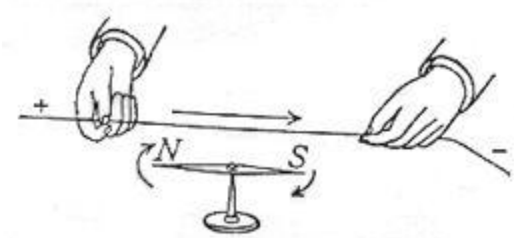
Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Exatas
Departamento de Física

Física III – Prof. Dr. Ricardo Luiz Viana

**Referências bibliográficas:**
**H. – 31-3, 31-4**
**S. – 29-4, 29-5**
**T. – 25-2, 25-3**

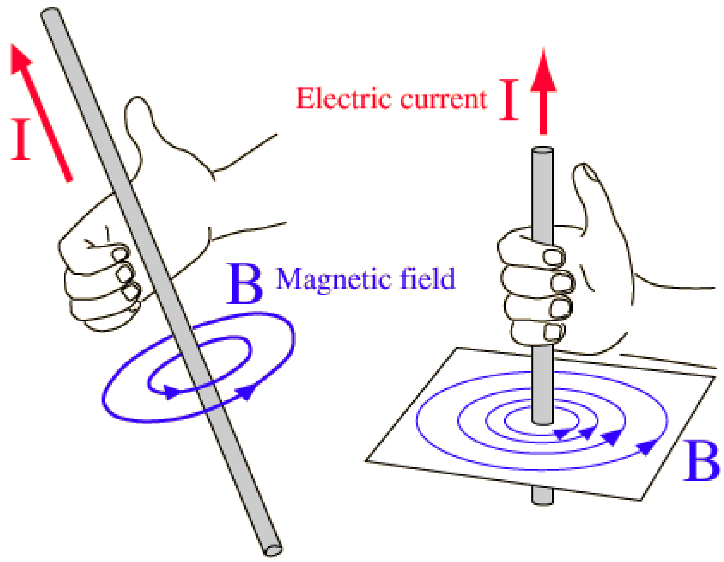
# Aula 20 - Campo Magnético de uma Corrente Elétrica

**Hans Christian Ørsted** (pronuncia-se **Oersted), (*, *Aug. 14, 1777, Rudkøbing, Dinamarca; + March 9, 1851, Copenhagen, Dinamarca)*** Foi educado por seus pais até entrar, em 1794, na Universidade de Copenhagen, onde estudou Farmácia e Filosofia. De 1800 a 1806 ele viajou pela Alemanha e a França, estudando as recentes descobertas sobre eletricidade ("galvanismo"). Ao retornar dessa viagem, tornou-se o primeiro professor de física da Universidade de Copenhagen, onde estudou a acústica e as correntes elétricas. Durante uma aula de Física Experimental em 1820, ele descobriu um fato notável: quando aproximava uma agulha de bússola de um fio transportando corrente elétrica, a agulha da bússola era movimentada, e apontava sempre para o fio. Dessa forma ele descobriu que correntes elétricas produzem campos magnéticos em sua vizinhança. Essa descoberta permitiu que outros pesquisadores, como Ampére, Biot e Savart, formulassem matematicamente as equações que descrevem esse fenômeno.

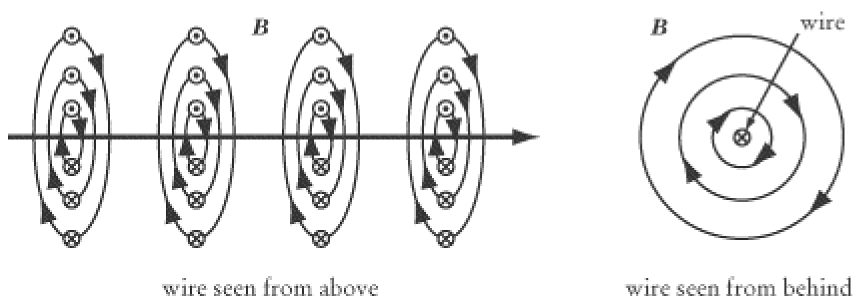



**Fontes do Campo Magnético:** cargas em movimento, correntes elétricas

**Campo Magnético produzido por um fio retilíneo longo**: as linhas de força são círculos concêntricos ao fio. O sentido do campo é dado pela regra da mão direita: o polegar, apontando no sentido da corrente elétrica i , e os outros dedos apontando para o sentido do campo magnético.




Na experiência de Oersted a agulha da bússola aponta na direção do fio quando este é percorrido por corrente, pois a agulha imantada sofre um torque e tende a se alinhar com o campo magnético na vizinhança do fio.




**Módulo do campo magnético**: decresce com a distância radial r ao fio, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\boxed{B(r) = \frac{\mu_o i}{2\pi r}}$$

onde $\mu_0 = 4\,\pi \times 10^{-7}$ T.m/A é a constante de permeabilidade (no sistema S.I.)

**Direção do campo magnético**: é sempre tangente às linhas de força: logo B é sempre tangente a uma circunferência de raio r em volta do fio. Ou ainda, B é perpendicular à distância radial ao fio.

**Sentido do campo magnético**: dado pela regra da mão direita.

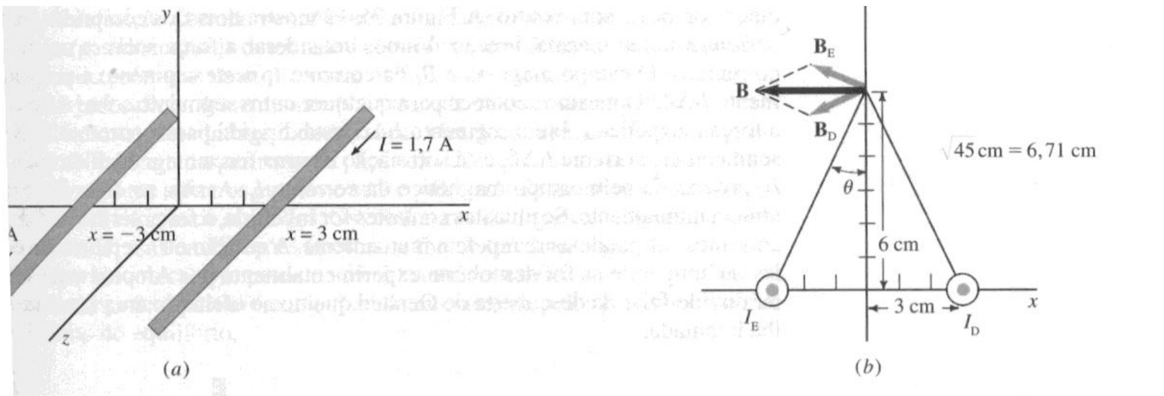



**Figura 25-17** (*a*) Dois fios condutores

**Problema resolvido**: Um fio retilíneo e longo conduzindo 1,7 A na direção z positiva, está sobre a reta x = - 3,0 cm. Um outro fio semelhante, com uma corrente de 1,7 A na direção z positiva, está sobre a reta x = + 3,0 cm. Achar o campo magnético resultante no ponto do eixo y, na posição y = 6 cm.

Solução: O campo resultante no ponto P(x = 0,y = 6 cm) é a soma vetorial dos campos produzidos por cada fio no ponto P. A distância radial de cada fio ao ponto P é dada por Pitágoras:

$$r = \sqrt{3^2 + 6^2} = 6{,}71 cm$$

e o módulo do campo produzido por cada um dos fios (mesma corrente e distância) é

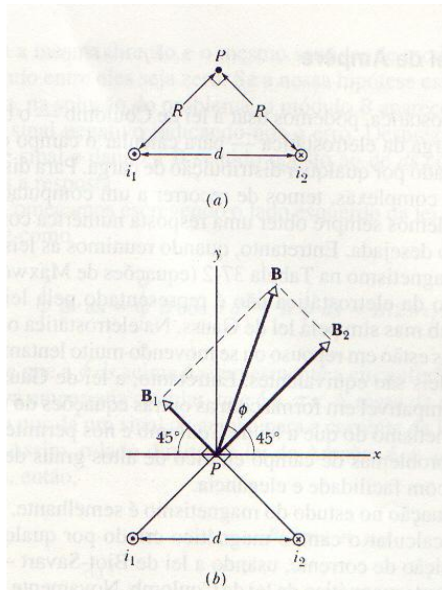
$$B_1 = B_2 = \frac{\mu_o i}{2\pi r} = \frac{4\pi x 10^{-7} x 1{,}7}{2\pi x 0{,}0671} = 5{,}07 x 10^{-6} T$$

A direção do campo produzido por cada fio é perpendicular à respectiva distância radial, como mostrado na figura. A resultante é, portanto, perpendicular ao eixo y. Como os dois campos têm o mesmo módulo B, o módulo da resultante é 2 B cos θ, onde θ é o ângulo que faz cada um deles com B. Como ângulos de lados perpendiculares são iguais, esse é o ângulo mostrado no triângulo da figura, dado por cos θ = 6 / 6,71 = 0,894 (veja que não precisamos do ângulo, só do seu cosseno). Logo

$$B = -(2B_1 \cos\theta) i = -(2 x 5{,}07 x 10^{-6} x 0{,}894) i = -9{,}07 x 10^{-6} T$$

**Problema proposto:** No problema anterior, determine o campo magnético resultante nos seguintes pontos: (a) (x = 0,y = 3 cm); (b) (x = 0, y = 0); (c) (x = 1 cm, y = 0). Respostas: (a) – (11,3 μT) **i;** (b) zero; (c) – (8,5 μT) **j**.

Podemos, também, calcular as componentes do campo magnético resultante a partir das componentes de cada campo.




**Problema resolvido**: Considere um triângulo retângulo isósceles cuja base mede d = 5,3 cm. Nos vértices da base há dois fios longos e paralelos transportando correntes iguais a $i_1$ = 15 A e $i_2$ = 32 A em sentidos opostos. Calcule o campo magnético resultante no terceiro vértice do triângulo.

*Solução: Sendo um triângulo retângulo isósceles, a medida R dos outros dois lados equivale à metade da diagonal de um quadrado com lado d. Logo R = d √2 / 2 = d / √2. Os campos produzido por cada fio são perpendiculares aos lados do triângulo e têm módulos:*

$$B_1 = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi r} = \frac{\mu_0 i_1}{2\pi(d/\sqrt{2})} = \frac{4x\pi x10^{-7}\,x15x\sqrt{2}}{2x\pi x5{,}3} = 8{,}00x10^{-7}\,T$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 i_2}{2\pi r} = \frac{\mu_0 i_2}{2\pi(d/\sqrt{2})} = \frac{4x\pi x10^{-7}\,x32x\sqrt{2}}{2x\pi x5{,}3} = 1{,}70x10^{-6}\,T$$

*Da figura, tanto $B_1$ como $B_2$ fazem ângulos iguais a $45^o$ com o eixo x, já que são perpendiculares entre si, e também com os lados do triângulo. As componentes do campo magnético resultante são*

$$B_x = B_{2x} - B_{1x} = B_2\cos 45^0 - B_1\cos 45^0 = (1{,}70x10^{-6} - 8{,}00x10^{-7})\frac{1}{\sqrt{2}} = 6{,}36x10^{-7}\,T$$

$$B_y = B_{1y} + B_{2y} = B_1 sen45^0 + B_2 sen45^0 = (1{,}70x10^{-6} + 8{,}00x10^{-7})\frac{1}{\sqrt{2}} = 1{,}77x10^{-6}\,T$$

| |
|---|
| *Logo **B** = (6,36 x $10^{-7}$ T) **i** + (1,77 x $10^{-6}$ T) **j*** |

*O módulo da resultante vale*

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = \sqrt{(6{,}36 \text{ x } 10^{-7})^2 + (1{,}77 \text{ x } 10^{-6})^2} = 1{,}89 \text{ x } 10^{-4}\, T$$

*e o ângulo que a resultante faz com o eixo x positivo é dado por*

$$tg\phi = \frac{B_y}{B_x} = \frac{1{,}77x10^{-6}}{6{,}36x10^{-7}} = 2{,}783 \qquad \phi = 70{,}2^0$$

**Problema proposto**: Repita o problema anterior no caso em que os dois fios conduzissem correntes em mesmos sentidos. Resposta: - (1,77 μT) **i** – (0,64 μT) **j**

**Lembrete**: Força magnética sobre um fio de comprimento L conduzindo uma corrente elétrica i, imerso num campo magnético **B**

$$F_M = iL \times B$$

**Força magnética entre dois fios retilíneos paralelos**

Sejam dois fios longos 1 e 2 separados por uma distância d. Campo magnético produzido pelo fio 1 na posição do fio 2:

$$B_1 = \mu_o\, i_1/2\,\pi\, d \qquad (1)$$

Força magnética produzida sobre o fio 2 devido ao campo do fio 1:

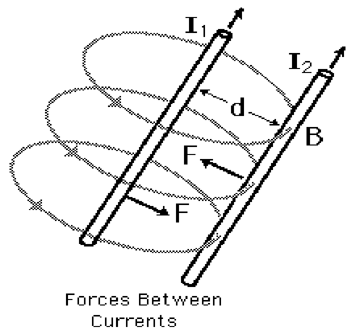
$$F_2 = i_2\, L\, B_1 \text{ sen } 90^o = i_2\, L\, B_1, \qquad (2)$$

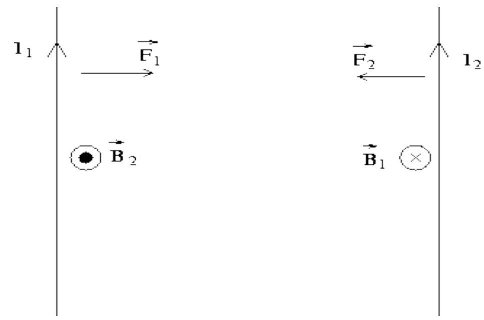
onde L é o comprimento do fio 2. Substituindo (2) em (1)

$$\boxed{F_2 = i_2 L\left(\frac{\mu_0 i_1}{2\pi d}\right) = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi d}}$$

Analogamente, se calcularmos o campo magnético $B_2$ produzido pelo fio 2 na posição do fio 1, e a força magnética sobre o fio 1, obteremos que $F_2 = F_1$ em módulo. Como a direção é a mesma e os sentidos são opostos, $F_2 = F_1$, e representa um par ação-reação (vale a terceira Lei de Newton)

- se as correntes estiverem no mesmo sentido: forças são atrativas
- se as correntes estiverem em sentidos opostos: forças são repulsivas

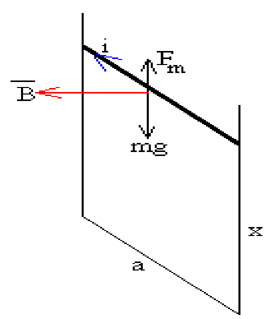



Definição do Ampère (unidade de corrente): dois fios paralelos, conduzindo ambos correntes de 1,0 A, e separados por uma distância de 1,0 m, atraem-se com uma força por unidade de comprimento igual a:

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi d} = \frac{4x\pi x10^{-7}\,x1,0x1,0}{2x\pi x1,0} = 2x10^{-7}\,\frac{N}{m}$$

Balança de corrente: usada para medir forças magnéticas muito pequenas. Um dos condutores paralelos é móvel na vertical, e podem ser colocadas massas sobre ele, a fim de equilibrar a força magnética de repulsão (os fios conduzem em sentidos opostos)



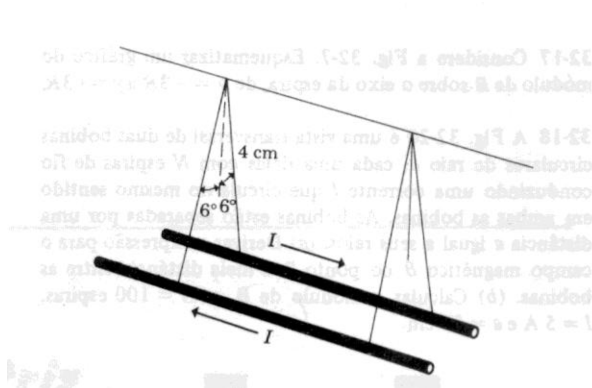

**Problema resolvido**: Numa balança de corrente, dois condutores de 50 cm de comprimento, e afastados de 1,5 mm, conduzem correntes de 15 A cada. Qual a massa que deve ser colocada sobre o condutor móvel, de modo a equilibrar a força magnética repulsiva?

*Solução:*

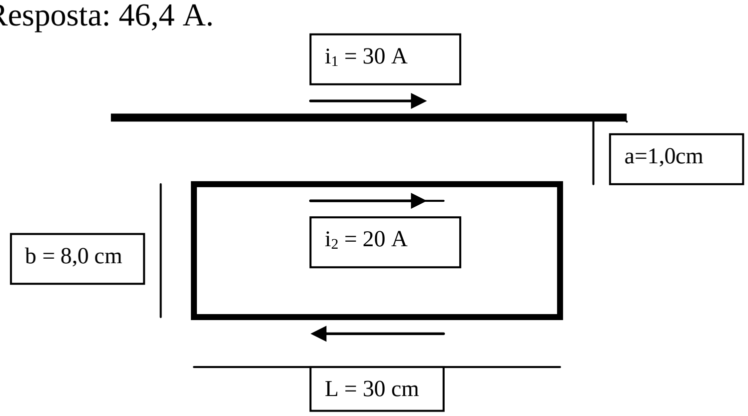
$$F_m = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi d} = \frac{4\pi x10^{-7}\,x15x15x0,5}{2\pi x0,0015} = 0,015N$$

*que deve ser equilibrada pela força peso P = mg. Logo*

$$m = \frac{P}{g} = \frac{F_m}{g} = \frac{0,015}{9,8} = 1,53g$$




**Problema proposto**: Dois fios longos e paralelos de 1,0 m de comprimento são pendurados por cordas de 4,0 cm de comprimento a partir de um eixo comum, como na figura acima. As cordas têm peso desprezível. Já os fios têm massa de 50 gramas e conduzem a mesma corrente em sentidos opostos. Qual é a corrente nos fios, se as cordas fizerem um ângulo de $6^o$ com a vertical? Sugestão: no equilíbrio, é nula a soma vetorial do peso de cada fio, a força magnética (repulsiva) e da tensão nas cordas. Resposta: 46,4 A.




**Problema suplementar**: Um fio condutor longo tem uma corrente de 30 A. Uma espira retangular, com os lados maiores de 30 cm paralelos ao fio, e os lados menores de 8,0 cm perpendiculares ao fio, está afastada 1,0 cm do fio. A espira, por sua vez, tem uma corrente de 20 A. Ache a força resultante sobre a espira. Resposta: 3,2 mN, na direção do fio condutor longo.