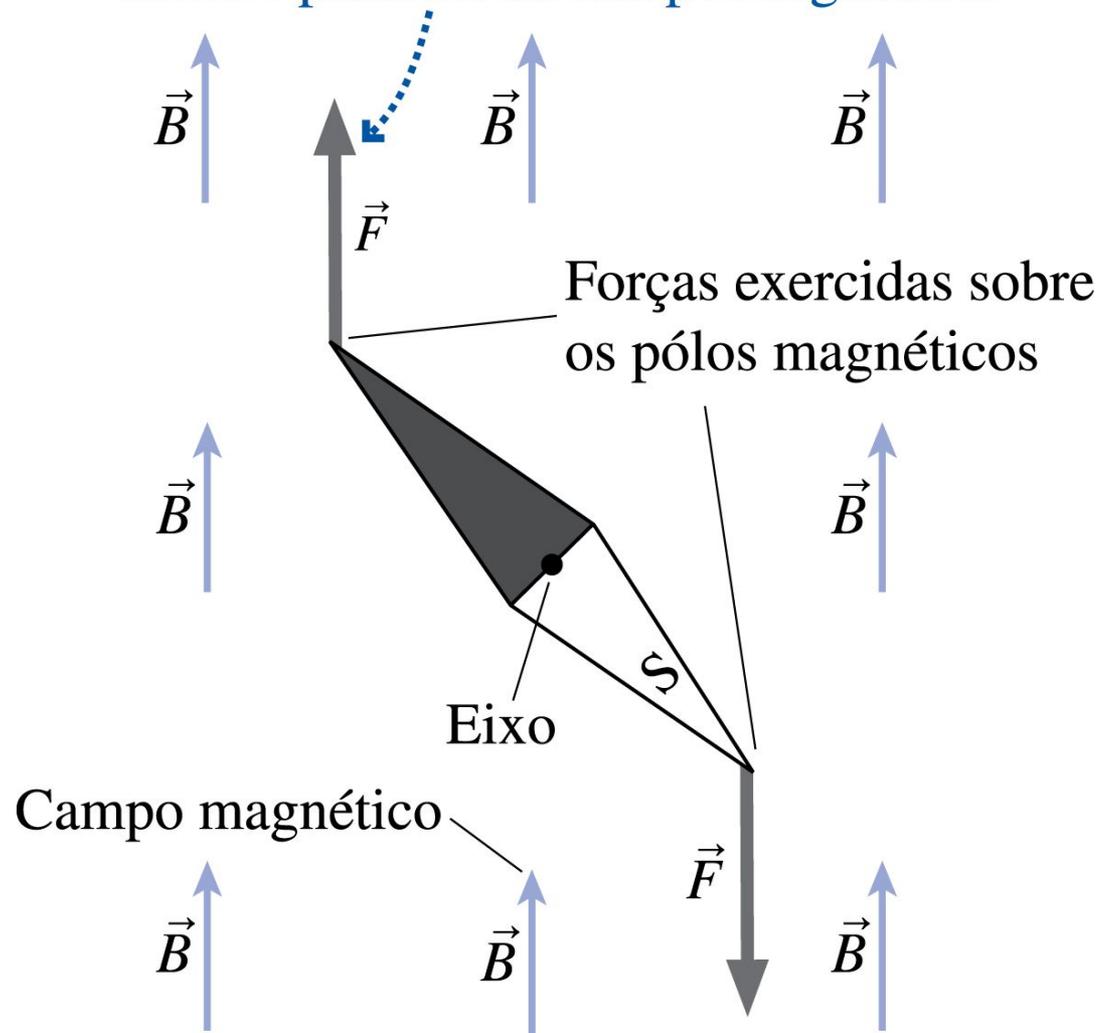
campo vetorial



O campo magnético

A força magnética no ímã

A força magnética sobre o pólo norte é paralela ao campo magnético.





O magnetismo produzido por ímãs permanentes é igual ao magnetismo produzido por correntes?



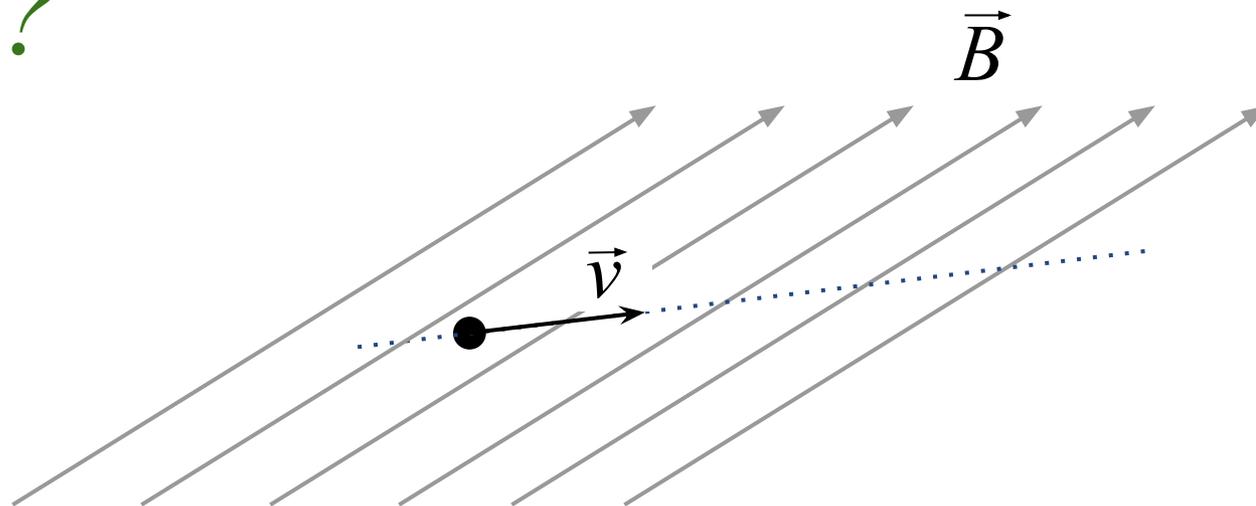
O magnetismo produzido por ímãs permanentes é igual ao magnetismo produzido por correntes?

Responderemos a essa pergunta com base na análise (mais detalhada) do movimento de cargas elétricas sujeitas a influência de campos magnéticos.

O campo magnético

Consideremos uma carga positiva q se movendo em uma região com campo magnético...

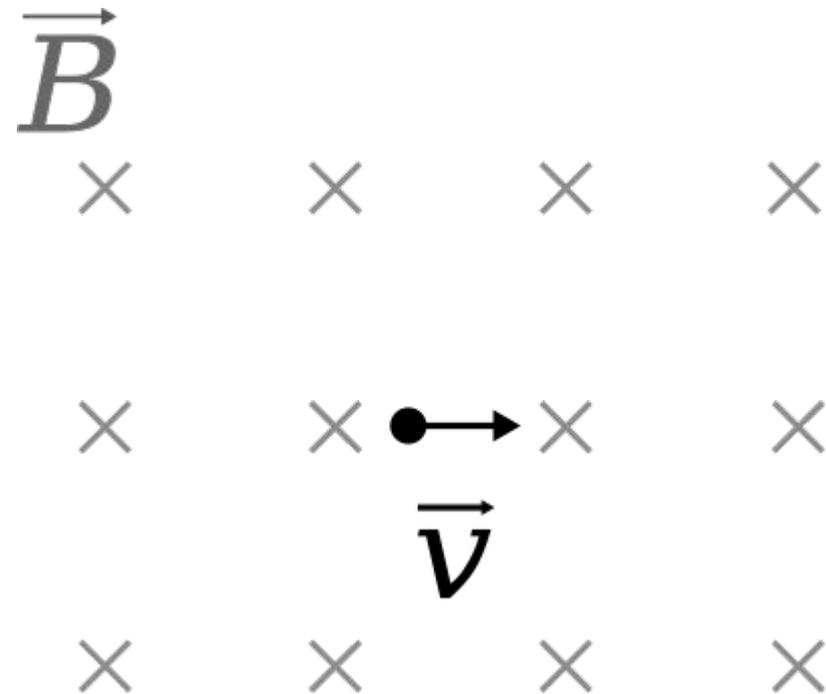
$$\vec{F} = ?$$



O campo magnético

Teste conceitual - 1

Uma partícula positiva de carga q se desloca com velocidade v em uma região onde o campo magnético é uniforme, conforme mostrado na figura. Desconsiderando a aceleração da gravidade, o movimento subsequente desta partícula é:

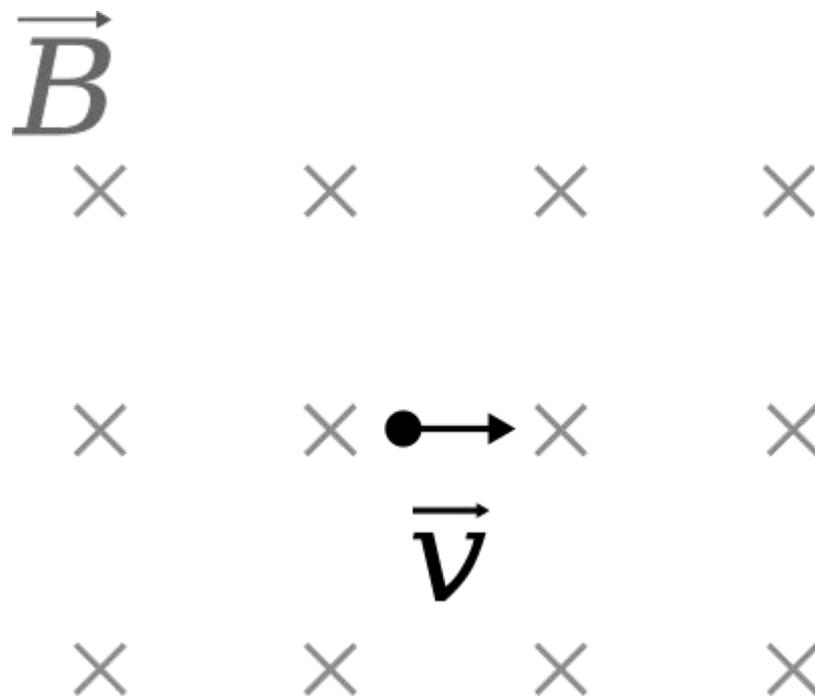


- A) MRU
- B) MRA
- C) Parabólico
- D) MCU

O campo magnético

Teste conceitual - 1 (Resposta)

Uma partícula positiva de carga q se desloca com velocidade v em uma região onde o campo magnético é uniforme, conforme mostrado na figura. Desconsiderando a aceleração da gravidade, o movimento subsequente desta partícula é:



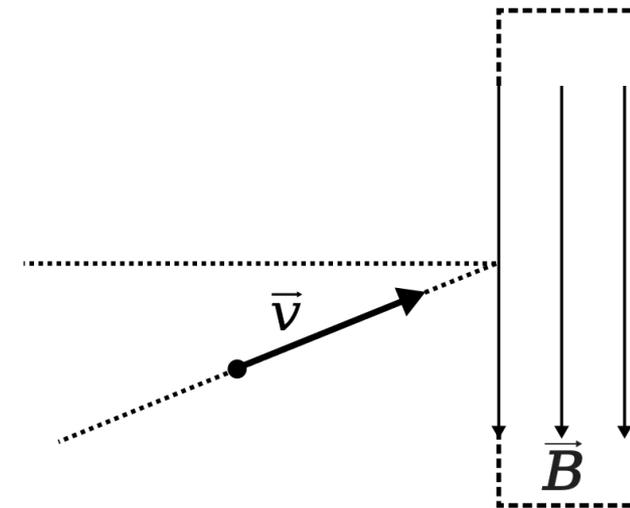
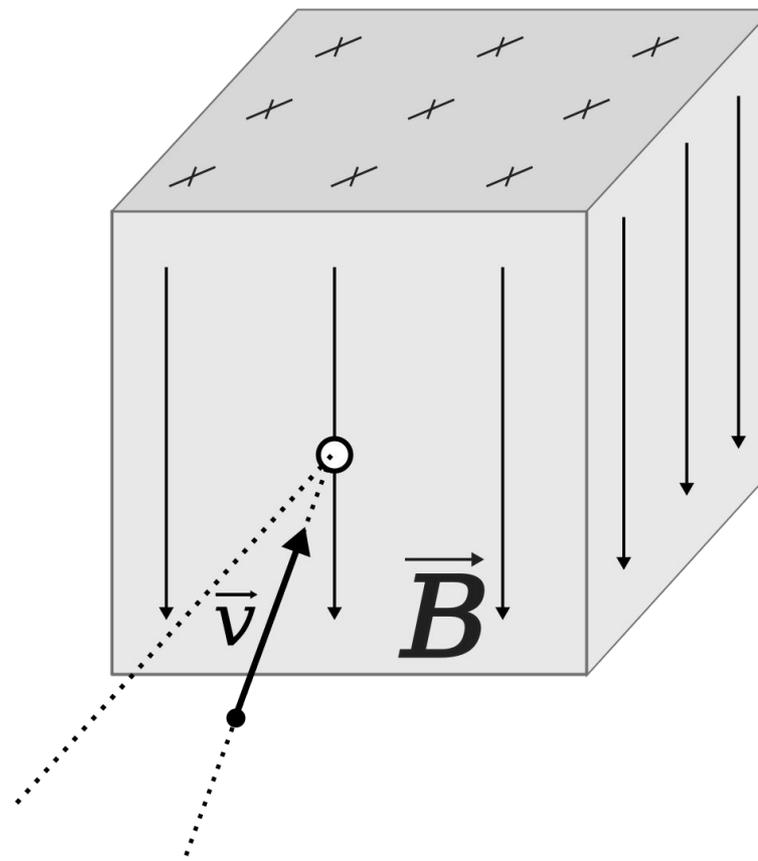
- A) MRU
- B) MRA
- C) Parabólico
- D) MCU**

O campo magnético

Teste conceitual - 2

Uma partícula positiva de carga q e velocidade cte v entra na região de campo magnético, conforme ilustrado na figura. Como é o movimento da partícula após a entrada nesta região?

- A) Helicoidal
- B) MRA
- C) Parabólico
- D) MCU



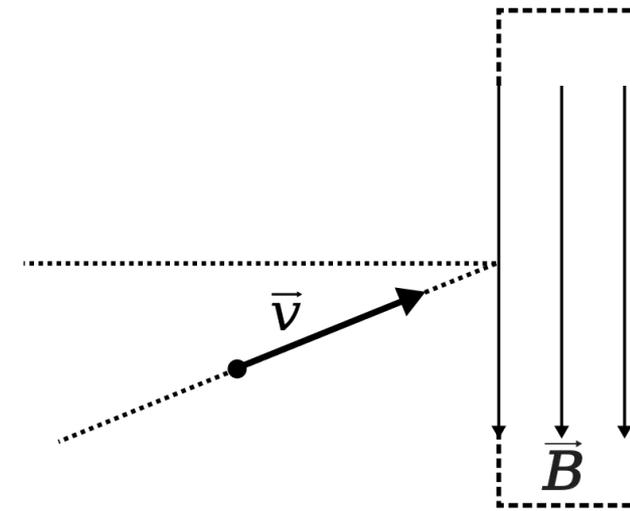
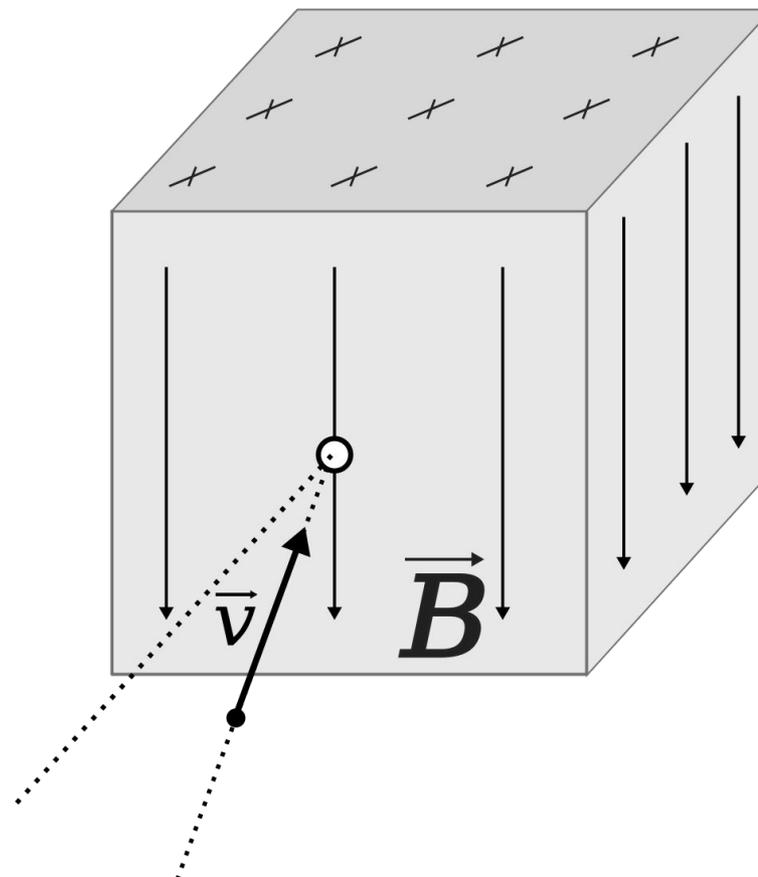
Vista Lateral

O campo magnético

Teste conceitual - 2 (Resposta)

Uma partícula positiva de carga q e velocidade cte v entra na região de campo magnético, conforme ilustrado na figura. Como é o movimento da partícula após a entrada nesta região?

- A) Helicoidal
- B) MRA
- C) Parabólico
- D) MCU



Vista Lateral

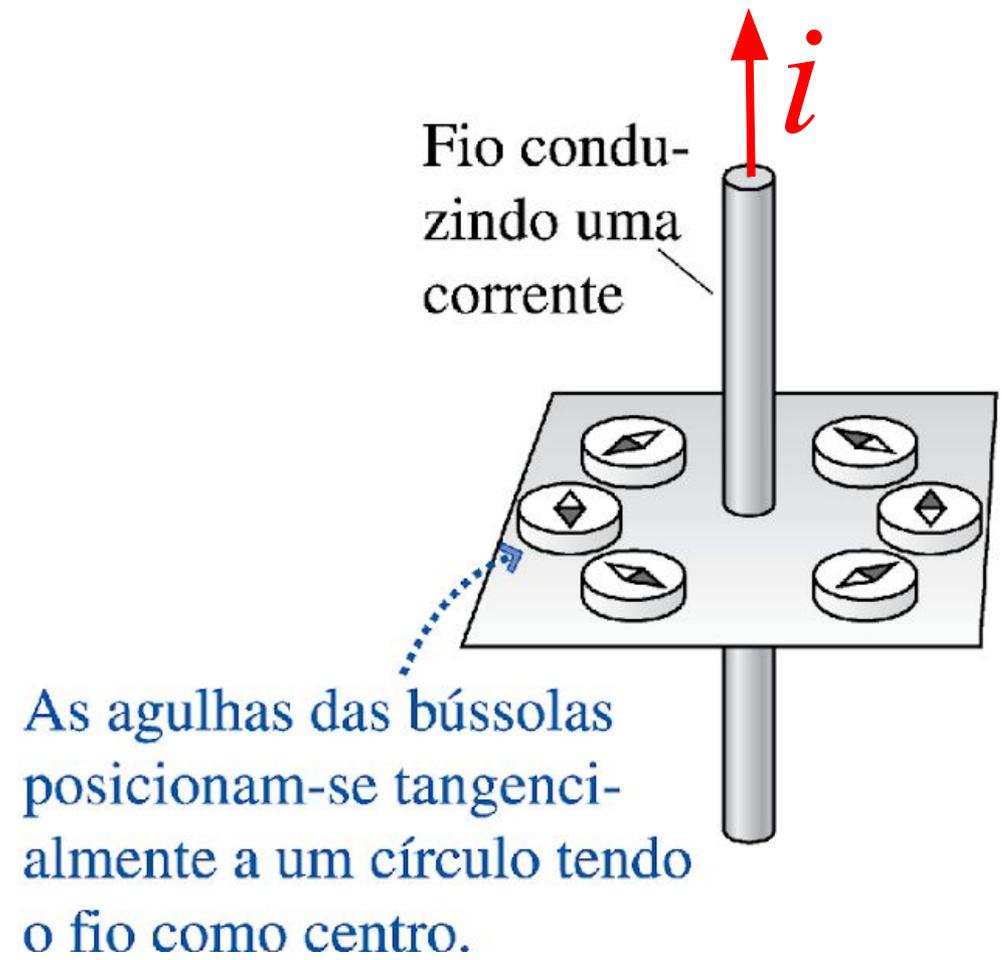
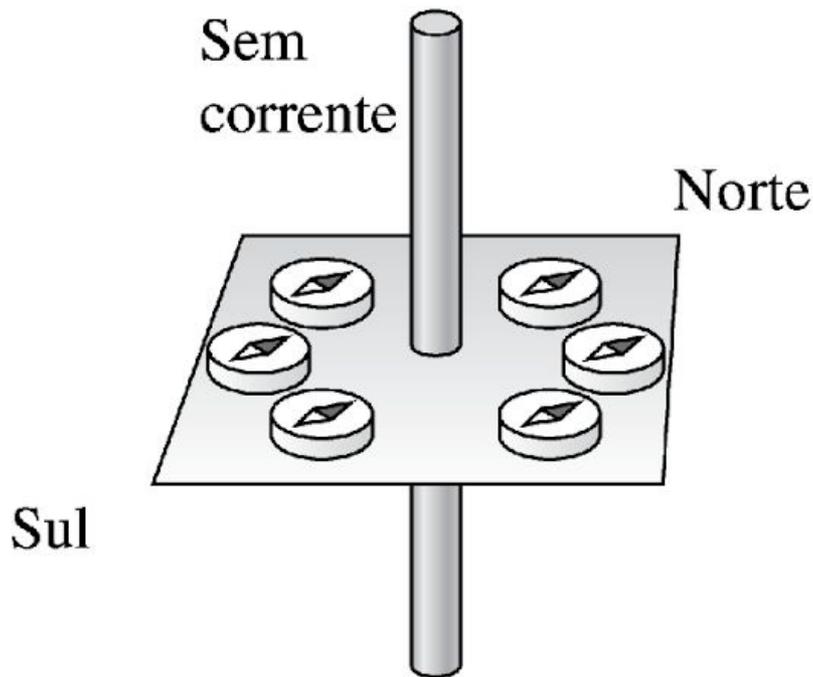


O campo magnético

Aula 2

Aula passada...

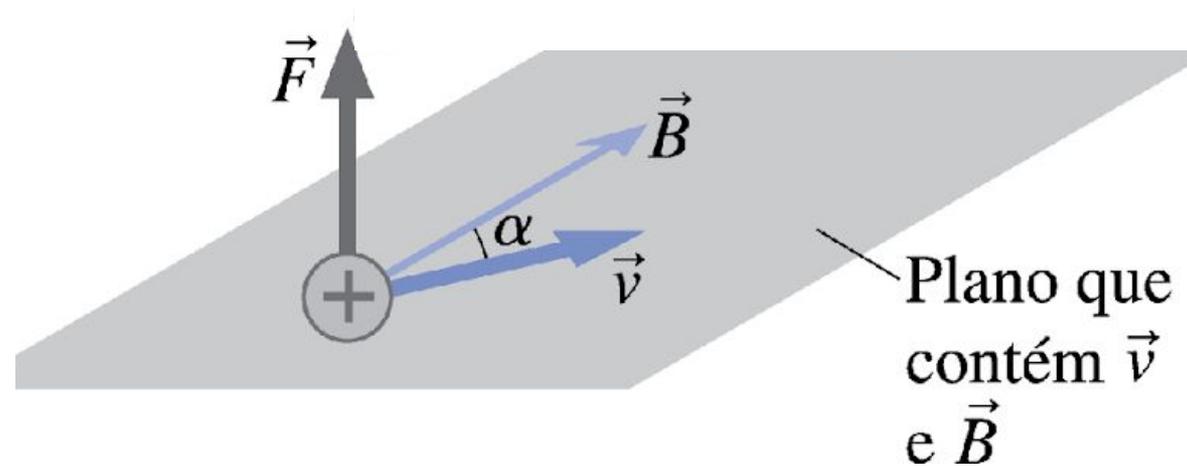
Uma corrente elétrica gera campo magnético.



Aula passada...

Força magnética sobre uma partícula em movimento

$$\vec{F}_{mag} = q\vec{v} \times \vec{B}$$



Historicamente:

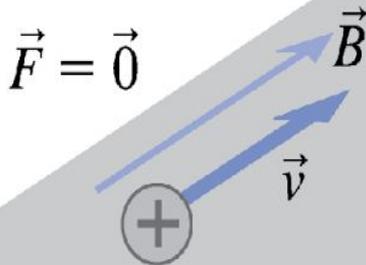
A fórmula exata da força magnética só apareceu no fim do séc. XIX

Aula passada...

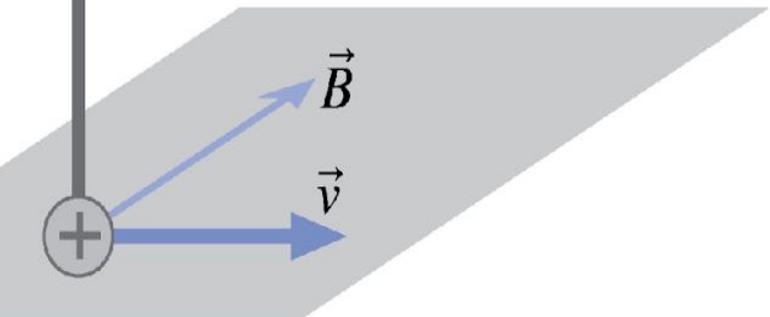
Força magnética sobre uma partícula em movimento

Casos Particulares:

Não há força sobre uma carga que se move paralelamente a \vec{B} .



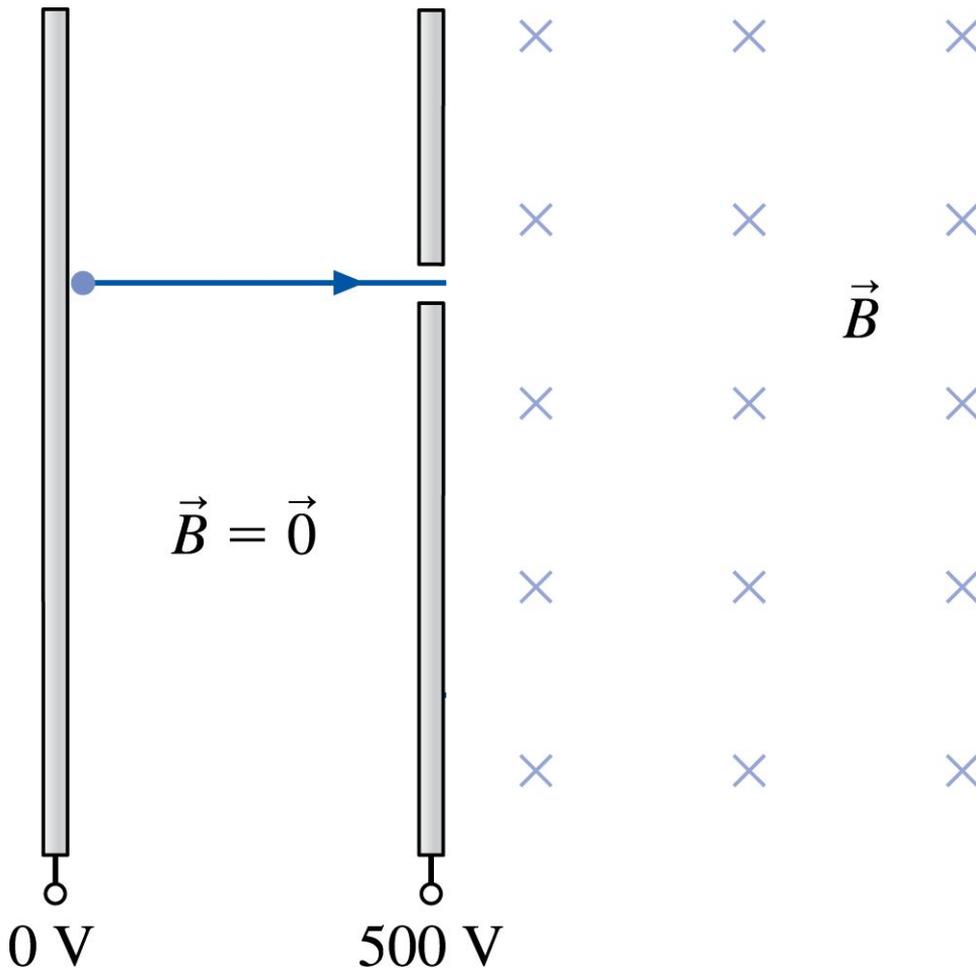
A força magnética é máxima quando a carga se move perpendicularmente a \vec{B} .



$$\vec{F}_{mag} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

O campo magnético

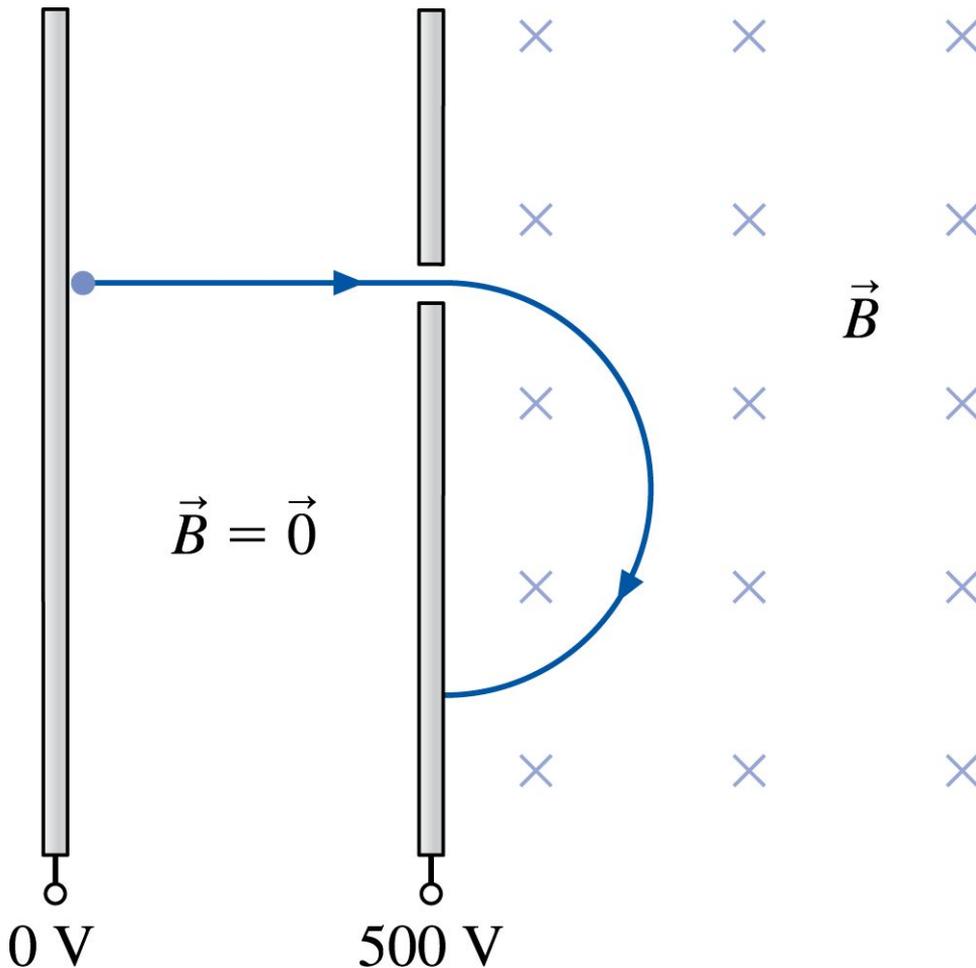
O espectrômetro de massa



O que acontece com a partícula (positiva) depois que ela escapa do capacitor?

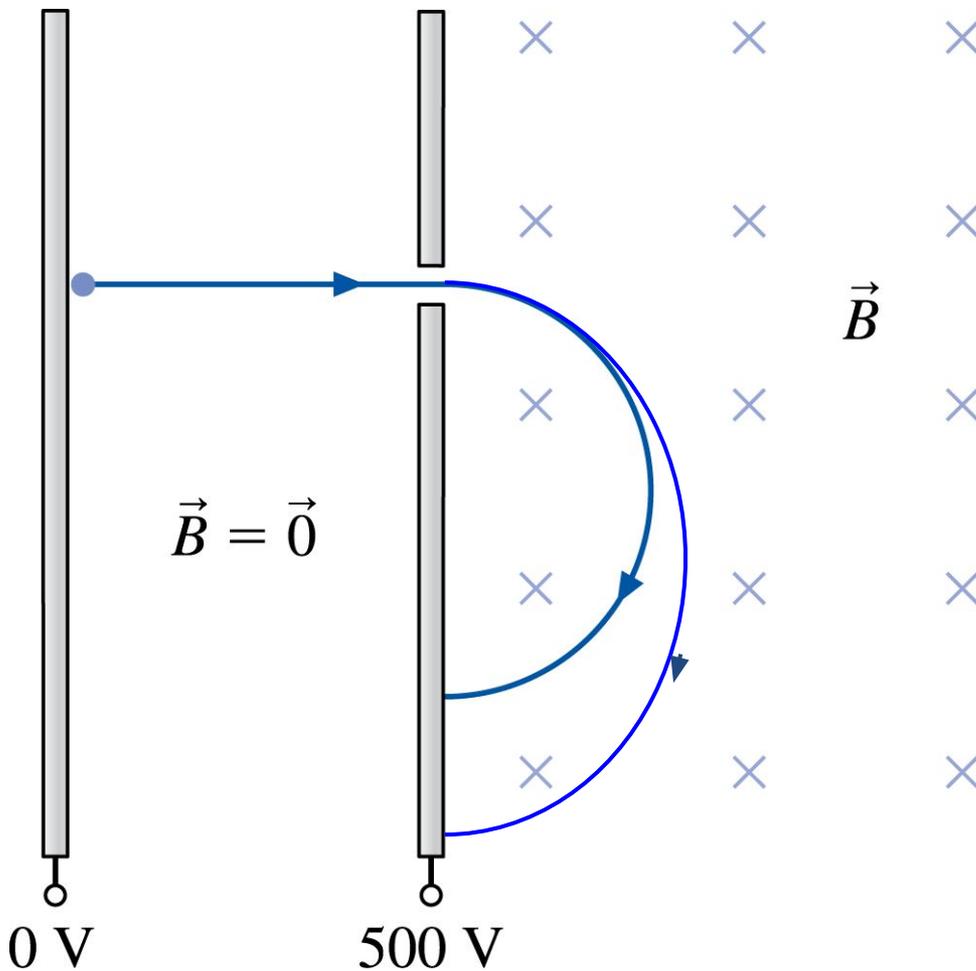
O campo magnético

O espectrômetro de massa



O que acontece com a partícula (positiva) depois que ela escapa do capacitor?

O espectrômetro de massa

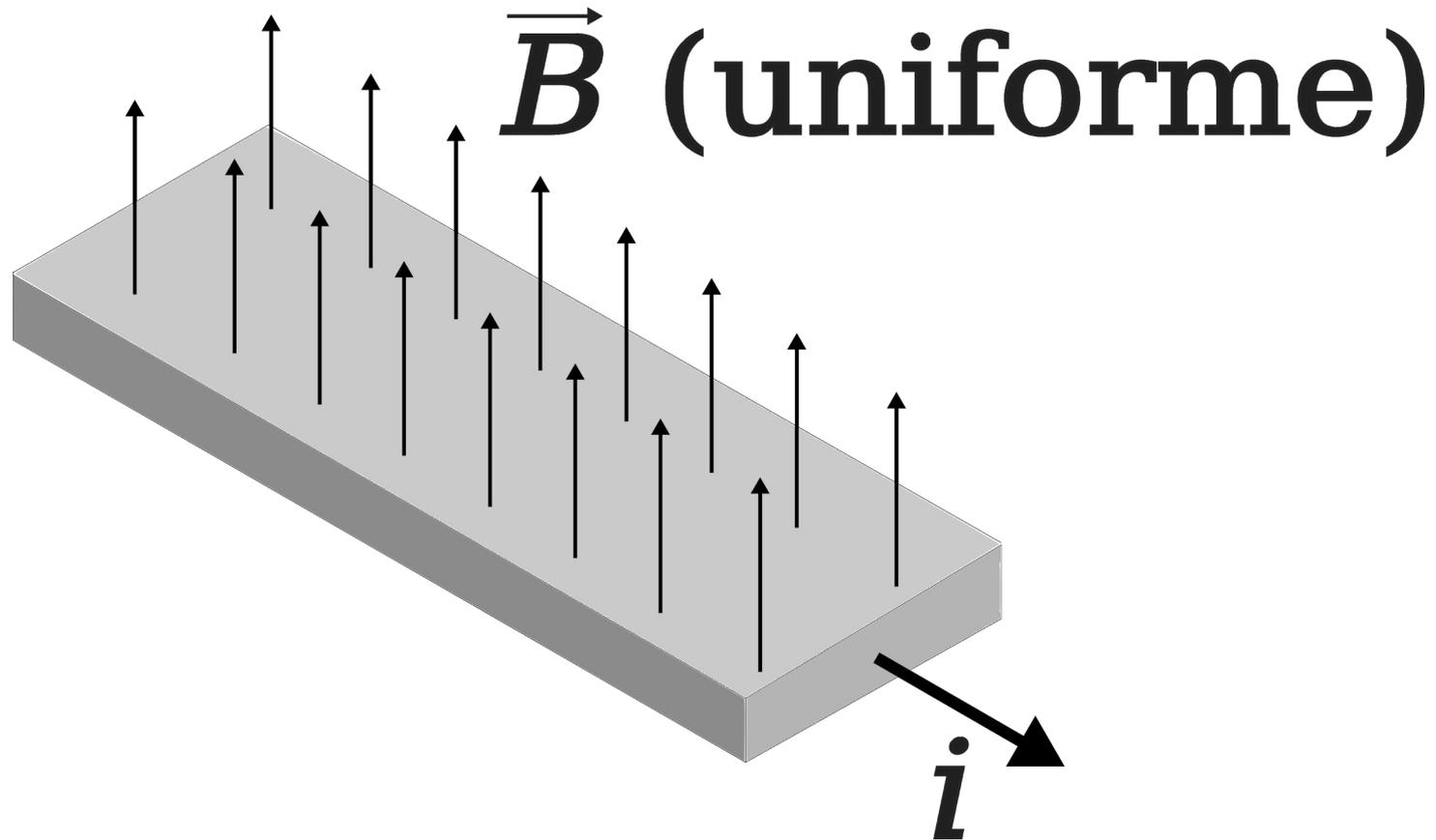


**Análise de isóbaros
e isótopos**

$$r_{ciclo} = \frac{m_x}{q_x} \frac{v}{B}$$

O campo magnético

O que acontece com os portadores de carga deste condutor achatado que conduz uma corrente i ?



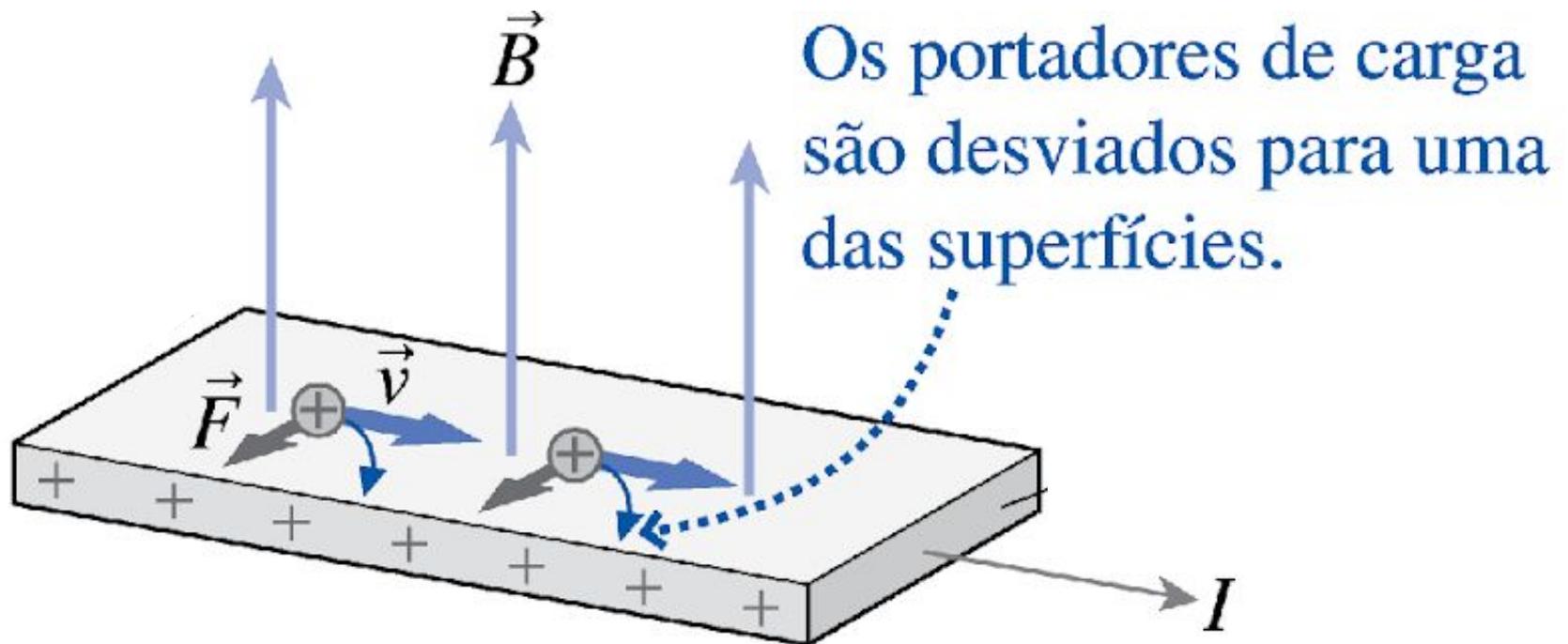


O campo magnético

O Efeito Hall

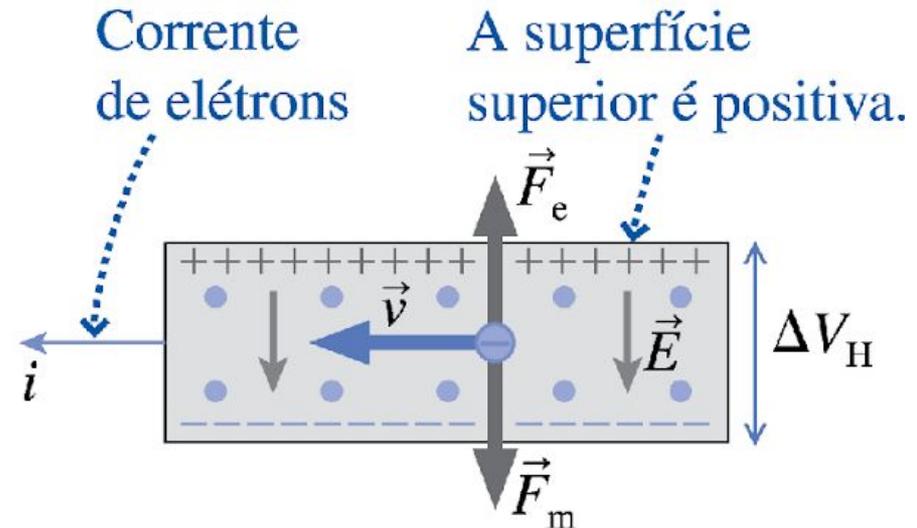
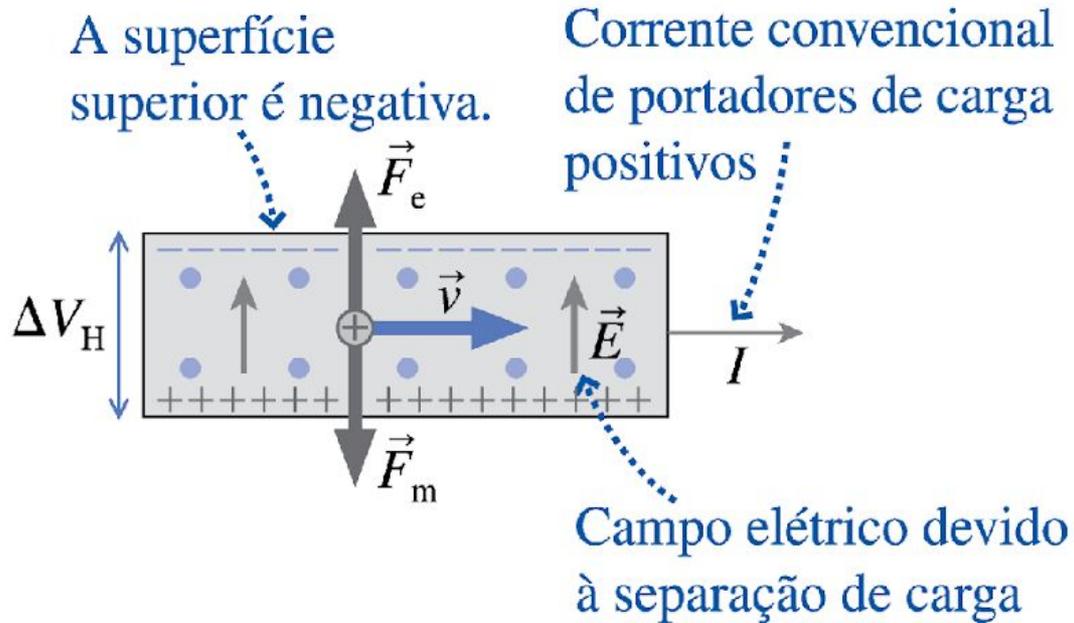
Cargas de um condutor que conduz corrente elétrica também são defletidas lateralmente por um campo B .

Considerando os portadores de carga (partículas móveis) como sendo partículas positivas



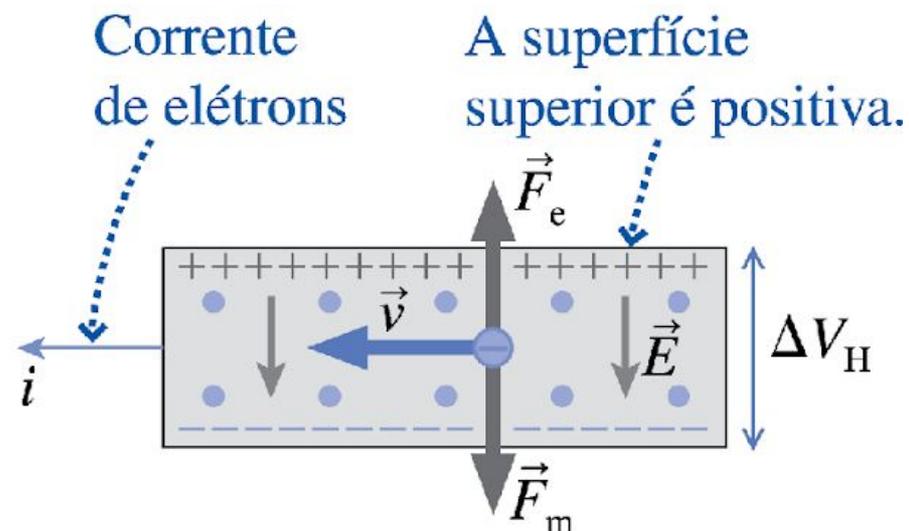
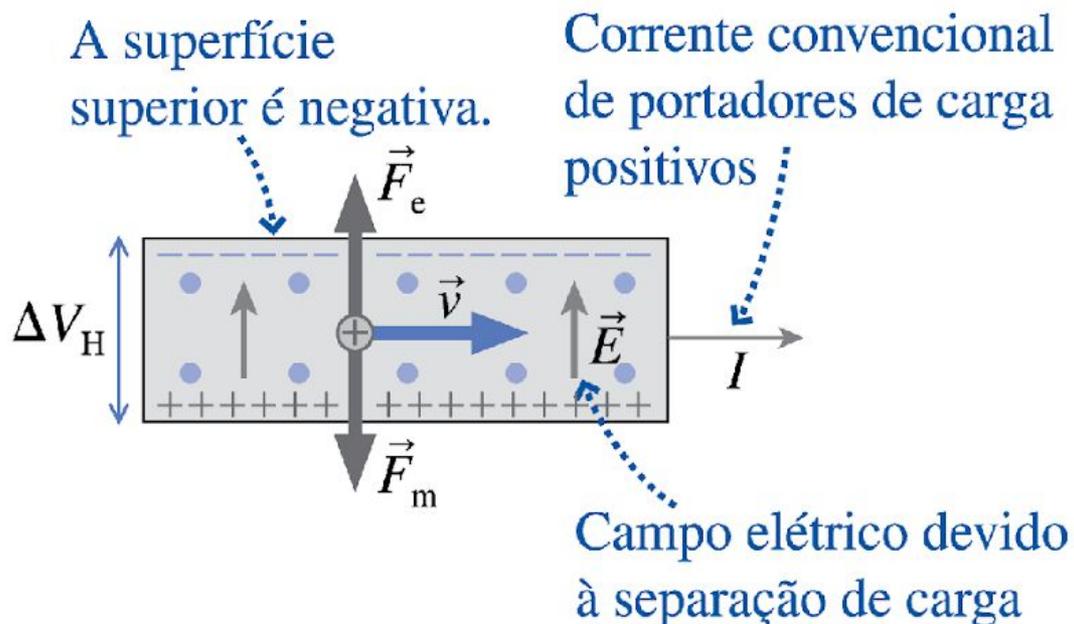
O campo magnético

Duas possibilidades para os portadores



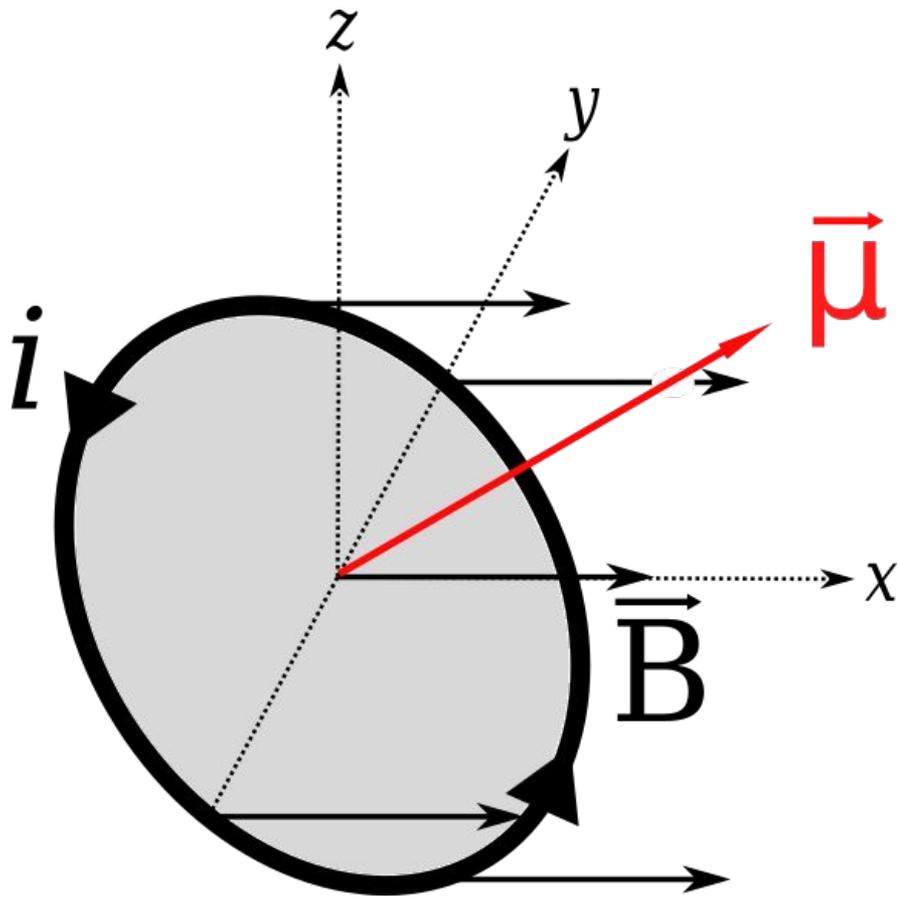
O campo magnético

Duas possibilidades para os portadores



Na semana passada...

Forças magnéticas e torques sobre espiras



$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

O torque é nulo quando o momento de dipolo magnético é paralelo (antiparalelo) ao campo magnético.



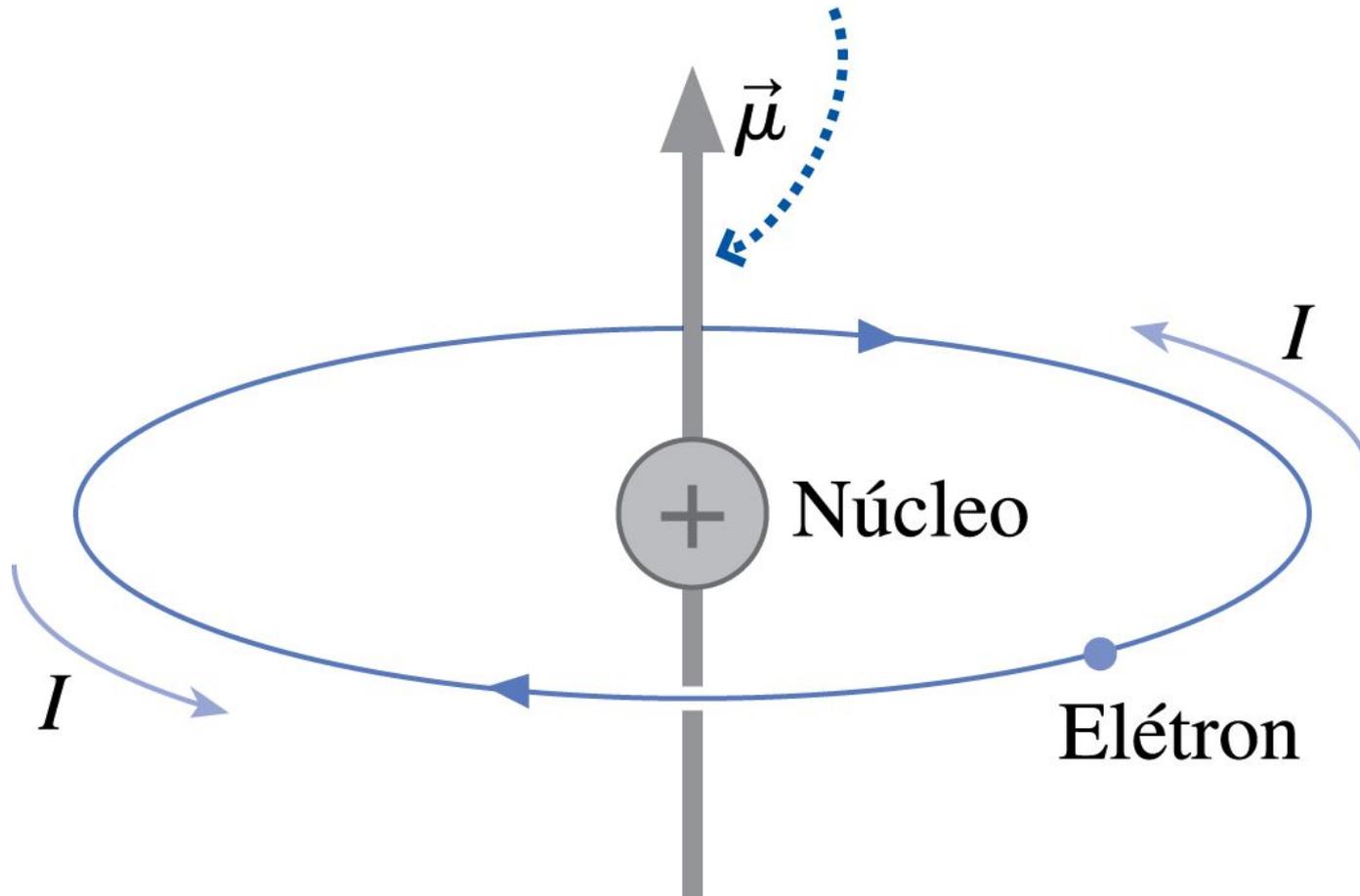
Propriedades magnéticas da matéria

Da onde vem o magnetismo?

Da onde vem o magnetismo?

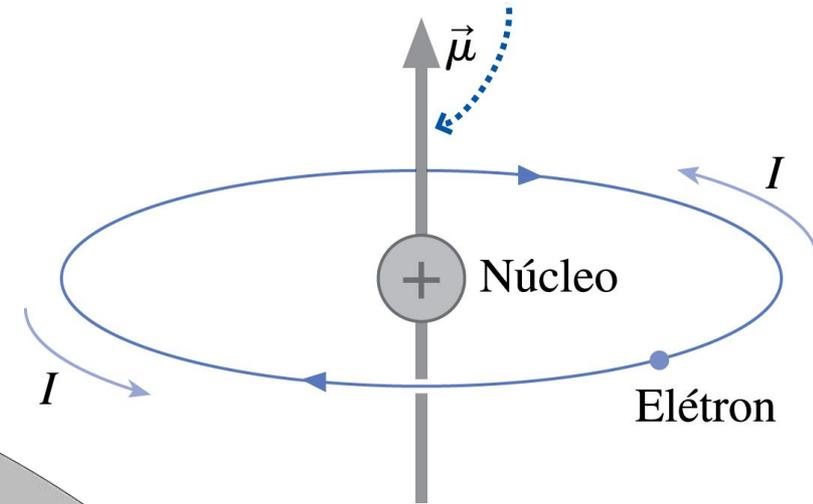
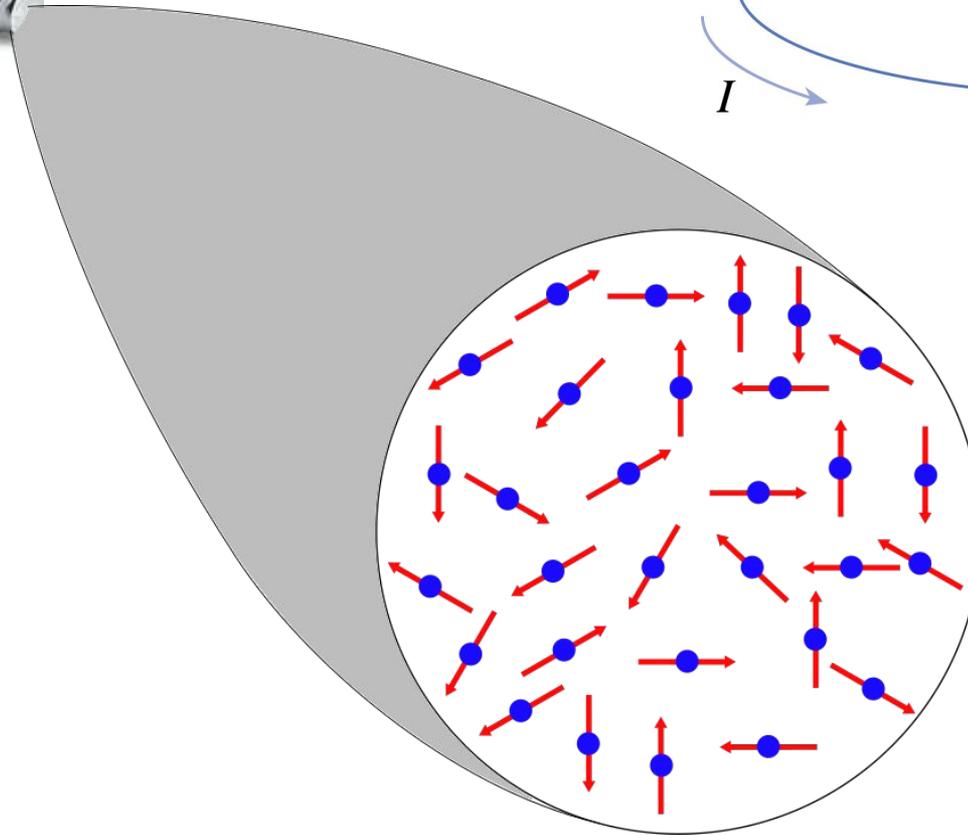
Propriedades magnéticas da matéria

O momento magnético deve-se ao movimento orbital dos elétrons



Da onde vem o magnetismo?

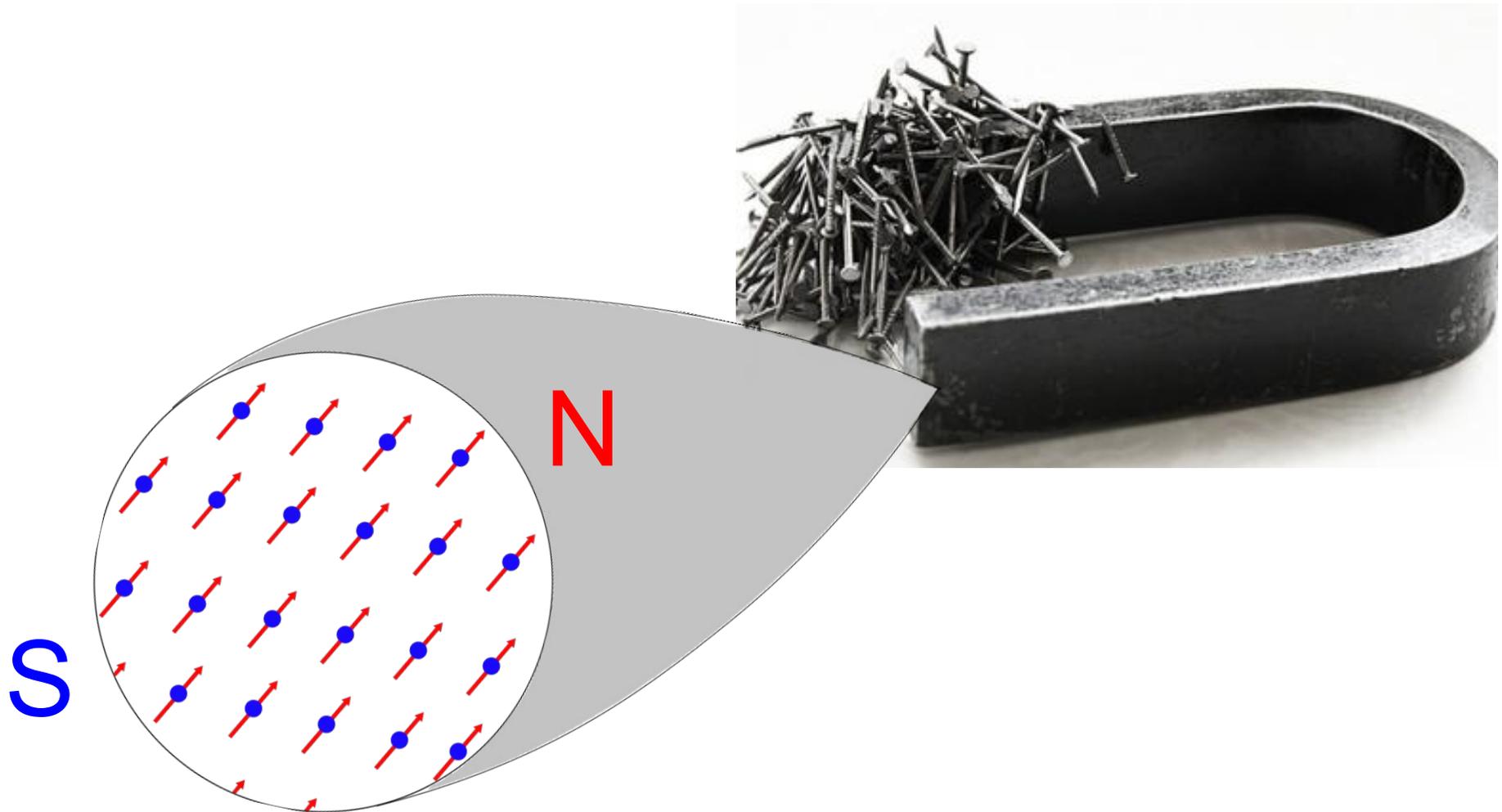
Propriedades magnéticas da matéria



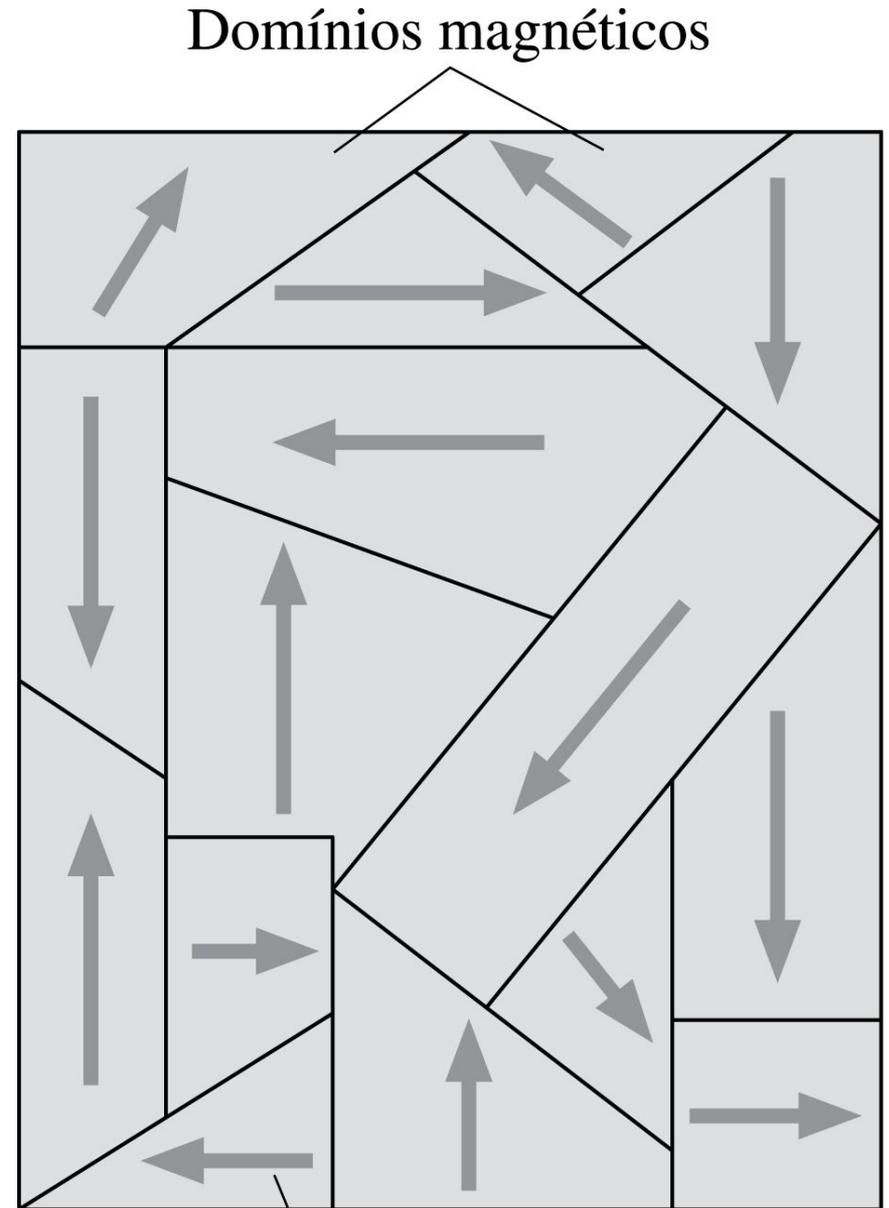
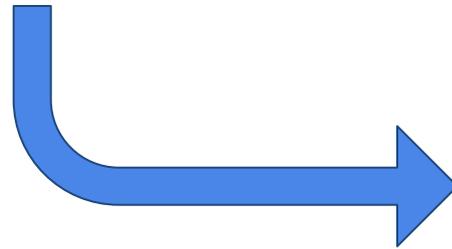
A amostra não possui momento magnético resultante.

Da onde vem o magnetismo?

Propriedades magnéticas da matéria



A amostra possui momento magnético resultante e, conseqüentemente, pólos Norte e Sul.



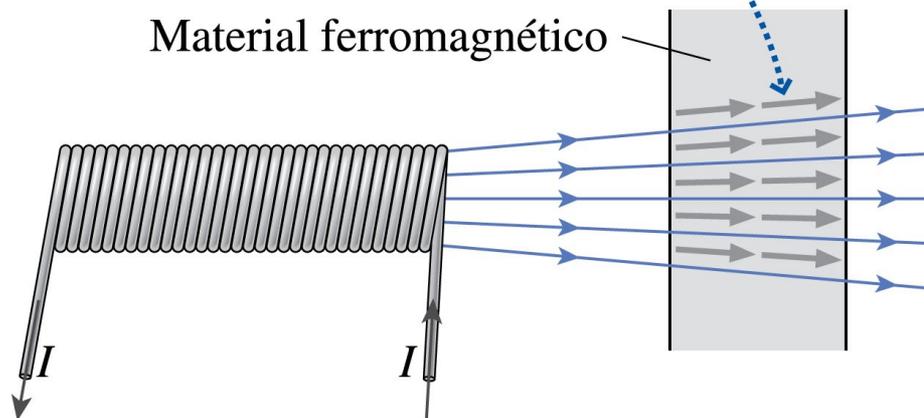
Momento magnético do domínio

Propriedades magnéticas da matéria

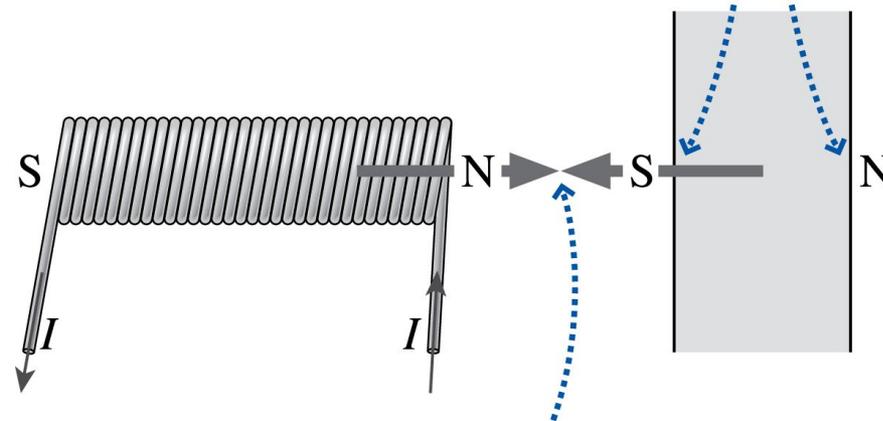
Dipolos magnéticos induzidos

Por que ímãs atraem objetos ferromagnéticos?

Os domínios magnéticos se alinham com o campo magnético do solenóide.



O dipolo magnético induzido tem um pólo norte e um pólo sul magnéticos.



A força atrativa entre os pólos opostos atrai o material ferromagnético em direção ao solenóide.

Propriedades magnéticas da matéria

Por que ímãs atraem objetos ferromagnéticos?

- elétrons do material têm spin: momento de dipolo magnético
- um material ferromagnético (com spins alinhados) está estruturado em domínios magnéticos
- Os domínios individuais se alinham com o campo magnético externo, o que produz um dipolo magnético induzido na substância.

