

Thema: Experimente mit Elektronen

In Aufgabe 1 dienen Elektronen in einer Hallsonde zur Untersuchung der Drehung eines Magneten. Im Zentrum der zweiten Aufgabe stehen die Eigenschaften freier Elektronen in einem homogenen elektrischen Feld. In der dritten Aufgabe wird die Bedeutung von Elektronen für die Lichterzeugung in einer Gasentladungslampe betrachtet.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

In dieser Aufgabe wird die Drehung eines Magneten mit einer Hallsonde untersucht. Dabei soll geprüft werden, ob sich die Hallsonde als Messgerät für den Drehwinkel des Magneten eignet.

- 1.1** Erläutern Sie anhand einer Skizze die Entstehung der Hallspannung U in einer Hallsonde. Hinweis: Die Herleitung einer Gleichung ist nicht erforderlich.
Skizzieren Sie das Magnetfeld der Spule in Material 1a (M1a).
Begründen Sie, dass eine Hallsonde bei Drehung der Spule in der in M1b (i) gezeigten Lage einen großen Wert und in M1b (ii) einen sehr kleinen Wert für U anzeigt. **[11 BE]**
- 1.2** In einem Experiment nach M1c wird ein Magnet vor eine Hallsonde gelegt und dort um sein Zentrum gedreht. Dabei wird die Hallspannung U in Abhängigkeit vom Drehwinkel φ gemessen. Die Messwerte zeigt die Tabelle in M1d.
Stellen Sie die Messwerte aus M1d in einem φ - U -Diagramm dar.
Ermitteln Sie einen funktionalen Zusammenhang $U = f(\varphi)$, der die Messwerte angemessen beschreibt, wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Weise dokumentieren.
Prüfen Sie anhand des Messwerts $U = 142 \text{ mV}$ für den Winkel $\varphi = 90^\circ$, ob der von Ihnen ermittelte Zusammenhang auch für diesen Drehwinkel gültig ist. **[10 BE]**
- 1.3** Verwendet man im Aufbau M1c einen anderen Magneten, so gilt für Winkel zwischen -40° und $+40^\circ$ der Zusammenhang $U = 3,2 \frac{\text{mV}}{1^\circ} \cdot \varphi$. Diese Anordnung soll als Messgerät für den Drehwinkel des Magneten verwendet werden.
Berechnen Sie den eingestellten Winkel für eine Spannung von $U = 0,107 \text{ V}$.
Bei dieser Messung ergibt sich für U eine Messunsicherheit von 2%.
Beurteilen Sie, ob die daraus resultierende Messunsicherheit für φ geringer ist als bei direkter Ablesung von φ auf der in M1c verwendeten Winkelscheibe. **[5 BE]**
- 1.4** Erläutern Sie, warum man mit dem in 1.3 angegebenen Zusammenhang $U = f(\varphi)$ keine zutreffenden Werte für den Drehwinkel des Magneten ermitteln kann, wenn man den Aufbau nach M1e abändert. **[3 BE]**

Aufgabe 2

Wesentliche Aspekte der Funktionsweise einer Elektronenablenkröhre sollen erklärt werden. Dabei werden die Bahnkurve der Elektronen und Möglichkeiten für ihre Veränderung näher betrachtet.

- 2.1** Beschreiben Sie anhand einer Skizze die Funktionsweise eines Aufbaus, der zur Erzeugung eines Strahls freier Elektronen dient. **[5 BE]**
- 2.2** In einer Elektronenablenkröhre tritt ein Strahl aus Elektronen in den Bereich zwischen den geladenen Kondensatorplatten (M2a) und wird dort um die Strecke s_y abgelenkt.

Zentralabitur 2020	Physik	Material für Prüflinge	
Aufgabe I		eA	Bearbeitungszeit: 300 min

Begründen Sie den in M2a dargestellten prinzipiellen Verlauf der Bahnkurve der Elektronen.
Hinweis: Die Herleitung einer Gleichung ist nicht gefordert.

Für die Beschleunigung der Elektronen im elektrischen Feld zwischen den Kondensatorplatten gilt: $a_y = \frac{e}{m_e \cdot d} \cdot U_K$ (e : Elementarladung, m_e : Elektronenmasse).

Leiten Sie diese Gleichung mit einem Kraftansatz und unter Verwendung von M2a begründet her. **[6 BE]**

2.3 In einem Versuch wird die Ablenkung s_y in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U_B gemessen. Die Werte sind in Tabelle M2b angegeben.

Ermitteln Sie den funktionalen Zusammenhang $s_y = f(U_B)$ aus den Messdaten und dokumentieren Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Weise.

Bestimmen Sie mit dem funktionalen Zusammenhang und der Gleichung $s_y = \frac{l^2 \cdot U_K}{4 d} \cdot \frac{1}{U_B}$ die Kondensatorspannung U_K .

Die Kondensatorspannung wird jetzt auf $U_K = 420$ V eingestellt. Bei zu kleiner Beschleunigungsspannung treffen die Elektronen auf die untere Kondensatorplatte.

Berechnen Sie die Beschleunigungsspannung U_B , ab der die Elektronen im Aufbau gemäß M2a aus dem Kondensator austreten. **[12 BE]**

2.4 Die Anordnung zur Erzeugung eines Elektronenstrahls wird ausgetauscht gegen eine Vorrichtung, die He^{2+} -Ionen aussendet. Diese gelangen mit der gleichen Geschwindigkeit v_0 wie die Elektronen in den Kondensator.

Stellen Sie eine begründete Hypothese darüber auf, wie sich die Bahnkurven der He^{2+} -Ionen und der Elektronen qualitativ unterscheiden.

Hinweis: Die Masse der He^{2+} -Teilchen beträgt $m_{\text{He}^{2+}} = 6,64 \cdot 10^{-27}$ kg. **[4 BE]**

Aufgabe 3

Im Mittelpunkt dieser Aufgabe steht die Untersuchung des Spektrums einer mit Helium gefüllten Gasentladungslampe und der zugehörigen Vorgänge bei der Lichterzeugung.

3.1 Nennen Sie die charakteristischen Merkmale des in M3a dargestellten Spektrums.

Erläutern Sie die atomaren Vorgänge in der Lampe, die zur Entstehung eines solchen Spektrums führen.

Erklären Sie in diesem Zusammenhang das Auftreten diskreter Energieniveaus in der Atomhülle mithilfe der Modellvorstellung des eindimensionalen Potenzialtopfes. **[10 BE]**

3.2 Ermitteln Sie im Energieniveauschema M3b den Energieübergang, der zum Peak mit der größten Intensität im Spektrum in M3a gehört.

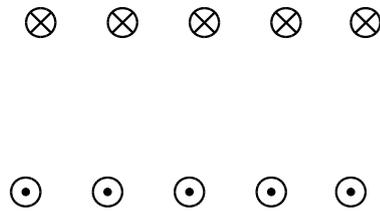
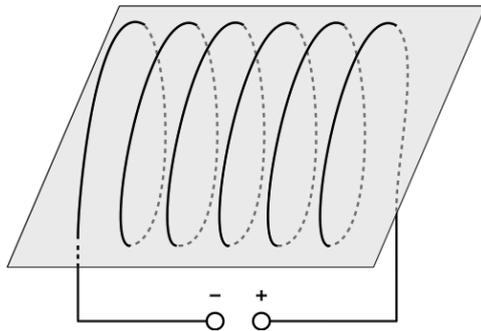
Begründen Sie, dass der in M3b mit dem Pfeil gekennzeichnete Übergang nicht in M3a zu erkennen ist. **[8 BE]**

3.3 Zur Erzeugung von weißem Licht verwendet man häufig Leuchtstoffröhren. Dies sind gasgefüllte Röhren, deren Glaswand innen mit einer Leuchtschicht versehen ist. Häufig enthalten sie Quecksilbergas.

Erläutern Sie die Funktion der Leuchtschicht für die Lichterzeugung in einer Leuchtstoffröhre.

Nehmen Sie zu folgender Aussage Stellung: „Eine mit Heliumgas gefüllte Leuchtstoffröhre kann Licht mit weißem Farbeindruck emittieren.“ **[6 BE]**

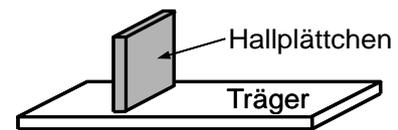
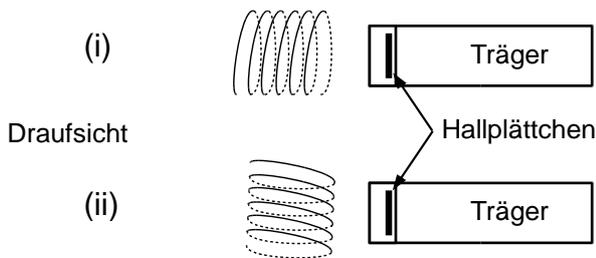
Material



Vorlage zum Einzeichnen des Magnetfeldes

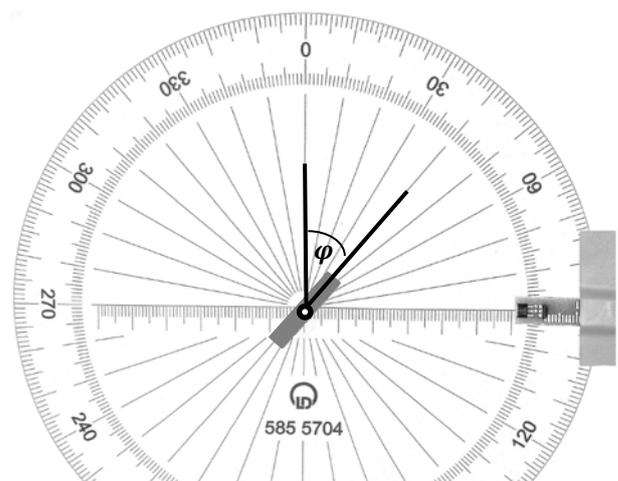
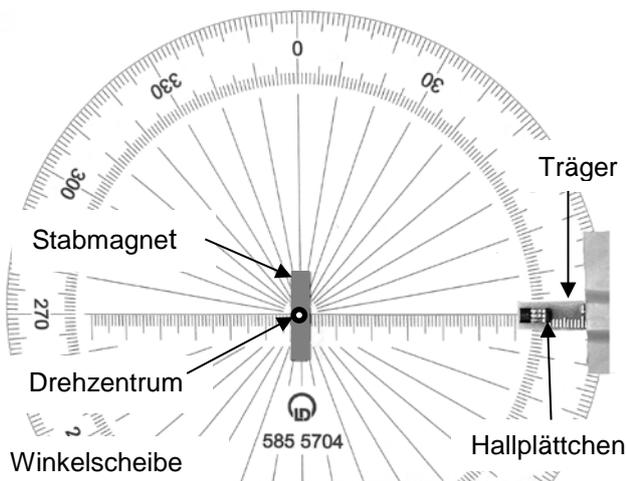
M1a: Drei- und zweidimensionale Schemazeichnung (3D und 2D) einer Spule

- ⊗ Elektronenstromrichtung in Blattebene hinein
- ⊙ Elektronenstromrichtung aus Blattebene heraus



Hallsonde in 3D-Ansicht

M1b: Drehung einer stromdurchflossenen Spule vor einer Hallsonde

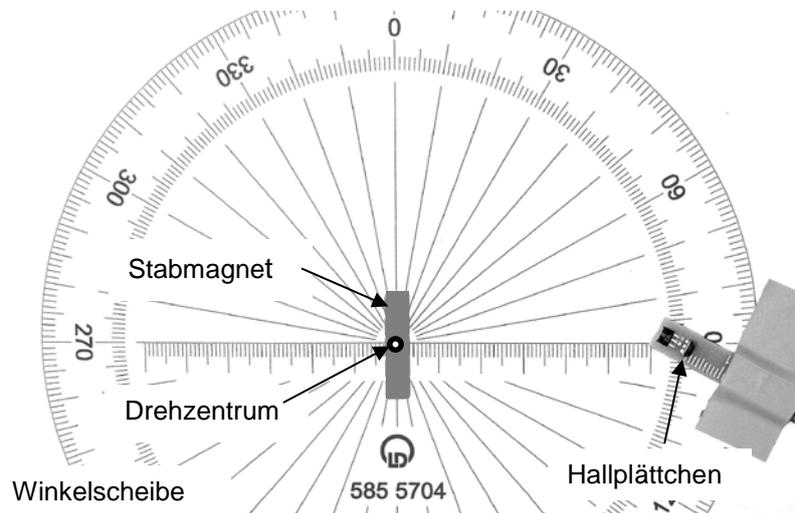


M1c: Versuchsaufbau mit Magnet und Hallsonde

Der Dauermagnet wird um sein Zentrum aus der Ausgangsposition nach rechts ($\varphi > 0$) bzw. nach links ($\varphi < 0$) gedreht. Die Ausrichtung des Hallplättchens auf dem Träger entspricht der 3D-Ansicht in M1b. Die Hallsonde ist mit Klebeband fixiert.

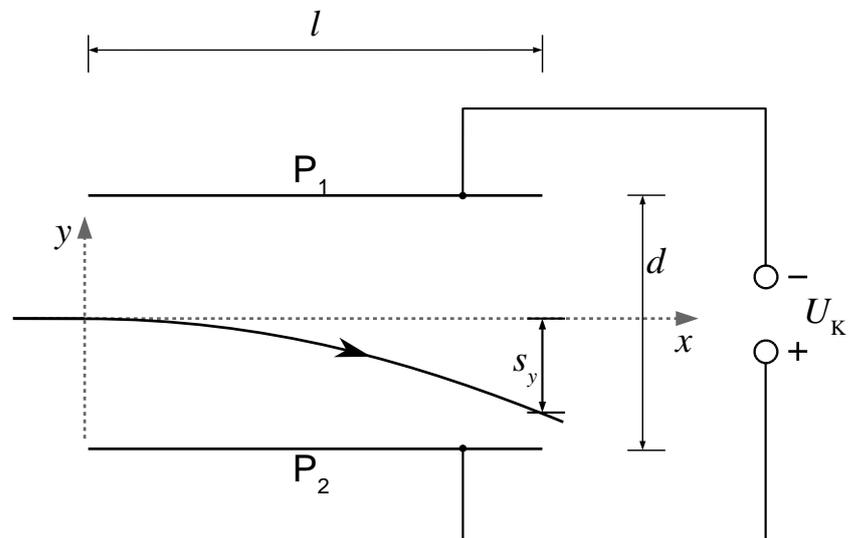
φ in $^\circ$	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
U in mV	-85	-64	-39	-20	0	24	44	64	83

M1d: Mit der Hallsonde gemessene Spannung U in Abhängigkeit vom Drehwinkel φ des Magneten



M1e: Veränderter Aufbau aus M1c mit Magnet aus 1.3 und Hallsonde

Der Magnet wird um sein Zentrum gedreht. Die Hallsonde ist mit Klebeband fixiert. Der Abstand von Hallplättchen und Drehzentrum bleibt unverändert.



M2a: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus zu 2.2

Abstand der Kondensatorplatten P_1 und P_2 : $d = 5,4$ cm

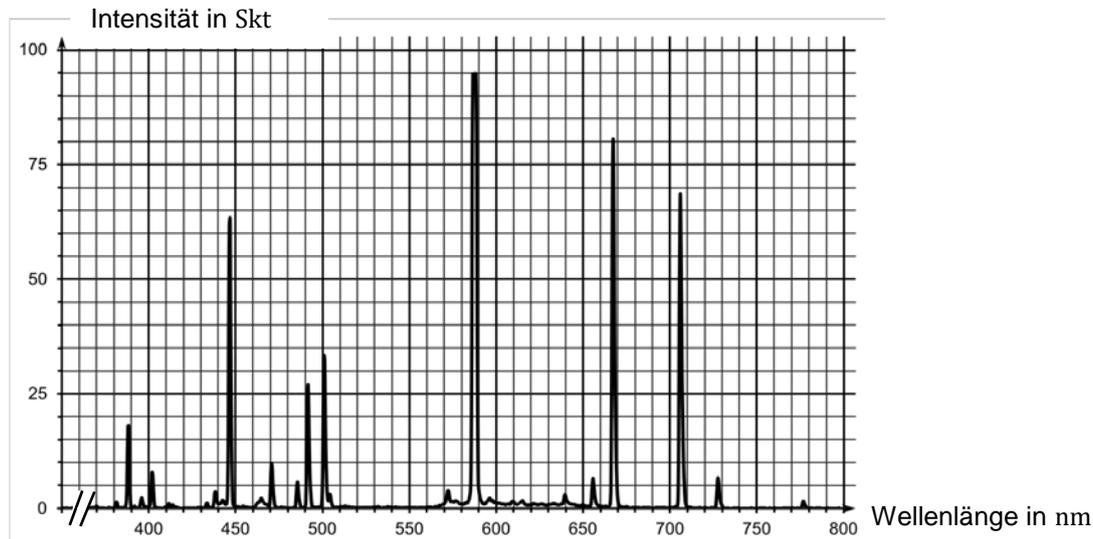
Länge einer Kondensatorplatte: $l = 10,0$ cm

Kondensatorspannung U_K

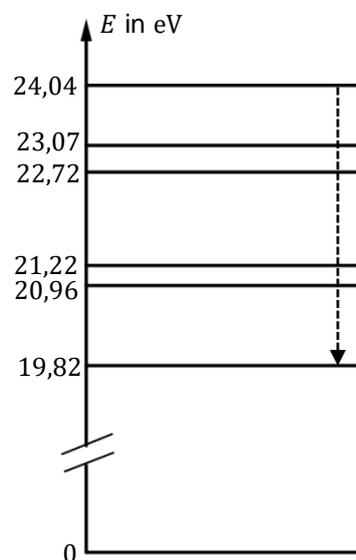
Der Kondensator befindet sich in einer Vakuumröhre, die Gravitationskraft soll nicht berücksichtigt werden.

U_B in V	250	500	800	1000	1500	2000
s_y in mm	46	23	15	12	8	6

M2b: Ablenkung s_y in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung U_B



M3a: Ausschnitt des Emissionsspektrums der mit Helium gefüllten Gasentladungslampe



M3b: Vereinfachtes Energieniveauschema von Helium

Hilfsmittel

- Taschenrechner
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene physikalische Formelsammlung
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene mathematische Formelsammlung