

## 0.1 2. Klausur am 17.1.2006

1. a) Zeichnen Sie qualitativ das Feldlinienbild von zwei gleichstarken elektrischen Strömen, die in zwei zueinander parallelen Leitern geführt werden. Die Ströme sollen beide aus der Zeichenebene herausfließen. (2 P)

- b) Geben Sie so genau wie möglich eine Situation an, bei der ein stromdurchflossener Leiter mit  $I_1 = 5,0 \text{ A}$  vom Magnetfeld eines zweiten, von  $10 \text{ A}$  durchflossenen Leiters, zu diesem mit einer Kraft von  $8,0 \text{ mN}$  hingezogen wird.

Zeichnen Sie eine oder mehrere Skizzen der Situation, geben Sie in einem kurzen Text weitere fehlende Größen an und berechnen Sie deren Werte. Urteilen Sie abschließend, ob ihre berechneten Werte experimentell gut realisierbar sind. (6 P)

$$\left. \begin{array}{l} F_1 = \mathcal{B}_2 \cdot I_1 l_1; \\ \mathcal{B}_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_{1,2}}; \end{array} \right\} \Rightarrow F_1 = \frac{\mu_0 I_2 \cdot I_1 l_1}{2\pi r_{1,2}};$$

$$\text{Analog (?) zu: } F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_{1,2}} = Q_1 \cdot \mathcal{E}_2;$$

[Skizze] (1 P)

$$\Rightarrow \frac{I_1}{r_{1,2}} = \frac{2\pi}{\mu_0} \frac{F_1}{I_1 I_2} = 8 \cdot 10^2; \text{ (5 P)}$$

$$\text{z.B. } l_1 = 8 \text{ m; } \Rightarrow r_{1,2} = 1 \text{ cm;}$$

Nicht gut realisierbar (1 P)

- c) Untersuchen und begründen Sie, was an der folgenden Aussage **nicht** korrekt ist:

„Die magnetische Feldstärke und die damit verknüpfte Energiedichte verhalten sich bei Überlagerung additiv, das heißt z.B. für den Fall zweier stromdurchflossener Leiter 1 und 2:

$$\vec{\mathcal{B}}_{\text{gesamt}}(\vec{r}) = \vec{\mathcal{B}}_1(\vec{r}) + \vec{\mathcal{B}}_2(\vec{r}); \quad \varrho_{\text{gesamt}}(\vec{r}) = \varrho_1(\vec{r}) + \varrho_2(\vec{r}).“$$

$$\varrho_{\text{gesamt}}(\vec{r}) \neq \varrho_1(\vec{r}) + \varrho_2(\vec{r}); \text{ (siehe Heft) (2 P)}$$

2. Jemand will den Hall-Effekt zur Messung von Magnetfeldern nutzen. Dazu hat er zur Verfügung: (11 P)

- Eine Stromquelle, die den Strom  $I = 100 \text{ mA}$  liefert.
- Ein Voltmeter von  $1 \text{ mV}$  bis  $100 \text{ mV}$ .

- Ein quaderförmiges Halbleiterplättchen mit  $d = 0,050$  mm und  $b = 1,0$  cm. Die Hallkonstante des Materials ist:

$$R_{\text{H}} = -1,0 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{As}}$$

- a)** Das Magnetfeld durchsetzt das Plättchen senkrecht von vorne nach hinten,  $I$  verlaufe von links nach rechts. Wo ist der Pluspol der Hallspannung zu erwarten, wenn man davon ausgeht, dass ausschließlich negative Ladungsträger zur Leitung beitragen? (Erklärende Skizze!) (2 P)

- b)** Berechnen Sie, in welchem Bereich die Werte von  $\mathcal{B}$  liegen, die man mit den vorgegebenen Geräten bestimmen kann. (4 P)

$$\mathcal{B} = \frac{U_{\text{H}} d}{R_{\text{H}} I}; \quad (2 \text{ P})$$

$$\rightarrow \left[ 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}, 0,5 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \right] \quad (2 \text{ P})$$

- c)** Leiten Sie eine Formel her, die es erlaubt, die Driftgeschwindigkeit  $v_{\text{D}}$  aus der Ladungsträgerdichte  $n$ , der Stromstärke  $I$ , der Elementarladung  $e$  und den geometrischen Größen des Plättchens zu berechnen. (5 P)

$$v_{\text{D}} = \frac{\Delta x}{\Delta t};$$

$$I = \underbrace{\frac{\Delta Q}{\Delta t}}_{(1 \text{ P})} = \underbrace{\frac{neA\Delta x}{\Delta t}}_{(2 \text{ P})}; \Rightarrow \frac{\Delta x}{\Delta t} = \underbrace{\frac{1}{nebd} I}_{(2 \text{ P})}$$

3. In einem Zyklotron beträgt der maximale Krümmungsradius für geladene Teilchen 90 cm. In ihm sollen Protonen auf eine Endenergie von 7,0 MeV beschleunigt werden. (9 P)

- a)** Berechnen Sie die dazu benötigte Feldstärke  $\mathcal{B}$ . (6 P)

$$\frac{m_p v^2}{r} = \mathcal{B} q_p v;$$

$$\frac{1}{2} m_p v^2 = E; \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E}{m_p}} = \dots = 3,66 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad (2 \text{ P})$$

$$\mathcal{B} = \frac{m_p v}{r q_p} = 4,24 \text{ mT} = 0,42 \text{ T}; \quad (4 \text{ P})$$

- b)** Untersuchen Sie, ob sich aus den gegebenen Daten die Umlaufdauer  $T$  eines Protons im Zyklotron berechnen lässt. (3 P)

(Begründende Antwort; keine Berechnung des Werts ist verlangt.)

$$m_p \omega^2 r = \mathcal{B} q_p \omega r;$$

$$\Rightarrow \omega = \mathcal{B} \cdot \frac{q_p}{m_p} = \frac{2\pi}{T}; (\mathcal{B} \text{ indirekt gegeben})$$

$T$ -Berechnung möglich

4. Durch eine Spule fällt ein Stabmagnet der Länge 12 cm und der Stärke  $50 \mu\text{Vs}$ . (8 P)

**a)** Beschreiben Sie den qualitativen Verlauf der in der Spule induzierten Spannung. (Diagramm  $U(t)$ ; kurze Erläuterung) (2 P)

[Zwei Ausschläge (nach oben–nach unten), der zweite Ausschlag spitzer; jeweils gleiche Flächen]

**b)** Beschreiben Sie den qualitativen Verlauf der in der Schleife dissipierten Leistung  $P(t) = U(t) I(t)$ . (Diagramm  $P(t)$ ; kurze Erläuterung) (3 P)

[Zwei „Höcker“]

**c)** Erläutern Sie mit einer passenden Rechnung, ob es realistisch ist, dass die mittlere Induktionsspannung beim Hineinfallen des Magneten in der Größenordnung von 1 V liegt. (3 P)

$$U = \underbrace{n}_{1000} \frac{\overbrace{\Delta Q}^{50 \mu\text{Vs}}}{\underbrace{\Delta t}_{\text{z.B. } 50 \text{ ms}}} \text{ passt!}$$