Lernaido

ABITUR · PHYSIK · TEILCHEN IN FELDERN

Teilchen im Magnetfeld

Übungsblatt · erhöhtes Anforderungsniveau (eA)

Punkte: Teil A **20 BE** · Teil B **18 BE** · zusammen **38 BE**

Name _____ Datum _____

So arbeitest du

1. **Teil A** besteht aus fünf kurzen Aufgaben. Taschenrechner und Formelsammlung sind erlaubt. Fang damit an.
2. **Teil B** ist eine zusammenhängende Aufgabe zu einem Gerät oder Versuch, mit Abbildung.
3. Schreibe in das Karofeld jeder Aufgabe: Ansatz, Rechenweg und einen Antwortsatz. Skizzen zeichnest du ebenfalls dort. Reicht der Platz nicht, nimm Karopapier. Die BE zeigen, wie viele Punkte ein Teil wert ist.
4. Vergleiche danach mit dem Lösungsbogen. Pro BE gibt es einen Punkt. Wo du Punkte verloren hast, lies den Lösungsweg.

Das brauchst du: Bleistift, Füller, Lineal, Taschenrechner und Formelsammlung, bei Bedarf Karopapier

HINWEIS

PDF-Seite 1 bis 8: Deckblatt und Aufgaben. **Ab PDF-Seite 9:** Lösungsbogen mit Lösungswegen.

Diese Aufgaben hat Lernaido für die Abiturvorbereitung neu erstellt. Es sind keine Originalaufgaben. Lernaido ist nicht mit einem Kultusministerium oder dem IQB verbunden.

PHYSIK · ÜBUNGSBLATT

Abitur Physik: Teilchen im Magnetfeld

6 Aufgaben

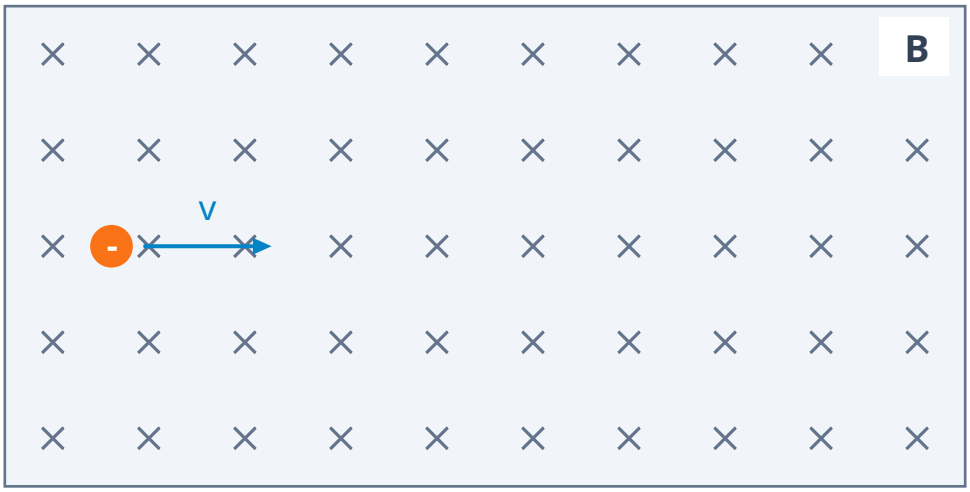
Aufgabe 1

Teil A (Kurzaufgaben) · eA · 4 BE

Ein Elektron bewegt sich in der Zeichenebene mit der Geschwindigkeit $v = 3{,}0 \cdot 10^6\,\mathrm{m/s}$ nach rechts und tritt in ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte $B = 25\,\mathrm{mT}$ ein (siehe Abbildung). Das Magnetfeld zeigt in die Zeichenebene hinein.

a) Bestimme mithilfe der Drei-Finger-Regel die Richtung der Lorentzkraft auf das Elektron und begründe deine Angabe. (2 BE)

b) Berechne den Betrag der Lorentzkraft. (2 BE)



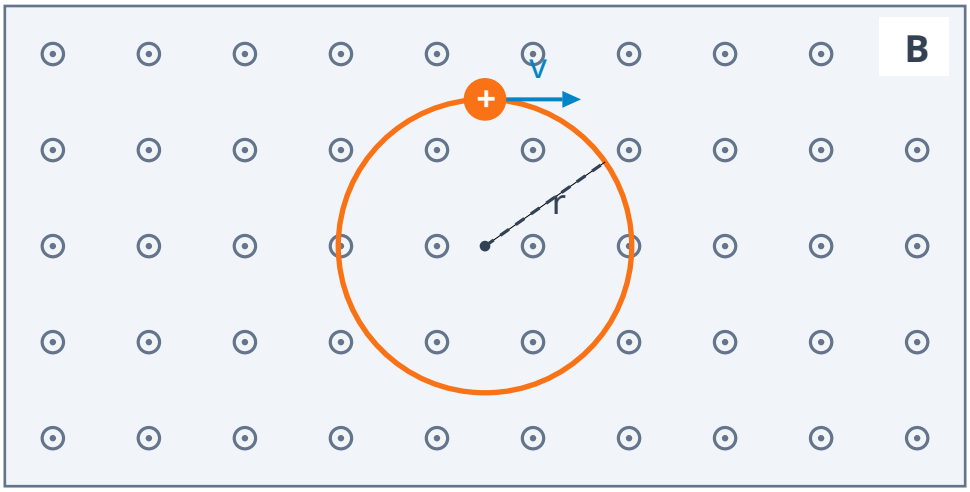
Aufgabe 2

Teil A (Kurzaufgaben) · eA · 4 BE

Ein Proton tritt mit der Geschwindigkeit $v = 4{,}0 \cdot 10^5\,\mathrm{m/s}$ von links senkrecht zu den Feldlinien in ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte $B = 0{,}15\,\mathrm{T}$ ein und bewegt sich auf einer Kreisbahn mit dem Radius r (siehe Abbildung). Das Magnetfeld zeigt aus der Zeichenebene heraus. Verwende die Werte der Formelsammlung.

a) Berechne den Radius r der Kreisbahn. (2 BE)

b) Die Flussdichte wird bei gleicher Geschwindigkeit auf $B = 0{,}30\,\mathrm{T}$ verdoppelt. Gib an, wie sich der Radius dadurch ändert, begründe mit einer Formel und bestimme den neuen Radius. (2 BE)



Aufgabe 3

Teil A (Kurzaufgaben) · eA · 4 BE

Elektronen bewegen sich in einem homogenen Magnetfeld der Flussdichte $B = 5{,}0\,\mathrm{mT}$ senkrecht zu den Feldlinien auf Kreisbahnen.

a) Leite die Beziehung $T = \dfrac{2\pi m_e}{eB}$ für die Umlaufzeit her und zeige damit, dass T nicht vom Bahnradius abhängt. (2 BE)

b) Berechne die Umlaufzeit T. Gib an, wie sich T ändert, wenn die Elektronen die doppelte Geschwindigkeit haben. (2 BE)

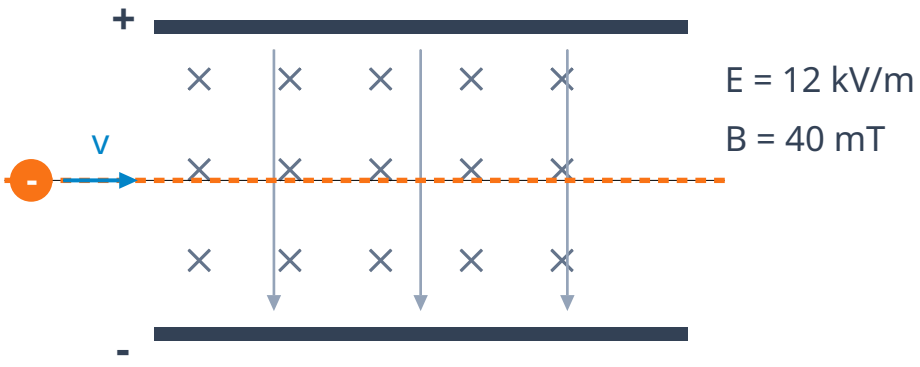
Aufgabe 4

Teil A (Kurzaufgaben) · eA · 4 BE

Ein Geschwindigkeitsfilter besteht aus einem Plattenkondensator mit dem homogenen elektrischen Feld $E = 12\,\mathrm{kV/m}$ und einem überlagerten homogenen Magnetfeld der Flussdichte $B = 40\,\mathrm{mT}$, das in die Zeichenebene hineinzeigt. Die obere Platte ist positiv geladen. Elektronen treten von links ein (siehe Abbildung).

a) Zeige, dass Elektronen den Filter nur geradlinig durchfliegen, wenn für ihre Geschwindigkeit $v = \dfrac{E}{B}$ gilt, und berechne diese Geschwindigkeit. (2 BE)

b) Ein Proton tritt mit derselben Geschwindigkeit von links in den Filter ein. Beurteile, ob es ihn ebenfalls geradlinig durchfliegt. (2 BE)



Aufgabe 5

Teil A (Kurzaufgaben) · eA · 4 BE

In einem Massenspektrometer treten zwei einfach positiv geladene Neon-Ionen mit den Massen $m_1 = 3{,}32 \cdot 10^{-26}\,\mathrm{kg}$ und $m_2 = 3{,}65 \cdot 10^{-26}\,\mathrm{kg}$ an derselben Stelle mit der Geschwindigkeit $v = 8{,}0 \cdot 10^{4}\,\mathrm{m/s}$ senkrecht in ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte $B = 0{,}25\,\mathrm{T}$ ein. Beide Ionen durchlaufen jeweils einen Halbkreis und treffen dann auf eine Fotoplatte.

a) Berechne die Radien r_1 und r_2 der beiden Halbkreisbahnen. (2 BE)

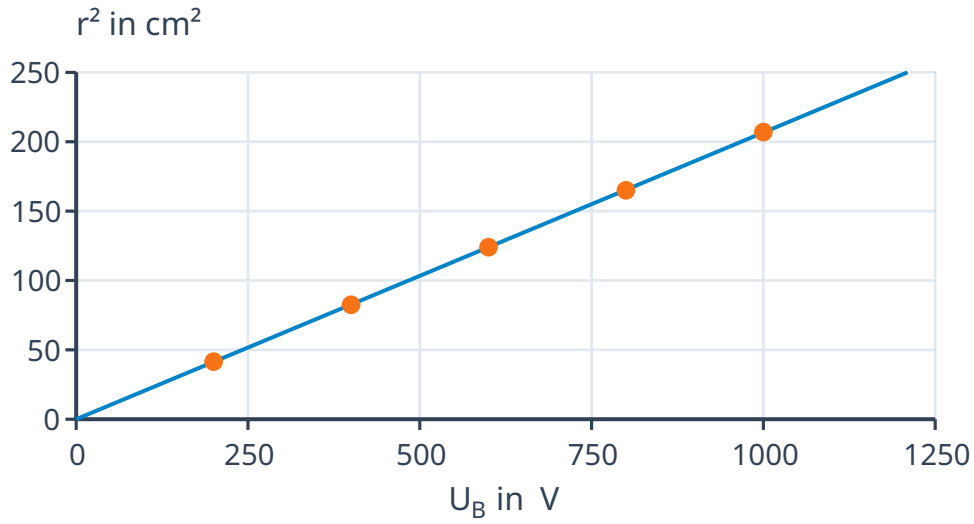
b) Bestimme den Abstand der beiden Auftreffpunkte auf der Fotoplatte. (2 BE)

Aufgabe 6

Teil B (Kontextaufgabe) · eA · 18 BE

In einem Umweltlabor wird ein Massenspektrometer zur Isotopenanalyse von Argon eingesetzt. In einer Ionenquelle entstehen einfach positiv geladene Argon-Ionen $^{40}\mathrm{Ar}^{+}$ mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit. Sie werden durch die Beschleunigungsspannung U_B beschleunigt und treten senkrecht in ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte $B = 0{,}200\,\mathrm{T}$ ein. Man blickt so auf die Bahnebene, dass das Magnetfeld vom Betrachter weg zeigt; in dieser Ansicht fliegen die Ionen beim Eintritt von links nach rechts. Die Ionen laufen im Magnetfeld auf einer Kreisbahn mit dem Radius r.

Für verschiedene Beschleunigungsspannungen wird der Bahnradius bestimmt. Die Messwerte stehen in der Tabelle und sind in der Abbildung als r^2 über U_B aufgetragen. Die Ausgleichsgerade verläuft durch den Ursprung.



U_B **in V**	**200**	**400**	**600**	**800**	**1000**
r^2 in cm²	41,5	82,5	124	165	207

a) Gib an, ob die Ionen in dieser Ansicht im oder gegen den Uhrzeigersinn umlaufen, und begründe mit der Drei-Finger-Regel. (3 BE)

b) Leite her, dass für den Bahnradius $r^2 = \dfrac{2mU_\mathrm{B}}{eB^2}$ gilt. (5 BE)

c) Bestimme aus der Steigung der Ausgleichsgeraden die Masse eines Argon-Ions und beurteile dein Ergebnis durch Vergleich mit dem Literaturwert $m_\mathrm{Lit} = 6{,}64 \cdot 10^{-26}\,\mathrm{kg}$. (4 BE)

d) Berechne die Geschwindigkeit der Ionen bei $U_\mathrm{B} = 1000\,\mathrm{V}$ mit der Masse aus Teilaufgabe c und weise nach, dass relativistische Effekte vernachlässigt werden dürfen. (3 BE)

e) Ein Praktikant behauptet: „Das Magnetfeld erhöht die Geschwindigkeit der Ionen, weil es sie auf eine Kreisbahn zwingt.“ Nimm Stellung zu dieser Aussage. (3 BE)

PHYSIK · LÖSUNGSBOGEN

Abitur Physik: Teilchen im Magnetfeld

6 Aufgaben

Aufgabe 1

Teil A (Kurzaufgaben) · eA · 4 BE

Ein Elektron bewegt sich in der Zeichenebene mit der Geschwindigkeit $v = 3{,}0 \cdot 10^6\,\mathrm{m/s}$ nach rechts und tritt in ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte $B = 25\,\mathrm{mT}$ ein (siehe Abbildung). Das Magnetfeld zeigt in die Zeichenebene hinein.

a) Bestimme mithilfe der Drei-Finger-Regel die Richtung der Lorentzkraft auf das Elektron und begründe deine Angabe. (2 BE)

b) Berechne den Betrag der Lorentzkraft. (2 BE)



ERGEBNIS

a) Die Lorentzkraft auf das Elektron zeigt in der Zeichenebene nach unten. b) $F = 1{,}20 \cdot 10^{-14}\,\mathrm{N}$.

LÖSUNGSWEG

1. Beim Elektron ist die technische Stromrichtung der Bewegungsrichtung entgegengesetzt, sie zeigt also nach links (Daumen der rechten Hand). Das Magnetfeld zeigt in die Zeichenebene hinein (Zeigefinger). (1 BE)
2. Der Mittelfinger der rechten Hand zeigt dann in der Zeichenebene nach unten: Die Lorentzkraft auf das Elektron zeigt nach unten, senkrecht zur Bewegungsrichtung und senkrecht zum Magnetfeld. (1 BE)
3. Ansatz: $F = e \cdot v \cdot B$ mit der Elementarladung $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}$ (1 BE)
4. $F = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C} \cdot 3{,}0 \cdot 10^6\,\mathrm{m/s} \cdot 0{,}025\,\mathrm{T} = 1{,}20 \cdot 10^{-14}\,\mathrm{N}$ (1 BE)

TYPISCHE FEHLER

Die Drei-Finger-Regel wird direkt mit der Bewegungsrichtung des Elektrons angewendet, ohne die Ladung zu berücksichtigen. Dann zeigt die Kraft fälschlich nach oben. Außerdem wird die Flussdichte oft nicht von mT in T umgerechnet, das Ergebnis ist dann um den Faktor 1000 zu groß.

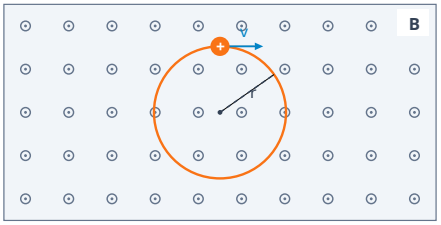
Aufgabe 2

Teil A (Kurzaufgaben) · eA · 4 BE

Ein Proton tritt mit der Geschwindigkeit $v = 4{,}0 \cdot 10^5\,\mathrm{m/s}$ von links senkrecht zu den Feldlinien in ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte $B = 0{,}15\,\mathrm{T}$ ein und bewegt sich auf einer Kreisbahn mit dem Radius r (siehe Abbildung). Das Magnetfeld zeigt aus der Zeichenebene heraus. Verwende die Werte der Formelsammlung.

a) Berechne den Radius r der Kreisbahn. (2 BE)

b) Die Flussdichte wird bei gleicher Geschwindigkeit auf $B = 0{,}30\,\mathrm{T}$ verdoppelt. Gib an, wie sich der Radius dadurch ändert, begründe mit einer Formel und bestimme den neuen Radius. (2 BE)



ERGEBNIS

a) $r = 2{,}78\,\mathrm{cm}$. **b) Der Radius wird halb so groß,** $r' = 1{,}39\,\mathrm{cm}$.

LÖSUNGSWEG

1. Die Lorentzkraft wirkt als Zentripetalkraft: $evB = \dfrac{m_p v^2}{r}$, also $r = \dfrac{m_p v}{eB}$ mit $m_p = 1{,}673 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg}$ und $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}$ (1 BE)
2. $r = \dfrac{1{,}673 \cdot 10^{-27}\,\mathrm{kg} \cdot 4{,}0 \cdot 10^5\,\mathrm{m/s}}{1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C} \cdot 0{,}15\,\mathrm{T}} = 2{,}78 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{m} = 2{,}78\,\mathrm{cm}$ (1 BE)
3. Wegen $r = \dfrac{m_p v}{eB}$ gilt $r \sim \dfrac{1}{B}$: Bei doppelter Flussdichte wird der Radius halb so groß. (1 BE)
4. $r' = \dfrac{2{,}78\,\mathrm{cm}}{2} = 1{,}39\,\mathrm{cm}$ (1 BE)

TYPISCHE FEHLER

Der Radius wird als direkt proportional zu B angenommen, er wird dann bei Verdopplung des Feldes fälschlich größer. Außerdem wird die Elektronenmasse statt der Protonenmasse eingesetzt, der Radius wird dann etwa 1800-mal zu klein.

Aufgabe 3

Teil A (Kurzaufgaben) · eA · 4 BE

Elektronen bewegen sich in einem homogenen Magnetfeld der Flussdichte $B = 5{,}0\,\mathrm{mT}$ senkrecht zu den Feldlinien auf Kreisbahnen.

a) Leite die Beziehung $T = \dfrac{2\pi m_e}{eB}$ für die Umlaufzeit her und zeige damit, dass T nicht vom Bahnradius abhängt. (2 BE)

b) Berechne die Umlaufzeit T. Gib an, wie sich T ändert, wenn die Elektronen die doppelte Geschwindigkeit haben. (2 BE)

ERGEBNIS

a) $T = \dfrac{2\pi m_e}{eB}$, der Bahnradius r kürzt sich heraus. b) $T = 7{,}15\,\mathrm{ns}$; bei doppelter Geschwindigkeit bleibt T unverändert.

LÖSUNGSWEG

1. Lorentzkraft gleich Zentripetalkraft: $evB = \dfrac{m_e v^2}{r}$, also $v = \dfrac{eBr}{m_e}$ (1 BE)
2. Umlaufzeit $T = \dfrac{2\pi r}{v} = \dfrac{2\pi r\, m_e}{eBr} = \dfrac{2\pi m_e}{eB}$. Der Radius r kürzt sich heraus, T hängt nicht von r ab. (1 BE)
3. Mit $m_e = 9{,}109 \cdot 10^{-31}\,\mathrm{kg}$ und $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}$: $T = \dfrac{2\pi \cdot 9{,}109 \cdot 10^{-31}\,\mathrm{kg}}{1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C} \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{T}} = 7{,}15 \cdot 10^{-9}\,\mathrm{s} = 7{,}15\,\mathrm{ns}$ (1 BE)
4. Die Geschwindigkeit kommt in der Formel für T nicht vor. Bei doppelter Geschwindigkeit verdoppelt sich der Radius, die Umlaufzeit bleibt $7{,}15\,\mathrm{ns}$. (1 BE)

TYPISCHE FEHLER

Es wird angenommen, dass schnellere Elektronen auch schneller umlaufen und daher eine kürzere Umlaufzeit haben. Dabei wird übersehen, dass der Weg einer Umdrehung ebenfalls größer wird. Außerdem wird B nicht von mT in T umgerechnet.

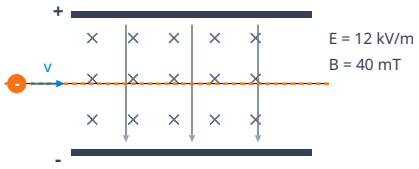
Aufgabe 4

Teil A (Kurzaufgaben) · eA · 4 BE

Ein Geschwindigkeitsfilter besteht aus einem Plattenkondensator mit dem homogenen elektrischen Feld $E = 12\,\mathrm{kV/m}$ und einem überlagerten homogenen Magnetfeld der Flussdichte $B = 40\,\mathrm{mT}$, das in die Zeichenebene hineinzeigt. Die obere Platte ist positiv geladen. Elektronen treten von links ein (siehe Abbildung).

a) Zeige, dass Elektronen den Filter nur geradlinig durchfliegen, wenn für ihre Geschwindigkeit $v = \dfrac{E}{B}$ gilt, und berechne diese Geschwindigkeit. (2 BE)

b) Ein Proton tritt mit derselben Geschwindigkeit von links in den Filter ein. Beurteile, ob es ihn ebenfalls geradlinig durchfliegt. (2 BE)



ERGEBNIS

a) $v = \dfrac{E}{B} = 3{,}0 \cdot 10^5\,\mathrm{m/s}$. **b) Ja, das Proton durchfliegt den Filter ebenfalls geradlinig, weil sich beide Kräfte umkehren und die Ladung herausfällt.**

LÖSUNGSWEG

1. Geradeausflug bedeutet Kräftegleichgewicht: $F_{\mathrm{el}} = F_{\mathrm{L}}$, also $qE = qvB$ und damit $v = \dfrac{E}{B}$. (1 BE)

2. $v = \dfrac{12 \cdot 10^3\,\mathrm{V/m}}{0{,}040\,\mathrm{T}} = 3{,}0 \cdot 10^5\,\mathrm{m/s}$ (1 BE)

3. Beim Elektron zeigt die Lorentzkraft nach unten (Drei-Finger-Regel mit technischer Stromrichtung nach links, Feld in die Ebene hinein). Die elektrische Kraft zeigt nach oben, weil das Elektron von der positiven oberen Platte angezogen wird. Die Kräfte sind entgegengesetzt gerichtet. (1 BE)

4. Beim Proton kehren sich beide Kräfte um: Die Lorentzkraft zeigt nach oben, die elektrische Kraft nach unten. Die Bedingung $qE = qvB$ ist von der Ladung unabhängig, daher gilt weiterhin $v = E/B$ und das Proton fliegt geradlinig durch. (1 BE)

TYPISCHE FEHLER

Es wird behauptet, das Proton werde wegen seiner größeren Masse abgelenkt. Die Masse kommt in der Gleichgewichtsbedingung aber nicht vor. Außerdem wird die elektrische Feldstärke nicht von kV/m in V/m umgerechnet.

Aufgabe 5

Teil A (Kurzaufgaben) · eA · 4 BE

In einem Massenspektrometer treten zwei einfach positiv geladene Neon-Ionen mit den Massen $m_1 = 3{,}32 \cdot 10^{-26}\,\mathrm{kg}$ und $m_2 = 3{,}65 \cdot 10^{-26}\,\mathrm{kg}$ an derselben Stelle mit der Geschwindigkeit $v = 8{,}0 \cdot 10^{4}\,\mathrm{m/s}$ senkrecht in ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte $B = 0{,}25\,\mathrm{T}$ ein. Beide Ionen durchlaufen jeweils einen Halbkreis und treffen dann auf eine Fotoplatte.

a) Berechne die Radien r_1 und r_2 der beiden Halbkreisbahnen. (2 BE)

b) Bestimme den Abstand der beiden Auftreffpunkte auf der Fotoplatte. (2 BE)

ERGEBNIS

a) $r_1 = 6{,}63\,\mathrm{cm}$ **und** $r_2 = 7{,}29\,\mathrm{cm}$**. b) Der Abstand der Auftreffpunkte beträgt** $1{,}32\,\mathrm{cm}$**.**

LÖSUNGSWEG

1. Aus $evB = \dfrac{mv^2}{r}$ folgt $r = \dfrac{mv}{eB}$ mit $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}$ (1 BE)
2. $r_1 = \dfrac{3{,}32 \cdot 10^{-26}\,\mathrm{kg} \cdot 8{,}0 \cdot 10^{4}\,\mathrm{m/s}}{1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C} \cdot 0{,}25\,\mathrm{T}} = 6{,}63 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{m}$ und $r_2 = \dfrac{3{,}65 \cdot 10^{-26}\,\mathrm{kg} \cdot 8{,}0 \cdot 10^{4}\,\mathrm{m/s}}{1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C} \cdot 0{,}25\,\mathrm{T}} = 7{,}29 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{m}$ (1 BE)
3. Nach einem Halbkreis liegt jeder Auftreffpunkt einen Durchmesser von der Eintrittsstelle entfernt. Der Abstand ist daher $d = 2r_2 - 2r_1$. (1 BE)
4. $d = 2 \cdot (7{,}29\,\mathrm{cm} - 6{,}63\,\mathrm{cm}) = 1{,}32\,\mathrm{cm}$ (1 BE)

TYPISCHE FEHLER

Als Abstand der Auftreffpunkte wird die Differenz $r_2 - r_1$ der Radien angegeben statt der Differenz der Durchmesser. Außerdem werden die Massen vertauscht, sodass das schwerere Ion den kleineren Radius bekommt.

Aufgabe 6

Teil B (Kontextaufgabe) · eA · 18 BE

In einem Umweltlabor wird ein Massenspektrometer zur Isotopenanalyse von Argon eingesetzt. In einer Ionenquelle entstehen einfach positiv geladene Argon-Ionen $^{40}\mathrm{Ar}^{+}$ mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit. Sie werden durch die Beschleunigungsspannung U_B beschleunigt und treten senkrecht in ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte $B = 0{,}200\,\mathrm{T}$ ein. Man blickt so auf die Bahnebene, dass das Magnetfeld vom Betrachter weg zeigt; in dieser Ansicht fliegen die Ionen beim Eintritt von links nach rechts. Die Ionen laufen im Magnetfeld auf einer Kreisbahn mit dem Radius r.

Für verschiedene Beschleunigungsspannungen wird der Bahnradius bestimmt. Die Messwerte stehen in der Tabelle und sind in der Abbildung als r^2 über U_B aufgetragen. Die Ausgleichsgerade verläuft durch den Ursprung.

U_B in V	200	400	600	800	1000
r^2 in cm^2	41,5	82,5	124	165	207

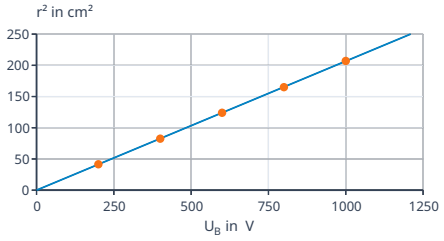
a) Gib an, ob die Ionen in dieser Ansicht im oder gegen den Uhrzeigersinn umlaufen, und begründe mit der Drei-Finger-Regel. (3 BE)

b) Leite her, dass für den Bahnradius $r^2 = \dfrac{2mU_\mathrm{B}}{eB^2}$ gilt. (5 BE)

c) Bestimme aus der Steigung der Ausgleichsgeraden die Masse eines Argon-Ions und beurteile dein Ergebnis durch Vergleich mit dem Literaturwert $m_\mathrm{Lit} = 6{,}64 \cdot 10^{-26}\,\mathrm{kg}$. (4 BE)

d) Berechne die Geschwindigkeit der Ionen bei $U_\mathrm{B} = 1000\,\mathrm{V}$ mit der Masse aus Teilaufgabe c und weise nach, dass relativistische Effekte vernachlässigt werden dürfen. (3 BE)

e) Ein Praktikant behauptet: „Das Magnetfeld erhöht die Geschwindigkeit der Ionen, weil es sie auf eine Kreisbahn zwingt.“ Nimm Stellung zu dieser Aussage. (3 BE)



ERGEBNIS

a) Die Ionen laufen in dieser Ansicht gegen den Uhrzeigersinn um, weil die Lorentzkraft auf das positive Ion am Eintrittspunkt nach oben zeigt. b) $r^2 = \dfrac{2mU_\mathrm{B}}{eB^2}$**. c)** $m = 6{,}63 \cdot 10^{-26}\,\mathrm{kg}$**, die Abweichung vom Literaturwert beträgt weniger als** $0{,}5\,\%$**. d)** $v = 6{,}95 \cdot 10^4\,\mathrm{m/s}$**,** $v/c = 2{,}32 \cdot 10^{-4} \ll 0{,}1$**, klassisches Rechnen ist zulässig. e) Die Aussage ist falsch: Die Lorentzkraft verrichtet keine Arbeit, das Magnetfeld ändert nur die Richtung der Geschwindigkeit, die kinetische Energie stammt allein aus der Beschleunigungsspannung.**

LÖSUNGSWEG

1. Die Ionen sind positiv geladen, die technische Stromrichtung stimmt mit der Bewegungsrichtung überein: Beim Eintritt zeigt sie nach rechts (Daumen der rechten Hand). Das Magnetfeld zeigt vom Betrachter weg (Zeigefinger). (1 BE)

2. Der Mittelfinger zeigt dann nach oben: Die Lorentzkraft auf die Ionen zeigt am Eintrittspunkt nach oben. (1 BE)

3. Die Kraft zeigt stets zum Kreismittelpunkt. Die Ionen biegen daher nach oben ab und laufen gegen den Uhrzeigersinn um. (1 BE)

4. Energie: Mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit gilt $eU_\mathrm{B} = \frac{1}{2}mv^2$ (Ladung $q = e$ bei einfach positiv geladenen Ionen). (1 BE)

5. Die Lorentzkraft wirkt als Zentripetalkraft: $evB = \dfrac{mv^2}{r}$. (1 BE)

6. Umformen nach der Geschwindigkeit: $v = \dfrac{eBr}{m}$. (1 BE)

7. Einsetzen in die Energiegleichung: $eU_\mathrm{B} = \dfrac{1}{2}m\left(\dfrac{eBr}{m}\right)^2 = \dfrac{e^2B^2r^2}{2m}$. (1 BE)

8. Auflösen nach r^2: $r^2 = \dfrac{2mU_\mathrm{B}}{eB^2}$. Damit ist r^2 proportional zu U_B. (1 BE)

9. Aus Teilaufgabe b gilt $r^2 = k \cdot U_\mathrm{B}$ mit $k = \dfrac{2m}{eB^2}$, also $m = \dfrac{k\,eB^2}{2}$. (1 BE)

10. Steigung der Ursprungsgeraden durch den Punkt $(1000\,\mathrm{V} \mid 207\,\mathrm{cm^2})$: $k = \dfrac{207\,\mathrm{cm^2}}{1000\,\mathrm{V}} = 0{,}207\,\mathrm{cm^2/V} = 2{,}07 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{m^2/V}$ (Toleranz: 0,205 bis 0,209 cm²/V). (1 BE)

11. Mit $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C}$: $m = \dfrac{2{,}07 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{m^2/V} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C} \cdot (0{,}200\,\mathrm{T})^2}{2} = 6{,}63 \cdot 10^{-26}\,\mathrm{kg}$ (1 BE)

12. Vergleich: $m_\mathrm{Lit} = 6{,}64 \cdot 10^{-26}\,\mathrm{kg}$. Die Abweichung beträgt weniger als $0{,}5\,\%$, das Messergebnis stimmt im Rahmen der Messgenauigkeit mit dem Literaturwert überein. (1 BE)

13. Aus $eU_\mathrm{B} = \frac{1}{2}mv^2$ folgt $v = \sqrt{\dfrac{2eU_\mathrm{B}}{m}}$. (1 BE)

14. $v = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C} \cdot 1000\,\mathrm{V}}{6{,}63 \cdot 10^{-26}\,\mathrm{kg}}} = 6{,}95 \cdot 10^4\,\mathrm{m/s}$ (1 BE)

15. Mit $c = 2{,}998 \cdot 10^8\,\mathrm{m/s}$: $\dfrac{v}{c} = \dfrac{6{,}95 \cdot 10^4\,\mathrm{m/s}}{2{,}998 \cdot 10^8\,\mathrm{m/s}} = 2{,}32 \cdot 10^{-4} \ll 0{,}1$. Relativistische Effekte sind vernachlässigbar. (1 BE)

16. Die Lorentzkraft steht stets senkrecht zur Bewegungsrichtung. Sie verrichtet daher keine Arbeit ($W = F \cdot s \cdot \cos 90^\circ = 0$). (1 BE)

17. Der Betrag der Geschwindigkeit bleibt im Magnetfeld konstant, das Magnetfeld ändert nur die Richtung der Geschwindigkeit. (1 BE)

18. Die kinetische Energie der Ionen stammt allein aus dem elektrischen Feld der Beschleunigungsspannung, $E_{\mathrm{kin}} = eU_{\mathrm{B}}$. Die Aussage des Praktikanten ist falsch. (1 BE)

TYPISCHE FEHLER

Beim Bestimmen der Masse wird r^2 nicht von cm² in m² umgerechnet (Faktor 10^4), und die Masse wird um diesen Faktor zu groß. Außerdem wird als Steigung r/U_{B} statt r^2/U_{B} verwendet, obwohl die Gerade für r^2 durch den Ursprung geht.