باب 6

تمارين في الكهرومغناطيسية مع الحلول

تمارين في الكهرومغناطيسية

التمرين الأول

سلكان مستقيمان وطويلان متوازيان، تفصلهما مسافة $d = 15cm$، يحمل الأول تيارًا شدته $I_1 = 1.1A$ والثاني $I_2 = 2.2A$.

أ) على الشكل، مثل القوة التي يؤثر بها السلك الأول على السلك الثاني.

ب) احسب شدة الحقل المغناطيسي الناتج عن السلك الأول عند موضع السلك الثاني.

ج) احسب شدة القوة لكل وحدة طول التي يؤثر بها السلك الأول على السلك الثاني.

التمرين الثاني

حلقة دائرية مسطحة نصف قطرها $R = 5cm$ تمر فيها شدة تيار كهربائي I.

(ا) كيف يجب أن توجه هذه الحلقة حتى يكون الحقل المغناطيسي الكلي في مركزها منعدمًا؟ (مع العلم أن شدة الحقل المغناطيسي الأرضي هي $B_{\text{earth}} = 2.2 \times 10^{-5}\,\text{T}$).

(ب) ما قيمة شدة التيار I اللازمة في هذه الحالة؟

(ج) نفس السؤال في حالة ما إذا كانت الحلقة مكونة من 50 لفة؟

التمرين الثالث

دوران إلكترون حول بروتون في مسار دائري منتظم يولد حقلًا مغناطيسيًا بالقرب من البروتون. اعتبر فترة واحدة من دوران الإلكترون حول النواة.

- احسب شدة هذا الحقل المغناطيسي، علمًا أن نصف قطر المدار هو $R = 0.529\,\text{Å}$ وسرعة الإلكترون $v = 2200\,\text{km/s}$.

التمرين الرابع

حلقة مستطيلة $ACDE$ بطول ضلع $a = 20cm$ مصنوعة من سلك موصل صلب كتلته $m = 16g$. الحلقة حرة في الدوران بدون احتكاك حول ضلعها الأفقي AC، وهي موضوعة في حقل مغناطيسي منتظم عمودي $\vec{B}$ متجه نحو الأعلى، بشدة $B = 0.1T$.

يمر في الحلقة تيار كهربائي شدته I. في حالة التوازن، تتخذ الحلقة زاوية θ مع الشاقول، كما هو موضح في الشكل.

(ا) مثل اتجاه التيار والقوى الكهرومغناطيسية المؤثرة على كل ضلع من الأضلاع الأربعة.

(ب) عبّر عن شدة التيار I بدلالة a, B, m, θ, g، ثم احسب قيمته عندما:

$$\theta = 21^\circ, \quad g = 9.8m/s^2$$

1.6 الحلول

1.1.6 التمرين الأول

سلكان مستقيمان وطويلان متوازيان، تفصلهما مسافة $d = 15cm$، يحمل الأول تيارًا شدته $I_1 = 1.1A$ والثاني $I_2 = 2.2A$.

أ) **تمثيل القوة:** إذا كان التياران في نفس الاتجاه، فإن السلكين يجذبان بعضهما البعض. تمثل القوة التي يؤثر بها السلك الأول على الثاني كسهم موجه نحو السلك الأول.

ب) **حساب شدة الحقل المغناطيسي عند السلك الثاني:**

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.1}{2\pi \times 0.15} = 1.47 \times 10^{-6}\,\text{T}$$

ج) **حساب شدة القوة لكل وحدة طول:**

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.1 \times 2.2}{2\pi \times 0.15} = 3.23 \times 10^{-6}\,\mathrm{N/m}$$

2.1.6 التمرين الثاني

أ) **توجيه الحلقة:** يجب أن توجه الحلقة بحيث يكون الحقل المغناطيسي الناتج عنها معاكسًا لحقل الأرض، أي أن تكون عمودية على الحقل الأرضي، أي مستوية أفقياً.

ب) **قيمة التيار لحلقة واحدة:**

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} \Rightarrow I = \frac{2RB}{\mu_0} = \frac{2 \times 0.05 \times 2.2 \times 10^{-5}}{4\pi \times 10^{-7}} = 3.5\,\mathrm{A}$$

ج) **قيمة التيار لـ 50 لفة:**

$$I = \frac{2RB}{\mu_0 N} = \frac{3.5}{50} = 0.07\,\mathrm{A} = 70\,\mathrm{mA}$$

3.1.6 التمرين الثالث

معطيات:

- $R = 0.529 \times 10^{-10}\,\mathrm{m}$
- $v = 2.2 \times 10^{6}\,\mathrm{m/s}$
- $e = 1.6 \times 10^{-19}\,\mathrm{C}$
- $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{T \cdot m/A}$

1. حساب الزمن الدوري:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi \times 0.529 \times 10^{-10}}{2.2 \times 10^{6}} = 1.51 \times 10^{-16}\,\mathrm{s}$$

2. حساب شدة التيار:

$$I = \frac{e}{T} = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{1.51 \times 10^{-16}} = 1.06 \times 10^{-3}\,\mathrm{A}$$

3. حساب شدة الحقل المغناطيسي:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.06 \times 10^{-3}}{2 \times 0.529 \times 10^{-10}} \approx 12.6\,\mathrm{T}$$

التمرين الرابع

معطيات:

- $a = 0.2\,\mathrm{m}$
- $m = 0.016\,\mathrm{kg}$
- $B = 0.1\,\mathrm{T}$
- $g = 9.8\,\mathrm{m/s^2}$
- $\theta = 21^\circ \Rightarrow \tan(\theta) \approx 0.3839$

1. حساب القوة المغناطيسية على السلك:

$$F = IaB$$

2. حساب العزم المغناطيسي:

$$\tau_{\mathrm{mag}} = F \cdot \frac{a}{2} \cdot \cos\theta = Ia^2 B \cos\theta$$

3. حساب عزم الثقل:

$$\tau_{\mathrm{poids}} = mg \cdot \frac{a}{2} \cdot \sin\theta$$

4. شرط التوازن:

$$\tau_{\mathrm{mag}} = \tau_{\mathrm{poids}} \Rightarrow Ia^2 B \cos\theta = \frac{mga}{2} \sin\theta$$

5. استخراج التيار:

$$I = \frac{mg \tan\theta}{2aB}$$

6. التعويض العددي:

$$I = \frac{0.016 \times 9.8 \times 0.3839}{2 \times 0.2 \times 0.1} = \frac{0.0602}{0.04} = 1.505 \Rightarrow \boxed{I \approx 1.51\,\mathrm{A}}$$