

Zentralabitur 2020	Physik	Material für Prüflinge	
Aufgabe I		gA	Bearbeitungszeit: 220 min

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 der Skizze in Material 1a (M1a) die Entstehung der Hallspannung U in einer Hallsonde.
Hinweis: Die Herleitung einer Gleichung ist nicht erforderlich. **[4 BE]**

- 1.2** In einem Experiment nach M1b 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 M1c.

Stellen Sie die Messwerte aus M1c in einem φ - U -Diagramm dar.

Ermitteln Sie für diese Messwerte die Gleichung $U = f(\varphi)$ eines proportionalen Zusammenhangs, 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 M1b 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 $U = 107 \text{ mV}$.

Bei dieser Messung ergibt sich für U und damit auch für φ eine Messunsicherheit von 2%.

Beurteilen Sie, ob diese Messunsicherheit für φ geringer ist als bei direkter Ablesung von φ auf der in M1b verwendeten Winkelscheibe. **[5 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** Erläutern Sie anhand von M2a die Erzeugung eines Strahls freier Elektronen. **[3 BE]**

- 2.2** In einer Elektronenablenkröhre tritt ein Strahl aus Elektronen in das elektrische Feld zwischen den geladenen Kondensatorplatten (M2a) und wird dort um die Strecke s_y abgelenkt.

Begründen Sie den parabelförmigen Verlauf der Bahnkurve von Elektronen im Bereich zwischen den Kondensatorplatten.

Hinweis: Die Herleitung einer Gleichung ist nicht gefordert.

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

Leiten Sie diese Gleichung mit M2a begründet her, indem Sie von der Beziehung $F = m_e \cdot a_y$ und von einer Gleichung für die Kraft im elektrischen Feld ausgehen. **[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.

Bestätigen Sie anhand der Messdaten den antiproportionalen Zusammenhang zwischen s_y und U_B , wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Weise dokumentieren.

Für die Ablenkung s_y gilt die Gleichung $s_y = \frac{1}{4} \cdot \frac{l^2}{d} \cdot \frac{U_K}{U_B}$.

Bestimmen Sie unter Zuhilfenahme der Gleichung und eines Wertepaares aus M2b die bei der Messung verwendete Kondensatorspannung U_K . **[8 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, z. B. mit Bezug auf die Gleichung aus 2.2, 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 $m_{\text{He}^{2+}} = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, ihre Ladung ist $q_{\text{He}^{2+}} = 2 \cdot e = +3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

[4 BE]

Aufgabe 3

Im Mittelpunkt dieser Aufgabe steht die Betrachtung des Spektrums einer mit Heliumgas 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. **[6 BE]**

- 3.2** Ermitteln Sie zum Peak mit der größten Intensität in M3a die Energie der zugehörigen Photonen und den entsprechenden Energieübergang im Energieniveauschema in M3b.

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

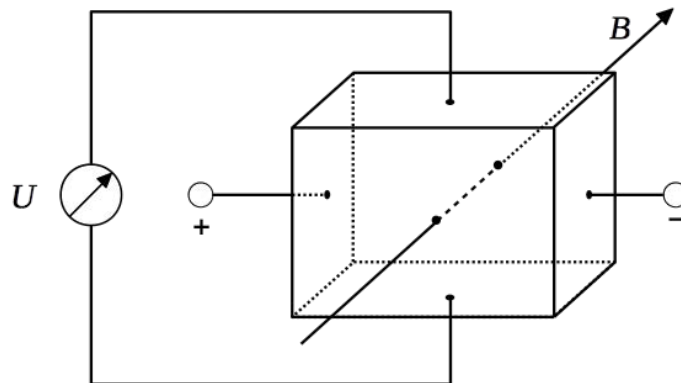
- 3.3** Zur Erzeugung von weißem Licht verwendet man häufig Leuchtstoffröhren. Dies sind gasgefüllte Röhren, deren Glaswand innen mit einer Leuchtschicht versehen ist. Häufig enthalten sie Quecksilbergas.

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

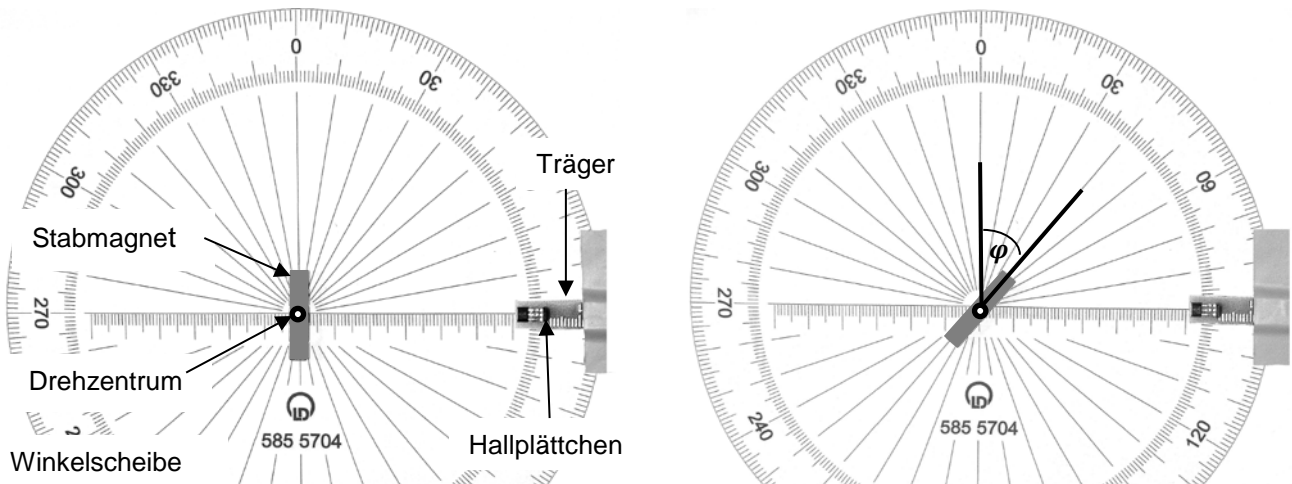
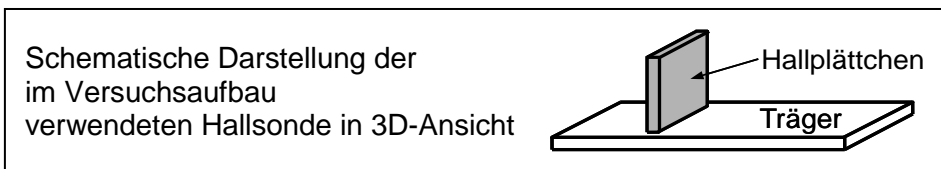
M3c zeigt das Spektrum einer Lichtquelle mit weißem Farbeindruck.

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

Material



M1a: Schematische Darstellung einer Hallsonde mit Beschaltung

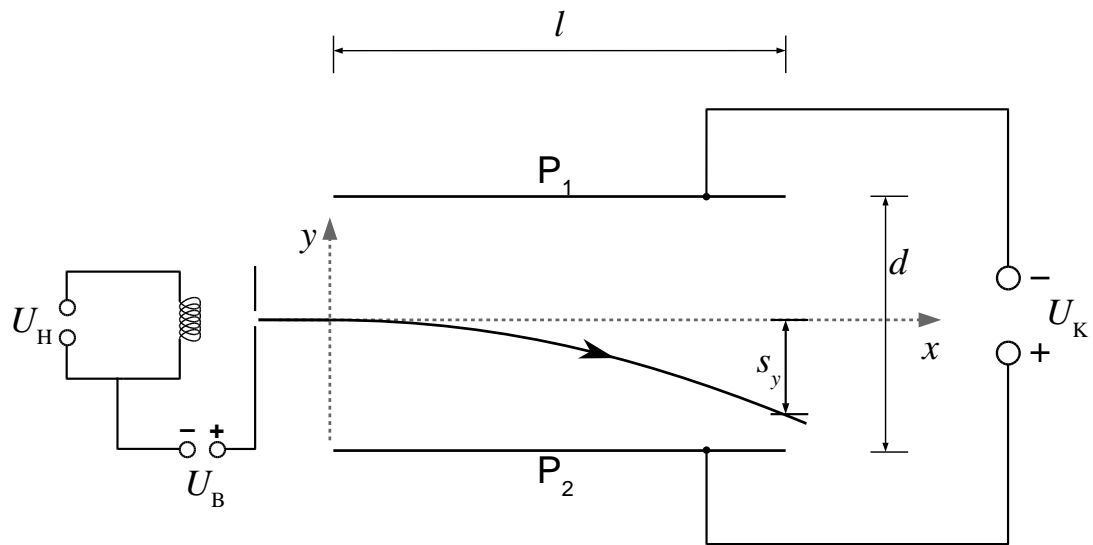


M1b: Versuchsaufbau mit Magnet und Hallsonde in Draufsicht

Der Dauermagnet wird um sein Zentrum aus der Ausgangsposition nach rechts ($\varphi > 0$) bzw. nach links ($\varphi < 0$) gedreht. 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

M1c: Mit der Hallsonde gemessene Spannung U in Abhängigkeit vom Drehwinkel φ des Magneten



M2a: Vereinfachter Versuchsaufbau einer Elektronenablenkröhre

Abstand der Kondensatorplatten P_1 und P_2 : $d = 0,054 \text{ m}$

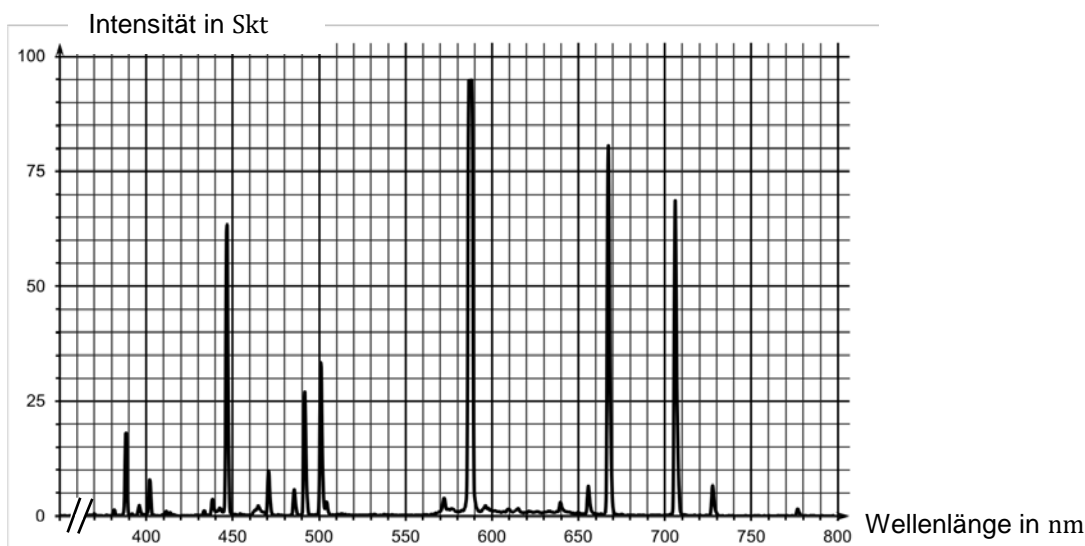
Länge einer Kondensatorplatte: $l = 0,10 \text{ m}$

Heizspannung U_H , Beschleunigungsspannung U_B , Kondensatorspannung U_K

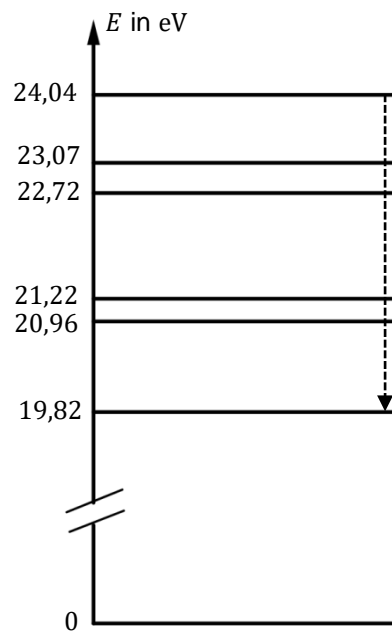
Der Kondensator befindet sich in einer Vakuumröhre, die Gravitationskraft soll nicht berücksichtigt werden.

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

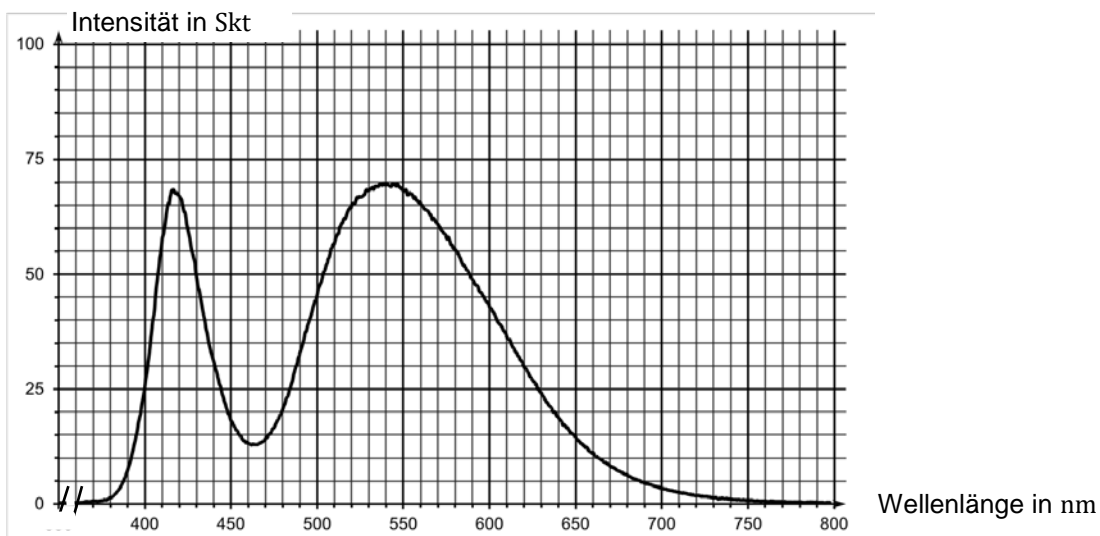
M2b: Ablenkung s_y in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung U_B



M3a: Ausschnitt des Emissionsspektrums der mit Helium gefüllten Gasentladungslampe



M3b: Vereinfachtes Energieniveauschema von Helium



M3c: Ausschnitt des Spektrums einer LED mit weißem Farbeindruck

Hilfsmittel

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