Ciências ULisboa | Física

FÍSICA EXPERIMENTAL II

Exp1 - CAMPO MAGNÉTICO DE UM SOLENÓIDE

Qualquer circuito eléctrico percorrido por uma corrente estacionária tem associado um campo magnético. Em particular, um fio enrolado numa sucessão de espiras idênticas paralelas entre si (solenoide) cria um campo magnético em tudo semelhante ao campo criado por um íman permanente com a mesma orientação do solenoide (Fig.1).

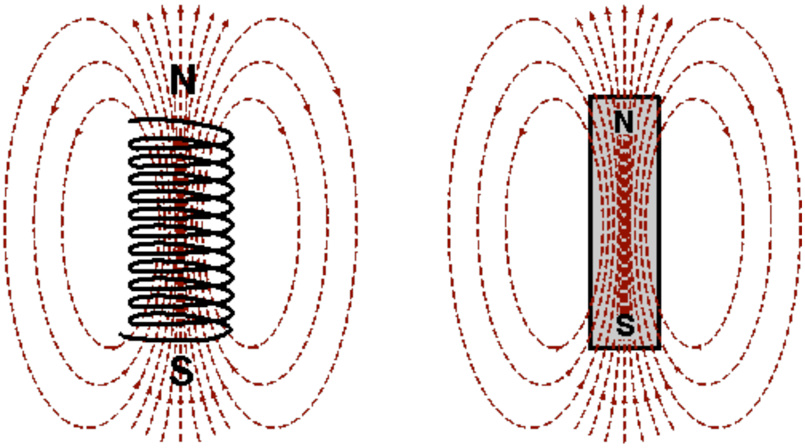


Figura 1

A intensidade do campo magnético depende do número de espiras e da intensidade de corrente que as percorre. Pode mostrar-se que no interior do solenoide, para uma região distante dos seus extremos (distância muito superior ao seu diâmetro), o campo magnético é uniforme e tem uma direcção paralela ao eixo do solenóide e um sentido que depende do sentido em que circula a corrente nas espiras. O módulo do campo magnético nessa região é dado por:

$$|\vec{B}| = B = \mu_0 n I \qquad (1)$$

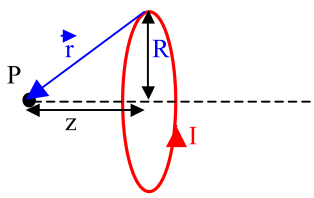
e o sentido pela regra da mão direita ou do saca-rolhas.

Para pontos que não verifiquem a condição anterior, o campo depende da distância aos extremos do solenoide e a sua direcção desvia-se da axial, como se verifica na Fig.1. Para calcular o valor do campo num ponto do interior do solenoide, considerando as dimensões do mesmo, recorre-se à lei de Biot-Savart:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \qquad (2)$$

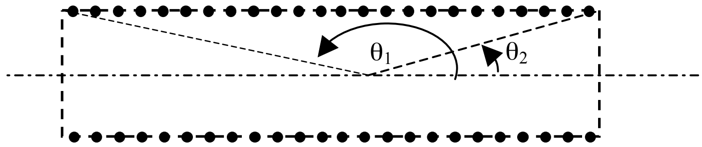
μ_0 representa a permeabilidade magnética do vazio: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ JA^{-2}$.

Da aplicação da lei de Biot-Savart a uma espira de raio R, percorrida por uma corrente com intensidade I, resulta para o valor do campo magnético sobre um ponto do eixo de simetria da espira a uma distância z:



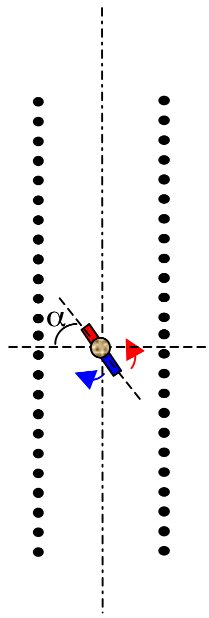
$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0}{4\pi}\oint I\, d\vec{l} \times \frac{\vec{r}}{r^3} = \frac{\mu_0 I}{2}\frac{R^2}{\left(R^2+z^2\right)^{3/2}} \tag{3}$$

Para um solenóide de comprimento L (conjunto de N espiras paralelas), a expressão anterior deverá ser integrada em z (passar para uma integração contínua em z implica introduzir uma densidade de espiras $dN = (N/L)dz$):



$$|\vec{B}| = \sum_{n=1}^{N}\frac{\mu_0 I}{2}\frac{R^2}{(R^2+z_n^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I}{2}\int_{l_1}^{l_2}\frac{R^2}{(R^2+z_n^2)^{3/2}}\frac{N}{L}dz = \frac{\mu_0}{2} nI(\cos\theta_2 - \cos\theta_1) \tag{4}$$

Neste trabalho experimental pretende-se estudar o campo magnético no interior do solenóide. Para o determinar utilizar-se-à a interacção do campo magnético com um pequeno íman (pequeno dipolo magnético de momento $\vec{m}$).



A interacção de um dipolo magnético com um campo magnético pode ser descrita pelo aparecimento de um momento de forças que tende a alinhar o momento magnético com a direcção do campo. O binário resultante é:

$$\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B} \tag{5}$$

Para medir este momento utilizar-se-à uma balança de torção, que equilibra o binário magnético com um binário mecânico. Nesta balança, o pequeno íman é suspenso transversalmente num fio vertical. Na ausência de campo magnético o íman fica alinhado segundo uma direcção perpendicular ao eixo do solenoide. Quando este é percorrido por corrente eléctrica tem-se $B \neq 0$, ocorrendo a rotação do íman que introduz uma torção do fio. Simultaneamente, aparece um binário que se opõe a essa deformação do fio e que, para pequenos ângulos, se pode considerar proporcional ao ângulo de torção:

$$|\vec{\tau}\,'| = K\alpha \tag{6}$$

onde K representa uma constante de torção do sistema. Atingir-se-á uma situação de equilíbrio estático quando os dois binários (magnético e mecânico) se compensarem.

$$\left|\vec{m} \times \vec{B}\right| = K\alpha$$

Da expressão anterior, resulta:

$$mB\cos\alpha = K\alpha \quad \Leftrightarrow \quad B = \frac{K\alpha}{m\cos\alpha} \tag{7}$$

Continuando a considerar ângulos pequenos, pode concluir–se que a intensidade do campo magnético, B, é proporcional ao ângulo de torção. O sinal do ângulo depende do sentido do campo.

$$B \approx \frac{K}{m}\alpha \quad \Leftrightarrow \quad B \approx C\alpha \tag{8}$$