

- a) • Da die Ionen zuvor in Ruhe sind, haben sie nach dem Beschleunigen die kinetische Energie $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2$. Diese ist so groß, wie die beim Durchlauf durch das elektrische Feld gewonnene Energie $E_{\text{el}} = q \cdot U_0$. Hieraus erhält man eine Gleichung für die benötigte Beschleunigungsspannung:

$$U_0 = \frac{m \cdot v_0^2}{2 \cdot q} = \frac{20 \cdot u \cdot v_0^2}{2 \cdot e} = \frac{20 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot (5,0 \cdot 10^4)^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ V}.$$

- Zunächst müssen wir ein Koordinatensystem festlegen, wir legen den Koordinatenursprung in den Eintrittspunkt der Ionen in den zweiten Kondensator. Die x -Achse zeigt hierbei nach rechts und y -Achse zeigt nach unten, da die Ionen nach unten beschleunigt werden, kann somit positiv gerechnet werden. Die Ionen bewegen sich in x -Richtung gleichförmig und in y -Richtung gleichmäßig beschleunigt. Für die Bewegungsgleichungen gilt:

$$\begin{aligned}x(t) &= v_0 \cdot t \\y(t) &= \frac{1}{2} \cdot a_y \cdot t^2.\end{aligned}$$

Formt man nun $x(t)$ nach t um und setzt dies in $y(t)$ ein, erhält man eine Gleichung für die Bahnkurve:

$$y = \frac{1}{2} \cdot a_y \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot a_y \cdot \left(\frac{x}{v_0}\right)^2 = \frac{a_y}{2 \cdot v_0^2} \cdot x^2.$$

Nun muss man a_y durch die bekannten Größen ausdrücken, es gilt:

$$F = m \cdot a_y = e \cdot E = e \cdot \frac{U_1}{d}.$$

Damit erhält man für die Beschleunigung $a_y = \frac{e \cdot U_1}{m \cdot d}$ und somit ist gezeigt, dass die Ionen im Kondensator K_1 eine Parabelbahn durchlaufen.

- Für die Geschwindigkeit in x -Richtung gilt: $v_x = v_0$ und für die Geschwindigkeit in y -Richtung entsprechend: $v_y = a_y \cdot t$. Die Ionen benötigen zum Durchlaufen des Kondensators die Zeit $t = \frac{l}{v_0}$, hiermit erhält man die Geschwindigkeit in y -Richtung:

$$v_y = a_y \cdot t = \frac{e \cdot U_1}{m \cdot d} \cdot \frac{l}{v_0} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 86 \cdot 0,05}{20 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot 0,02 \cdot 5 \cdot 10^4} \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 2,07 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Die Gesamtgeschwindigkeit erhält man dann mit dem Satz des Pythagoras:

$$v_1 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(5 \cdot 10^4)^2 + (2,07 \cdot 10^4)^2} \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 5,4 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

- Für den Ablenkwinkel gilt:

$$\tan(\alpha) = \frac{v_y}{v_x} = \frac{2,07 \cdot 10^4}{5 \cdot 10^4} \approx 0,414.$$

Somit erhält man einen Ablenkwinkel von $\alpha = 22,5^\circ$.

- b)
- Die Richtung der magnetischen Flussdichte lässt sich mittels der Dreifingerregel der rechten Hand bestimmen:
 - Der Daumen zeigt in Bewegungsrichtung nach rechts.
 - Der Zeigefinger gibt die Richtung des gesuchten der magnetischen Flussdichte an.
 - Der Mittelfinger zeigt in der Zeichenebene nach oben, damit die Ionen auf die Photoplatte gelangen können.

Der Zeigefinger weist in die Zeichenebene hinein, weshalb die magnetische Flussdichte in die Zeichenebene hinein zeigen muss.

- Die Lorentzkraft steht immer senkrecht auf der Bewegungsrichtung, weshalb diese als Zentripetalkraft wirkt, so dass die Ionen eine Kreisbahn beschreiben.
- Die Ionen bewegen sich auf einer knickfreien Bahn, die innerhalb des Magnetfelds einen Kreisausschnitt beschreibt. Lotrecht auf der bisherigen Bahn, im Abstand r vom Eintrittspunkt befindet sich der Mittelpunkt der Ionenbahn. Weil die Photoplatte im 45° Winkel zur Ionenbahn bei Eintritt steht, wird genau ein Viertelkreis durchlaufen. Wir bezeichnen den Auftreffpunkt der Ionen auf der Photoplatte mit D , dann ist das Dreieck CMD ein gleichschenkelig rechtwinkliges Dreieck. Den Radius r dieser Kreisbahn erhält man durch gleichsetzen der Lorentzkraft mit der Zentripetalkraft:

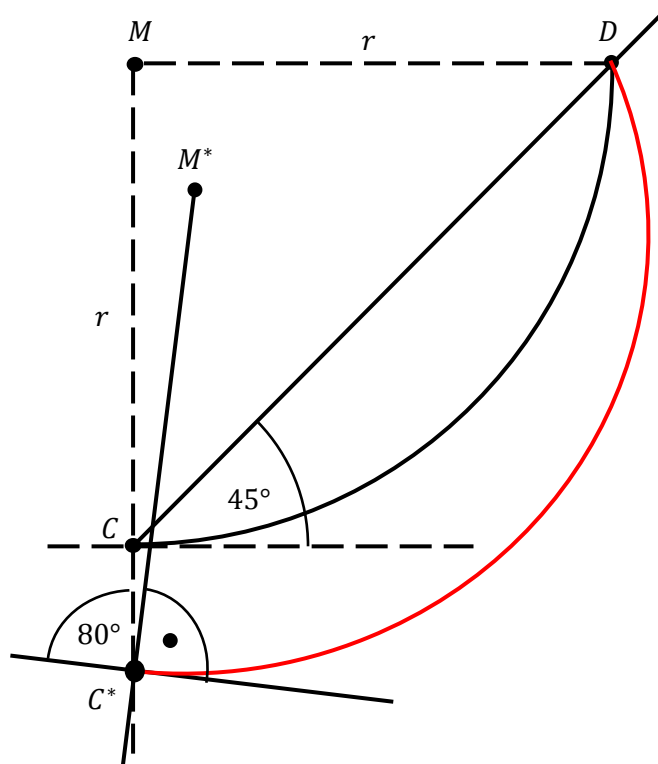
$$e \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$r = \frac{m \cdot v}{e \cdot B} = \frac{20 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot 5,4 \cdot 10^4}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1} \text{ m} \approx 0,112 \text{ m}.$$

Weil das Dreieck rechtwinklig ist, kann der Auftreffpunkt mit dem Satz des Pythagoras bestimmt werden:

$$\overline{CD} = \sqrt{r^2 + r^2} = \sqrt{2} \cdot r = \sqrt{2} \cdot 0,112 \text{ m} \approx 16 \text{ cm}.$$

- Hierfür ergibt sich die folgende Zeichnung (nicht maßstabsgetreu)



- c)
- Da die Ionen mit einer kleineren Geschwindigkeit in den Kondensator eintreten, ist die Verweildauer in diesem größer und da die ablenkende Kraft nicht von der Geschwindigkeit abhängt, werden diese aufgrund der größeren Verweildauer stärker abgelenkt.
 - Mit der kleineren Geschwindigkeit wird auch der Bahnradius verkleinert, es gilt:

$$r^* = \frac{m \cdot v^*}{e \cdot B} = \frac{20 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot 4,8 \cdot 10^4}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1} \text{ m} \approx 0,10 \text{ m}.$$

Der Kreismittelpunkt steht wieder auf der Strecke lotrecht zur Eintrittsrichtung.

- Da der Auftreffpunkt der langsameren Ionen wieder an der selben Stelle ist, legt dies die Vermutung nahe, dass kleine Geschwindigkeitsabweichungen hierbei keine Rolle spielen.
- d)
- Ohne die beiden Polarisatoren, kann man nicht entscheiden, welchen Weg die Photonen genommen haben, es treten deshalb Interferenzen auf. Mit den beiden Polarisatoren besteht nun am halbdurchlässigen Spiegel die Möglichkeit zu entscheiden, welchen Weg die Photonen genommen haben und dadurch verschwinden die Interferenzen (hierbei spricht man vom Kollaps der Wellenfunktion)
 - Durch den dritten Polarisator ist keine Information mehr über den Weg vorhanden, sodass wieder Interferenzen auftreten können.