

In der ersten Aufgabe wird mit einer Hallsonde die Gültigkeit der Gleichung

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N}{L} \cdot I$$

für die Flussdichte des Magnetfelds einer langen, mit Luft gefüllten Spule ($\mu_r \approx 1$) überprüft. Im Mittelpunkt der zweiten Aufgabe steht die Bewegung von Elektronen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern. In der dritten Aufgabe soll geprüft werden, ob die dort beschriebene Versuchsanordnung geeignet ist, die von einem Radiumpräparat mit unterschiedlichen Energien ausgesandten α -Teilchen getrennt nachzuweisen.

1 Mithilfe einer Hallsonde wird das homogene Magnetfeld einer langen Spule untersucht. Diese Spule ist luftgefüllt und hat $N = 30$ Windungen. Ihre Länge L kann zwischen 15 cm und 45 cm verändert werden, wobei N konstant bleibt (siehe Abbildung 1).

1.1 In einer Messung wird die magnetische Flussdichte B in der Mitte der Spule in Abhängigkeit von der Stromstärke I durch die Spule ermittelt, wobei ihre Länge $L = 20,0$ cm beträgt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 dargestellt. Ermitteln Sie unter Berücksichtigung aller Messwerte eine Gleichung für die magnetische Flussdichte B in Abhängigkeit von der Stromstärke I in der Spule, $B = f(I)$.

Hinweis: Die magnetische Flussdichte B wird manchmal auch als magnetische Feldstärke B , eine lange Spule manchmal auch als schlanke Spule bezeichnet. Auch bei Verwendung eines grafikfähigen oder CAS-Taschenrechners sind die Arbeitsschritte so zu dokumentieren, dass der Lösungsweg nachvollziehbar ist.

1.2 In einer weiteren Messung mit der Hallsonde wird bei nun konstanter Stromstärke I in der Spule die Spulenlänge L variiert und die magnetische Flussdichte B bestimmt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 dargestellt. Ermitteln Sie unter Berücksichtigung aller Messwerte eine Gleichung für die magnetische Flussdichte B in Abhängigkeit von der Länge L der Spule, $B = f(L)$.

1.3 Erläutern Sie, in welche Himmelsrichtung die Spulenachse bei der Messung der magnetischen Flussdichte B mit der Hallsonde ausgerichtet werden muss, damit die Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes die Messung nicht beeinflusst.

1.4 Mit einer empfindlichen Stromwaage wird die Kraft F auf einen stromführenden Leiter aus Aluminium gemessen, der im Inneren der langen Spule ($N = 30$) senkrecht zu den magnetischen Feldlinien angeordnet ist (siehe Abbildung 2). Bei diesem Versuch soll die Länge der Spule $L = 45,0$ cm sein. Die Stromstärke im Leiter der Länge $s = 3,0$ cm beträgt $I_{\text{Leiter}} = 5,0$ A. Berechnen Sie die Stromstärke I in der Spule, wenn die Kraft auf den Leiter $F = 0,10$ mN beträgt.

2 Elektronen werden an einer Glühkathode freigesetzt und durch die Spannung U_B beschleunigt. Die Elektronen treten anschließend im Punkt P in ein homogenes elektrisches Feld und in ein homogenes magnetisches Feld ein, deren Feldlinien senkrecht zueinander und senkrecht zur Bewegungsrichtung der Elektronen stehen (siehe Abbildung 3). Es soll idealisierend angenommen werden, dass beide Felder nur auf den Kondensatorbereich begrenzt sind. Der Abstand der Kondensatorplatten ist $d = 5,4$ cm. Die gesamte Anordnung befindet sich im Vakuum.

2.1 Für die Geschwindigkeit der durch eine Spannung von $U_B = 1000$ V beschleunigten Elektronen mit der Masse m_e gilt bei Eintritt in die gekreuzten Felder:

$$v_x = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m_e} \cdot U_B}$$

Leiten Sie die Gleichung für die Geschwindigkeit v_x begründet her. Berechnen Sie die Geschwindigkeit v_x .

2.2 Leiten Sie für die Geschwindigkeit der geradlinig durch den Kondensator in x-Richtung fliegenden Elektronen die Gleichung $v_x = \frac{E}{B}$ begründet her. Bestimmen Sie den Betrag der magnetischen Flussdichte B so, dass die Elektronen mit der in der Aufgabe 2.1 berechneten Geschwindigkeit v_x die gekreuzten Felder bei einer Kondensatorspannung von $U_K = 1500$ V geradlinig durchlaufen.

2.3 Untersuchen Sie qualitativ das Verhalten von Elektronen, die mit einer höheren oder niedrigeren Geschwindigkeit v_x in die Anordnung eintreten als jene, die diese Anordnung bei gekreuzten Feldern geradlinig durchlaufen.

2.4 Die Spannungen $U_B = 1000$ V und $U_K = 1500$ V bleiben unverändert, das Magnetfeld wird aber abgeschaltet. Für die Bahnkurve der Elektronen im elektrischen Feld gilt dann

$$y = \frac{1}{2} a_y \cdot \frac{x^2}{v_x^2}$$

Zeigen Sie, dass dabei für die Beschleunigung a_y der Elektronen im Kondensator

$$a_y = \frac{e \cdot U_K}{d \cdot m_e}$$

gesetzt werden kann. Überprüfen Sie, ob die Elektronen vor dem Verlassen des Kondensators auf der oberen Platte auftreffen.

Hinweis: m_e ist die Elektronenmasse und d der Plattenabstand des Kondensators.