

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Campus Blumenau

Física Geral III

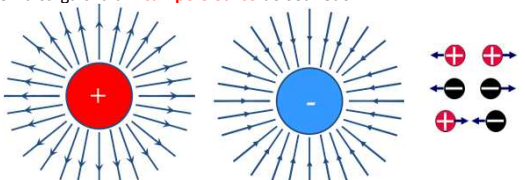
Aula Teórica 14 (Cap. 30 parte 1/2):

- 1) O campo magnético
- 2) Definição de campo magnético
- 3) Linhas de campo magnético
- 4) Movimento de uma partícula carregada num campo magnético uniforme
- 5) Garrafa magnética
- 6) Aurora

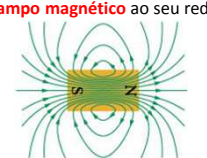
Prof. Marcio R. Loos

O Campo Magnético

- Uma carga cria um **campo elétrico** ao seu redor:



- Um ímã produz um **campo magnético** ao seu redor:





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 2



O Campo Magnético

Existem vários tipos de ímãs:

- **Ímãs permanentes:**



- **Eletroímãs:**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 3

Ímã gigante



BigBite é um Eletroímã de 50 ton com um gap de 25 cm por 100 cm

$B = 1 \text{ Tesla}$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 4

Ímã gigante



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 5

O Campo Magnético

- De onde surge o campo elétrico?
...de cargas elétricas!
- De onde surge o campo magnético?
...de cargas magnéticas? Monopólos magnéticos?

Não!

- **O campo magnético surge de cargas elétricas em movimento.**
- Independente de sua velocidade, q cria um campo elétrico.
- q só criará um campo magnético se velocidade > 0 .
- É fácil imaginar cargas em movimento num fio elétrico (eletroímãs).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 6

O Campo Magnético

- E quanto ao ímã permanente? Onde estão elas?
- São os elétrons! Estão nos átomos de ferro que formam o ímã.
- Elétrons tem um campo magnético intrínseco.
- Em alguns materiais, o campo criado pelos elétrons se soma para criar um campo magnético líquido...
- ...em outros materiais os campos intrínsecos se cancelam

Cargas em movimento criam um campo magnético

➔

Um campo magnético exerce uma força magnética sobre cargas em movimento

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 7

Definição de Campo Magnético

- Vamos relembrar a definição do campo elétrico E:

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 8

O Campo Elétrico

- O campo elétrico existe na região espacial ao redor do **objeto carregado**.
- Conceito de **carga-teste**:
 - Pequena e positiva
 - Não afeta a distribuição de cargas do objeto (isto afetaria E).
 - Colocamos q_0 em um ponto P próximo ao objeto carregado
 - Medimos a força eletrostática que atua sobre q_0
 - O campo elétrico no ponto P (onde está q_0) é dado por:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

$$\vec{F} = q_0 \vec{E}$$

Força por unidade de carga!

- A existência de um campo elétrico é uma propriedade de sua fonte.
- A presença de uma carga-teste não é necessária para a existência do campo.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 9

Definição de Campo Magnético

- Carga-teste (q) e campo elétrico: $\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q}$
- Monopolo teste (p) e campo magnético ? $\vec{B} = \frac{\vec{F}_B}{p}$

Polos magnéticos são sempre encontrados aos pares.

Define-se \vec{B} em algum ponto em termos da força magnética \vec{F}_B que \vec{B} exerce em uma partícula carregada com velocidade \vec{v} .

A magnitude de \vec{F}_B é proporcional à carga q e à velocidade v da partícula.

$\vec{F}_B = 0$ quando a partícula carregada se move paralela ao vetor campo magnético.

Quando a velocidade faz um ângulo $\phi \neq 0$ com o campo magnético, \vec{F}_B é perpendicular a ambos, \vec{B} e \vec{v} .

\vec{F}_B em uma carga positiva é oposto ao \vec{F}_B em uma carga negativa.

A magnitude F_B é proporcional ao $\text{sen}\phi$.

$F = qvB \sin \phi$
 $v_{\perp} = v \sin \phi$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 10

Definição de Campo Magnético

- Força magnética $\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}$ Definição de campo magnético
- A magnitude da força magnética vale: $F_B = |q|vB \text{sen}\phi$

O que acontece se...?

- q=0
- v=0
- v//B ($\phi=0$ ou 180°)
- v perp. B ($\phi=90^\circ$)
- $\vec{v} \times \vec{B}$ fornece um vetor perpendicular a v e B.

A regra da mão direita determina a direção da força magnética.

Regra da mão direita: O polegar da mão direita aponta na direção de $\vec{v} \times \vec{B}$ quando os outros dedos apontam de v para B. Para -q, \vec{F}_B aponta no sentido oposto ao polegar (mão esquerda!).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 11

Definição de Campo Magnético

$\vec{F}_E = q \vec{E}$ ↔ $\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}$

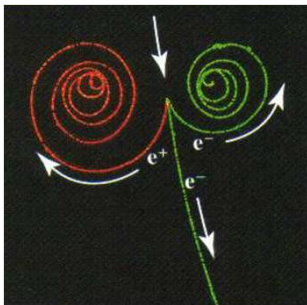
- A força elétrica atua ao longo da direção do campo elétrico.
- A força magnética é perpendicular ao campo magnético.
- A força elétrica age em uma partícula carregada esteja ela em movimento ou não.
- A força magnética age em uma partícula carregada apenas quando esta se move.
- A força elétrica realiza trabalho ao deslocar uma carga.
- A força magnética não realiza trabalho ao deslocar uma partícula.
- A componente de \vec{F}_B na direção de \vec{v} é sempre nula: \vec{F}_B não pode mudar o módulo de \vec{v} mas sim a direção!
- Lembre-se: se a direção de \vec{v} muda, \vec{v} muda e há aceleração!
- \vec{F}_B imprime aceleração na partícula.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 12

Traços de partículas carregadas

- Câmara de bolhas: H líquido sob um forte **B** apontando para fora do slide.
- Raio gama (neutro, não deixa rastro) interage com H e se transforma num elétron (e-), pósitron (e+) e arranca um elétron do átomo de H (e-).

$$\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}$$



O pósitron (antielétron) é a antipartícula (antimatéria), contraparte do elétron...

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br
13

Unidade de Campo Magnético (B)

$1 \text{ tesla} = 1 T = 1 \frac{N}{C(m/s)}$

$1 \frac{C}{s} = 1 A$

$1 T = 1 \frac{N}{(C/s)m} = 1 \frac{N}{Am}$

1 tesla = 10⁴ gauss Gauss é uma unidade antiga (não SI).

Alguns campos magnéticos:

Na superfície de uma estrela de nêutrons	10 ⁸ T
Perto de um grande eletroímã	1.5 T
Perto de um ímã pequeno	10 ⁻² T
Na Superfície da Terra	10 ⁻⁴ T
No espaço sideral	10 ⁻¹⁰ T
Em uma sala magneticamente blindada	10 ⁻¹⁴ T

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br
14

Exercício: Magnitude da força magnética

A força magnética atuando sobre uma partícula em um campo magnético é zero. Qual situação é impossível de acontecer?

$$F_B = |q|vB\text{sen}\phi$$

- A partícula é neutra.
- A partícula está estacionária.
- O movimento da partícula é ao longo do campo magnético.
- O movimento da partícula é oposto ao campo magnético.
- Todas situações acima são possíveis.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br
15

Exercício: Direção da força magnética

As figuras mostram cinco situações nas quais uma partícula carregada com velocidade v viaja através de um campo magnético uniforme B . Em qual situação o sentido da força magnética será ao longo do eixo $+x$?

A

B

C

D

E

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA | Prof. Loos | Física Geral III | loos.prof.ufsc.br | 16

Linhas de Campo Magnético

- Similar ao campo elétrico, o campo magnético pode ser representado por linhas de campo, magnético.

- A direção da tangente a uma linha de campo magnético em qualquer ponto fornece a direção de B neste ponto.
- O espaçamento das linhas representa o módulo de B .

As linhas formam curvas fechadas.
As linhas entram no polo sul e saem no polo norte.
Dizemos que um ímã possui um dipolo magnético (tem dois polos)

Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

CONVENÇÃO
● Saíndo × Entrando

Polos opostos de atraem e iguais se repelem

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA | Prof. Loos | Física Geral III | loos.prof.ufsc.br | 17

Linhas de Campo Magnético

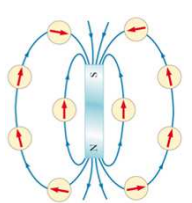
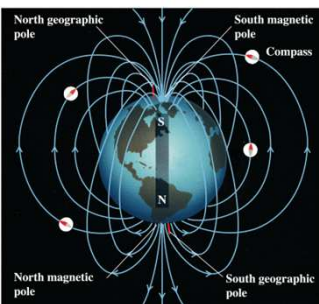
(a)

(b)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA | Prof. Loos | Física Geral III | loos.prof.ufsc.br | 18

Linhas de Campo Magnético

- A terra possui um campo magnético intrínseco (produzido no interior).
- Uma bússola indica a presença deste campo.
- Uma bússola aponta na direção norte-sul.

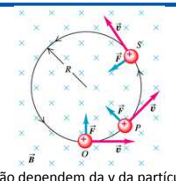



Norte atrai Sul:
Norte geográfico = Sul magnético

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 19

Movimento de uma partícula carregada num campo magnético uniforme

- F_b nunca tem uma componente paralela a v e não pode mudar a energia cinética da partícula.
- A força pode mudar apenas a direção de v .
- Partículas carregadas se movem em círculo em um plano perpendicular ao campo magnético
- Temos que: $\sum F = F_b = ma$
- Logo: $F_b = qvB = \frac{mv^2}{r}$
- O raio da trajetória circular é dado por $r = \frac{mv}{qB}$
- A velocidade angular: $\omega = \frac{v}{r} = \frac{qB}{m}$
- O período do movimento: $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{qB}$
- A frequência do movimento: $f = \frac{qB}{2\pi m}$

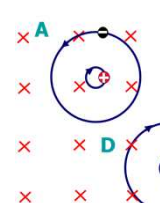
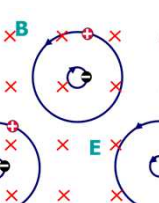
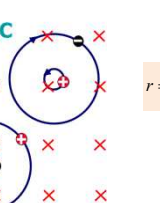


- T e ω não dependem de v da partícula.
- Partículas rápidas se movem em círculos maiores e lentas em círculos menores.
- Todas partículas com mesma razão q/m levam o mesmo tempo T para completar uma volta.
- A direção de rotação de $+q$ é sempre no sentido anti-horário e para $-q$ é sempre no sentido horário.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 20

Exercício: Partícula carregada circulando

As figuras mostram as trajetórias circulares de duas partículas que viajam na mesma velocidade em um campo magnético B, o qual é direcionado para o plano do slide. Uma partícula é um próton; a outra é um elétron (menos massivo). Que figura é fisicamente razoável?

$r = \frac{mv}{qB}$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 21

Linhas de Campo Magnético

- Três partículas possuem cargas e massas idênticas. Elas entram em um campo magnético constante e seguem as trajetórias mostradas na Figura.
- Classifique a velocidade das partículas, da maior para menor.

B (into paper)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 22

Movimento de uma partícula carregada num campo magnético uniforme

- Movimento circular:** v é perpendicular a B (B uniforme).
- Trajétória helicoidal:** v tem uma componente paralela a B .

$v_{||} = v \cos \phi$
 $v_{\perp} = v \sin \phi$

- Movimento em um **campo magnético não-uniforme**: intenso nas extremidades e fraco no meio:
 - Garrafa magnética.
 - Aurora Boreal

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 23

Uma Partícula Carregada: Garrafa Magnética

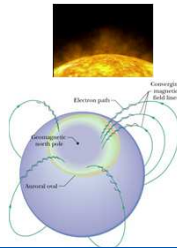
- Campo não-uniforme: note o espaçamento entre as linhas de campo magnético.
- Se o campo for suficientemente intenso, a partícula será refletida.
- Se refletida nas duas extremidades, teremos uma "garrafa magnética".

Partícula Trajetória espiral

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 24

Uma partícula carregada: Aurora

- Devido a um efeito como o de garrafa magnética, elétrons e prótons são aprisionados pelo campo magnético terrestre.
- Estas partículas aprisionadas formam os *Cinturões de Radiação de Van Allen*.
- Erupções solares **injetam elétrons e prótons** adicionais nos cinturões de radiação.
- Isso **produz um campo elétrico** na região onde os elétrons são **normalmente refletidos**.
- Esse **campo elimina a reflexão** e permite que os **elétrons penetrem** na atmosfera.
- Estes elétrons colidem com átomos e moléculas do ar fazendo-os emitir luz: **aurora**.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 25

Uma Partícula Carregada: Aurora



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 26

Uma Partícula Carregada: Aurora



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 27

Uma Partícula Carregada: Aurora



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos
Física Geral III
loos.prof.ufsc.br
28

O campo magnético da Terra nos protege!

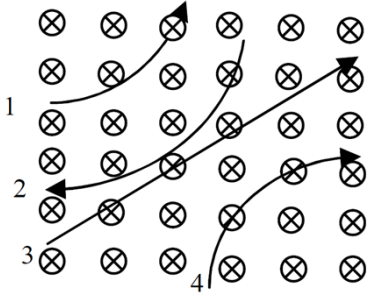


A magnetosfera protege a superfície da Terra das partículas carregadas do vento solar.
É comprimida no lado diurno (Sol) devido à força das partículas que chegam, e estendida no lado noturno.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos
Física Geral III
loos.prof.ufsc.br
29

Exercício

Quatro partículas seguem as trajetórias mostradas na figura abaixo quando elas passam através de um campo magnético. O que se pode concluir sobre a carga de cada partícula?



Resposta:

- 1) $+q$
- 2) $-q$
- 3) $q = 0$
- 4) $-q$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos
Física Geral III
loos.prof.ufsc.br
30

Você já pode resolver os seguintes exercícios:

Capítulo 30: 2, 5, 6,10, 12,23, 27,30, 31, 34, 36, 43, 46, 47, 48, 50, 53 e 67.

Capítulo 31: 8, 9, 11, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 46, 47, 48, 53 e 56.

Capítulo 32: 1,2,4,5, 6,9,12, 19, 23, 24, 25, 26, 29, 34, 36, 37,41 e 43.

Livro texto: Halliday, vol. 3, 4ª edição.

Mais informações (cronogramas, lista de exercícios):

web: loos.prof.ufsc.br e-mail: marcio.loos@ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

Prof. Loos

Física Geral III

loos.prof.ufsc.br

21
