

3 Ionen in elektrischen und magnetischen Feldern

Beim Aston'schen Massenspektrographen durchlaufen die Ionen ein Geschwindigkeitsfilter, das aus einem gekreuzten elektrischen und magnetischen Feld ($\vec{E} \perp \vec{B}_1$) besteht (Bild 4).

3.1 Erläutern Sie, wie mit diesem Filter alle Ionenarten gleicher Geschwindigkeit ausgewählt werden. Begründen Sie Ihre Überlegungen.

Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Ionen, wenn sie sich bei einer elektrischen Feldstärke von $E = 764 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ und einer magnetischen Flussdichte $B_1 = 3,9 \text{ mT}$ geradlinig durch das Geschwindigkeitsfilter bewegen.

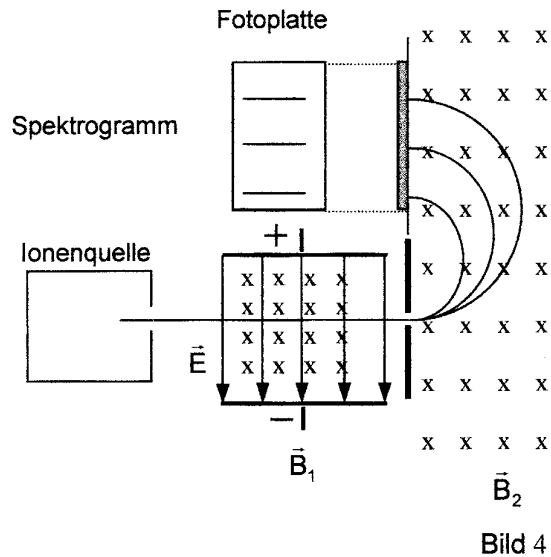


Bild 4

3.2 Ein Strahl einfach ionisierter Neonatome durchläuft das Geschwindigkeitsfilter mit einer Geschwindigkeit $v = 2,0 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Sie werden im magnetischen Feld mit $B_2 = 0,6 \text{ T}$ auf verschiedene Kreisbahnen gezwungen.

Geben Sie die Ursache für diesen Sachverhalt an.

Bestimmen Sie die Masse eines Teilchens mit dem Bahnradius $r = 7,28 \text{ cm}$.

3.3 Bei einem Versuch werden Deuteronen (Atomkerne des schweren Wassers mit $m = 3,3 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ und $Q = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) in einem Zyklotron beschleunigt (Bild 5). Dabei ist die Anfangsgeschwindigkeit vernachlässigbar klein. Während eines vollen Umlaufs wird ein Deuteron zweimal beschleunigt.

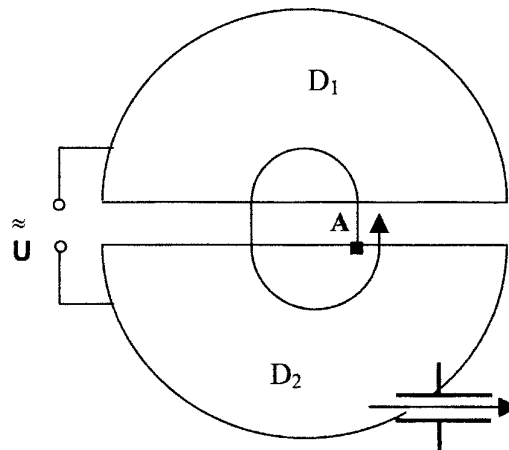


Bild 5

Zeigen Sie, dass für die Endgeschwindigkeit der Deuteronen nach n vollen Umläufen gilt:

$$v = \sqrt{4n \cdot \frac{Q}{m} \cdot U}$$

Berechnen Sie die Anzahl der vollen Umläufe, die bei einer Spannung von $U = 1,0 \text{ kV}$ notwendig sind, damit die Deuteronen mit einer Geschwindigkeit von $v = 5,82 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ die Apparatur verlassen können.

Begründen Sie, dass mit einem solchen Zyklotron Geschwindigkeiten in der Nähe der Lichtgeschwindigkeit für Ionen unmöglich sind.