

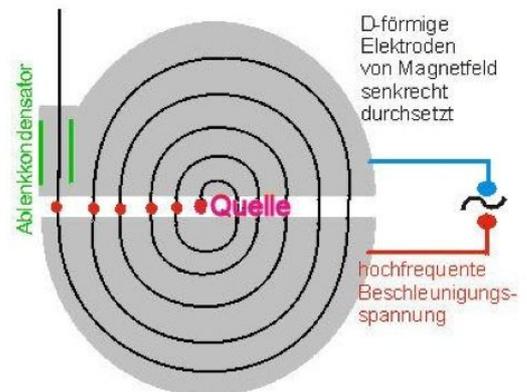
Allgemeine Hinweise:

- 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!)
- „Erläutern“ und „erklären“ heißt: Sachverhalte auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen.

Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, Formelsammlung, Schreibutensilien

Teilchenbeschleuniger Ein Zyklotron (siehe Abbildung) dient zur Beschleunigung geladener Teilchen auf nicht-relativistische Geschwindigkeiten ($v \ll 0,1 \cdot c$, mit $c = 300000 \text{ km/s}$).

In einem starken magnetischen Feld mit der konstanten Flussdichte \vec{B} befinden sich im Vakuum zwei hohle D-förmige Elektroden, die durch einen schmalen Spalt getrennt sind. Aus einer Quelle in der Mitte des Zyklotrons treten geladene Teilchen mit der Masse m und der Ladung q in das Magnetfeld ein. Sie beschreiben dabei eine halbkreisförmige Bahn. Bei jedem Durchgang durch den Spalt – bei jedem kompletten Umlauf also zwei Mal – werden sie durch eine Wechselspannung mit konstanter Hochfrequenz f , die an die Umlaufdauer T der geladenen Teilchen gekoppelt ist, immer weiter beschleunigt. Schließlich werden die Teilchen mit einem Ablenkcondensator herausgelenkt und stehen dann für weitere Experimente zur Verfügung.

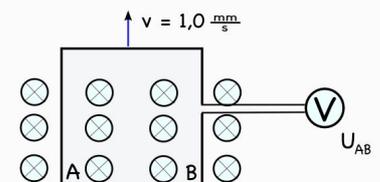


- 1.1.
- Wie muss der Feldvektor \vec{B} des magnetischen Feldes in der Abbildung gerichtet sein, wenn es sich bei den Teilchen um Protonen handelt?
 - Leiten Sie anhand einer geeigneten Kräftebetrachtung den Zusammenhang zwischen dem Halbkreis-Bahnradius r und dem Betrag der Geschwindigkeit v der Teilchen her. (zur Kontrolle: $v = B \cdot \frac{q}{m} \cdot r$)
- 1.2.
- Zeigen Sie, dass für die Frequenz f der Wechselspannung sinnvollerweise folgende Einstellung gewählt wird:

$$f = \frac{B \cdot q}{2\pi m}$$
 - Berechnen Sie die notwendige Frequenz für Protonen bei einer magnetischen Flussdichte von $B = 1,3 \text{ T}$.
- 1.3.
- Berechnen Sie den Geschwindigkeitszuwachs, den die Protonen bei jedem vollständigen Umlauf erhalten, wenn sie im Spalt zwischen den Elektroden durch eine Spannung von $U = 12 \text{ kV}$ beschleunigt werden.
 - Wie lange dauert es, bis ein anfangs ruhendes Proton im Zyklotron eine Geschwindigkeit von $v = 0,1 \cdot c$ erreicht hat?

Induktion Ohne elektrische Energie kann man sich unsere technische Zivilisation kaum noch vorstellen. Im Jahre 2009 wurden in Deutschland 98% des elektrischen Stromes durch Induktion erzeugt.

- 2.1. Ein quadratischer Rahmen mit der Seitenlänge 6 cm hat 500 Windungen. Das homogene Magnetfeld hat die Flussdichte $B = 2,1 \text{ mT}$. Der Rahmen befindet sich teilweise im B-Feld. Er wird mit der konstanten Geschwindigkeit von $1,0 \text{ mm/s}$ nach oben gezogen. Berechnen Sie die Spannung U_{AB} zwischen A und B, bevor der Rahmen das Feld verlässt. Geben Sie die Polung der Spannung zwischen A und B an.



- 2.2. Die Unterkante des Rahmens befindet sich jetzt am oberen Rand des B-Feldes. Aus der Ruhe beginnt es zum Zeitpunkt $t = 0 \text{ s}$ frei in das B-Feld zu fallen.
- Berechnen Sie den Zeitpunkt, zu dem der Rahmen ganz in das B-Feld eintaucht.
 - Berechnen Sie den Zeitpunkt, zu dem der Rahmen das B-Feld verlässt (das B-Feld hat eine vertikale Ausdehnung von 10 cm).
 - Zeichnen Sie das $t - U_{AB}$ -Diagramm für die Zeit $0 \leq t \leq 130 \text{ ms}$.
 - Erläutern Sie die Lenzsche Regel und erklären Sie, warum sie bei dem Experiment keine Rolle spielt.