

Übungen zur Physik II - SS 2016

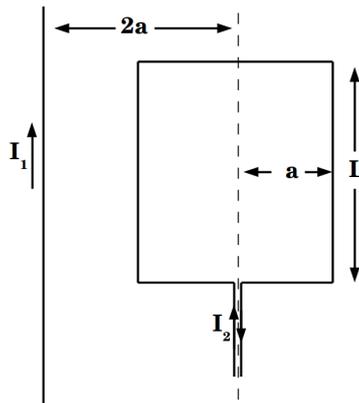
6. Übungsblatt

Abzugeben in der Vorlesung um 14:00 Uhr am Dienstag, den 24.05.2016

Aufgabe 1: Kraft zwischen stromführenden Leitern (5 Punkte)

In einer Ebene befindet sich ein gerader Draht und im Abstand $2a = 0.5$ m die Achse einer rechteckigen Leiterschleife ($L \times 2a$ mit $L = 0.3$ m). Durch den geraden Draht fließt Strom $I_1 = 10$ A und durch die Leiterschleife der Strom $I_2 = 20$ A.

- Welche Kraft wirkt auf die Leiterschleife und in welche Richtung zeigt diese? Welches Drehmoment wirkt bzgl. der Drehachse? (2 Punkte, B)
- Die Leiterschleife werde um 90° aus der Ebene herausgedreht. Wie gross sind jetzt Kraft und Drehmoment? (3 Punkte, B)



Aufgabe 2: Das Magnetfeld in einem Wasserstoffatom (5 Punkte)

Ein Wasserstoffatom bestehe aus einem ruhenden Proton, um das auf einer Kreisbahn vom Bohrschen Radius a_B ein punktförmiges Elektron mit der Masse m_e und der Ladung $-e$ kreist. Das Elektron wird durch die Coulombkraft auf seiner Bahn gehalten.

- Berechnen Sie mithilfe der Umlauffrequenz des Elektrons die gemittelte Stromstärke I , welche das Elektron durch seine Bahnbewegung erzeugt. (2 Punkte, A)
- Zeigen Sie mithilfe des Bio-Savart-Gesetzes, dass das Magnetfeld im Zentrum eines ringförmigen Kreisstromes gegeben ist durch:

$$\vec{B}(0) = \frac{\mu_0 I}{2R} \vec{e}_z$$

(2 Punkte, B)

- Wie groß ist das Magnetfeld am Ort des Protons, wenn man die Elektronenbewegung im Wasserstoffatom durch einen stationären Kreisstrom beschreibt? (1 Punkt, A)

Aufgabe 3: Hall-Effekt (5 Punkte)

Eine Hall-Sonde mit den Abmessungen $l = 1 \text{ cm}$, $b = 0.5 \text{ cm}$ und $d = 0.02 \text{ cm}$ befindet sich in einem Magnetfeld der Stärke $B = 0.4 \text{ T}$, das senkrecht zur Sondenfläche gerichtet ist. Die Sonde wird von einem Strom $I = 0.2 \text{ A}$ in der Längsrichtung durchflossen.

- a) Leiten Sie den Ausdruck für die Hall-Spannung U_H als Funktion von I , B , l , d und b ab. (2 Punkte, B)
- b) Welche Hall-Spannung ergibt sich für eine Sonde aus Kupfer (etwa ein Leitungselektron je Atom) bzw. mit Arsen dotiertem Silizium (Leitungselektronendichte $n(\text{Si}) = 1 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$). (2 Punkte, A)
- c) Kann man bei festgelegter Stromrichtung im Falle des Arsen-dotierten Siliziums unterscheiden, ob es sich um Lochleitung oder Elektronleitung handelt? (1 Punkt, B)

Aufgabe 4: Koordinatentransformation/Krummlinige Koordinatensysteme (6 Punkte)

- a) Geben ist die Transformation $(\rho, \phi, z) \rightarrow (x, y, z)$

$$x = \rho \cos \phi$$

$$y = \rho \sin \phi$$

$$z = z$$

Berechnen Sie explizit die Einheitsbasisvektoren in Zylinderkoordinaten. (2 Punkte, A)

- b) Gegeben ist das Dipolfeld in kartesischen Koordinaten

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{3\vec{r}(\vec{p} \cdot \vec{r}) - \vec{p}r^2}{r^5}$$

,wobei $\vec{p} = p \vec{e}_z$ das Dipolmoment ist und $r = |\vec{r}|$. Geben Sie die Komponenten (E_ρ, E_ϕ, E_z) von \vec{E} in Zylinderkoordinaten und die Komponenten (E_r, E_θ, E_ϕ) in Kugelkoordinaten an. Berechnen Sie zunächst die entsprechenden Jacobi-Matrizen. (4 Punkte, C)