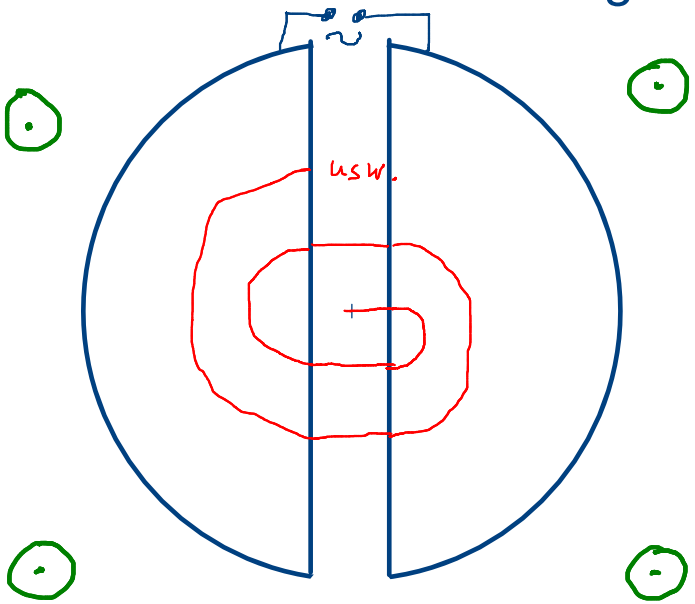
Teilchenbeschleuniger

Zyklotron:



(hohle D-förmige Elektroden; darin kein E-Feld)

$$\frac{mv^2}{r} = qvB \Leftrightarrow r = \frac{mv}{qB}$$

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \omega r$$

$$\frac{mv^2}{r} = qvB \Leftrightarrow \frac{mv}{r} = qB$$

$$\Leftrightarrow \frac{m\omega r}{r} = qB$$

$$\Leftrightarrow \omega = \frac{qB}{m}$$

$$\left(\Leftrightarrow T = \frac{2\pi m}{qB} \right)$$

D.h. Umlauffrequenz (-dauer) bleibt konstant!
(Solange sich m nicht ändert, womit man erst rechnen muss ab v ≈30000km/s= $3 \cdot 10^7 \frac{m}{s}$)

Die Frequenz der Beschleunigungsspannung kann daher fest eingestellt werden.

Für höhere v muss diese jedoch veränderlich sein (technisch aufwändiger): Synchrozyklotron

Aufgaben

1. ~~Ein α-Teilchen besitzt eine Masse von $6{,}64 \cdot 10^{-27}$ kg. Berechnen Sie den Radius der Kreisbahn, die ein α-Teilchen beschreibt, wenn es von der Spannung $U = 200$ V beschleunigt in einem Magnetfeld der Stärke $B = 120$ mT senkrecht zu den Feldlinien fliegt.~~
2. In einem Zyklotron ist der maximale Krümmungsradius der Bahnkurve von geladenen Teilchen $R = 0{,}8$ m. Die magnetische Feldstärke beträgt $B = 1{,}5$ T. Ermitteln Sie die Potentialdifferenz, die Protonen in einem elektrischen Feld durchlaufen müssten, um dieselbe Endgeschwindigkeit wie in dem Zyklotron zu erhalten.

   Spannung
3. Ein Zyklotron gibt α-Teilchen ($m = 6{,}64 \cdot 10^{-27}$ kg) mit einer Energie von $2{,}5 \cdot 10^{-12}$ J ab. Die magnetische Feldstärke beträgt 2 T. Berechnen Sie den größten Krümmungsradius der Bahnkurven dieser α-Teilchen.

1) $\frac{mv^2}{r} = qvB$

$\Rightarrow \quad r = \frac{mv}{qB}$

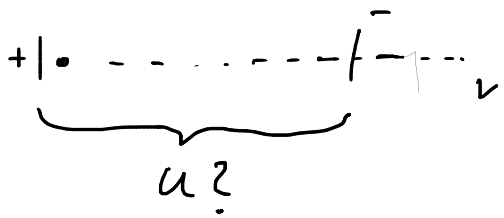
$v = \sqrt{2qU/m}$

$\Rightarrow \quad r = \frac{\sqrt{2mU/q}}{B}$

$= 0{,}024\ m$

2) $U = \frac{1}{q} \cdot \frac{1}{2} m v^2$

d.h. v_{max} im Zykl. ist gesucht



$qvB = \frac{mv^2}{r}$

$v = \frac{qBr}{m}$, $r = R = 0{,}8m$,

$= 115000\ km/s$

$\Rightarrow \quad U = \frac{1}{q} \cdot \frac{1}{2} m v^2$

$= 69\ MV$

$6 \cdot 10^{23} = N_A$

$u = \frac{1}{6 \cdot 10^{23}}\ g$

$= 1{,}67 \cdot 10^{-27}\ kg$

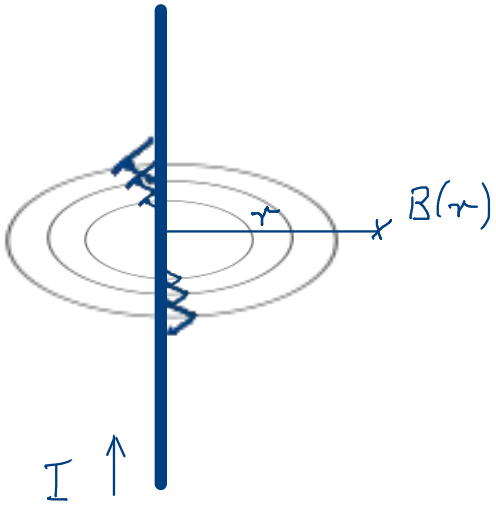
$= m_p$

Ein Kondensator ("Linearbeschleuniger"), der das Proton auf die gleiche Geschwindigkeit bringt wie das Zyklotron, müsste mindestens 7m lang sein, damit keine spontane Entladung durch die Luft (Blitz) stattfindet.

Elektromagnetismus

Die magnetische Wirkung bewegter Ladungen (elektrischer Ströme)

Das Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters hat die Form von konzentrischen Kreisen:

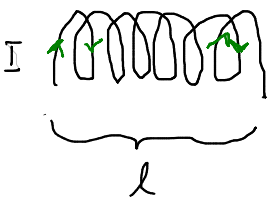


$$B \sim \frac{I}{r}$$

$$\boxed{B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi r}}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$$

Das Magnetfeld einer Spule lässt sich daraus berechnen als Summe (Integral) über alle Einzelströme:



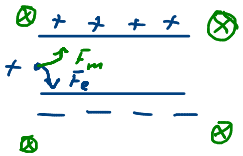
$$\boxed{B = \mu_0 \frac{n I}{l}}$$

n = Windungszahl

(Gilt eigtl. nur für das Innere von langgestreckten Spulen.)

Physiktest / Hausaufgabenüberprüfung

erlaubte Hilfsmittel: TR, Heft, Formelsammlung
unerlaubte Hilfsmittel: Nachbar/-in, Internet



In einem Demonstrationsversuch zum Wien-Filter werden Elektronen in einer Röhre mit $U_A = 1500$ V beschleunigt. Am Kondensator (Plattenabstand $d = 5$ cm) des Geschwindigkeitsfilters liegt die Spannung $U_C = 10{,}1$ kV.

a) Erklären Sie die Wirkungsweise des Wien-Filters.

b) Ermitteln Sie die magnetische Feldstärke B, welche die Elektronen unabgelenkt passieren lässt.

$F_m = F_e \Rightarrow$ geradlin.

$\Leftrightarrow qvB = qE$

$\Rightarrow v = E/B$

$U_c = E \cdot d \Leftrightarrow E = \frac{U_c}{d}$

b) $B = \frac{E}{v} = \frac{U_c}{d \cdot v}$

$\frac{1}{2} m v^2 = q U_A$

$\Leftrightarrow v = \sqrt{2 \frac{q}{m} U_A}$

$= \frac{U_c}{d\sqrt{2\frac{q}{m}U_A}} = \frac{10100\,V}{0{,}05\,m \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19}\,C}{9{,}1 \cdot 10^{-31}\,kg} \cdot 1500\,V}} = 0{,}009\,T = 9\,mT$

$[B] = \frac{V}{m\sqrt{\frac{C}{kg} \cdot V}} \overset{?}{=} T = \frac{N}{m\,A}$

$N = kg \frac{m}{s^2}$

$U = \frac{W}{q}$

$[U] = \frac{Nm}{C}$

$C = As$

$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$

$\Rightarrow = \frac{\frac{Nm}{C}}{m\sqrt{\frac{C}{kg} \cdot \frac{Nm}{C}}} = \frac{\frac{Nm}{C}}{m\sqrt{\frac{Nm}{kg}}}$

$E = \frac{F}{q}$, $g = \frac{F}{m}$, $B = \frac{F}{lI}$

$= \frac{\frac{Nm}{C}}{m\sqrt{\frac{kg\,m\,m}{s^2\,kg}}} = \frac{\frac{Nm}{C}}{m \cdot \frac{m}{s}}$

$= \frac{\frac{Nm}{C}}{\frac{m^2}{s}} = \frac{Nm\,s}{C\,m^2}$

$= \frac{N\,s}{As\,m} = \frac{N}{Am} = T$ □

<-- 30.3.2012