

**Allgemeine Hinweise:**

- Kommentieren Sie Ihre Lösungen! (Erläuterungen, Begründungen, Folgerungen)
- Rechnen Sie in SI-Einheiten (kg, m, s etc.)!
- Überprüfen Sie die physikalischen Einheiten in Ihren Rechenschritten und Lösungen! (Vor allem bei längeren Rechenwegen!)
- Lesen Sie die Aufgaben zunächst alle einmal und beginnen Sie dann mit der für Sie einfachsten Aufgabe!

Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, Formelsammlung, Schreibutensilien

**Die Fadenstrahlröhre**

- Schildern sie kurz die Funktionsweise einer Fadenstrahlröhre und erläutern Sie, welche physikalischen Erkenntnisse es liefert.
- Im Fadenstrahlrohr werden Elektronen zunächst mit Hilfe einer Elektronenkanone beschleunigt. Im homogenen Magnetfeld eines stromdurchflossenen Helmholtz-Spulenpaares bewegen sie sich dann auf einer Kreisbahn.
  - Begründen Sie, warum die Elektronen eine Kreisbahn durchlaufen.

Nehmen Sie nun an, dass die Elektronen vertikal nach oben aus der Elektronenkanone herausgeschossen werden. Die Richtung des Magnetfeldes weise von vorn nach hinten (also in die Zeichenebene hinein).

- Fertigen Sie eine Skizze an. In welche Richtung werden die Elektronen im Fadenstrahlrohr abgelenkt?
  - Wie ändert sich die Bewegung, wenn das Magnetfeld von hinten nach vorn (also aus der Zeichenebene heraus) weist?
- Für den Radius  $r$  gilt in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung  $U_a$  und der Magnetfeldstärke  $B$ :
 
$$r^2 = \frac{2 \cdot m \cdot U_a}{e \cdot B^2}$$
 Leiten Sie die angegebene Formel für den (quadratischen) Radius theoretisch her.

- Die magnetische Flussdichte  $B$  des Magnetfeldes wird mit Hilfe einer geeigneten Apparatur bestimmt. Es sei hier  $B = 0,88 \text{ mT}$ . In Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung  $U_a$  wird dann der Radius  $r$  der Kreisbahn ausgemessen. Dabei werden die folgenden Wertepaare festgestellt:

$U_a$ in V	90	110	130	150	170	190	210	230
$r$ in cm	3,7	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,8	6,0
$r^2$ in $\text{cm}^2$								

- Füllen Sie die dritte Tabellenzeile. Tragen Sie die Werte in ein  $U_a$ - $r^2$ -Diagramm ein ( $U_a$  in V nach rechts,  $r^2$  in  $\text{cm}^2$  nach oben), sodass der Graph eine Ursprungsgerade wird. Wählen Sie für die Achsen jeweils einen geeigneten Maßstab.
- Ermitteln Sie in Ihrer Zeichnung die Steigung der Geraden (in  $\frac{\text{cm}^2}{\text{V}}$  bzw. in  $\frac{\text{m}^2}{\text{V}}$ ).
- Bestimmen Sie mithilfe der ermittelten Steigung und der oben angegebenen Formel die Elektronenmasse (die Elementarladung  $e$  sei bekannt, s. Formelsammlung). Vergleichen Sie den gefundenen Wert mit dem Literaturwert.

**Kombinierte elektrische und magnetische Felder** *Mit gekreuzten E- und B-Feldern lassen sich geladene Teilchen gezielt in eine Richtung lenken bzw. beschleunigen und untersuchen.*

In einem Demonstrationsversuch zum Wien-Filter werden Protonen in einer Röhre mit 3 kV beschleunigt. Am Kondensator (Plattenabstand  $d = 5 \text{ cm}$ ) des Geschwindigkeitsfilters liegt die Spannung  $U_c = 10 \text{ kV}$ .

2.1.

- Erklären Sie die Wirkungsweise des Wien-Filters.
- Ermitteln Sie die magnetische Feldstärke  $B$ , welche die Protonen unabgelenkt passieren lässt.

Hinter dem Wien-Filter befindet sich nun ein Bereich, der von einem magnetischen Feld der Stärke  $B'$  durchsetzt ist, dessen Feldlinien parallel zu  $B$  verlaufen.

- Berechnen Sie die magnetische Feldstärke  $B'$ , die nötig ist, um das Proton auf eine (Halb-) Kreisbahn mit dem Durchmesser 0,5 m zu zwingen (damit die Ausmaße des Gerätes auf Tischgröße beschränkt werden können).

Nun möchte man schnellere Protonen untersuchen. Dazu beschleunigt man sie vor Eintritt in den Wienfilter mit einem Zyklotron. In diesem ist der maximale Krümmungsradius der Bahnkurve von geladenen Teilchen  $R = 0,8 \text{ m}$ . Die magnetische Feldstärke beträgt  $B_z = 1,5 \text{ T}$  (Index „z“, damit keine Verwechslung mit  $B$  aus 2.1. auftritt).

- Ermitteln Sie die Potentialdifferenz (= Spannung), die die Protonen in einem elektrischen Feld durchlaufen müssten, um dieselbe Endgeschwindigkeit wie in dem Zyklotron zu erhalten.