PARTE **3**

Magnetostática

3.1 Indução Magnética

[C.1] Considere um fio rectilíneo muito comprido (suponha infinito), percorrido por uma corrente estacionária I.

(a) Aplicando a Lei de **Biot-Savart**, calcule $\mathbb{B}(\mathbb{r}_P)$ num ponto P à distância d do fio.

(b) Usando o resultado anterior, mostre que dele resulta $\nabla \cdot \mathbb{B} = 0$ (i.e. $\mathrm{div}\,\mathbb{B} = 0$).

(c) Repita o cálculo de $\mathbb{B}$, mas aplicando a Lei de **Ampère** .

[C.2] Calcule o valor da indução magnética $\mathbb{B}$ no centro de uma espira quadrada cujos lados condutores, de comprimento l, são percorridos por uma corrente I.

(Resp:) $\mathbb{B} = 2\sqrt{2}\ \dfrac{\mu_o I}{\pi l}\,\mathbb{n}$ ($\mathbb{n}$ normal à espira.)

[C.3] Sejam dados dois condutores rectilíneos e paralelos, percorridos por correntes I. Qual a natureza da força entre eles (repulsiva ou atractiva), nos casos em que as correntes são:

(a) Paralelas;

(b) Antiparalelas.

[C.4] Numa fábrica de plásticos, a fricção nos rolos cilíndricos ao longo dos quais um filme plástico é arrastado, à velocidade v, gera na superfície deste filme uma carga superficial de $+\sigma\ \left(\frac{C}{m^2}\right)$. Calcule o valor aproximado da indução magnética $\mathbb{B}$ próximo da superfície do plástico.

(Resp:) $\mathbb{B} = \mu_o \sigma \dfrac{v}{2}\,\mathbb{n}$ ($\mathbb{n}$ normal à superfície do filme.)

[C.5] Considere um cilindro de raio R cuja superfície está carregada uniformemente com uma carga de densidade $\sigma\ \left(\frac{C}{m^2}\right)$. O cilindro gira em torno do seu eixo com uma velocidade angular $\vec{\omega}$. Calcule o valor de $\mathbb{B}$ assim criado dentro e fora do cilindro.

(Resp:) $\mathbb{B}_{int} = \mu_o \sigma R\, \vec{\omega}$, $\mathbb{B}_{ext} = 0$

[C.6] Um disco de raio R, carregado uniformemente com uma carga de Q, gira em torno do seu eixo com uma velocidade angular $\vec{\omega}\ \frac{rad}{s}$. Qual é o valor de $\mathbb{B}$ no seu centro?

$$\textbf{(Resp:)}\ \ \mathbb{B}\,(0) = \frac{\mu_o\, Q\,\vec{\omega}}{2\,\pi\, R}$$

[C.7] Um condutor cilíndrico, de raio R, é percorrido por uma corrente I uniformemente distribuída no seu interior (i.e. a densidade de corrente é $\mathbb{J} = \dfrac{I}{\pi R^2}\ \vec{\mathbb{e}}_z$). Calcule $\mathbb{B}_{int}(r)$, dentro do cilindro ($r < R$), e fora dele ($r > R$), $\mathbb{B}_{ext}(r)$.

$$\textbf{(Resp:)}\ \ \mathbb{B}_{int}(r < R) = \frac{\mu_o\, I}{2\pi}\,\frac{r}{R^2}\,\vec{\mathbb{e}}_\theta\,; \quad \mathbb{B}_{ext}(r > R) = \frac{\mu_o\, I}{2\pi\, r}\,\vec{\mathbb{e}}_\theta$$

[C.8] Dada uma espira quadrada de lado L, percorrida por uma corrente I, calcule o momento mecânico $\mathbb{N}$ exercido sobre a espira por um campo magnético uniforme de indução $\mathbb{B}$, com orientação arbitrária.

$$\textbf{(Resp:)}\ \ \mathbb{N} = I\,L^2\,\mathbb{n}\times\mathbb{B} = \mathbb{m}\times\mathbb{B} \quad (\mathbb{n}\ \text{normal à espira.})$$

[C.9] Considere uma espira rectangular, de lados l_1 e l_2, é percorrida por uma corrente I. Paralelamente a um dos lados, e a uma distância d, encontra-se um fio rectilíneo muito comprido, percorrido por uma corrente I_o. Calcule a força exercida por esta corrente sobre a espira.

[C.10] Dois condutores muito longos e paralelos estão ligados por uma semi-circunferência condutora de raio R, coplanar com os dois condutores e com centro num ponto P, igualmente à distância R de cada um deles. Calcule a indução magnética $\mathbb{B}$ no ponto P quando o conjunto é percorrido por uma corrente I.

$$\textbf{(Resp:)}\ \ \mathbb{B}(P) = \frac{\mu_o\, I}{2\,R}\left(\frac{1}{\pi} + \frac{1}{2}\right)$$

[C.11] Na superfície de separação entre dois meios magnéticos, caracterizados por permeabilidades μ_1 e μ_2 passa uma corrente cuja densidade superficial é dada por $J_S\ \left(\frac{A}{m}\right)$. Escreva as relações entre os valores do campo magnético de um lado e do outro da superfície de separação.

[C.12] Num cabo coaxial muito longo, uma corrente I circula no sentido $\vec{\mathbb{e}}_z$ no condutor interior e regressa no sentido $-\vec{\mathbb{e}}_z$ via condutor exterior. O raio do condutor interior é R_1, e o condutor exterior tem raios R_2 (interno) e R_3 (externo), com $R_1 < R_2 < R_3$. Calcule $\mathbb{B}(r)$ em todas as regiões e faça o respectivo gráfico.

$$\textbf{(Resp:)}\ \ (R_2 \le r \le R_3): \quad \mathbb{B}(r) = \frac{\mu_o\, I}{2\,\pi\, r}\left(\frac{{R_3}^2 - r^2}{{R_3}^2 - {R_2}^2}\right)$$