

8. Geschwindigkeitsfilter („Wienfilter“)

- I. In einer Elektronenstrahl-Ablenkrohre treten Elektronen mit der Geschwindigkeit \mathbf{v} in ein homogenes elektrisches Feld \mathbf{E} ein, welches senkrecht von einem homogenen magnetischen Feld \mathbf{B} überlagert ist. Dabei sollen \mathbf{E} und \mathbf{B} so gewählt werden, daß die Elektronen die Anordnung geradlinig durchlaufen. (\mathbf{E} werde als Feld eines Plattenkondensators, \mathbf{B} als Feld einer Helmholtz-Spule realisiert.)

- a) Fertige eine Zeichnung an, aus der insbesondere die Richtung von \mathbf{E} und diejenige von \mathbf{B} hervorgehen, um die geradlinige Bahn zu ermöglichen.
- b) Leite begründet her, daß sich für die oben beschriebene Situation die Bedingung

$$\mathbf{v} = \mathbf{E}/\mathbf{B}$$

ergibt.

- c) Berechne die Geschwindigkeit der Elektronen für $E = 2,5 \cdot 10^6 \text{ V/m}$ und $B = 0,5 \text{ T}$.
- d) Begründe folgende Aussage:
„Falls eine Elektronenquelle vorläge, die gleichzeitig Elektronen unterschiedlicher Geschwindigkeit emittiert (z. B. ein β -Strahler), könnte mit der oben beschriebenen Anordnung („Wiensches Geschwindigkeitsfilter“) die Sortierung der Elektronen in drei Geschwindigkeitsgruppen vorgenommen werden.“
- e) Untersuche, ob das Wienfilter auch auf positive Ladungen (Ionen, Positronen) anwendbar ist.

- II. Ein positive geladenes Wasserstoff-Ion (H^+ -Ion oder Proton) durchläuft im Hochvakuum die Beschleunigungsspannung $U_B = 5,00 \text{ kV}$ und tritt dann senkrecht zu den Feldlinien in das elektrische Feld eines Plattenkondensators von $6,0 \text{ cm}$ Plattenlänge und $d = 10 \text{ mm}$ Plattenabstand ein. An den Platten liegt die Spannung $U = 400 \text{ V}$. (Masse eines Protons: $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

- a) Berechne den Betrag v der Geschwindigkeit, mit der das H^+ -Ion in das Kondensatorfeld eintritt.
- b) Berechne den Betrag F_E der elektrischen Kraft, die das H^+ -Ion im Kondensatorfeld \mathbf{E} erfährt; entscheide, ob man die Gewichtskraft \mathbf{G} des Protons gegenüber der elektrischen Kraft \mathbf{F}_E vernachlässigen kann.
- c) Ermittle die Feldstärke \mathbf{B} des homogenen Magnetfelds, welches man dem homogenen elektrischen Feld \mathbf{E} senkrecht überlagern müßte, damit das H^+ -Ion die Anordnung geradlinig durchläuft.
- d) Vergleiche die Bahn eines D^+ -Ions ($\text{D} = \text{H-2-Isotop} = \text{schweres Wasserstoffatom} = \text{Deuterium-Atom}$; $m_D = 2m_p$) mit derjenigen eines Protons, wobei beide Teilchen mit jeweils derselben Geschwindigkeit v in die oben beschriebene Anordnung eintreten (Beträge von \mathbf{E} und \mathbf{B} aus Aufgabe c)).