

LEI DE AMPÈRE

Introdução

A lei de Ampère é análoga à lei de Gauss para o campo elétrico. Essa lei foi proposta originalmente por André-Marie Ampère no século XVIII e diz que “a circulação do campo magnético ao longo de um percurso fechado é igual à permeabilidade magnética no vácuo vezes a corrente total que atravessa a área envolvida”, dada pela seguinte integral de linha:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I \quad (1)$$

A lei de Ampère é útil quando envolve situações com simetria que permitem o cálculo da integral, tais como o cálculo do campo de um fio condutor longo e retilíneo, campo no interior de um cilindro condutor, campo de um solenóide linear, campo de um solenóide toroidal, entre outros.

Um solenóide é constituído por um enrolamento como uma hélice cilíndrica com as espiras muito próximas (Figura 1). Todas as espiras conduzem a mesma corrente I , e o campo magnético total B em cada ponto é a soma vetorial dos campos produzidos pelas espiras individuais. No seu interior, os campos se somam e o campo total é aproximadamente constante e uniforme. No seu exterior, os campos se cancelam, e o campo é aproximadamente nulo.

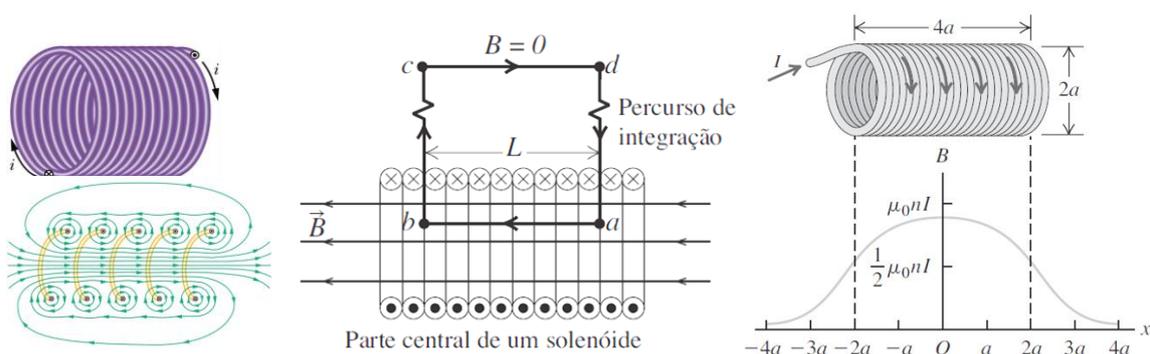


Figura 1: Campo magnético ao longo do eixo de um solenóide, cujo comprimento é igual a quatro vezes o seu raio (Halliday; Sears & Zemansky).

Pela figura anterior, o número de espiras para um dado comprimento L é igual a N . Cada uma dessas espiras passa uma vez pelo retângulo $abcd$ e a corrente total que passa pelo retângulo $abcd$ é $I_T = NI$

De acordo com a lei de Ampère, o módulo do campo magnético para um solenóide longo é dado por:

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I \quad (2)$$

onde μ_0 = permeabilidade magnética do vácuo = $4\pi \cdot 10^{-7}$ (T.m/A), I é a corrente elétrica que passa pelo solenóide e N é o número de espiras em um dado comprimento L .

Entretanto, o campo só é uniforme e constante na porção central do solenóide, pois os solenóides reais têm comprimento limitado e os campos próximos os limites do solenóide sofrem um efeito de borda, região na qual o campo cai do valor do campo magnético no interior do solenóide até o campo magnético nulo no exterior do solenóide. O comportamento do campo magnético ao longo de um solenóide, incluindo a região de bordas, é representado na Figura 2 a seguir. Nesta figura, o valor do campo magnético em cada ponto foi dividido pelo valor do campo máximo (B), no centro do solenóide (B_0), e o comprimento do solenóide pode ser estimado pela largura a meia altura, conforme indicado no gráfico.

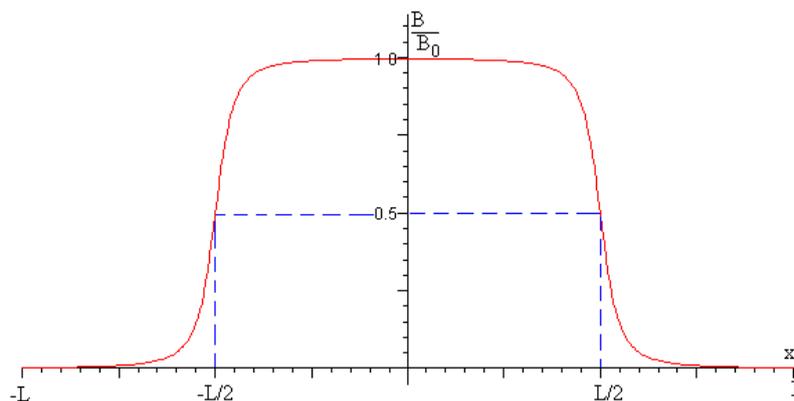


Figura 2: Gráfico da razão entre o campo magnético (B) e o campo magnético máximo (B_0) no interior de um solenóide.

Atividade experimental

1. Objetivos

O objetivo desta atividade prática é contribuir para a compreensão da Lei de Ampère.

2. Materiais e Métodos

Os materiais necessários para realização deste experimento são:

- Fonte de tensão elétrica contínua;
- Cabos;
- Teslâmetro;
- Multímetro;
- Bobinas condutoras;
- Bússolas;
- Fio de cobre;
- Solenóide com 300 espiras;
- Trena;
- Suportes diversos.

Roteiro Experimental:

1ª Parte: Campo magnético central com diferentes correntes

- i. Meça o comprimento do solenóide e determine seu centro;
- ii. Insira a haste do teslâmetro no interior do solenóide até que a extremidade coincida com o centro do solenóide. Essa será a posição $x = 0$;
- iii. Meça o valor campo magnético no centro do solenóide para 10 valores de corrente distintos, menores do que 1,5 A, para determinar o valor de corrente. Use o display da fonte como indicador da corrente.

2ª Parte: Campo magnético ao longo do eixo x

- i. Com o teslâmetro posicionado inicialmente na posição $x = 0$, ligue a fonte de tensão e ajuste a corrente para 1 A;
- ii. Meça o valor do campo magnético na posição inicial e varie a posição da extremidade da haste com relação ao centro do solenóide, medindo o campo em cada posição, até que tenha sido possível obter os dados necessários para construir um gráfico como o da Figura 2.

3. Tabela de Dados

Tabela 1: Valores de campos magnéticos no centro do solenóide para diferentes correntes.

Campo magnético central ($x=0$)				
	Corrente (A)	$\sigma_{bcorrente}$ (A)	B (mT)	σ_{bcampo} (mT)
i_1				
i_2				
i_3				
i_4				
i_5				
i_6				
i_7				
i_8				
i_9				
i_{10}				

Tabela 2: Valores de campos magnéticos ao longo do eixo central do solenóide.

Campo magnético ao longo do eixo x					
Corrente =					
Deslocamento direção positiva			Deslocamento direção negativa		
Posição (cm)	B (mT)	σ_b (mT)	Posição (cm)	B (mT)	σ_b (mT)
0,0			0,0		
1,0			-1,0		
2,0			-2,0		
3,0			-3,0		
4,0			-4,0		
5,0			-5,0		
6,0			-6,0		
7,0			-7,0		
7,5			-7,5		
8,0			-8,0		
8,5			-8,5		
9,0			-9,0		
9,5			-9,5		
10,0			-10,0		
10,5			-10,5		
11,0			-11,0		
11,5			-11,5		
12,0			-12,0		
12,5			-12,5		
13,0			-13,0		
13,5			-13,5		
14,0			-14,0		

4. Discussão

1ª Parte:

1. Construa o gráfico de B versus I e determine μ_0 com incerteza (propagada) a partir do coeficiente angular da reta, utilizando o valor de L determinado com a régua e sabendo que o número de espiras do solenóide utilizado era 300.
2. Compare o valor do item anterior com a permeabilidade magnética do vácuo ($4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$), mais uma vez determinando um erro relativo em percentual.

2ª Parte:

1. Construa o gráfico de B/B_0 versus a posição e verifique sua similaridade com o gráfico da Figura 2. Note que B_0 é o campo em $x = 0$ (valor máximo).
2. Determine o comprimento L do solenóide a partir do gráfico e compare com o valor medido em sala.