



Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Campus Blumenau - BNU
Centro Tecnológico, de Ciências Exatas e Educação - CTE
Departamento de Ciências Exatas e Educação – CEE
Física Experimental III – BLU6210

Experimento 08 – Lei de Biot-Savart

Introdução

A lei de Biot-Savart é utilizada para determinar o campo magnético gerado por um elemento de fio condutor atravessado por uma corrente estacionária. Ela é definida por:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 i d\vec{l} \times \hat{r}}{4\pi r^2}$$

onde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$ é a permeabilidade magnética do vácuo, i é a corrente que percorre o segmento de fio dl , $d\vec{l}$ é o vetor do segmento de fio que tem magnitude igual ao comprimento do segmento e sentido da corrente, $d\vec{B}$ é o campo magnético infinitesimal gerado pelo elemento infinitesimal de fio $d\vec{l}$ que é atravessado pela corrente i e \hat{r} é o vetor direção, que em magnitude representa a distância entre o segmento de fio e o ponto de campo (onde desejamos saber o campo magnético), cujo sentido é orientado da posição de dl ao ponto do campo.

A fim de ilustrar a aplicação da lei de Biot-Savart, vamos considerar o caso particular de uma espira circular de raio R e perímetro l , localizada no plano XY , com seu eixo ao longo da direção Z , na qual flui a corrente elétrica i , de acordo com a Figura 01

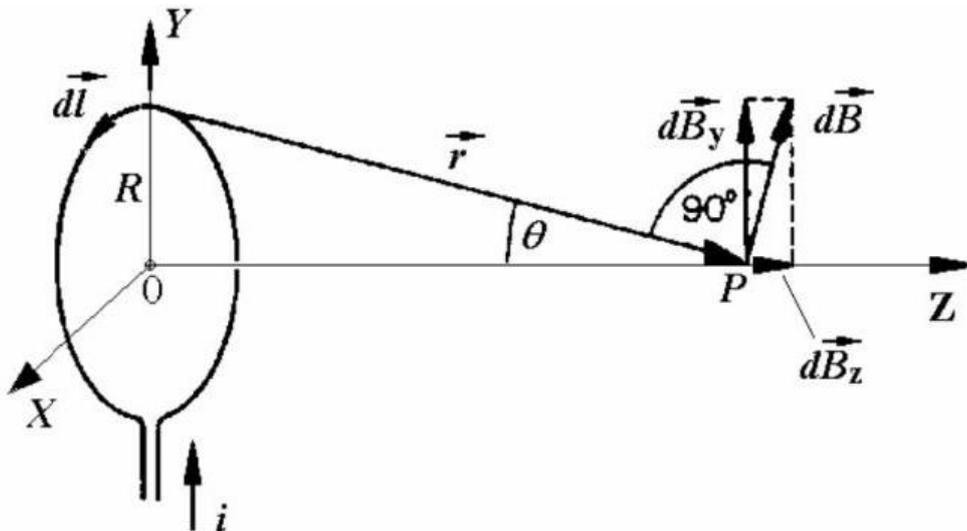


Figura 01: Campo magnético no eixo axial de uma espira circular na qual flui uma corrente elétrica.

De acordo com a Lei de Biot-Savart, o vetor campo magnético gerado pelo elemento $d\vec{l}$ em um ponto P no eixo X é dado por:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 i d\vec{l} \times \hat{r}}{4\pi r^2}$$

cujo módulo é dado por,

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i dl}{(R^2 + z^2)}$$

Decompondo o campo infinitesimal dB em componentes nas direções Y e Z temos que,

$$dB_Y = dB \cos\theta = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i dl}{(R^2 + z^2)} \frac{z}{(R^2 + z^2)^{1/2}}$$

$$dB_Z = dB \sin\theta = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i dl}{(R^2 + z^2)} \frac{R}{(R^2 + z^2)^{1/2}}$$

Integrando os elementos dB_Y e dB_Z temos,

$$B_Y = \int dB_Y = 0$$

$$B_Z = \int dB_Z = \frac{\mu_0 i}{2} \frac{R^2}{(R^2 + z^2)^{3/2}}$$

portanto, temos apenas campo magnético no sentido Z .

Para uma bobina formada por N espiras de mesmo raio R colocadas de forma compacta e percorridas por uma corrente estacionária i , o vetor campo magnético \vec{B} resultante é a soma vetorial do campo produzido por cada uma das espiras, cujo módulo é dado por,

$$B_Z = \frac{N\mu_0 i}{2} \frac{R^2}{(R^2 + z^2)^{3/2}}$$

Objetivos

- Medir a densidade de fluxo magnético (campo magnético) produzido por bobinas;
- Verificar a Lei de Biot-Savart para esse sistema;
- Observar a relação entre a corrente elétrica na bobina e o campo magnético gerado por esta;
- Observar a relação entre a intensidade do campo magnético gerado pela bobina e a posição no eixo axial;
- Determinar experimentalmente a constante de permeabilidade magnética;
- Analisar qualitativamente o comportamento do campo magnético no eixo axial de um sistema com duas bobinas idênticas com correntes no mesmo sentido e sentidos opostos, considerando a distância entre elas igual ao seu raio, maior que o seu raio e menor que o seu raio.

Resumo do Experimento

Nesse experimento será analisado o comportamento do campo magnéticos gerado por uma corrente estacionária que percorre uma bobina de N espiras de mesmo raio R por onde passa uma corrente elétrica estacionária i . As intensidades da componente axial do campo serão obtidas através de um sensor de campo magnético (ponta de prova Hall) e analisadas em termos das posições em relação à bobina e em relação à intensidade de corrente elétrica que passa por ela.

Materiais

Os materiais utilizados neste experimento fazem parte de kits fornecidos pela empresa PASCO e seguem listados abaixo:

- 02 Field Coil (200-turn) Em-671 – Duas bobinas;
- 01 1,2 m Optic Bench OS-8508 – haste para o sensor de rotação;
- 01 DC Programmable Power Supply PI-9880 – fonte de tensão/corrente;
- 01 Mass and Hanger Set ME-8979 – suporte e massa para tração;
- 01 Dynamic Track Mount CI-6692;
- 02 25 cm Threaded Rod ME-8980 – fios de tração;
- 01 PASPORT Rotary Motion Sensor PS-2120A – sensor de rotação;
- 01 PASPORT Voltage-Current Sensor;
- 01 PASPORT 2-Axis Magnetic Field Sensor PS-2162 – sensor de campo magnético;
- 04 Cabos com plug banana;
- 01 suporte para o sensor de campo magnético;
- 01 Computador;
- Programa PASCO/CAPSTONE para coleta e análise de dados.

Procedimento Experimental

Procedimento A – Relação entre o campo magnético e a corrente elétrica na bobina

1. A partir dos cabos com plug banana, conecte a fonte, a bobina mais à esquerda e o sensor de corrente todos em SÉRIE. *OBS: A corrente na bobina deve ser tal que o campo axial gerado por ela entre na frente do sensor, conforme a Figura 02.*

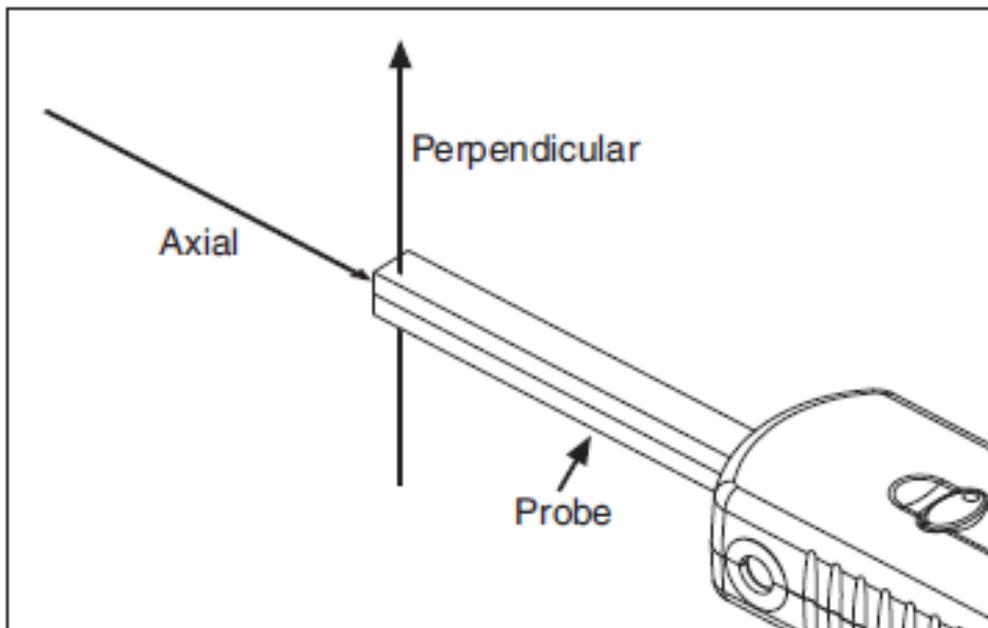


Figura 02: Ilustração de como o sensor faz a leitura das componentes axial e perpendicular do campo magnético.

2. Posicione a ponta do sensor de campo magnético na posição central da bobina (posição 0,00 cm), conforme a Figura 03;

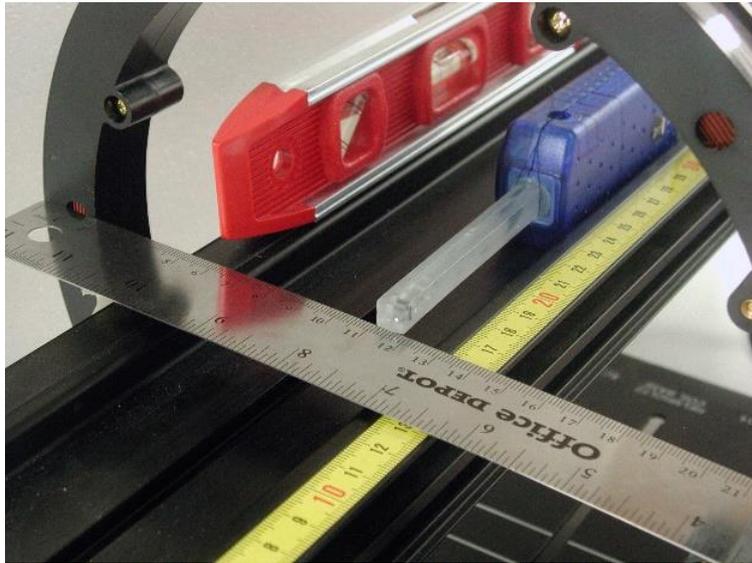


Figura 03: Imagem do alinhamento do sensor de campo magnético na posição central da bobina.

3. Ligue a fonte de tensão e selecione 0,00 V;
4. Na aba "Procedimento A: Campo x Corrente", clique "Visualização prévia" e em seguida "Manter amostra" para registrar a intensidade do campo magnético na posição do sensor e a corrente através do circuito;
5. A seguir, utilize o controle "FINE" para selecionar 0,50 V;
6. Clique em "Manter amostra" para registrar a intensidade do campo magnético e a corrente através do circuito;
7. Repita todo o procedimento variando a tensão de 0,50 V em 0,50 V até chegar a 4,50 V, e em seguida clique em "Parar";
8. Com o controle "COARSE" selecione na fonte 0,00 V para zerar a corrente na bobina;
9. Observe o gráfico formado e analise o comportamento do campo magnético em relação à corrente fazendo um ajuste linear dos pontos experimentais.

Procedimento B – Relação entre o campo magnético e a posição no eixo axial para uma corrente fixa

1. Utilize o mesmo esquema experimental do procedimento A;
2. Ligue a fonte de tensão e utilize o seletor "COARSE" para selecionar 4,00 V;
3. Posicione a ponta do sensor na posição central da bobina (posição 0,00 cm), conforme a Figura 03;
4. Na aba "Procedimento B: Campo x Posição", clique "Visualização prévia" e em seguida "Manter amostra" para registrar a intensidade do campo magnético na posição do sensor e a corrente através do circuito;
5. Afaste o sensor aproximadamente 1,00 cm do centro da bobina;
6. Clique em "Manter amostra" para registrar a intensidade do campo magnético na nova posição do sensor e a corrente através do circuito (a corrente nesse procedimento pode apresentar pequenas variações ao longo das medidas, de modo que na Tabela 2B será apresentada a corrente média e seu desvio padrão);

7. Repita todo o procedimento variando a posição do sensor aproximadamente de 1,00 cm em 1,00 cm até chegar a 15,00 cm e em seguida clique em "Parar";
8. Com o controle "COARSE" selecione na fonte 0,00 V para zerar a corrente na bobina;
9. Observe o gráfico formado e analise o comportamento do campo magnético em relação à posição do sensor no eixo axial (espera-se que o comportamento não seja linear);
10. Na aba "Procedimento B: Linearização", na Tabela 3B, é possível verificar uma nova variável Z que está definida no texto acima da tabela. Faça o gráfico da intensidade do campo magnético axial em função desta nova variável Z, fazendo a seguir um ajuste linear dos pontos experimentais.

Procedimento C – Relação entre o campo magnético e a posição no eixo axial (duas bobinas com correntes iguais e diferentes distâncias entre elas)

1. A partir dos cabos com plug banana, conecte a fonte e as duas bobinas em SÉRIE, de modo que elas tenham o mesmo sentido de corrente elétrica;
2. Posicione as duas bobinas a uma distância entre si de 10,00 cm, conforme a Figura 04;



Figura 04: Bobinas a uma distância entre si de 10,00 cm.

3. Ligue a fonte de tensão e utilize o seletor "COARSE" para selecionar 4,00 V;
4. Coloque o sensor de campo magnético na posição central entre as duas bobinas;
5. Na aba "Procedimento C: Mesmas correntes nas duas bobinas", clique em "Gravar" e arraste o sensor de campo magnético com cuidado ao longo de todo o trilho até uma de suas extremidades e, a seguir, até a outra extremidade, voltando e parando no centro entre as duas bobinas;
6. Clique em "Parar";
7. Com o controle "COARSE" selecione na fonte 0,00 V para zerar a corrente nas bobinas;
8. Observe o gráfico formado e analise o comportamento do campo magnético em relação à posição do sensor no eixo axial;
9. Coloque as duas bobinas a uma distância de 5,00 cm uma da outra. *OBS: O encaixe e desencaixe das bobinas pode ser feito a partir de um parafuso na parte de baixo da base destas.*

10. Repita as etapas 3, 4, 5, 6, 7 e 8;
11. Coloque as duas bobinas a uma distância de 20,00 cm uma da outra. *OBS: O encaixe e desencaixe das bobinas pode ser feito a partir de um parafuso na parte de baixo da base destas;*
12. Repita as etapas 3, 4, 5, 6, 7 e 8;
13. Sobreponha as três séries de medidas no mesmo gráfico para verificar as diferenças entre elas.

Procedimento D – Relação entre o campo magnético e a posição no eixo axial (duas bobinas com correntes opostas e diferentes distâncias entre elas)

1. A partir dos cabos com plug banana, conecte a fonte e as duas bobinas em SÉRIE, de modo que elas tenham correntes elétricas de sentidos opostos;
2. Posicione as duas bobinas a uma distância entre si de 10,00 cm, conforme a Figura 04;
3. Ligue a fonte de tensão e utilize o seletor "COARSE" para selecionar 4,00 V;
4. Coloque o sensor de campo magnético na posição central entre as duas bobinas;
5. Na aba "Procedimento D: Correntes contrárias nas duas bobinas", clique em "Gravar" e arraste o sensor de campo magnético com cuidado ao longo de todo o trilho até uma de suas extremidades e, a seguir, até a outra extremidade, voltando e parando no centro entre as duas bobinas;
6. Clique em "Parar";
7. Com o controle "COARSE" selecione na fonte 0,00 V para zerar a corrente nas bobinas;
8. Observe o gráfico formado e analise o comportamento do campo magnético em relação à posição do sensor no eixo axial;
9. Coloque as duas bobinas a uma distância de 5,00 cm uma da outra. *OBS: O encaixe e desencaixe das bobinas pode ser feito a partir de um parafuso na parte de baixo da base destas.*
10. Repita as etapas 3, 4, 5, 6, 7 e 8;
11. Coloque as duas bobinas a uma distância de 20,00 cm uma da outra. *OBS: O encaixe e desencaixe das bobinas pode ser feito a partir de um parafuso na parte de baixo da base destas;*
12. Repita as etapas 3, 4, 5, 6, 7 e 8;
13. Sobreponha as três séries de medidas no mesmo gráfico para verificar as diferenças entre elas.