

Prüfungsvorbereitung Physik: Elektromagnetismus

Theoriefragen: Diese Begriffe musst du auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- a) Vektor/Skalar
- b) Nenne Beispiele für skalare Grössen in der Physik
- c) Nenne Beispiele für vektorielle Grössen in der Physik
- d) Elektrisches Feld
- e) Probeladung
- f) Elektrische Feldlinie
- g) Homogenes Feld
- h) Spannung
- i) Magnetfeld
- j) Definition der Richtung des Magnetfeldes
- k) Wie verändert sich das Magnetfeld, wenn man einen Eisenkern in eine stromdurchflossene Spule schiebt? Warum?
- l) Welche Kraft wirkt auf bewegte Ladungen im Magnetfeld? In welche Richtung wirkt diese Kraft?
- m) Nenne Anwendungen von Elektromagneten.
- n) Welche Bahn beschreibt ein geladenes Teilchen, das durch ein homogenes Magnetfeld fliegt (wenn es senkrecht/parallel zu den Feldlinien eingeschossen wurde)?

Physikalische Grössen: Für diese physikalischen Grössen musst du Symbol und Einheit kennen.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Weg/Strecke			Zeit		
Geschwindigkeit			Beschleunigung		
Fallbeschleunigung			Masse		
Kraft			Gewichtskraft		
Arbeit			Energie		
Leistung			Ladung		
Spannung			Stromstärke		
Elektrische Feldstärke			Elektrischer Widerstand		
Lorentzkraft			Magnetische Feldstärke		

Formeln: An der Prüfung erhältst du ein Formelblatt. Auf dem Formelblatt findest du alle Formeln, die du brauchst, sowie Tabellenwerte und ein paar wichtige Formeln aus der Mathematik. Das Formelblatt kannst du auf massenpunkt.ch anschauen und herunterladen.

Fähigkeiten:

- ☞ Formeln umformen, Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und ausrechnen
- ☞ Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden und mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise schreiben
- ☞ Diagramme zeichnen und interpretieren
- ☞ Elektrische und magnetische Feldlinienbilder interpretieren und zeichnen können
- ☞ Elektrische Schaltpläne interpretieren und zeichnen können
- ☞ Joule in Kilowattstunden umwandeln können und umgekehrt
- ☞ Joule in Elektronvolt umwandeln können und umgekehrt
- ☞ Aufgaben mit vektoriellen Grössen zeichnerisch und rechnerisch lösen
- ☞ Fehlerschranken ausrechnen und korrekt angeben für Resultate, die aus Messwerten (mit Fehlerschranken) berechnet wurden
- ☞ Die Linke-Hand Regel richtig anwenden können
- ☞ Die Drei-Finger-Regel richtig anwenden können
- ☞ Verschiedene Anwendungen von Elektromagneten erklären können
- ☞ Die Funktionsweise eines Elektromotors erklären können

Übungsaufgaben:

Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar ersichtlich sein.

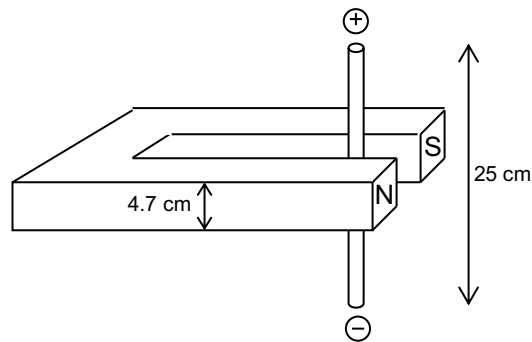
Bei Berechnungen werden für die volle Punktzahl eine algebraische Lösung (das heisst die Formel, umgeformt nach der gesuchten Grösse) und die vollständig eingesetzte Rechnung (das heisst Zahlenwerte mit Einheiten) verlangt.

Resultate müssen unterstrichen sein (Einheiten nicht vergessen!).

Alle Arbeits- und Theorieblätter sowie Aufgabenblätter A64 bis A66

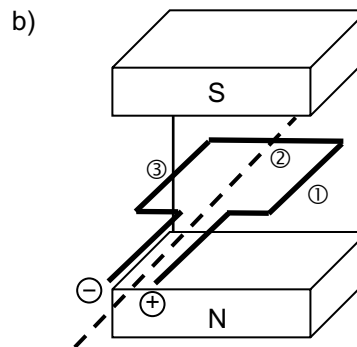
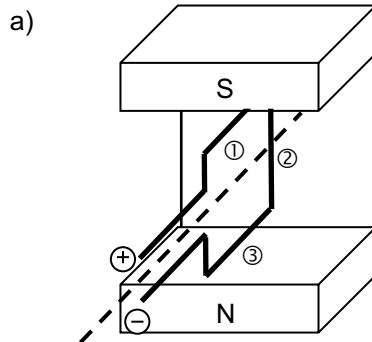
Weitere Aufgaben

1. In einem Draht, der sich zwischen den Polen eines Hufeisenmagneten befindet, fliesst ein elektrischer Strom ($I = 2.07 \text{ A}$). Auf die Elektronen im Draht wirkt eine Kraft von 1.75 mN .
 - a) Zeichne ein, in welche Richtung diese Kraft wirkt.
 - b) Wie gross ist die Stärke des Magnetfeldes zwischen den Polen des Hufeisenmagneten?
2. In einem homogenen Magnetfeld ($B = 0.000210 \text{ mT}$) befindet sich senkrecht zur Feldlinienrichtung ein stromdurchflossener Eisendraht mit dem Durchmesser 0.004500 m und der Länge 0.08643900 km . Auf den Draht wirkt eine Kraft von $1.67000 \text{ }\mu\text{N}$. Die Stromstärke soll berechnet werden.
 - a) Markiere bei den benötigten Zahlenwerten die signifikanten Ziffern mit einem Punkt über der Ziffer und gib jeweils die Anzahl signifikanter Ziffern an. Gib an, wie viele Ziffern das Resultat besitzen sollte.
 - b) Rechne aus, wie gross die Stromstärke im Draht ist und runde das Resultat auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.
 - c) Notiere das Resultat mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise.
3. In Brasilia verläuft das Erdmagnetfeld ($B = 14.2 \text{ }\mu\text{T}$) in Süd-Nord-Richtung. In der Oberleitung einer Bahnstrecke fliessen die Elektronen in Ost-West-Richtung ($I = 4'400 \text{ A}$).
 - a) Wie gross ist die Kraft, die auf die Leitung zwischen zwei Masten im Abstand von 65 m wirkt?
 - b) In welche Richtung wirkt sie?



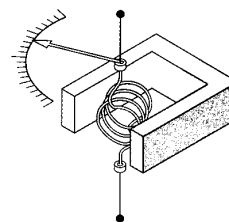
4. In einem homogenen Magnetfeld befindet sich ein 3.7 cm langer Leiter, der von einem Strom der Stärke $I = 5.5 \text{ A}$ durchflossen wird. Auf ihn wirkt die Kraft 0.34 N. (Der Leiter steht in einem rechten Winkel zu den Magnetfeldlinien.)
Wie gross ist die Stärke des Magnetfeldes?

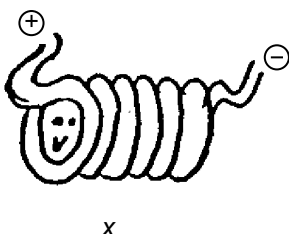
5. Hier siehst du einen rechteckigen Drahtrahmen, der sich in einem Magnetfeld befindet und sich um die gestrichelte Achse drehen kann. (Durch den Drahtrahmen fliesst ein Strom.)
Zeichne jeweils ein, in welche Richtung die Lorentzkraft auf die Elektronen in den einzelnen Drahtstücken wirkt. Dreht sich die Leiterschleife? Wenn ja, in welche Richtung? Wenn nein, warum nicht?



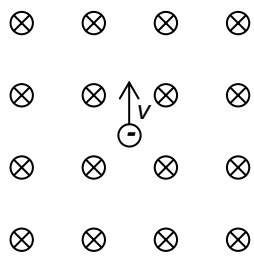
6. Vladimir wollte die elektrische Feldstärke zwischen den Platten eines Kondensators bestimmen: Die Spannung zwischen den Platten betrug $(389.7 \pm 0.4) \text{ V}$, der Plattenabstand betrug $(4.6 \pm 0.1) \text{ mm}$.
Gib die elektrische Feldstärke korrekt mit (absoluter) Fehlerschranke an.
7. Jardar bestimmte den spezifischen elektrischen Widerstand eines Metalls. Dazu verwendete er einen Draht der Länge $(389.7 \pm 0.4) \text{ cm}$ mit einem Durchmesser von $(0.65 \pm 0.01) \text{ mm}$. Der Widerstand des Drahtes betrug $(1.351 \pm 0.003) \Omega$.
Gib den spezifischen elektrischen Widerstand korrekt mit (absoluter) Fehlerschranke an.
8. Vreneli hat die Geschwindigkeit ihres ferngesteuerten Autos, das sich gleichförmig bewegt, bestimmt. Die zurückgelegte Strecke betrug $(257.8 \pm 0.7) \text{ cm}$ und die Zeit, die das Auto für diese Strecke benötigte, betrug $(12.3 \pm 0.4) \text{ s}$.
Gib die Geschwindigkeit korrekt mit (absoluter) Fehlerschranke an.

9. Mit Hilfe der Lorentzkraft kann die Stromstärke gemessen werden. Zwischen den Polen eines Hufeisenmagneten ist eine Spule beweglich aufgehängt. Daran ist ein Zeiger befestigt, der sich mit der Spule mitdreht (siehe Abbildung).
Beschreibe, wie ein solches Ampèremeter funktioniert.



10. 
- a) Zeichne das Magnetfeld dieser Spule.
b) Wie richtet sich eine Kompassnadel in diesem Magnetfeld aus? Zeichne es an der mit x bezeichneten Stelle ein.
(Kompassnadel: N  S)
c) Bei einer Stromstärke von 0.13 A beträgt die Feldstärke im Innern 25 μT . Wie lang ist die Spule?

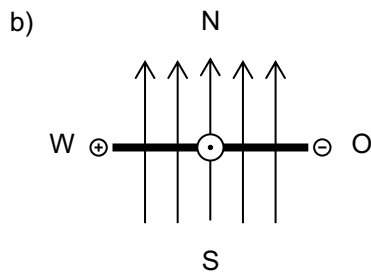
11. Wir betrachten einen unendlich langen und geraden stromdurchflossenen Leiter. Die Stärke des Magnetfeldes um den Leiter herum hängt bekanntlich vom Abstand ab.
Stelle diese Abhängigkeit in einem Diagramm dar - für Abstände zwischen 0 und 1.00 m, für einen Strom der Stärke 1.00 A.
Tipp: Berechne die Stärke des Magnetfeldes für $r = 0.125 \text{ m}$, 0.250 m , 0.500 m und 1.00 m .
Übertrage diese Wertepaare in ein Diagramm (x-Achse: r , y-Achse: B).

12. Wir betrachten eine lange schlanke Zylinderspule der Länge ℓ , die n Windungen hat und von einem Strom der Stärke I durchflossen wird.
Vervollständige die folgenden Sätze:
- Wenn man die Stromstärke verdreifacht, ohne die Länge der Spule und die Anzahl Windungen zu verändern, dann wird das Magnetfeld im Innern so gross.
 - Wenn man die Länge der Spule durch vier teilt, ohne die Stromstärke und die Anzahl Windungen zu verändern, dann wird das Magnetfeld im Innern..... so gross.
 - Wenn man die Anzahl Windungen durch fünf teilt, ohne die Länge der Spule und die Stromstärke zu verändern, dann wird das Magnetfeld im Innern..... so gross.
13. Ein Elektron wurde mit $U = 45.0 \text{ V}$ beschleunigt und bewegt sich senkrecht zu den Feldlinien eines Magnetfeldes ($B = 1.85 \text{ mT}$, die magnetischen Feldlinien zeigen ins Blatt hinein).
- Zeichne in der Abbildung die Richtung der Lorentzkraft auf das Elektron sowie seine (vollständige) Bahnkurve ein.
 - Wie gross ist die kinetische Energie des Elektrons in eV und in J?
 - Wie gross ist die Geschwindigkeit des Elektrons?
 - Wie gross ist die Lorentzkraft auf das Elektron?
 - Wie gross ist der Radius der Kreisbahn, auf der sich das Elektron bewegt?
 - Um welchen Faktor ändert sich der Radius der Kreisbahn, wenn man die Geschwindigkeit des Elektrons halbiert?
- 
14. Ein Proton wurde auf eine Geschwindigkeit von $1.53 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ beschleunigt und bewegt sich senkrecht zu den Feldlinien eines Magnetfeldes auf einem Kreis mit Radius 7.41 cm .
Wie gross ist die Stärke des Magnetfeldes?
15. Ein Proton wurde mit $U = 260.0 \text{ V}$ beschleunigt und bewegt sich senkrecht zu den Feldlinien eines homogenen Magnetfeldes ($B = 40.5 \text{ mT}$).
- Wie gross ist die Geschwindigkeit des Protons?
 - Wie gross ist der Radius der Kreisbahn, auf der sich das Proton bewegt?
16. Zwei parallele Drähte der Länge 37.5 m haben einen Abstand von 12.4 cm . Durch den einen Draht fliesst ein Strom der Stärke $I_1 = 2.35 \text{ A}$, durch den anderen ein Strom der Stärke $I_2 = 1.05 \text{ A}$. Die Elektronen fliessen in beiden Drähten in die gleiche Richtung.
- Wie gross ist die Kraft der Ströme aufeinander?
 - Stossen sie sich ab oder ziehen sie sich an? (Begründung mit einer Skizze)
 - Wie gross sind Betrag und Richtung des Magnetfeldes genau in der Mitte zwischen den beiden Strömen?
 - An welcher Stelle ist $B = 0$?

Lösungen:

- nach rechts
 - $B = \frac{F}{I \cdot s} = \frac{1.75 \cdot 10^{-3} \text{ N}}{2.07 \text{ A} \cdot 0.047 \text{ m}} = 0.0180 \text{ T} = \underline{18.0 \text{ mT}}$
- $B = 0.000210 \text{ mT}$; 3, $\ell = 0.08643900 \text{ km}$; 7, $F = 1.67000 \mu\text{N}$; 6, Resultat: 3
 - $I = \frac{F}{\ell \cdot B} = \frac{1.67000 \cdot 10^{-6} \text{ N}}{0.0864390 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot 0.000210 \cdot 10^{-3} \text{ T}} = 0.09199992 \text{ A} = \underline{0.0920 \text{ A}}$
 - $\underline{9.20 \cdot 10^{-2} \text{ A}}$

3. a) $F_L = I \cdot B \cdot s = 4'400 \text{ A} \cdot 14.2 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot 65 = \underline{4.1 \text{ N}}$



Ansicht von oben. Der geografische Nordpol der Erde ist ein magnetischer Südpol.
Die Leitung wird ein wenig nach oben gehoben!

4. $B = \frac{F_L}{I \cdot s} = \frac{0.34 \text{ N}}{15.5 \text{ A} \cdot 0.037 \text{ m}} = \underline{0.59 \text{ T}}$

5. a) bei ① nach rechts, bei ② wirkt keine Lorentzkraft, bei ③ nach links. Der Drahtrahmen dreht sich im Uhrzeigersinn.
b) bei ① nach rechts, bei ② nach hinten, bei ③ nach links. Der Drahtrahmen dreht sich nicht, weil die Kräfte kein Drehmoment ausüben können.

6. $E = \frac{U}{d} = \frac{389.7 \text{ V}}{4.6 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 84'717.39130 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 84.71739130 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$

$$E_{\max} = \frac{U_{\max}}{d_{\min}} = \frac{390.1 \text{ V}}{4.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 86'688.88889 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 86.68888889 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$$

$$\Delta E = E_{\max} - E = 86'688.88889 \frac{\text{V}}{\text{m}} - 84'717.39130 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 1971.497590 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 2 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$$

$$E = (85 \pm 2) \frac{\text{kV}}{\text{m}} = (8.5 \pm 0.2) \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

7. $\rho_{el} = \frac{R \cdot A}{\ell} = \frac{R \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2}{\ell} = \frac{R \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot \ell} = \frac{1.351 \Omega \cdot \pi \cdot (0.65 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4 \cdot 3.897 \text{ m}} = 11.5038057 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$

$$\rho_{el(\max)} = \frac{R_{\max} \cdot \pi \cdot d_{\max}^2}{4 \cdot \ell_{\min}} = \frac{1.354 \Omega \cdot \pi \cdot (0.66 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4 \cdot 3.893 \text{ m}} = 11.89904243 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$$

$$\Delta \rho_{el} = \rho_{el(\max)} - \rho_{el} = 11.89904243 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m} - 11.5038057 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m} = 0.39523673 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m} = 0.4 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$$

$$\rho_{el} = \underline{(11.5 \pm 0.4) \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}}$$

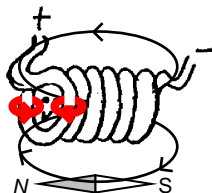
8. $v = \frac{s}{t} = \frac{257.8 \text{ cm}}{12.3 \text{ s}} = 20.95934959 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ $v_{\max} = \frac{s_{\max}}{t_{\min}} = \frac{258.5 \text{ cm}}{11.9 \text{ s}} = 21.72268907 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$

$$\Delta v = v_{\max} - v = 21.72268907 \frac{\text{cm}}{\text{s}} - 20.95934959 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0.76333948 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0.8 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$v = \underline{(21.0 \pm 0.8) \frac{\text{cm}}{\text{s}}} = \underline{(0.210 \pm 0.008) \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

9. Die Spule befindet sich im Magnetfeld eines Hufeisenmagneten. Sobald ein Strom durch die Spule fließt, wirkt auf die Elektronen im Draht eine Lorentzkraft. Je grösser die Stromstärke, desto grösser diese Kraft, und umso stärker wird die Spule gedreht. An einer Skala lässt sich die Stromstärke ablesen.

10. a) und b)



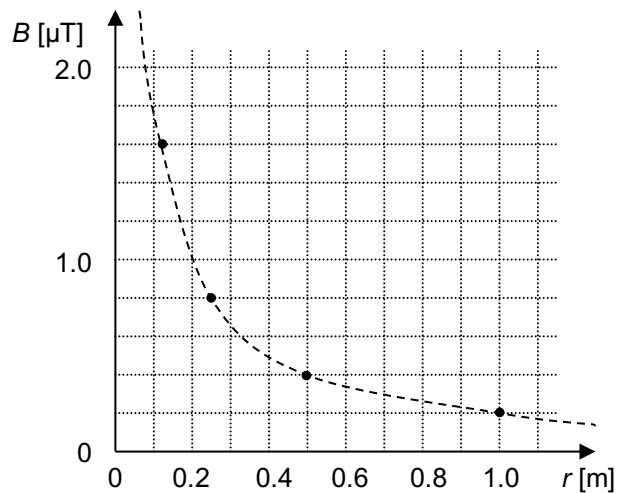
c) $\ell = \mu_0 \cdot \frac{n}{B} \cdot I = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}} \cdot \frac{6}{25 \cdot 10^{-6} \text{ T}} \cdot 0.13 \text{ A} = 0.039 \text{ m} = \underline{3.9 \text{ cm}}$

$$11. \quad B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot r_1} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}} \cdot 1.00 \text{ A}}{2\pi \cdot 0.125 \text{ m}} = 1.6 \mu\text{T}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot r_2} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}} \cdot 1.00 \text{ A}}{2\pi \cdot 0.250 \text{ m}} = 0.80 \mu\text{T}$$

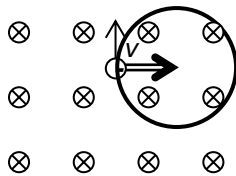
$$B_3 = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot r_3} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}} \cdot 1.00 \text{ A}}{2\pi \cdot 0.500 \text{ m}} = 0.40 \mu\text{T}$$

$$B_4 = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot r_4} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}} \cdot 1.00 \text{ A}}{2\pi \cdot 1.00 \text{ m}} = 0.20 \mu\text{T}$$



12. a) dreimal b) viermal c) ein fünftel

13. a) $\otimes \quad \otimes \quad \otimes \quad \otimes$



b) $E_{\text{kin}} = W_{\text{Beschleunigung}} = q \cdot U = 1 \text{ e} \cdot 45.0 \text{ V} = \underline{45.0 \text{ eV}} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 45.0 \text{ V}$
 $= \underline{7.20 \cdot 10^{-18} \text{ J}}$

c) $v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kin}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot U}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 45.0 \text{ V}}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = \underline{3.98 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$

d) $F_L = q \cdot v \cdot B = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 3.96 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1.85 \cdot 10^{-3} \text{ T} = \underline{1.18 \cdot 10^{-15} \text{ N}}$

e) $r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} = \frac{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 3.98 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1.85 \cdot 10^{-3} \text{ T}} = \underline{0.0122 \text{ m}} = \underline{1.22 \text{ cm}}$

f) um den Faktor 0.5

14. $B = \frac{m \cdot v}{q \cdot r} = \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 1.53 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0.0741 \text{ m}} = \underline{21.6 \text{ mT}}$

15. a) $E_{\text{kin}} = W_{\text{Beschleunigung}} = q \cdot U$

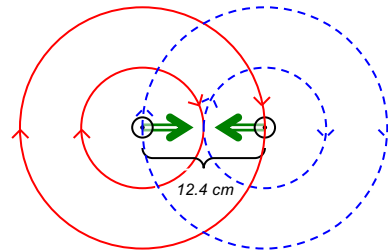
$v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kin}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot U}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 260 \text{ V}}{1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}} = \underline{2.23 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$

b) $F_Z = F_L \Rightarrow m \cdot \frac{v^2}{r} = q \cdot v \cdot B$

$\Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} = \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 2.23 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 40.5 \cdot 10^{-3} \text{ T}} = 0.057 \text{ m} = \underline{5.7 \text{ cm}}$

$$16. \text{ a) } F = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot s}{r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}}{2\pi} \cdot \frac{2.35 \text{ A} \cdot 1.05 \text{ A} \cdot 37.5 \text{ m}}{0.124 \text{ m}} = 1.49 \cdot 10^{-4} \text{ N} = \underline{\underline{0.149 \text{ mN}}}$$

- b) Magnetfeld des linken Stroms: ———
 Magnetfeld des rechten Stroms: - - - - -
 Lorentzkraft auf den einen Strom im
 Magnetfeld des anderen Stroms: $\Rightarrow$



Sie ziehen sich an.

- c) Die Magnetfelder sind entgegengesetzt gerichtet $\Rightarrow$ man muss sie voneinander abziehen:

$$B = B_1 - B_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1}{r} - \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_2}{r} = \frac{\mu_0}{2\pi \cdot r} (I_1 - I_2) = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}}{2\pi \cdot 0.062 \text{ m}} (2.35 \text{ A} - 1.05 \text{ A})$$

$$= 4.19 \cdot 10^{-6} \text{ T} = \underline{\underline{4.19 \mu\text{T}}}$$

$$\text{d) } B = B_1 - B_2 = 0 \Rightarrow B_1 = B_2 \Rightarrow \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1}{r_1} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_2}{r_2} \Rightarrow \frac{I_1}{r_1} = \frac{I_2}{r_2} = \frac{I_2}{r - r_1}$$

$$I_1 \cdot (r - r_1) = I_2 \cdot r_1 \Rightarrow r_1 = \frac{I_1}{I_1 + I_2} \cdot r = \frac{2.35 \text{ A}}{2.35 \text{ A} + 1.05 \text{ A}} \cdot 12.4 \text{ cm} = \underline{\underline{8.57 \text{ cm}}}$$