

AULA 19 -CAMPOS MAGNÉTICOS DEVIDO À CORRENTES

Cálculo do campo magnético devido a uma corrente

Considere um fio de forma arbitrária transportando uma corrente i . Qual o campo magnético $d\mathbf{B}$ em um ponto P devido a um elemento de fio $d\mathbf{s}$? Para fazer esse cálculo, vamos definir um elemento de corrente-comprimento diferencial $i d\mathbf{s}$.

Assim como campos elétricos podem ser superpostos, campos magnéticos também são, porém, a soma neste caso é mais complicada. A intensidade do campo $d\mathbf{B}$ produzido no ponto P por um elemento de corrente-comprimento $i d\mathbf{s}$ é

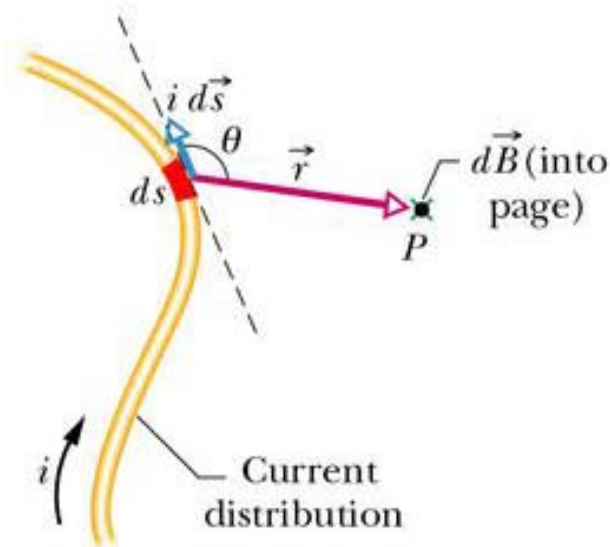
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i ds \sin \theta}{r^2},$$

μ_0 ...: constante de permeabilidade

Lei de Biot-Savart

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3}$$

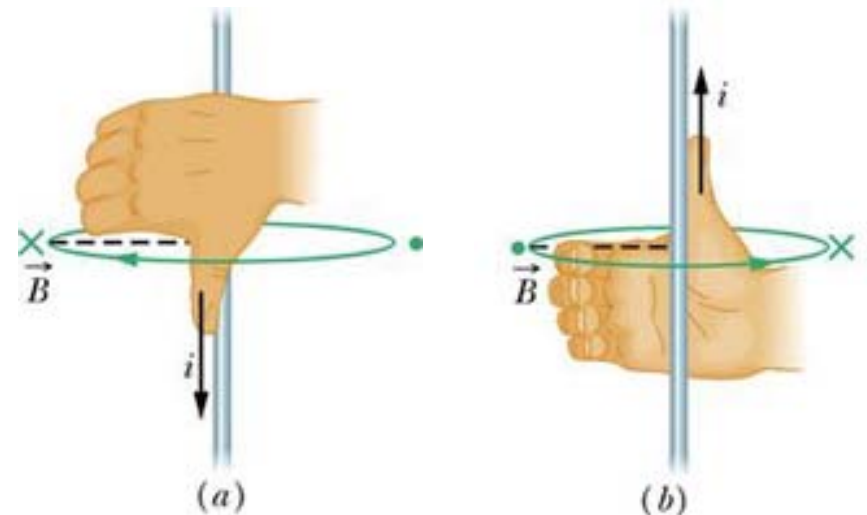
$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{T} \cdot \text{m} / \text{A} \approx 1.26 \times 10^{-6} \text{T} \cdot \text{m} / \text{A}.$$



Regra da mão direita

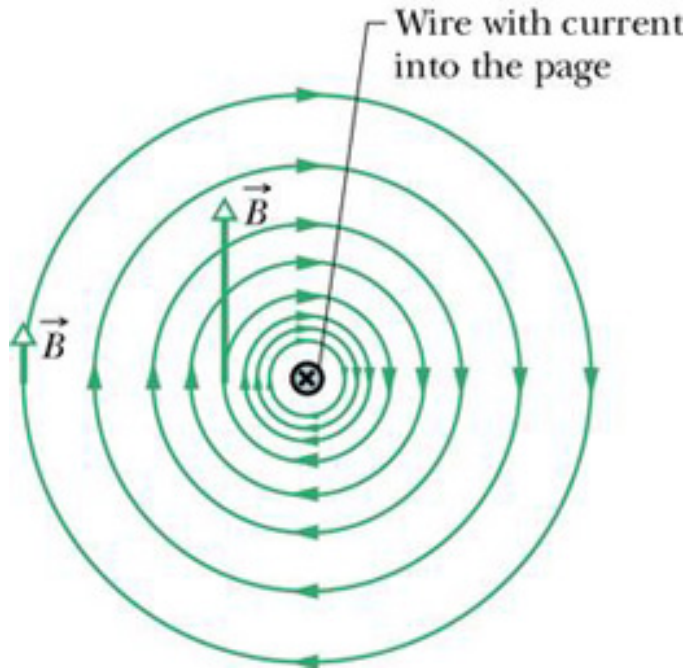
Para determinar a direção e o sentido do campo magnético criado por um elemento corrente-comprimento segure o elemento na sua mão direita com o seu dedo polegar, estendido apontando na direção da corrente.

Seus outros dedos se curvarão naturalmente ao redor do fio na direção das linhas de campo magnético devidas a esse elemento.



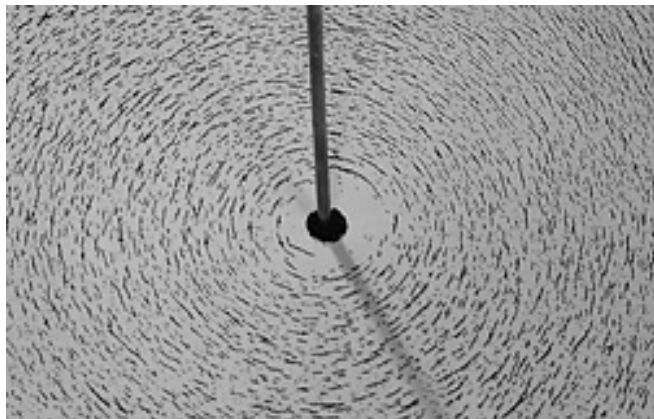
O campo magnético \mathbf{B} em qualquer ponto à esquerda do fio, em (a) é perpendicular à linha radial tracejada e está dirigido para dentro da página, no sentido das pontas dos quatro dedos, como indicado pelo símbolo x .

CAMPOS MAGNÉTICOS DEVIDO À CORRENTES



As linhas de campo magnético produzidas por uma corrente em um fio reto longo formam círculos concêntricos ao redor do fio. Neste caso, a corrente está entrando na página, como indicado por x.

Limalhas de ferro foram salpicadas sobre uma cartolina e se agrupam em círculos concêntricos quando uma corrente percorre o fio central.

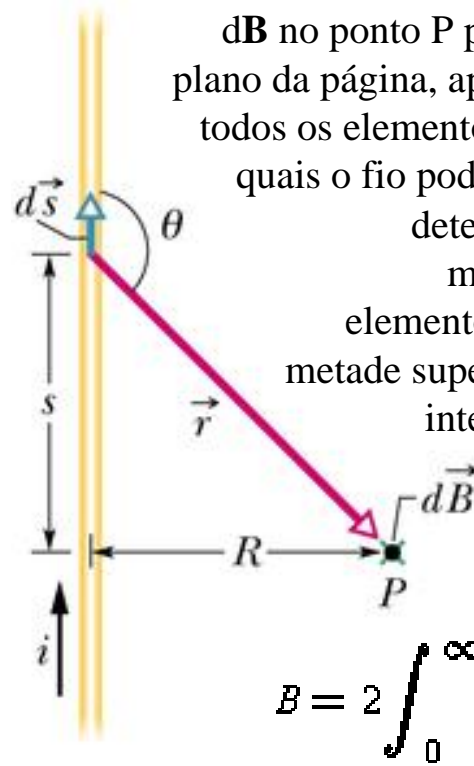


EXEMPLO 1-Campo Magnético devido a um fio longo reto

Calcule o campo magnético \mathbf{B} no ponto P, a uma distância R do fio. A intensidade do campo magnético diferencial produzido em P pelo elemento corrente-comprimento $i ds$ é

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i ds \sin \theta}{r^2}$$

$d\mathbf{B}$ no ponto P possui direção perpendicular ao plano da página, apontando para dentro dela, para todos os elemento de corrente-comprimento nos quais o fio pode ser dividido. Assim podemos determinar a intensidade do campo magnético produzido em P pelos elementos de corrente-comprimento na metade superior do fio infinitamente longo integrando-se dB de 0 até infinito. O campo total será:



$$B = 2 \int_0^{\infty} dB = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin \theta ds}{r^2}$$

CAMPOS MAGNÉTICOS DEVIDO À CORRENTES

As variáveis

$$r = \sqrt{s^2 + R^2} \quad \sin \theta = \sin(\pi - \theta) = \frac{R}{\sqrt{s^2 + R^2}}$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \int_0^\infty \frac{R ds}{(s^2 + R^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \left[\frac{s}{(s^2 + R^2)^{1/2}} \right]_0^\infty$$

$$= \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \quad (1)$$

EXEMPLO 2

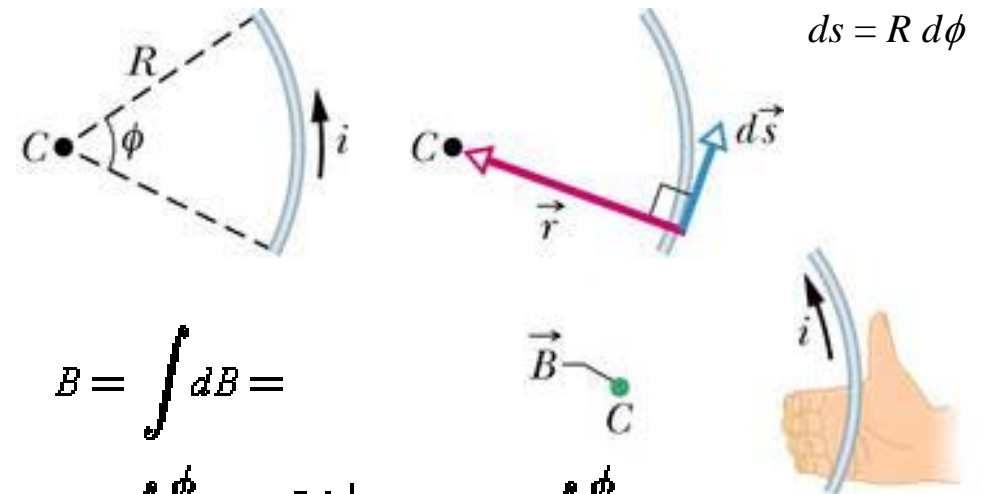
Calcule o campo magnético produzido em um ponto C devido a um fio curvado na forma de um arco circular, transportando uma corrente i , com ângulo central ϕ e raio R .

Em C, centro do círculo, cada elemento de corrente-comprimento ids do fio produz um campo magnético dB

$$dB = \frac{\mu_0 i ds \sin 90^\circ}{4\pi R^2} = \frac{\mu_0 i ds}{4\pi R^2}$$

Como mostra a figura b, qualquer que seja a localização do elemento sobre o fio, o ângulo θ é sempre 90° , e $r = R$.

Aplicando-se a regra da mão direita em qualquer ponto ao longo do fio conclui-se que todos os campos diferenciais dB possuem a mesma direção e o mesmo sentido em C, perpendicular à página e para fora dela. Assim, o campo total é a soma de todos os campos diferenciais.



$$B = \int dB =$$

$$\int_0^\phi \frac{\mu_0 i R d\phi}{4\pi R^2} = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} \int_0^\phi d\phi$$

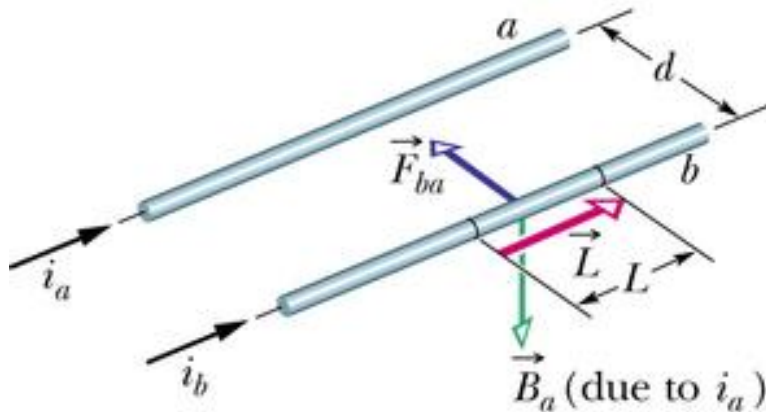
$$B = \frac{\mu_0 i (2\pi)}{4\pi R} = \frac{\mu_0 i}{2R}$$

☞ ϕ sempre deve ser dado em radianos

CAMPOS MAGNÉTICOS DEVIDO À CORRENTES

Força entre duas correntes paralelas

Dois fios longos e paralelos transportando correntes exercem forças um sobre o outro.



EXEMPLO 3

Calcule a força que a corrente no fio a exerce sobre o fio b . A corrente no fio a produz um campo magnético \mathbf{B}_a , e esse campo causa uma força sobre o fio b . Para determinar esta força é necessário conhecer a direção, sentido e magnitude do campo \mathbf{B}_a , no local onde se encontra o fio. De acordo com a Eq. (1)

$$B_a = \frac{\mu_0 i_a}{2\pi d}.$$

A regra da mão direita nos conta que a direção e o sentido de \mathbf{B}_a é vertical para baixo.

A força que o fio a exerce sobre b

$$\vec{F}_{ba} = i_b \vec{L} \times \vec{B}_a.$$

$$F_{ba} = i_b L B_a \sin 90^\circ = \frac{\mu_0 L i_a i_b}{2\pi d}.$$

A direção e o sentido de \mathbf{F}_{ab} são a direção e o sentido do produto vetorial $\mathbf{L} \times \mathbf{B}_a$, mostrado na figura.

Regra: Para determinar a força sobre um fio transportando corrente devida a um segundo fio que transporta corrente, é necessário achar primeiro o campo devido ao segundo fio no local onde se encontra o primeiro fio. Depois, determine a força sobre o primeiro fio devida a esse campo.

Com o mesmo procedimento pode-se calcular a força que a corrente no fio b provoca sobre o fio a , e concluiríamos que a força é perpendicular ao fio b e voltada para ele.

Portanto: Dois fios com correntes paralelas se atraem mutuamente, e dois fios com correntes anti-paralelas se repelem.

Obs.: A força que atua entre correntes em fios paralelos é a base para definição do Ampère, que é uma das sete unidades básicas do SI.