98) Proton $m_p = 1{,}672 \cdot 10^{-27}\,kg$

$v = 2{,}9 \cdot 10^{6}\,\frac{m}{s}$; $q = e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,C$

$B = 0{,}016\,T$; $\vec{v} \perp \vec{B}$

Kreisbahn: $F_L = F_Z$

$$B \cdot q \cdot v = \frac{m v^2}{r} \quad \Big| \cdot \left(\frac{r}{B \cdot q \cdot v}\right)$$

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

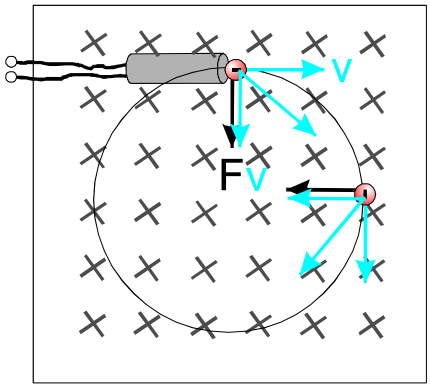
$$= \frac{1{,}672 \cdot 10^{-27}\,kg \cdot 2{,}9 \cdot 10^{6}\,\frac{m}{s}}{0{,}016\,T \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,C}$$

$$= \underline{\underline{1{,}89\,m}}$$

$$T = \frac{s}{v} = \frac{2\pi r}{v} = \underline{\underline{4{,}1\,\mu s}}$$

Lösungen Lorentzkraft

46. a) auf die Elektronen wirkt die Lorentzkraft. Sie steht senkrecht zur Richtung der Elektronenbewegung und der Richtung des Magnetfeldes. Damit wirkt sie als Radialkraft.
b)
Radius 6,96 mm
c)da m größer wird, wird auch r größer

geg.:	$v = 1{,}96 \cdot 10^{6}\ \frac{m}{s}$ $B = 1{,}6 \cdot 10^{-3}\ T$	ges.:	r
Lösung:	a) Verlässt das Elektron die Beschleunigungsstrecke, würde es sich mit einer konstanten Geschwindigkeit gerade aus weiter bewegen (Trägheitsgesetz). Da sich die Elektronen aber senkrechte zu den Magnetfeldlinien bewegen, die hier von dem Beobachter weg gerichtet sind (vor: N, hinten S), wirkt senkrecht zur Bewegungsrichtung auf die Elektronen eine Kraft. Diese ruft eine zweite Geschwindigkeitskomponente hervor, die nach unten gerichtet ist. Damit bewegt sich das Elektron entsprechend der resultierende Geschwindigkeit schräg nach unten. Da die Kraft auf das Elektron mit konstanter Größe, aber ständig ändernder Richtung immer senkrecht zu der resultierende Geschwindigkeit wirkt, führt das Elektron eine Kreisbewegung durch. Die Lorentzkraft wirkt hier als Radialkraft.		
	b) Radialkraft = Lorentzkraft $F_L = F_R$ $\frac{m \cdot v^2}{r} = e \cdot v \cdot B$ $r = \frac{m \cdot v}{e \cdot B}$ $r = \frac{9{,}11 \cdot 10^{-31}\ kg \cdot 1{,}96 \cdot 10^{6}\ m \cdot s^{-1}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-3}\ T}$ $r = 6{,}96 \cdot 10^{-3}\ m$ $r = 6{,}96\, mm$ c) Da in der oben stehenden Gleichung nur die Masse größer wird, alle andern Größen aber konstant bleiben, wird der Radius auch größer. Physikalisch gesehen bedeutet dass, dass die Protonen träger sind, mehr Masse haben und damit einen größeren Bogen beschreiben.		
Antwort:	Der Radius der Elektronenbahn beträgt 6,96 mm.		

98.Radialkraft = Lorentzkraft
Radius 1,9 m
Umlaufdauer 4,1 µs = $4{,}1 \cdot 10^{-6}$ s

100. Eine Änderung der kinetischen Energie bedeutet, dass sich der Betrag der Geschwindigkeit ändert. Da die Kräfte auf ein geladenes Teilchen in einem homogenen

Magnetfeld immer senkrecht zum Geschwindigkeitsvektor stehen, bewirken diese Kräfte nur eine Richtungsänderung, aber keine Geschwindigkeitsänderung. Ein homogenes Magnetfeld kann also die kinetische Energie eines geladenen Teilchens nicht ändern.

217.

geg.:	$v_0 = 2{,}0 \cdot 10^5 \frac{m}{s}$ $s = 2 \cdot 10^{-1} m$ $v_E = 8{,}0 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$ $\alpha = 25°$ $b = 3 \cdot 10^{-2} m$	ges.:	a) E b) B

Lösung:

a) Die Elektronen kommen mit einer Anfangsgeschwindigkeit in den Kondensator geflogen. Sie besitzen also bereits kinetische Energie. Durch die Beschleunigung im Inneren des Kondensators erhöht sich diese Energie. Dazu wird an den Elektronen Arbeit verrichtet. Die dazu notwendige Energie wird vom elektrischen Feld aufgebracht. Der Ansatz lautet also:
Energie des elektrischen Feldes = Energieänderung der Elektronen.

Wie groß ist die Änderung der kinetischen Energie?

$$\Delta E_{kin} = E_{kinE} - E_{kin0}$$

$$\Delta E_{kin} = \frac{m_e}{2} \cdot v_E^2 - \frac{m_e}{2} \cdot v_0^2$$

$$\Delta E_{kin} = \frac{m_e}{2} \cdot \left(v_E^2 - v_0^2\right)$$

Also gilt:

$$e \cdot U = \frac{m_e}{2} \cdot \left(v_E^2 - v_0^2\right)$$

Die Spannung ist die am Kondensator anliegende Spannung. Damit erhält man über

$$E = \frac{U}{s}$$

$$U = E \cdot s$$

dann

$$e \cdot E \cdot s = \frac{m_e}{2} \cdot \left(v_E^2 - v_0^2\right)$$

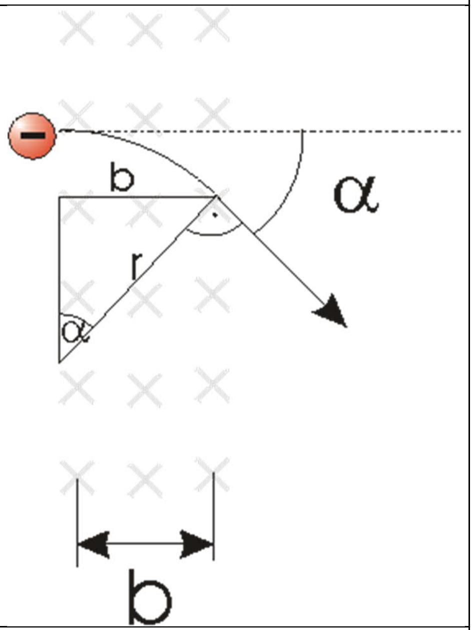
$$E = \frac{m_e}{2 \cdot e \cdot s} \cdot \left(v_E^2 - v_0^2\right)$$

$$E = \frac{9{,}11 \cdot 10^{-31} kg}{2 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19} C \cdot 2 \cdot 10^{-2} m} \cdot \left(64{,}0 \cdot 10^{12} m^2 s^{-2} - 5 \cdot 10^{10} m^2 s^{-2}\right)$$

$$E = 9{,}09 \cdot 10^2 V \cdot m^{-1}$$

$$[E] = \frac{kg}{C \cdot m} \cdot m^2 s^{-2} = \frac{kg}{A \cdot s} \cdot m \cdot s^{-2} = \frac{kg \cdot m}{A \cdot s^3} = \frac{N}{A \cdot s}$$

$$[E] = \frac{N \cdot m}{A \cdot s \cdot m} = \frac{W \cdot s}{A \cdot s \cdot m} = \frac{V \cdot A \cdot s}{A \cdot s \cdot m} = \frac{V}{m}$$

	b) Im homogenen Magnetfeld bewegen sich Elektronen, die senkrecht zu den Feldlinien in das Feld eintreten, auf einer Kreisbahn. Die dazu notwendige Radialkraft wird von der Lorentzkraft aufgebracht. Es gilt: $F_L = F_R$ $e \cdot v_E \cdot B = \frac{m_e \cdot v_E^2}{r}$ $B = \frac{m_e \cdot v_E^2}{e \cdot v_E \cdot r}$ $B = \frac{m_e \cdot v_E}{e \cdot r}$
	Der Radius der Kreisbahn ist unbekannt. Wir kennen aber den Winkel, unter dem die Elektronen abgelenkt werden sollen. Da der Radius senkrecht auf dem Geschwindigkeitsvektor steht, läßt sich ein rechtwinkliges Dreieck konstruieren. Es gilt: $\sin\alpha = \frac{b}{r}$ $r = \frac{b}{\sin\alpha}$ Damit kann nun die magnetische Flussdichte berechnet werden: 
	$B = \frac{m_e \cdot v_E}{e \cdot r}$ $B = \frac{m_e \cdot v_E \cdot \sin\alpha}{e \cdot b}$ $B = \frac{9{,}11 \cdot 10^{-31}\,kg \cdot 8{,}0 \cdot 10^{6}\,m \cdot s^{-1} \cdot \sin 25°}{1{,}602 \cdot 10^{-19}\,C \cdot 3 \cdot 10^{-2}\,m}$ $B = 6{,}4 \cdot 10^{-4}\,T$ $B = 0{,}64\,mT$ Einheiten: $[B] = \frac{kg \cdot m \cdot s^{-1}}{C \cdot m} = \frac{kg \cdot m \cdot s^{-1}}{A \cdot s \cdot m} = \frac{kg \cdot s^{-2} \cdot m}{A \cdot m} = \frac{N}{A \cdot m}$ $[B] = \frac{N \cdot m}{A \cdot m^2} = \frac{W \cdot s}{A \cdot m^2} = \frac{V \cdot A \cdot s}{A \cdot m^2} = \frac{V \cdot s}{m^2} = T$
Antwort:	Die elektrische Feldstärke ist 910 V/m und die magnetische Flussdichte 0,64 mT groß.

geg.:	$Q=2\cdot e$ $m=4\cdot u$ $B=500\cdot 10^{-3}\,T$ $r=6\cdot 10^{-1}\,m$	ges.:	v, E_{kin}
Lösung:	α-Teilchen sind Heliumkerne. Sie bestehen aus zwei Protonen und zwei Neutronen. Ihre Ladung ist somit die doppelte Elementarladung. Die Masse des Teilchens ist die vierfache atomare Masseeinheit u. Die α-Teilchen werden durch die Lorentzkraft auf eine Kreisbahn gezwungen. Die dazu notwendige Radialkraft wird von der Lorentzkraft aufgebracht: $F_L = F_R$ $Q\cdot v\cdot B=\frac{m\cdot v^2}{r}$ $v=\frac{Q\cdot B\cdot r}{m}$ $v=\frac{2\cdot e\cdot B\cdot r}{4\cdot u}$ $v=\frac{1{,}602\cdot 10^{-19}\cdot 500\cdot 10^{-3}\,T\cdot 6\cdot 10^{-1}\,m}{2\cdot 1{,}66\cdot 10^{-27}\,kg}$ $v=14{,}5\cdot 10^{6}\,\frac{m}{s}$ Einheiten: $[v]=\frac{C\cdot T\cdot m}{kg}=\frac{A\cdot s\cdot V\cdot s\cdot m}{kg\cdot m^2}=\frac{W\cdot s\cdot s}{kg\cdot m}=\frac{N\cdot m\cdot s}{kg\cdot m}$ $[v]=\frac{kg\cdot m\cdot s^{-2}\cdot m\cdot s}{kg\cdot m}=\frac{m}{s}$ Die kinetische Energie ist: $E_{kin}=\frac{m}{2}\cdot v^2$ $E_{kin}=\frac{4\cdot u}{2}\cdot v^2$ $E_{kin}=2\cdot 1{,}66\cdot 10^{-27}\,kg\cdot 210{,}25\cdot 10^{12}\,m^2\cdot s^{-2}$ $E_{kin}=6{,}98\cdot 10^{-13}\,J$ $E_{kin}=4{,}4\,MeV$		
Antwort:	Die Teilchen fliegen mit einer Geschwindigkeit von 14,5 * 10^6 m/s. Ihre kinetische Energie beträgt 4,4 MeV.		

296.

geg.:	$r_e = 30\,cm$ $m_{He} = 6{,}65 \cdot 10^{-27}\,kg$	ges.:	r_{He}

<table>
<tr><td>Lösungen:</td><td>
Die geladenen Teilchen werden durch die Lorentzkraft auf eine Kreisbahn gezwungen. Es gilt:

$$F_r = F_L$$
$$\frac{m \cdot v^2}{r} = Q \cdot v \cdot B$$
$$r = \frac{m \cdot v^2}{Q \cdot v \cdot B}$$
$$r = \frac{m \cdot v}{Q \cdot B}$$

Der Radius ist von der Masse, der Geschwindigkeit und der Ladung der Teilchen abhängig.
Es wird eine aussage über die Geschwindigkeit der Teilchen gemacht, die die Beschleunigungsspannung U durchlaufen haben:

$$Q \cdot U = \frac{m}{2} \cdot v^2$$
$$v^2 = \frac{2 \cdot Q \cdot U}{m}$$

Das wird in die Radiusgleichung eingesetzt, die vorher noch schnell quadriert wird:

$$r^2 = \frac{m^2 \cdot v^2}{Q^2 \cdot B^2}$$
$$r^2 = \frac{m^2 \cdot 2 \cdot Q \cdot U}{m \cdot Q^2 \cdot B^2}$$
$$r^2 = \frac{2 \cdot m \cdot U}{Q \cdot B^2}$$

Die Beschleunigungsspannung U und die magnetische Feldstärke B sind konstant. Damit gilt:

$$r \sim \sqrt{\frac{m}{Q}}$$

Die Masse des Heliumkerns ist 7300 mal so groß wie die Masse eines Elektrons, die Ladung ist doppelt so groß. Damit ist der Quotient

$$\frac{m}{Q} = 3650$$
$$\sqrt{\frac{m}{Q}} = 60{,}4$$

Der Radius der Kreisbahn, den die Heliumkerne durchfliegen ist also 60,4 mal größer als der Radius der Elektronenbahn und somit 18 m groß.
</td></tr>
<tr><td>Antwort:</td><td>Die Heliumkerne fliegen auf einem Radius mit 18 m Radius.</td></tr>
</table>