Grundlagen der Physik IIa - Übungen

Ass.Prof. Dr. R.A. Wilhelm
wilhelm@iap.tuwien.ac.at
TU Wien - Grundlagen der Physik IIa (130.003) 2023S

30.03.2023

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE PHYSIK
Institute of Applied Physics

Aufgabe 4.1 - 2 Pkt.

Bestimmen Sie die Richtung der Kraft $\vec{F}$ auf eine negative Ladung bei gegebener Geschwindigkeit $\vec{v}$ und Magnetfeld $\vec{B}$ für die in der Abbildung gezeigten Situationen.
Magnetfeld in blau, Geschwindigkeit in grün. Kreis mit Punkt: Vektor zeigt aus Zeichenebene heraus. Kreis mit Kreuz: Vektor zeigt in die Zeichenebene hinein.

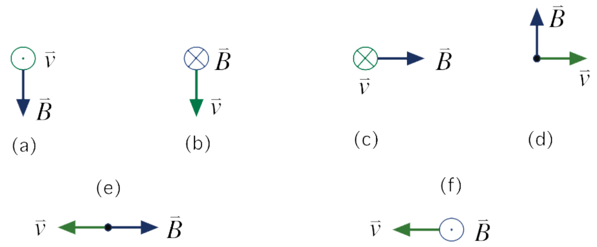

Figure 1: Skizze des Problems.

Aufgabe 4.2 - 3 Pkt.

(a) Berechnen Sie das Magnetfeld $\vec{B}$ im Punkt P des in der Abbildung gezeigten mit dem Strom I durchflossenen Leiters. Er besteht aus einer aus dem unendlichen kommenden Zuleitung, eines schiefen Zwischenstücks und einer ins unendliche gehenden Ableitung. Zu- und Ableitung verlaufen radial zum Punkt P. Die Leitung als auch der Punkt P liegen in der x-y-Ebene. Die z-Achse schaut aus der Zeichenebene heraus. Beachten Sie die Stromrichtung. Verwenden Sie das Biot-Savart'sche Gesetz.
(Lösung für Zwischenstück:
$|B| = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}(\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1))$
(b) Berechnen Sie das Magnetfeld B für den Grenzfall $\alpha_2 = +90°$ und $\alpha_1 = -90°$.
(c) Vergleichen Sie dieses Ergebnis mit jenem, das sie mit dem Ampere'schen Gesetz für einen unendlich langen geraden Leiter erhalten.

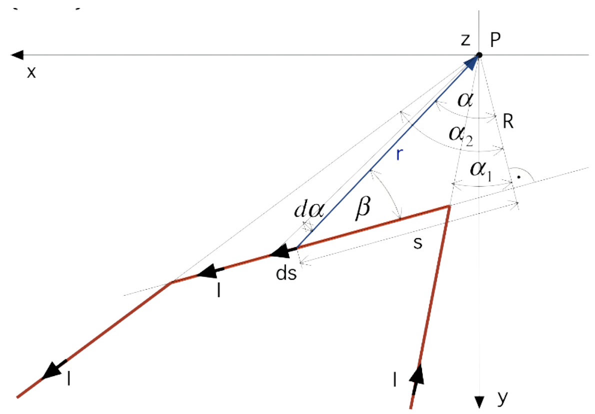

Figure 2: Skizze des Problems.

Lösung: (a) $B_z \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{1}{R}[\sin\alpha_2 - \sin\alpha_1]$, (c) $B_\varphi = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$

Aufgabe 4.3 - 3 Pkt.

Gegeben ist ein von einem Strom I durchflossener kreisförmiger Leiter mit dem Radius R (symmetrisch um die z-Achse in der x-y-Ebene gelegen) der eine unendlich lange gerade Zuleitung ($+\infty$ bis $z = 0$) und eine unendlich lange gerade Ableitung (von $z = 0$ bis $-\infty$) hat (siehe Abbildung). Zu- und Ableitung berühren sich bei $z = 0$ nicht!
Berechnen Sie die Magnetfeldstärke $\vec{B}$ in einem Punkt A, der auf der z-Achse (Achse des kreisförmigen Leiters) in einem Abstand b von der Spulenebene liegt.

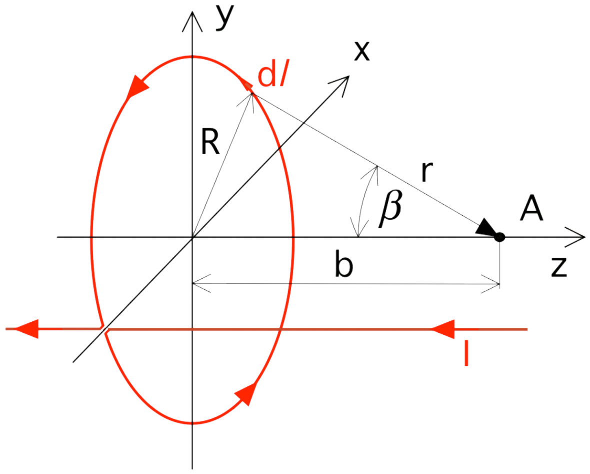

Figure 3: Skizze des Problems.

Lösung: $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2}\left(-\frac{1}{\pi R}\cdot\vec{e}_y + \frac{R^2}{(R^2+b^2)^{3/2}}\cdot\vec{e}_z\right)$

Aufgabe 4.4 - 2 Pkt.

Ein kreisförmig leitender Ring vom Radius R liegt in der x-y-Ebene und hat diametral gegenüber liegende Zu- und Ableitungen. Die Zuleitung verläuft vertikal zum Ring in der x-z-Ebene und die Ableitung verläuft radial entlang der x-Achse (siehe Abbildung). Weiters verbindet ein halbkreisförmiger Bügel, ebenfalls mit Radius R und in der y-z-Ebene liegend, die beiden auf halber Stecke liegenden Punkte des Rings miteinander (siehe Abbildung). Der Strom I teilt sich in 2 ungleiche Teile auf, wenn er wie dargestellt durch den Ring fließt (siehe Abbildung).

(a) Welcher Strom I_x fließt durch den halbkreisförmigen Bügel?
(b) Berechnen Sie die Magnetfeldstärke im Punkt P (Mittelpunkt des Rings).

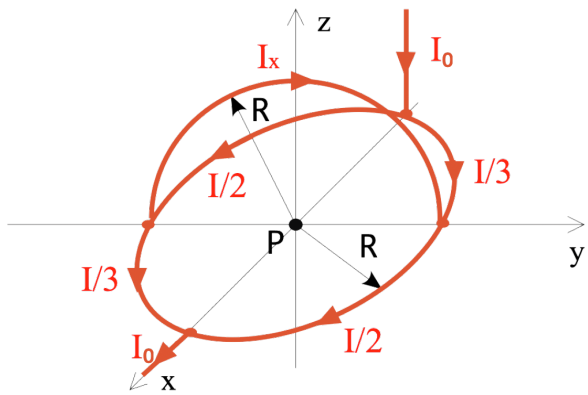

Figure 4: Skizze des Problems.

Lösung:

$$\vec{B}_{ges} = \begin{pmatrix} -\frac{\mu_0 I}{24R} \\ -\frac{\mu_0 I}{4\pi R} \\ 0 \end{pmatrix} = -\frac{\mu_0 I}{24\pi R}\cdot\begin{pmatrix} \pi \\ 5 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Aufgabe 4.5 - 2 Pkt.

Gegeben ist ein Bügel mit der Form eines einseitig offenen Quadrates der Seitenlänge a. Der Bügel besteht aus Kupferdraht der spezifischen Dichte ρ mit einem Querschnitt von A. An der offenen Seite ist der Bügel reibungsfrei horizontal gelagert (Achse $00'$ in der Abbildung). Es wirke die Erdbeschleunigung g vertikal nach unten und ein Magnetfeld B vertikal nach oben.
Berechnen Sie die Stärke des B-Feldes, wenn bei einem Strom I durch den Bügel der Bügel um den Winkel θ ausgelenkt wird.

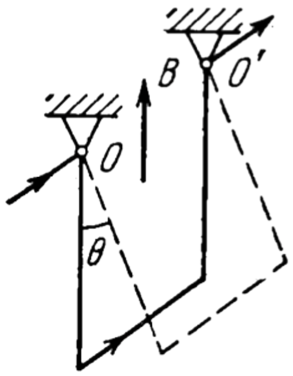

Figure 5: Skizze des Problems.

Lösung: $B = \frac{2gA\rho \tan\theta}{I}$

Aufgabe 4.6 - 2 Pkt.

Ein paralleler Strahl von Elektronen verschiedener Geschwindigkeiten wird zwischen die Platten eines Kondensators geschickt, in welchem ein elektrisches Feld $E = 10^6\,\mathrm{V/m}$ herrscht. Senkrecht zu diesem elektrischen Feld E ist ein Magnetfeld $B = 10^{-2}\,\mathrm{T}$ vorhanden.

(a) Welche Geschwindigkeit und welche Energie in eV haben diejenigen Elektronen, welche diese gekreuzten Felder unabgelenkt passieren?
(b) Welche Beschleunigungsspannung U wäre erforderlich um Elektronen aus der Ruhe genau auf diese Energie zu bringen.
Lösung: (a) $10^8\,\mathrm{m/s}$ und 28.4 keV

Aufgabe 4.7 - 2 Pkt.

Ein Massenspektrometer verwendet einen Magneten, der ein homogenes B-Feld von 0.4 T erzeugt. Die positiv geladenen Teilchen müssen im Feld einen Halbkreis mit Radius $R = 50\,\mathrm{mm}$ durchlaufen, um durch den Austrittsspalt auf den Detektor zu treffen.

(a) In welche Richtung muss das B-Feld für die eingezeichneten Flugbahnen zeigen?
(b) Mit welcher kinetischen Energie (in eV) müssen einfach geladene Ionen des Sauerstoffnuklids $^{16}_{8}\mathrm{O}$ in das homogene B-Feld eintreten, um den Austrittsspalt zu erreichen?
(c) Wie groß darf die Spaltbreite (d.h. der Abstand der beiden Auftreffpunkte) höchstens sein, damit die Trennung der beiden Sauerstoffisotope $^{16}_{8}\mathrm{O}$ (mit Masse 16 amu (atomic mass unit)) und $^{18}_{8}\mathrm{O}$ (mit Masse 18 amu) möglich ist?

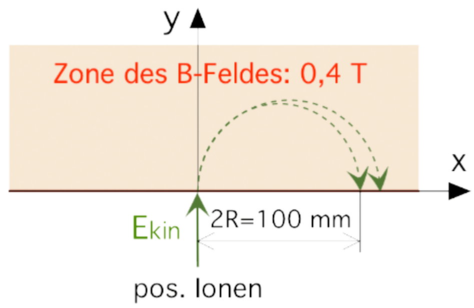

Figure 6: Skizze des Problems.

Lösung: (b) 1200 eV, (c) 6 mm

Aufgabe 4.8 - 3 Pkt.

(a) Leiten Sie das B-Feld einer einlagigen Zylinderspule an Luft entlang seiner Symmetrieachse ab, wobei R der Radius, L die Länge und N die Windungszahl ist.
(b) Mit welchem Strom I muss die Spule betrieben werden, damit im Mittelpunkt der Spule das B-Feld 1 mT hat, wenn gilt: $L = 10\,\mathrm{cm}$, $R = 1.25\,\mathrm{cm}$ und $N = 50$.
(c) Illustrieren Sie für diese Bedingung die B-Feld-Verteilung entlang der Symmetrieachse. Ausgangspunkt für Ihre Berechnung: Das B-Feld einer bei $z = 0$ positionierten mit Strom I durchflossenen kreisförmigen Leiterschleife mit Radius R auf seiner Symmetrieachse (z-Achse) lautet

$$B_z(z) = \frac{\mu_0 I}{2}\frac{R^2}{(R^2+z^2)^{3/2}}$$

Hinweis: Verwenden Sie Demtröder Bd. 2 und daraus eine passende Skizze des Problems.

Lösung: (a) $B_z(z)\frac{\mu_0 IN}{2L}\left[\frac{z+\frac{L}{2}}{\sqrt{R^2+(z+\frac{L}{2})^2}} - \frac{z-\frac{L}{2}}{\sqrt{R^2+(z-\frac{L}{2})^2}}\right]$,
(b) 1.64 A