

In Kapitel 2 haben wir herausgefunden, dass auf Ströme in magnetischen Feldern Kräfte wirken. Es ist deshalb naheliegend, auch unseren Elektronenstrahl (der stellt ja einen Strom dar) einem magnetischen Feld auszusetzen. Durch ein Helmholtz-Spulenpaar (siehe Buch S. 58 u.) erzeugen wir ein Magnetfeld, in das wir die gesamte Elektronenröhre einbauen. Das System zur Strahlerzeugung ist wie üblich aufgebaut.

Zeichne den weiteren Strahlenverlauf ein!

Welche zwei Größen kann man in diesem Experiment variieren, wie beeinflussen sie den Strahlverlauf?

Zeichne an mehreren Punkten der Bahn die Lorentzkraft ein!

In welchem Zusammenhang steht die Richtung der Kraft mit der beobachteten Bahnkurve? → Lösung

Eine Simulation bietet Leifiphysik unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Bewegte Ladungen in Feldern – Fadenstrahlrohr Grundwissen**.

Messung:

Beschleunigungsspannung $U =$

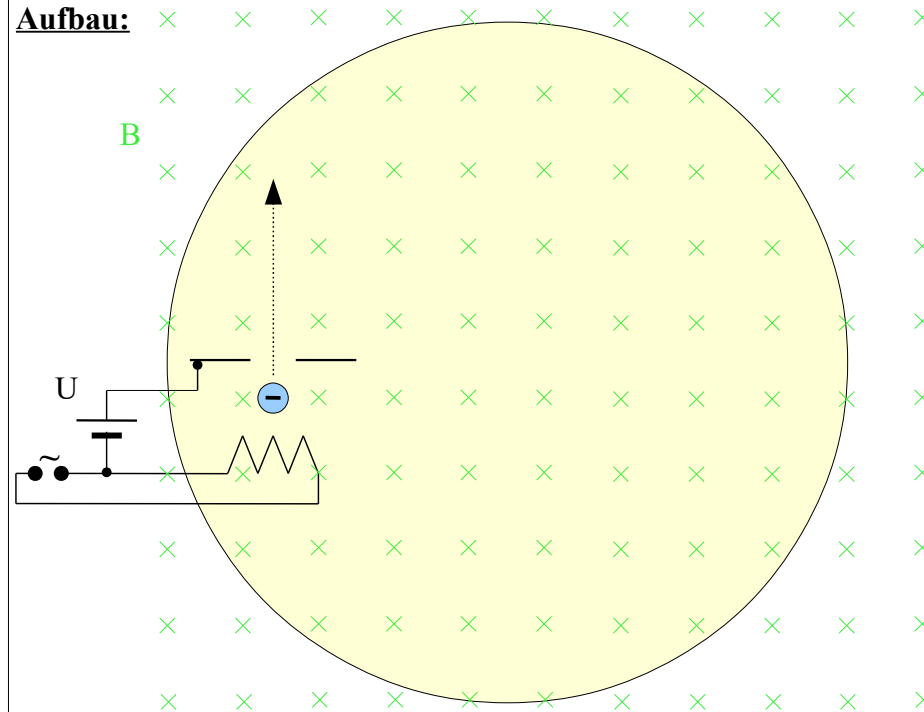
Flussdichte $B =$

Bahndurchmesser $d =$

Für die Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter haben wir in Kap. 2 die Formel $F = B \cdot I \cdot l$ ermittelt. Leite daraus eine Formel ab für die Kraft auf ein einzelnes Elektron. Tipp: modelliere den Strom I als Bewegung von N Elektronen über die Leiterlänge l in der Zeit t .

3.3 Ablenkung im magnetischen Feld

Aufbau:



-
-

Für andere Ladungen q gilt die Formel ganz analog. Wir können damit also auch die Kräfte auf bewegte Ionen berechnen (wichtig z.B. im Schwerionenbeschleuniger in Darmstadt, GSI).

Bei schrägem Einschuss führt nur die Geschwindigkeitskomponente senkrecht zum Feld zu einer Lorentzkraft. Die Komponente v_p parallel zur Feldrichtung wird dabei nicht beeinflusst und bleibt konstant. Die Überlagerung der beiden Teilbewegungen führt dann zu einer Bahn in Form einer Schraubenlinie (siehe Buch S. 75).

Im Gegensatz zur Ablenkung im elektrischen Feld ist hier die Bahnkurve von Masse und Ladung des Teilchens abhängig. Damit erlaubt dieser Versuch eine Bestimmung der Masse des Elektrons.

Die Lorentzkraft ist gerade die für die Kreisbahn

erforderliche Zentripetalkraft ($F_Z = m \cdot \frac{v^2}{r}$). Leite

aus der Kräftegleichheit eine Formel für die spezifische Ladung des Elektrons her. Vergleiche zunächst Deine Formel mit der Lösung und berechne dann die Masse des Elektrons mit den Versuchsdaten auf der Vorderseite. Literaturwert: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Selbst-Check:

- **Versuchsaufbau und Versuchsparameter**
- **Bahnkurven bei Einschuss senkrecht/schräg**
- **Bestimmung der Masse des Elektrons**

Lorentzkraft:

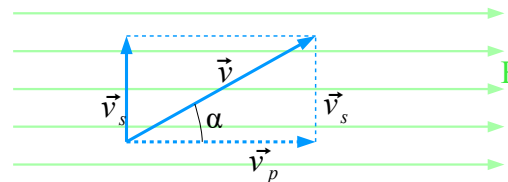
Bewegt sich eine Ladung q mit einer Geschwindigkeit v senkrecht zu den Feldlinien eines magnetischen Feldes der Flussdichte B , so erfährt sie eine Kraft:

$$F_L = q \cdot v \cdot B$$

Diese Richtung dieser Kraft steht senkrecht zur Feldrichtung und zur Bewegungsrichtung.

Beachte:

Bewegt sich die Ladung nicht genau senkrecht zu den Feldlinien, so zählt für die Formel die Komponente v_s des Geschwindigkeitsvektors, die senkrecht zu den Feldlinien steht.



$$v_s = v \cdot \sin(\alpha) \quad \text{Damit}$$

$$F_L = q \cdot v \cdot B \cdot \sin(\alpha)$$

Ladungen, die genau parallel zur Richtung der Feldlinien eingeschossen werden, erfahren demzufolge gar keine Lorentzkraft.

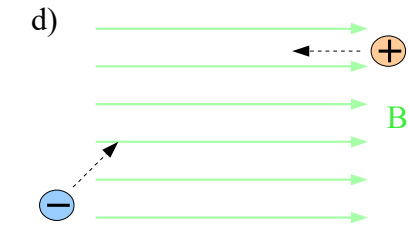
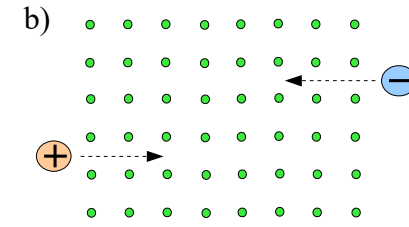
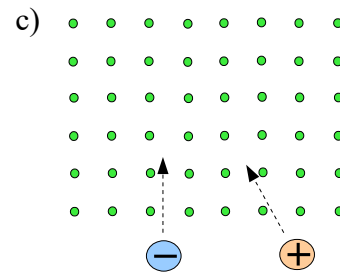
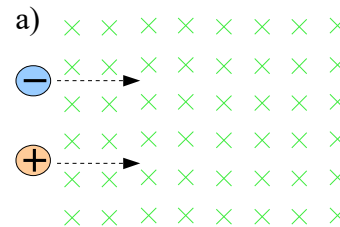
Bestimmung der Masse eines Elektrons:

$$F_L = F_Z$$

Auf Leifiphysik gibt's Aufgaben unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Bewegte Ladungen in Feldern – Fadenstrahlrohr Aufgaben**. Auch zu diesem Thema bietet die Uni München, Didaktik Physik tolle virtuelle Experimentiermöglichkeiten (siehe Hinweis in Kap. 3.2).

Die Vorhersage der Teilchenbahn mit Hilfe der UVW-Regel (Drei-Finger-Regel) hast Du bereits in der 9. Jahrgangsstufe geübt. Auch hier ist dies wieder eine wichtige Fertigkeit. Dabei kannst Du nun immer die rechte Hand (technische Stromrichtung) oder je nach Ladungstyp die rechte (positive Ladung) und die linke (negative Ladung) Hand benutzen. **Skizziere die weitere Teilchenbahn bei den angegebenen Einschußrichtungen (der Krümmungsradius der Bahn ist natürlich nicht eindeutig bekannt, da wir weder die Ladungsmenge, noch die Geschwindigkeit oder die Flussdichte kennen).**

Übungen (UVW-Regel):



Nicht alle Rechenaufgaben in diesem Kapitel sind so kompliziert wie die Herleitung bei der Bestimmung der Masse des Elektrons. Die Berechnung von Bahnradien, magnet. Flussdichten und Einschußgeschwindigkeiten gelingt in diesem Zusammenhang wesentlich leichter. Die folgende grundlegende Aufgabe solltest Du ohne allzu große Schwierigkeiten lösen können. Anderenfalls wäre es jetzt an der Zeit, Defizite im rechentechnischen Bereich aufzuarbeiten.

Löse die Aufgabe S.89/9. Arbeite dabei mit den grundlegenden Formeln für kinetische Energie, Zentripetalkraft und Lorentzkraft.

Übung: Lorentzkraft

Beachte: Wir werden noch weitere Aspekte zum Thema erarbeiten, zum jetzigen Zeitpunkt eignen sich deshalb noch nicht alle Abituraufgaben gleichermaßen.

Eine Menge Aufgaben (von einfach bis Abitur) gibt's auf Leifphysik unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Bewegte Ladungen in Feldern – Geladene Teilchen im magnetischen Quersfeld** Aufgaben.