

Liebe Schülerinnen und Schüler der Q1,

bitte nutzt die nächsten beiden Wochen dazu, den Versuch „Fadenstrahlrohr“ mithilfe einer Simulation zu beschreiben und auszuwerten.

Dazu führt ihr den Versuch wieder mit der Simulation der Abteilung Physikdidaktik der Uni München durch. Die Vorgehensweise ist euch durch die zuvor durchgeführte Simulation der Elektronenkanone bereits bekannt. Den Link habe ich unten angegeben.

Ich habe die Aufgaben für euch durch das angehängte Material strukturiert und teilweise vereinfacht, so dass ihr keine Probleme haben solltet, alle Aufgaben zu bearbeiten.

Selbstverständlich stehe ich euch aber weiterhin für eure Fragen unter haller.gesamtschule@schulen-hattingen.de zur Verfügung.

Ich wünsche euch gutes Gelingen und eine gute und gesunde Zeit,

Susanne Haller

PH Q1 Bestimmung der Elektronenmasse Fadenstrahlrohr - Thema 3

Thema 1) Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenkanone

Thema 2) Erzeugung eines homogenen Magnetfelds mit Helmholtzspulen

Thema 3) Bestimmen der Elektronenmasse mit dem Fadenstrahlrohr

Du hast im Unterricht gesehen, dass sich der Elektronenstrahl im Fadenstrahlrohr durch Einschalten der Helmholtzspulen auf eine Kreisbahn ablenken lässt. Du weißt bereits, dass die Spulen im Fadenstrahlrohr ein homogenes Magnetfeld erzeugen. Im letzten Teil erfährst du, wie diese Kreisbahn entsteht und wie man daraus die Masse des Elektrons bestimmen kann.

Dabei werden wir der Reihe nach folgende Fragen beantworten:

1. Wie ist ein Fadenstrahlrohr aufgebaut?
2. Warum bewegen sich die Elektronen auf einer Kreisbahn? – Die Lorentzkraft
3. Wie kann ich mithilfe eines Kräftegleichgewichts eine Gleichung für die Masse herleiten?
4. Wie groß ist die Masse eines Elektrons?

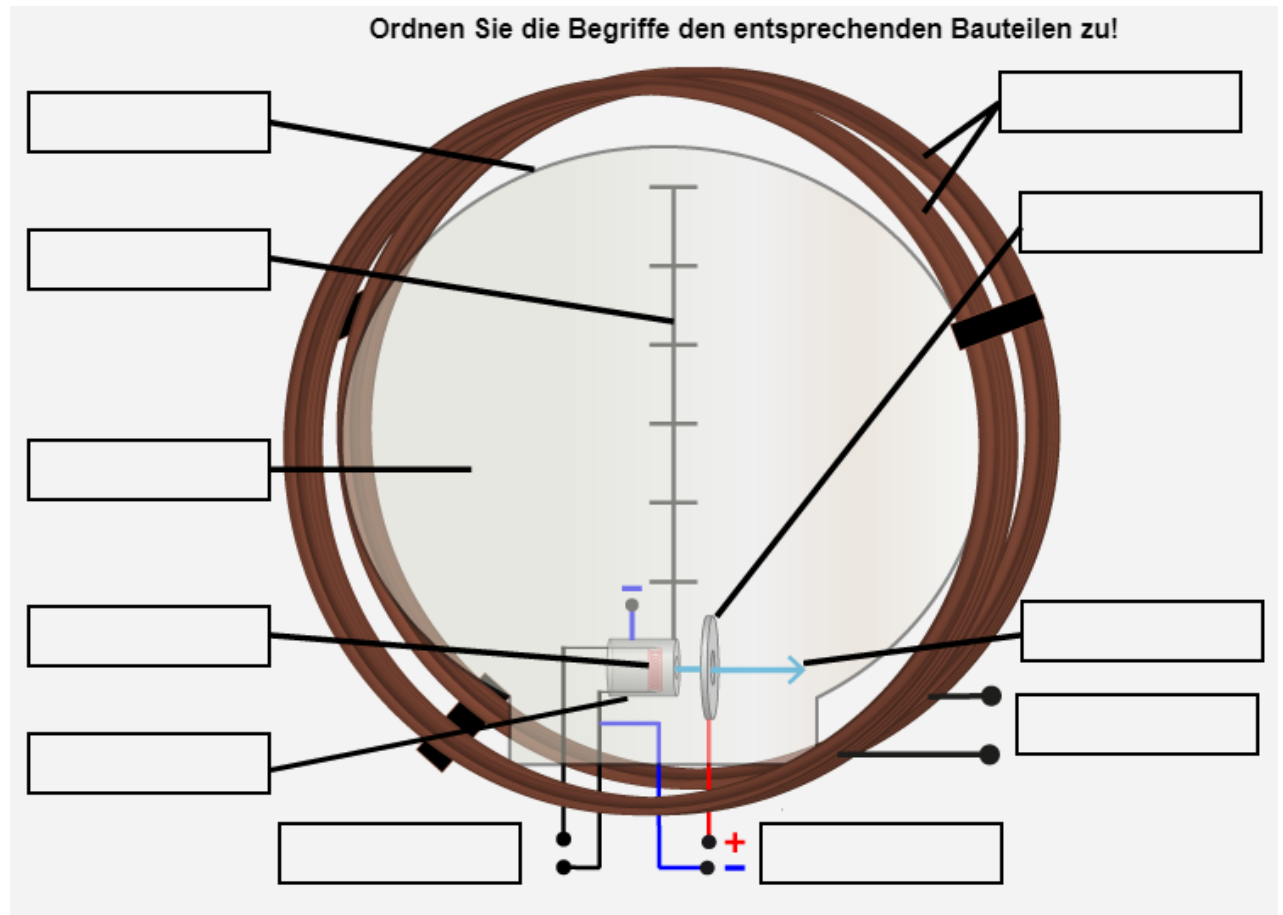
1. Wie ist ein Fadenstrahlrohr aufgebaut?

Die Bestimmung der Elektronenmasse kann mithilfe einer Simulation durchgeführt werden. Öffne dazu die Seite:

<https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/elektronenbahnen/b-feld/B-Feld/Versuchsaufbau.php>

Führe alle Aufgaben im Menu „B-Feld“ durch und bearbeite folgende Aufgaben.

1.1) Aufbau des Fadenstrahlrohrs



- 1.2) Experimentiere im Menu „B-Feld → Experiment“ mit der Beschleunigungsspannung U_B und dem Spulenstrom I und beobachte die Auswirkungen auf den Elektronenstrahl. Notiere zu jeder Größe einen Je...,-desto..-Satz.
- 1.3) Entwickle eine Formel für den Radius der Elektronenstrahls in Abhängig von B und v_0 und überprüfe deine Ergebnisse mithilfe der Simulation.
- 1.4) Beschreibe die Durchführung des Versuchs. Falls du Hilfe benötigst, nutze den Lückentext im Menu „Übungen“

2. Warum bewegen sich die Elektronen auf einer Kreisbahn? – Die Lorentzkraft

Im folgenden Film wird die Lorentzkraft erläutert. Schau dir den Film an und bearbeite anschließend die folgenden Aufgaben.

Die Lorentzkraft & Die Linke-Hand-Regel

<https://www.youtube.com/watch?v=snM3g4zWeNw>



- 2.1) Welche Gemeinsamkeit besitzen das Magnetfeld eines Hufeisenmagneten und das Magnetfeld der Helmholtzspulen?
- 2.2) Erstelle eine Anleitung, wie man mithilfe der Linke-Hand-Regel die Richtung der Lorentzkraft ermitteln kann. (Achtung: Diese Regel heißt auch Linke-Hand-Regel, besitzt aber keinen Zusammenhang zu der Linke-Hand-Regel des Magnetfelds)
- 2.3) Wie kann man die Lorentzkraft auf ein positiv geladenes Teilchen bestimmen?
- 2.4) Gib die Formel für die Lorentzkraft an und gib die Bedeutung aller vorkommenden Größen an.
- 2.5) Bestimme für alle sechs Bilder die jeweils gesuchte(n) Größe(n).

(Lösungen zum Überprüfen findest du hier <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/bewegte-ladungen-feldern/aufgabe/richtungsregel-training>)

(a)

ges.: Ladungsvorzeichen

(b)

ges.: Richtung LORENTZ-Kraft; Teilchenbahn

(c)

ges.: Richtung LORENTZ-Kraft

(d)

ges.: Richtung LORENTZ-Kraft; Teilchenbahn

(e)

ges.: Richtung LORENTZ-Kraft; Teilchenbahn

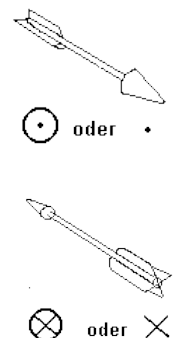
(f)

ges.: Teilchenbahn

● Magnetfeld aus Papierebene
 ● Elektron
 → Bewegungsrichtung
× Magnetfeld in Papierebene
 ● Proton
 → Richtung der LORENTZ-Kraft

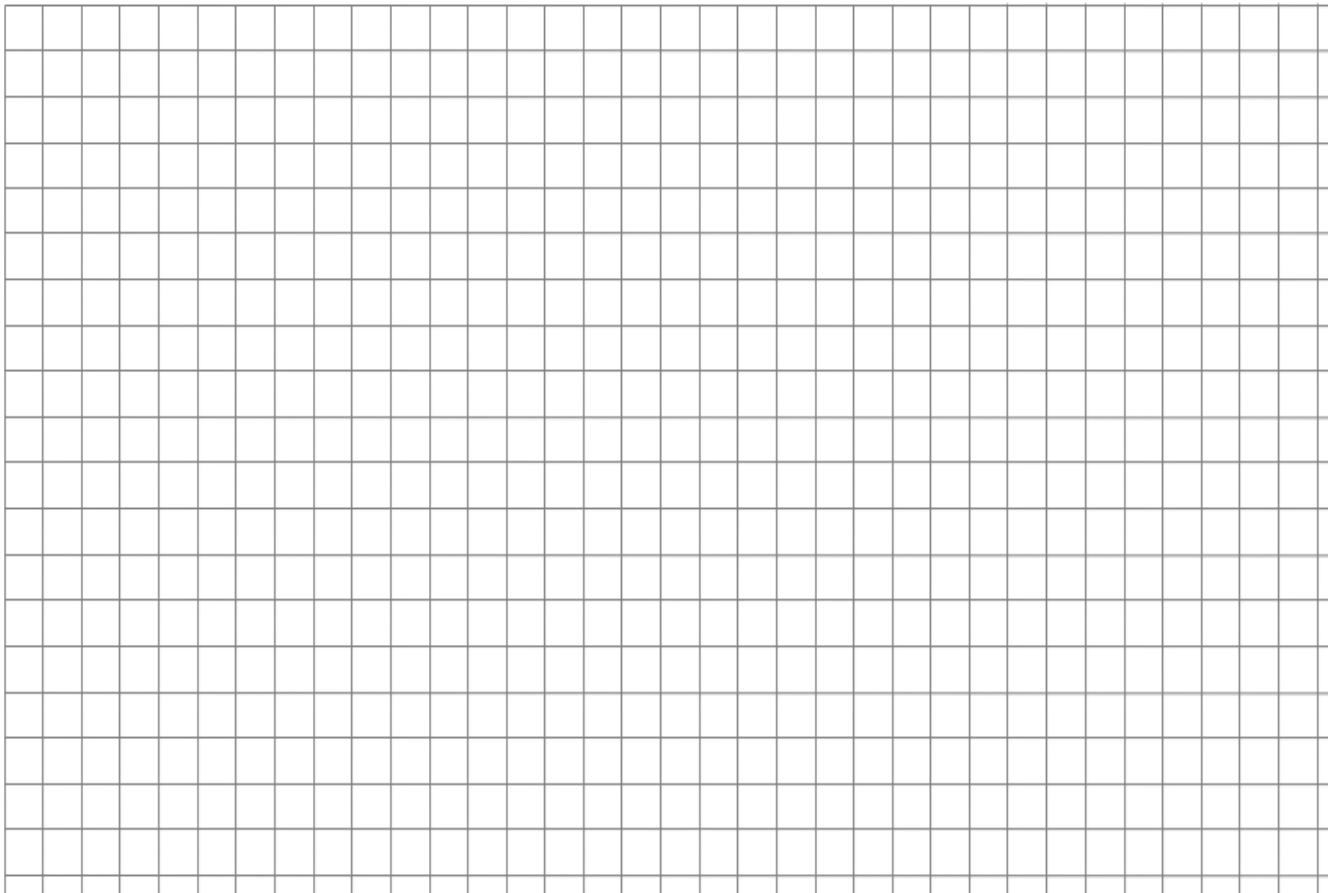
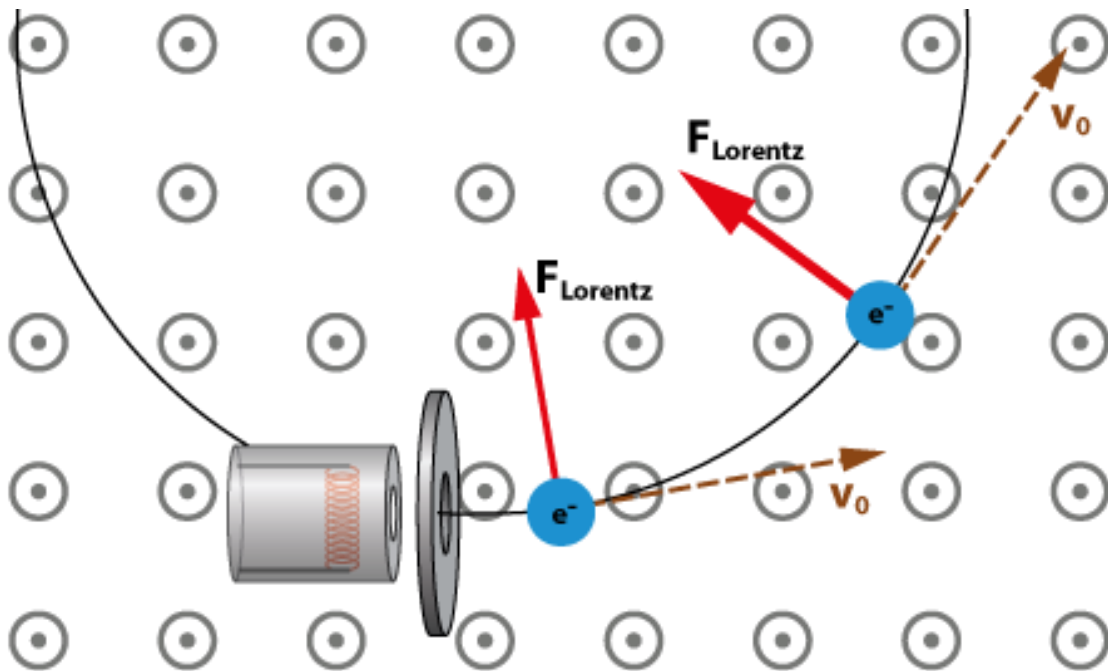
Information: Darstellung von Feldern mithilfe der „Dartpfeilregel“

Um sich aufwendige 3D-Zeichnungen zu sparen, wird die Richtung eines Feldes senkrecht zur Papierebene oft mit einem Punkt oder einem Kreuz gekennzeichnet. Dabei steht der Punkt für ein Feld in Richtung des Betrachters (aus dem Blatt heraus) und das Kreuz steht für ein Feld vom Betrachter weg (in das Blatt hinein). Mithilfe eines Dartpfeils kann man sich dieses leicht merken: fliegt ein Dartpfeil auf eine Person zu, so ist zuerst die Spitze zu erkennen, also nur ein kleiner Punkt (Feld in Richtung des Betrachters). Entfernt sich der Dartpfeil so sind nur die gekreuzten Pfeilflügel, welche eine Kreuzform besitzen zu erkennen (Feld von Betrachter weg).



3. Wie kann ich eine Gleichung für die Masse herleiten?

3.1) Durch Einschalten der Helmholtzspulen werden Elektronen auf eine Kreisbahn gezwungen, nachdem sie die Elektronenkanone verlassen. Erläutere mit Hilfe der Abbildung, warum die Elektronen eine Kreisbahn einnehmen. Nutze dazu die Linke-Handregel.



3.2) Herleitung einer Gleichung zur Berechnung der Elektronenmasse m_E

In der EF hast du gelernt, dass die Kraft, die einen Körper auf einer Kreisbahn hält, Zentripetalkraft genannt wird und folgendermaßen von der Masse m , dem Radius r und der Bahngeschwindigkeit v abhängt:

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

Leite mit Hilfe der Kommentare in der Tabelle und der Formelbox unten eine Formel her, mit der du die Masse des Elektrons bestimmen kannst.

Schritt	Kommentar	Gleichung
1	Die Lorentzkraft hält das Elektron auf einer Kreisbahn und wirkt daher als Zentripetalkraft. Daher kann ich beide Kräfte gleichsetzen	$F_Z = F_L$
2	Ich setze die Terme für die Zentripetalkraft und die Lorentzkraft ein.	
3	Die Ladung q entspricht genau der Ladung eines Elektrons., also ersetze ich $q = e$.	
4	Die Geschwindigkeit des Elektrons entspricht der Endgeschwindigkeit v aus der Elektronenkanone. Diese Gleichung kenne ich.	
5	Ich ersetze die Geschwindigkeit in Schritt 3	
6	Wenn eine Wurzel quadriert wird, dann hebt sich beides auf.	
7	Die Elektronenmasse im linken Term und die Elementarladung auf beiden Seiten kann ich kürzen.	
8	Ich quadriere beide Seiten, damit der Wurzelterm sich aufhebt.	
9	Durch Kürzen erhalte ich folgende Gleichung.	
10	Umstellen nach der Elektronenmasse ergibt	$m_E = \frac{e \cdot B^2 r^2}{2U_B}$

$\frac{m_E \cdot v^2}{r} = q \cdot v \cdot B$	$\frac{m_E \cdot 2 \cdot \frac{e}{m_E} U_B}{r} = e \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m_E} U_B \cdot B}$	$\frac{m_E \cdot v^2}{r} = e \cdot v \cdot B$	$\frac{2 \cdot U_B}{r^2} = \frac{e}{m_E} \cdot B^2$
$\frac{4 \cdot U_B^2}{r^2} = 2 \cdot \frac{e}{m_E} U_B \cdot B^2$	$\frac{m_E \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m_E} U_B}^2}{r} = e \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m_E} U_B \cdot B}$	$\frac{2 \cdot U_B}{r} = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m_E} U_B \cdot B}$	$v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m_E} U_B}$

4.) Wie groß ist die Masse eines Elektrons? - Aufgaben

4.1) Bei der Messung am Fadenstrahlrohr wird bei einer Spannung von 230V und einer Magnetfeldstärke von 1,33mT ein Radius von 4cm gemessen. Berechne die im Versuch ermittelte Masse eines Elektrons und vergleiche sie mit dem Literaturwert. Gib dazu die Abweichung des Messergebnisses in Prozent an. (Formelsammlung S. 83)