1. **Zyklotron**

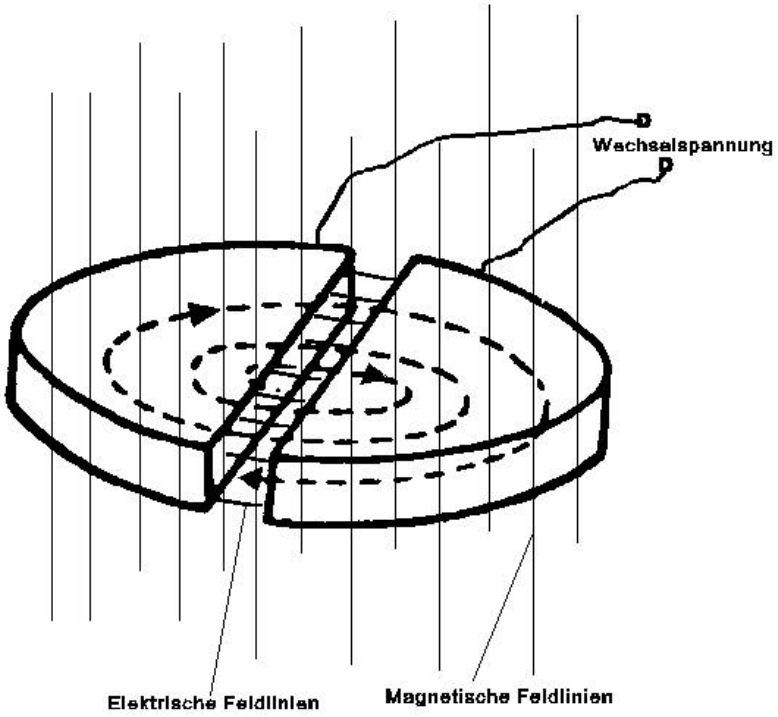


Bild zeigt das Prinzip eines Zyklotrons. Die Teilchen (hier Deuteronen, daher im Weiteren mit $m_D$) werden mit einer Einschussgeschwindigkeit $v_L$ eingebracht und dann weiter beschleunigt. Das Zyklotron besteht aus zwei metallenen, aber nicht ferromagnetischen "Halbdosen" (Duanten), die mit einem Spalt getrennt und mit einer Wechselspannungsquelle verbunden sind. Beide Duanten werden vom magnetischen Feld in der skizzierten Art durchstoßen.

(a) Erkläre die Arbeitsweise des Zyklotrons, insb. die Funktion des elektrischen und des magnetischen Feldes, sowie die genaue Form der Bahn (Skizze).

(b) Es sei $B = 1,5$ T und der Spitzenwert der "Spalt-/Beschleunigungsspannung" $\widehat{U} = 80$ kV.
Zeige, dass für den ersten Radius gilt:

$$r = \sqrt{\frac{2U \cdot m_D}{B^2 \cdot q}}.$$

Zeige, dass für den $i$-ten Radius (nach dem $i$-ten Spaltendurchgang) gilt:

$$r_i = \sqrt{i} \cdot \sqrt{\frac{2U \cdot m_D}{B^2 \cdot q}}.$$

(c) Erkläre anhand eines Terms für die Umlaufzeit der Teilchen $T$, daß man während der Beschleunigungsphase nur mit einer Frequenz $f$ der Beschleunigungsspannung auskommt, und berechne diese für Deuteronen.

(d) Berechne den Energiezugewinn nach einem Durchlauf des Spalts in Joule und in Elektronenvolt.
Wieviele Durchläufe wären nötig, um den Deuteronen eine Austrittsenergie von $3,5 \cdot 10^{-11}$ J zu verleihen
und wie groß müßten dazu die Duanten sein?

(e) Mit welcher Geschwindigkeit treten die Deuteronen aus dem Zyklotron heraus?

erforderliche Konstanten:
$e = 1.60 \times 10^{-19}$ C
$m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg
$m_P = m_N = 1.67 \times 10^{-27}$ kg
ein Deuteron besteht aus einem Proton und einem Neutron.