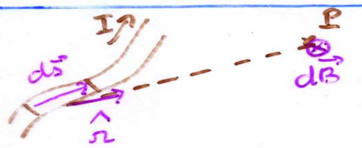
FONTES DE CAMPO MAGNÉTICO
(Cap. 29)

Vimos no capítulo anterior, como cargas e correntes são afetadas por um campo magnético. Veremos agora, como cargas e correntes podem produzir campos magnéticos.

A primeira descoberta nesta linha foi de Oersted (1819) que descobriu (preparando uma aula) que perto de uma corrente elétrica, a agulha de uma bússola desviava, i.e. há um campo magnético.

Pouco depois, Biot e Savart deram a expressão do campo magnético em função da corrente que o produz.



lei de Biot-Savart

$$d\vec{B} = k_m I \frac{d\vec{s} \wedge \hat{r}}{r^2}$$

com $k_m = 10^{-7} \frac{Tm}{A} = \frac{\mu_0}{4\pi}$ → permeabilidade do vácuo

Biot-Savart vs. Coulomb

$I\,ds$ faz papel de dq

$k_m = \frac{\mu_0}{4\pi}$ " " " $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

ambas leis estão em $1/r^2$

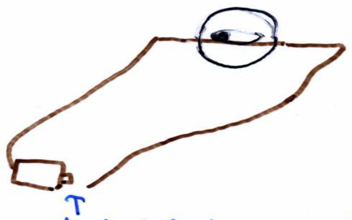
mas

direção do campo

$\perp \hat{r}$ $\quad$ $/\!/ \hat{r}$

($e \perp d\vec{s}$)

Experiencia de Oersted "caseira"



Com circuito aberto, a bússola aponta NS
fechado, a agulha desvia.

Exemplo de aplicação: o eletroimã
É uma bobina com muitas espiras, no qual passa uma corrente. Isto cria um campo magnético intenso.

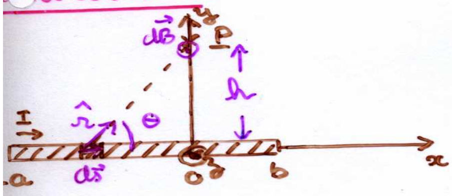
Obs. 1: Para obter o campo total devido a um condutor finito, devemos integrar

$$\vec{B} = k_m I \int_{cond.} \frac{d\vec{s} \wedge \hat{r}}{r^2}$$

Obs. 2: Para uma carga só em movimento

$$\vec{B} = k_m q \frac{\vec{v} \wedge \hat{r}}{r^2}$$

Campo magnético de um condutor fino retilíneo transportando uma corrente



$d\vec{B}$ tem sentido de $\hat{z}$

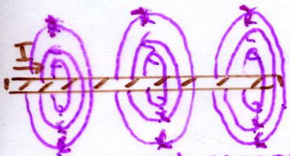
módulo $k_m I \left|\frac{d\vec{s} \wedge \hat{r}}{r^2}\right| = k_m I \, ds \, \text{sen}\,\theta / r^2$

$= k_m I \, dx \frac{h}{\sqrt{h^2+x^2}^3}$

$$\Rightarrow \vec{B} = k_m I h \int_{-a}^{b} \frac{dx}{\sqrt{h^2+x^2}^3} \hat{z} = k_m I h \left[\frac{1}{h^2} \frac{x}{\sqrt{h^2+x^2}}\right]_{-a}^{b} \hat{z}$$

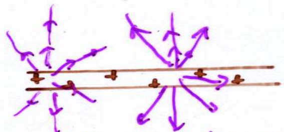
$$= \frac{k_m I}{h} \left[\frac{b}{\sqrt{b^2+h^2}} + \frac{a}{\sqrt{a^2+h^2}}\right] \hat{z}$$

Para um fio infinito, a e b $\to \infty$ $\Rightarrow \vec{B} = \frac{2 k_m I}{h} \hat{z}$



linhas de campo magn. p/ condutor com corrente

vs.



linhas de campo elet. p/ condutor carregado

. É útil lembrar que:

(1) as linhas de campo magn. de um condutor com corrente são circulares ($\vec{B} \to \vec{0}$ a gde distância)

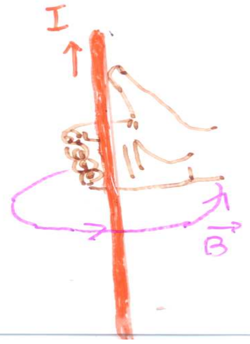
(2) seu sentido é dado pela regra da mão direita: agarrar o condutor com a mão direita, polegar no sentido de I, os 4 outros dedos se curvam no sentido de $\vec{B}$.

155

Fio retilíneo

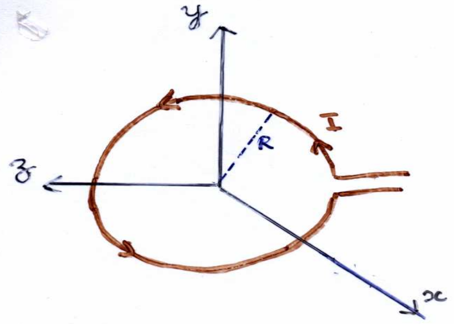
A limalha de ferro evidencia as linhas de campo

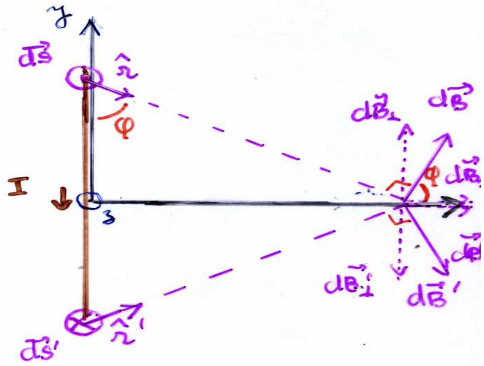
Regra da mão direita p/ obter o sentido de $\vec{B}$



5

Campo magnético de uma espira circular
(SOBRE O EIXO)





Para um ds dado, o elemento diametralmente oposto ds' tem mesma componente $d\vec{B}_x = d\vec{B}_x'$: soma

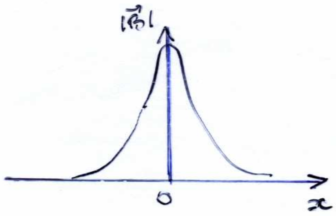
mas $d\vec{B}_\perp = -d\vec{B}_\perp'$: cancelam

$\Rightarrow \vec{B}$ aponta na direção de $\hat{x}$

$$\bullet \; dB = k_m I \frac{|d\vec{s} \wedge \hat{r}|}{r^2} = \frac{k_m I\, ds}{x^2+R^2} \quad \text{pois } \hat{r} \perp d\vec{s}$$

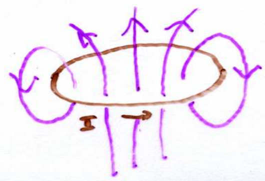
$$\Rightarrow dB_x = dB \cos\varphi = dB \frac{R}{\sqrt{x^2+R^2}}$$

assim $\vec{B} = \frac{\overset{\text{par}}{\downarrow}{2} k_m I R}{(x^2+R^2)^{3/2}} \int_{\text{meia esp.}} ds \; \hat{x} = \frac{2\pi k_m I R^2}{(x^2+R^2)^{3/2}} \hat{x}$



O valor de $|\vec{B}|$ é máximo p/ $x=0$

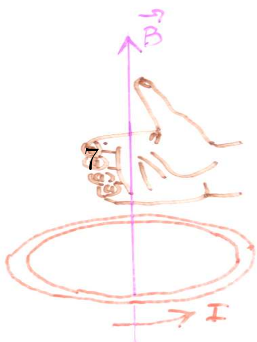
Mais geralmente as linhas de $\vec{B}$ são assim:



Espira circular

Limalha de ferro que indica as linhas do campo magnético

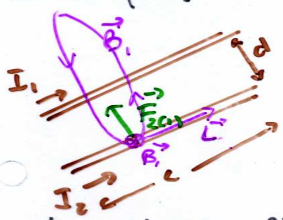
Existe também uma regra de mão direita p/ encontrar o sentido de $\vec{B}$ (sobre o eixo da espira)



Força magnética entre condutores paralelos

Cada condutor cria seu campo magnético e podemos obter o campo total fazendo uma soma vetorial (princípio de superposição): $\vec{B}_{tot} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$

Por outro lado, podemos considerar que cada condutor ~~é~~ uma corrente num campo magnético externo (o do outro condutor) e sobre ele atua uma força magnética.



A força sobre o condutor 2 é:
$\vec{F}_{2(1)} = \ldots I_2 \vec{L} \wedge \vec{B}_1$, aponta p/ o condutor 1.
A força sobre o condutor 1 é:
$\vec{F}_{1(2)} = \ldots I_1 \vec{L} \wedge \vec{B}_2$, aponta p/ o condutor 2
$\Rightarrow$ tem atração

Usando $\begin{cases} B_1 = \dfrac{2k_m I_1}{d} \text{ e } \vec{B}_1 \perp \vec{L} \\ B_2 = \dfrac{2k_m I_2}{d} \text{ e } \vec{B}_2 \perp \vec{L} \end{cases}$ temos $F_{2(1)} = 2k_m I_1 I_2 L/d$

$F_{1(2)} = 2k_m I_1 I_2 L/d = F_{2(1)}$

Obs.1: podemos também considerar I_1 e I_2 com sentidos opostos. Neste caso tem repulsão.

Obs.2: isto é utilizado p/ definir o Ampère.
Se dois fios condutores, longos, paralelos, separados por 1m, conduzem a mesma corrente e se a força por unidade de comprimento em cada condutor for 2×10^{-7} N/m, então a corrente em qualquer condutor é 1 A.

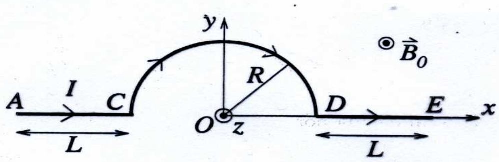
Com o Ampère, define-se o Coulomb (= carga que atravessa em 1s, a seção reta de um condutor percorrido por uma corrente de 1 A).

P2/2007

1504

Questão 3

Na figura vemos um trecho $ACDE$ de um circuito elétrico, formado por dois trechos retilíneos $\overline{AC}$ e $\overline{DE}$ de comprimento L e de uma semi-circunferência $\widehat{CD}$ de raio R, percorrido por uma corrente I. O circuito, contido no plano xy, está submetido a um campo magnético homogêneo $\vec{B}_0 = B_0\vec{k}$.



(a) (1,5 ponto) Calcule o vetor campo magnético $\vec{B}$ gerado pelo trecho do circuito no ponto O.

(b) (1,0 ponto) Determine a força resultante $\vec{F}$ produzida pelo campo aplicado $\vec{B}_0$ sobre o trecho do circuito.

9

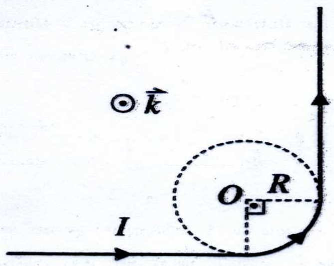
P2 / 2008

Questão 2

Usando a lei de Biot-Savart,

(a) (1,0 ponto) calcule o vetor campo mangnético $\vec{B}$ produzido por um fio semi-infinito por onde passa uma corrente I no ponto P mostrado na figura ($\vec{k}$ é o versor que aponta na direção positiva do eixo z);

(b) (1,5 ponto) calcule o vetor campo magnético $\vec{B}$ produzido pelos fios semi-infinitos e pelo trecho curvo do condutor (um quarto de círculo) no ponto O (centro do círculo de raio R mostrado na figura).

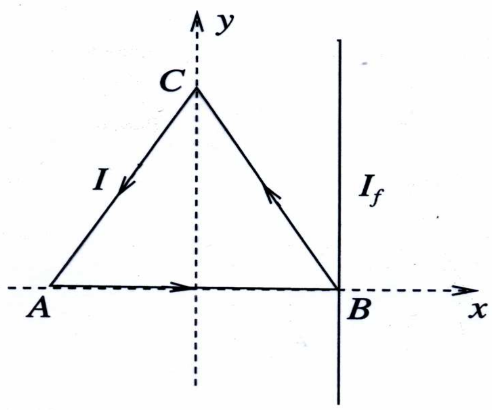


P2/2006

160

Questão 3

Um fio é dobrado de forma a constituir um triângulo equilátero de lado $\underline{a}$ no qual circula uma corrente I, veja a figura



(a) (1,5 ponto) Calcule o campo magnético $\vec{B}$ em C, devido à corrente circulando no triângulo.

(b) (1,0 ponto) Admita agora, adicionalmente, que um fio retilíneo infinito passando por B, paralelo ao eixo y, conduza uma corrente I_f (a corrente do fio é independente da corrente no triângulo). Qual deve ser o módulo e o sentido da corrente I_f no fio para que o campo em C seja nulo?

11