a)
- **Abbildung I:** Wegen seiner Ladung erfährt das Ne^+ -Ion im homogenen elektrischen Feld eine konstante Kraft (diese hat an jeder Stelle den gleichen Betrag). Da das Teilchen positiv geladen ist, wirkt die Kraft in Feldlinienrichtung, also nach links. Somit wird das Ion nach links hin beschleunigt, diese Bewegung überlagert sich mit der Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit nach oben, so dass das Ne^+-Ion eine im Bild nach links gekrümmte Parabelbahn beschreibt.
- **Abbildung II:** Aufgrund seiner negativen Ladung erfährt das Elektron im homogenen elektrischen Feld eine Kraft, welche der Feldlinienrichtung entgegengerichtet ist. Das Elektron wird mit konstanter Beschleunigung abgebremst, so dass die Geschwindigkeit linear mit der Zeit abnimmt. Abhängig von der Geschwindigkeit verlässt dann das Elektron mit verminderter Geschwindigkeit den Feldbereich, oder es kehrt im Feldbereich seine Bewegungsrichtung um und der Betrag der Geschwindigkeit nimmt wieder zu. Die Bewegung verläuft in beiden Fällen parallel zu den Feldlinien.
- **Abbildung III:** Geladene Teilchen erfahren im Magnetfeld eine Lorentzkraft senkrecht zur Bewegungsrichtung und zu den Magnetfeldlinien. Die Lorentzkraft wirkt in radialer Richtung, dadurch ändert sich der Betrag der Geschwindigkeit nicht. Die Richtung der Lorentzkraft kann mithilfe der Dreifingerregel der rechten Hand bestimmt werden. Zum Zeitpunkt des Eintritts weist diese nach links. Somit bewegt sich das Proton auf einer Kreisbahn entgegen den Uhrzeigersinn.
- **Abbildung IV:** Die Bewegungsrichtung der He^{2+}-Teilchen ist parallel zum Magnetfeld, weshalb diese keine Kraft erfahren. Somit bewegen sich die He^{2+}-Teilchen gleichförmig entlang einer Geraden parallel zum Magnetfeld.

b)
- Die Elektronen durchlaufen eine Spannung von 240 V, geht man davon aus, dass die Elektronen zu Beginn eine vernachlässigbare kinetische Energie besitzen, so haben die Elektronen im Strahl eine Energie von:

$$W = 240\,\mathrm{eV} \approx 3,84 \cdot 10^{-17}\,\mathrm{J}\,.$$

Die Lorentzkraft wirkt auf die Elektronen immer senkrecht zur Bewegungsrichtung, sie wirkt also als Zentripetalkraft, weshalb die Elektronen eine Kreisbahn beschreiben. Auf dieser bleibt der Betrag der Geschwindigkeit konstant und somit ändert sich die Energie der Elektronen nicht.

- Die Geschwindigkeit der Elektronen erhält man aus der Energieerhaltung:

$$e \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2\,,$$

außerdem gilt für eine Kreisbahn:

$$\begin{aligned} e \cdot v \cdot B &= \frac{m \cdot v^2}{r} \\ e \cdot B &= \frac{m \cdot v}{r} \\ v &= \frac{e \cdot r \cdot B}{m}\,. \end{aligned}$$

Setzt man dies in die erste Gleichung ein, so kann man die Elektronenmasse bestimmen:

$$\begin{aligned} e \cdot U &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\ m &= \frac{2 \cdot e \cdot U}{v^2} \\ m &= \frac{2 \cdot e \cdot U}{\left(\frac{e \cdot r \cdot B}{m}\right)^2} = \frac{2 \cdot e \cdot U \cdot m^2}{e^2 \cdot r^2 \cdot B^2} \\ m &= \frac{e \cdot r^2 \cdot B^2}{2 \cdot U} \\ &= \frac{1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 0,035^2 \cdot 0,0015^2}{2 \cdot 240^2}\,\mathrm{kg} \approx 9,19 \cdot 10^{-31}\,\mathrm{kg}\,. \end{aligned}$$

- Für die Geschwindigkeit in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung gilt:

$$\begin{aligned} e \cdot U &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\ v &= \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}}\,. \end{aligned}$$

Hieraus folgt, dass wenn man die Beschleunigungsspannung halbiert, die Geschwindigkeit um einen Faktor $\frac{1}{\sqrt{2}}$ kleiner wird. Für den Bahnradius setzt man diese Gleichung mit der Gleichung aus dem vorherigen Aufgabenteil gleich:

$$\begin{aligned} \frac{e \cdot r \cdot B}{m} &= \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}} \\ r &= \frac{m}{e \cdot B} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot U}{e \cdot B^2}}\,. \end{aligned}$$

Anhand dieser Gleichung sieht man, dass der Bahnradius bei Halbierung der Beschleunigungsspannung ebenfalls um einen Faktor $\frac{1}{\sqrt{2}}$ kleiner wird. Da nun für die Umlaufdauer gilt:

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{v}\,.$$

folgt, dass die Umlaufdauer konstant bleibt.

c)
- Bei der ersten Messreihe bleibt der Spulenradius r konstant, bildet man den Quotienten $\frac{B}{I_{err}}$, so ist dieser näherungsweise konstant und somit ist B proportional zu I_{err}:

Messreihe 1				
$\frac{B}{I_{err}}$ in $\frac{\mathrm{mT}}{\mathrm{A}}$	$0,720$	$0,700$	$0,700$	$0,711$

die Proportionalitätskonstante hat einen Mittelwert von $0,708\,\frac{\mathrm{mT}}{\mathrm{A}}$. In der zweiten Messreihe ist der Erregerstrom konstant, und es gilt, dass $B \cdot r$ konstant ist, somit ist die magnetische Flussdichte umgekehrt proportional zum Spulenradius:

Messreihe 2				
$B \cdot r$ in $\mathrm{mT} \cdot \mathrm{cm}$	$32,3$	$32,0$	$31,5$	$32,0$

Die Proportionalitätskonstante hat hier einen Mittelwert von $31,9\,\mathrm{mT\,cm}$.

- Die Messreihen und die Angabe aus dem Aufgabentext, ergeben einen Zusammenhang von:

$$B = \alpha \cdot \frac{n \cdot I_{err}}{r}\,.$$

Die Proportionalitätskonstante α muss aus den Angaben aus der Tabelle bestimmt werden. Für den Mittelwert aus allen Daten erhält man:

$$\alpha \approx 8,86 \cdot 10^{-7}\,\frac{\text{Tm}}{\text{A}}\,.$$

d) • Führt man das Doppelspaltexperiment mit einzelnen Photonen durch und bringt hinter jedem Spalt einen Polarisationsfilter in stellung, so muss man zwei mögliche Orientierungen unterschieden. Sind die Polarisationsfilter parallel angeordnet, so lässt sich keine Weginformation gewinnen über das Photon gewinnen, es baut sich auf dem Schirm ein Interferenzmuster auf. Sind die Polarisationsfilter gegeneinander um 90° verdreht, so lässt sich durch die Polarisation des Photons auf den Weg zurückschließen. Es kommt hierbei kein Interferenzmuster zustande.
Weiteres Beispiel: Siehe Abitur 2006 Aufgabe 2.