2) a) nach oben

b) $F = I \cdot a \cdot B = 0{,}285\,N$

3) ges.: B, geg.: $m, l, I, (g)$

$F_G = m g = F_L = I \cdot l \cdot B$

$B = \frac{m g}{I \cdot l} = 16{,}3\,mT$

2) nach unten

$F = q v B = -3 \cdot 10^{-7}\,N = -0{,}3\,\mu N$

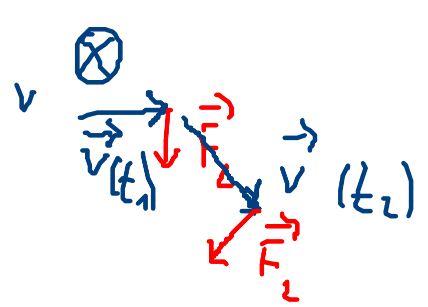
$= -300\,nN$

3) B nach Norden

$F = m g$ soll kompensiert werden durch

$\stackrel{!}{=} F_L = e v B \Rightarrow B = \frac{m g}{e v} = 2{,}7\ 10^{-9}\,T$

4)



ges.: v für $r = 15\,cm$

u. $B = 28\,mT$

u. $q = e$, $m = m_e$

$F_L = F_Z \Leftrightarrow e v B = \frac{m v^2}{r}$

$\Rightarrow v = \frac{e B r}{m} = 7{,}38\ 10^8\ m/s$

5) $F_L = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\varphi = \begin{cases} 5{,}3 \cdot 10^{-15}\,N & \varphi = 90° \\ 4{,}6\ \text{''} & \varphi = 60° \\ 2{,}7\ \text{''} & \varphi = 30° \\ 0\,N & \varphi = 0° \end{cases}$

$E_{kin} = E_{pot}$

$\Leftrightarrow \frac{1}{2} m v^2 = q U \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 q U}{m}} = 1{,}39 \cdot 10^5\,\frac{m}{s}$

S. 233/2,3:

2. Das an einem Ort nach Norden verlaufende magnetische Erdfeld hat die Horizontalkomponente $B_H = 19\,\mu T$.

a) Ermitteln Sie die Richtung der Kraft, die das horizontale Feld auf eine in Ost-West-Richtung verlaufende Freileitung ausübt, wenn der Strom nach Osten fließt.

b) Berechnen Sie die Kraft, wenn $I = 100$ A und der Abstand zwischen zwei Masten $a = 150$ m betragen.

3. Ein waagerechter Draht der Masse $m = 50$ g und der Länge $l = 1$ m, durch den ein Strom von $I = 30$ A fließt, wird von einem Magnetfeld in der Schwebe gehalten. Berechnen Sie die Stärke B des Magnetfeldes.

S. 235/2-5:

2. Eine Kugel mit der Ladung $q = -2$ nC fliegt in einem waagerecht nach Süden gerichteten Magnetfeld der Stärke $B = 500$ mT mit der Geschwindigkeit $v = 300$ m/s in westlicher Richtung. Ermitteln Sie Betrag und Richtung der magnetischen Kraft auf die Kugel.

3. Ermitteln Sie die Richtung und den Betrag der magnetischen Feldstärke B, mit der die Gewichtskraft eines Elektrons, das waagerecht nach Westen mit der Geschwindigkeit $v = 2$ cm/s fliegt, kompensiert wird.

4. Ein Elektron fliegt mit der Geschwindigkeit v senkrecht zu den Feldlinien eines homogenen Magnetfeldes. Erklären Sie, warum das Elektron auf einer Kreisbahn fliegt, und berechnen Sie dessen Geschwindigkeit v für den Kreisbahnradius $r = 15$ cm und die Feldstärke $B = 28$ mT.

5. Ein α-Teilchen ($Q = 2e$, $m_\alpha = 6{,}64 \cdot 10^{-27}$ kg) durchläuft die Beschleunigungsspannung $U = 200$ V und tritt dann in ein Magnetfeld der Stärke $B = 0{,}12$ T ein. Berechnen Sie die magnetische Kraft für die Fälle, dass die Geschwindigkeit mit B einen Winkel von **a)** $\varphi_1 = 90°$, **b)** $\varphi_2 = 60°$, **c)** $\varphi_3 = 30°$ und **d)** $\varphi_4 = 0°$ einschließt.

Bestimmung der Elektronenmasse mit der Fadenstrahlröhre

Vorgehensweise/theoretische Vorüberlegungen:

Hallsonde: welche? I - B - Zusammenhang, um mit Spulenstrom I das B zu berechnen (weil die Röhre keinen Platz für Hallsonde lässt)

e^- auf Kreisbahn: als Zentripetalkraft wirkt die Lorentzkraft

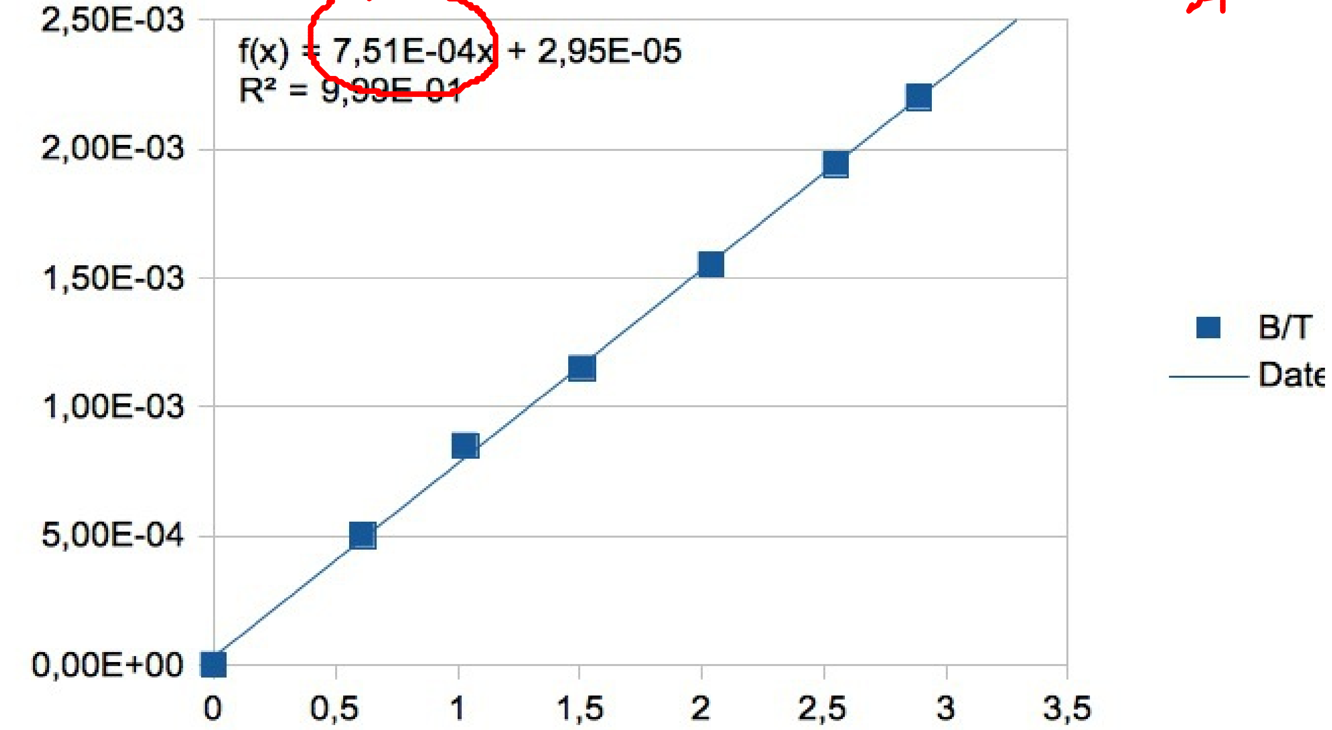
$$F_Z = F_L \Leftrightarrow m\frac{v^2}{r} = e v B \Rightarrow \ldots \Rightarrow$$ Bei Kenntnis von e

$$m = \frac{r^2 B^2 e}{2 U_a}$$

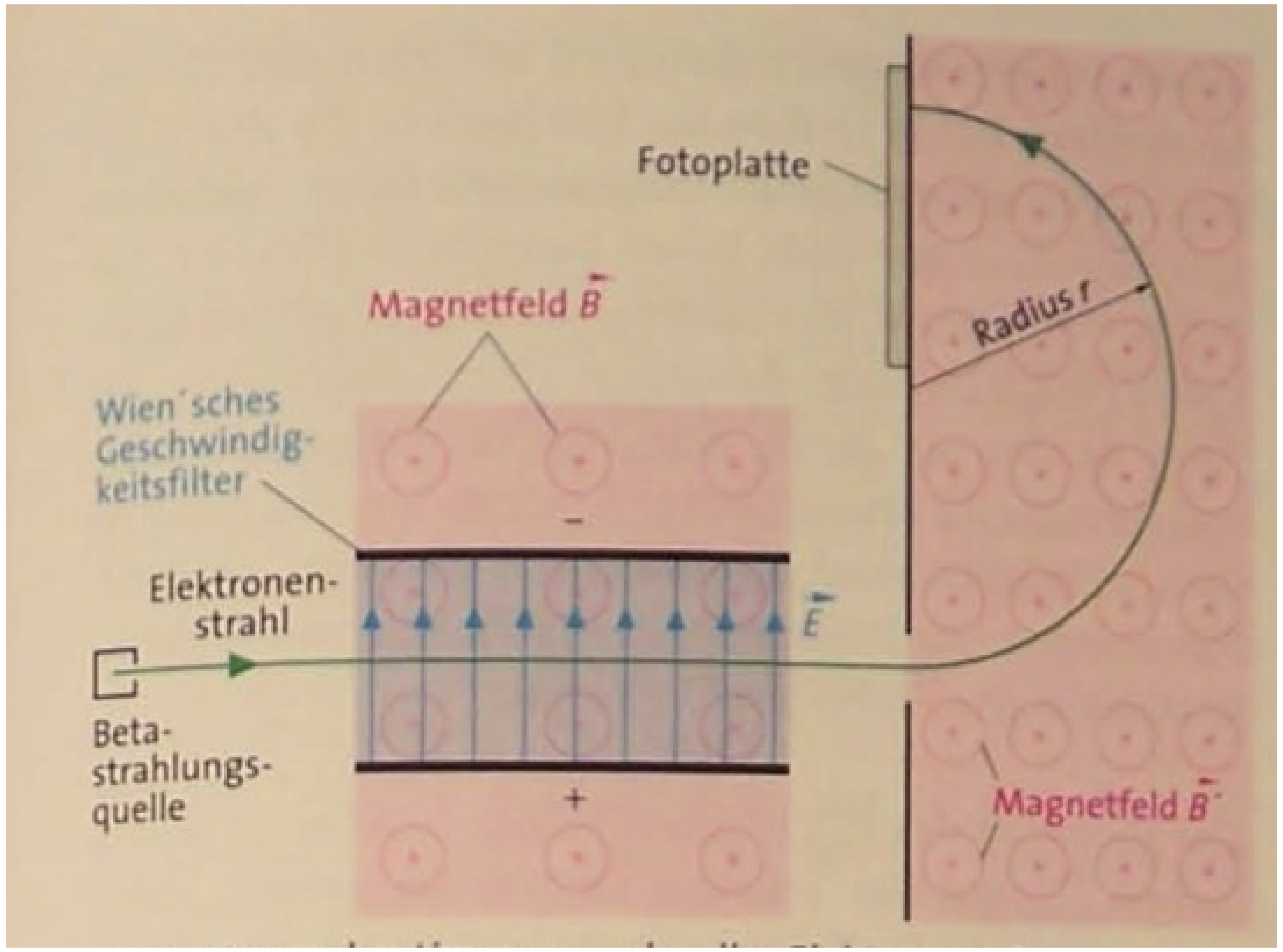
Kaffee, gute Laune, Konzentration

I/A	U/V	B/T
0	0,000	0,00E+00
0,61	0,050	5,00E-04
1,03	0,085	8,50E-04
1,51	0,115	1,15E-03
2,04	0,155	1,55E-03
2,55	0,194	1,94E-03
2,89	0,220	2,20E-03

$\Rightarrow B = 7{,}51 \cdot 10^{-4}\, I \; \frac{T}{A}$



Wienfilter und Massenspektrometer



Wenn die geladenen Teilchen den Filter gerade durchlaufen, haben sie die Geschw.

$v = E/B$ (denn $F_E = F_L \Leftrightarrow qE = qvB$)

Dann treten sie in B' ein und erfahren eine Lorentzkraft, die als Zentripetalkraft wirkt:

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

Für den Radius der (Halb-) Kreisbahn ergibt sich: $r = \frac{mv^2}{qvB'} = \frac{mv}{qB'} = \frac{m\,E}{q\,B\,B'}$ (E, B, B' einstell- und ablesbar)

$\Rightarrow$ Der Radius hängt nur noch von m ab;
das Massenspektrometer kann Massen extrem genau über eine einfache Radiusmessung bestimmen.

Das Zyklotron

(aus Abi NRW 2008)

Zur Erforschung von Elementarteilchen und auch zum Einsatz in Medizin und Technik benö- tigt man Teilchen, die hohe Energie besitzen. Diese hohen Energien erreicht man in so genannten Beschleunigern. Eine spezielle Ausführung eines Beschleunigers ist das Zyklotron.

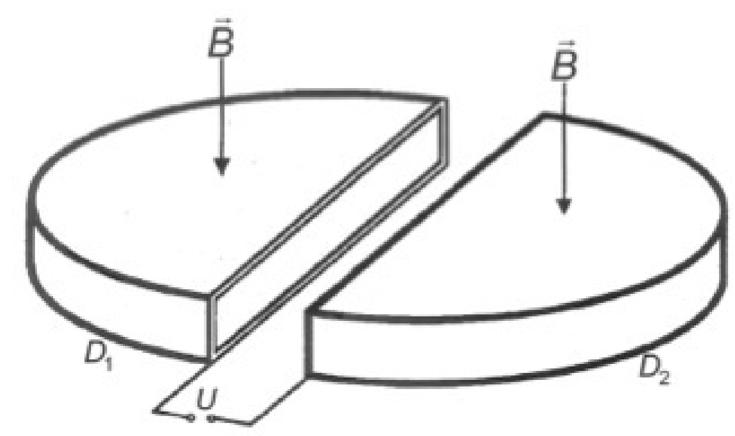


Abbildung 1a

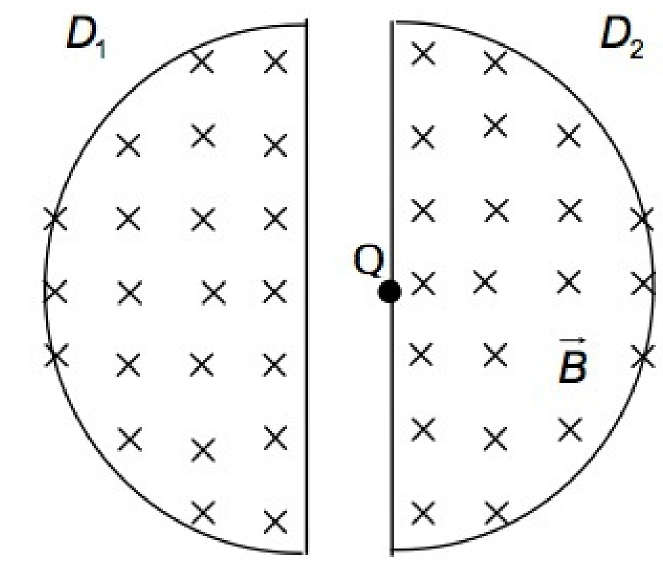


Abbildung 1b: Ansicht von oben (Draufsicht)

Die Richtung des elektrischen Feldes, d.h. die Spannung U = E d muss nach jedem halben Umlauf (also während des Aufenthalts in einem Duanten) umgekehrt werden, denn nur so werden sie jedes Mal im Spalt beschleunigt.
Das ist mit einer zwischen den D-förmigen Elektroden angelegten Wechselspannung konstanter Frequenz f nur möglich, weil die Umlaufdauer T = 1/f unabhängig vom Bahnradius r und der Bahngeschwindigkeit v ist.
Es wirkt wieder die Lorentzkraft als Zentripetalkraft:

$$F_Z = F_L \quad \Leftrightarrow \quad \frac{mv^2}{r} = q \cdot v\, B$$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{v}{r} = \frac{q \cdot B}{m}$$

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

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi m}{qB}$$ (Umlaufdauer für vollen Kreis)

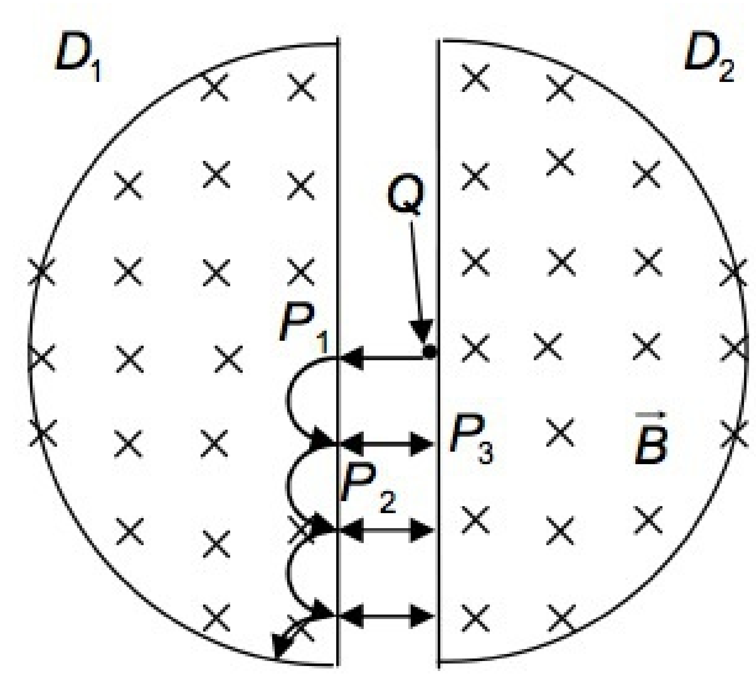
Aufenthaltsdauer in einem Duanten: $\Rightarrow \boxed{T_D = \frac{\pi m}{qB}}$

Frequenz der Wechselspannung: $\Rightarrow \boxed{f_u = \frac{1}{T_D}}$

Abi 2008, Aufgabe Zyklotron

a)

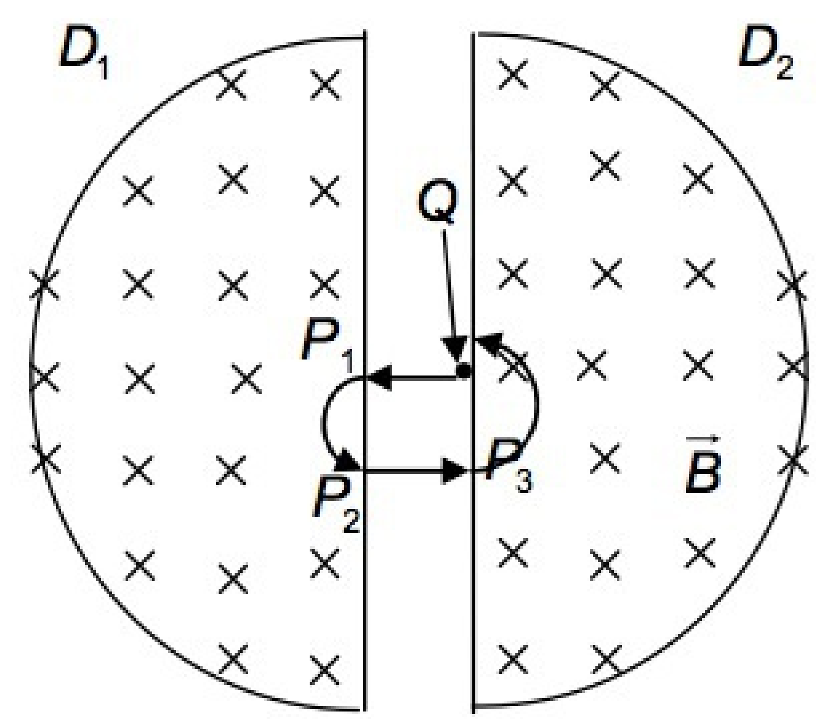
Die Protonen werden aus der Ruhe durch das homogene elektrische Feld bis zum Punkt P_1 gleichmäßig beschleunigt (geradlinig, gleichmäßig positiv beschleunigte Bewegung). Sie treten dort senkrecht in das homogene Magnetfeld ein. In diesem zwingt die Lorentzkraft die Protonen auf eine Kreisbahn (gleichförmige Kreisbewegung).



Die Protonen treten im Punkt P_2 wieder in das E-Feld ein und werden durch dieses bis zum Stillstand im Punkt P_3 abgebremst (geradlinig, gleichmäßig negativ beschleunigte Bewegung). Da die Ausgangssituation wieder hergestellt ist, wiederholt sich der beschriebene Ablauf.

b)

Da die Verhältnisse bis zum Austritt aus D_1 im Punkt P_2 gleich sind wie in a), ergibt sich dieselbe Bahn wie in a) beschrieben.
Durch das E-Feld wird das Proton wieder positiv beschleunigt.



Im Duanten D_2 beschreibt es wegen der größeren Geschwindigkeit einen Halbkreis mit größerem Radius als in D_1.

(Aber nicht doppelt so groß, weil die Energie, nicht aber die Geschwindigkeit, beim 2. Durchgang verdoppelt wird!)

c) Die Lorentzkraft wirkt als Zentripetalkraft und somit gilt für die Beträge

$$q \cdot v \cdot B = \frac{m_p \cdot v^2}{r} \text{ und damit } r = \frac{m_p \cdot v}{q \cdot B}.$$

Es gilt für die Aufenthaltszeit $t_D = \frac{\pi \cdot r}{v} = \frac{\pi \cdot m_p}{q \cdot B}$.

Der Radius und proportional dazu der zurückgelegte Weg werden zwar mit wachsender Geschwindigkeit größer, da jedoch der Radius proportional zur Geschwindigkeit wächst, bleibt der Quotient aus Weg und Geschwindigkeit konstant.

d) Die Aufenthaltsdauer in den Duanten ist unabhängig vom Radius. Das Proton durchläuft das elektrische Feld daher immer nach gleichen Zeitintervallen. Dies bedeutet, dass die Frequenz der angelegten Wechselspannung konstant sein kann.

Die Spannung muss bei jedem Verlassen eines Duanten den gleichen Betrag mit wechselndem Vorzeichen haben. Daher muss die Periodendauer der Wechselspannung der Umlaufdauer $T = 2 \cdot t_\mathrm{D}$ eines Protons entsprechen.

Daher ergibt sich für die Frequenz: $f = \frac{1}{T} = \frac{q \cdot B}{2 \cdot \pi \cdot m_\mathrm{P}} = 2{,}29 \cdot 10^7\ \mathrm{Hz}$.

Einheitenumformung: $[f] = \left[\frac{q\,B}{m_p}\right] = \frac{As\ N}{Am\ kg} = \frac{s\ kg\,m}{m\,kg\,s^2} = \frac{1}{s}$

e) Das Proton passiert pro Umlauf zweimal den Spalt:

Es gilt daher $E_\mathrm{kin} = n \cdot e \cdot 2 \cdot U_0 = 100 \cdot 2 \cdot 20\ \mathrm{keV} = 4\ \mathrm{MeV}$.

Aus $\frac{1}{2} \cdot m_\mathrm{p} \cdot v^2 = e \cdot U_\mathrm{gesamt}$ bzw. $v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_\mathrm{gesamt}}{m_\mathrm{p}}}$ folgt $v = 27{,}7 \cdot 10^6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Die Beziehung für den Radius kann entweder aus der Herleitung in Teilaufgabe c) übernommen werden oder muss neu hergeleitet werden.

Die Lorentzkraft wirkt als Zentripetalkraft und somit gilt für die Beträge

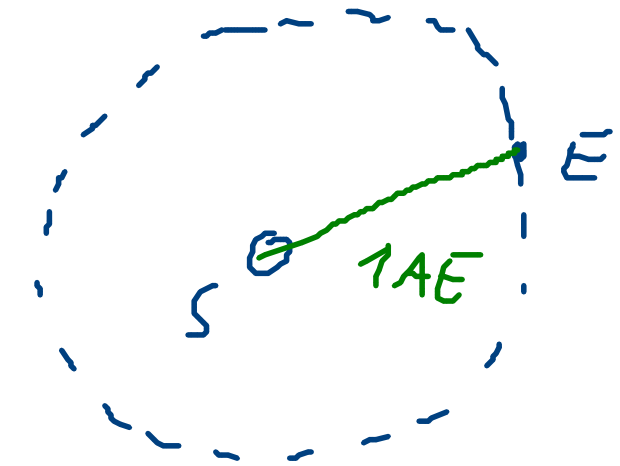
$q \cdot v \cdot B = \frac{m_\mathrm{P} \cdot v^2}{r}$ und damit $r = \frac{m_\mathrm{P} \cdot v}{q \cdot B}$. Einsetzen der Werte liefert $r = 0{,}2\ \mathrm{m}$.

Der Durchmesser muss mindestens 40 cm betragen.

Exkurs:

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \; 1{,}5 \; 10^8 \; km}{365 \cdot 86400 \; s}$$

$$= 30 \; \frac{km}{s}$$



1AE = 150 Mio km

($\varnothing_{Sonne} \approx$ 1,5 Mio km)

<-- 24.1.2013