

Zentralabitur 2021	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe I	gA	Prüfungszeit*: 250 min

*Die Prüfungszeit setzt sich zusammen aus 220 min Bearbeitungszeit und 30 min Auswahlzeit.

Thema: Elektronen und Felder

In der ersten Aufgabe wird das Magnetfeld einer Spule untersucht. Im Mittelpunkt der zweiten Aufgabe steht das Feld eines Plattenkondensators. In der dritten Aufgabe werden Elektronen in der Elektronenbeugungsröhre betrachtet.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

In einem Experiment wird das Magnetfeld einer schlanken, stromdurchflossenen Spule bei konstanter Windungszahl und unterschiedlichen Spulenlängen untersucht. Dazu wird eine Spule wie in Material 1a (M1a) verwendet, deren Länge bei gleichbleibender Windungszahl veränderbar ist.

- 1.1** M1b zeigt eine einzelne Spulenwindung sowie eine aus mehreren Windungen bestehende Spule. Beide sind stromdurchflossen.

Zeichnen Sie für die beiden in M1b dargestellten Anordnungen jeweils ein Feldlinienbild in die dargestellte Ebene ein.

Erläutern Sie anhand Ihrer gezeichneten Feldlinienbilder, was ein homogenes Magnetfeld ist, wobei Sie auch einen Zusammenhang zwischen den beiden Magnetfeldern herstellen. **[7 BE]**

- 1.2** Mit einem Magnetfeldsensor wird im Inneren der Spule die magnetische Flussdichte B in Feldlinienrichtung bei verschiedenen Spulenlängen l gemessen.

Hinweis: Die magnetische Flussdichte wird auch magnetische Feldstärke genannt.

Ermitteln Sie mit den Messdaten in M1c den antiproportionalen Zusammenhang zwischen B und l , wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren. **[5 BE]**

- 1.3** Der linke Spulenteil wird dauerhaft fixiert, die Länge s des rechten Spulenteils kann variiert werden (M1d). B_M sei die magnetische Flussdichte im Inneren der Spule auf der Spulenachse an der Stelle, wo der fixierte in den veränderlichen Bereich übergeht. Gemessen wird B_M in Abhängigkeit s .

Stellen Sie die Messwerte aus M1e in einem s - B_M -Diagramm mit Ausgleichskurve dar.

Begründen Sie in Bezug auf das Experiment dieser Teilaufgabe, warum B_M auch bei sehr großen Längen s des rechten Spulenteils nie unterhalb von 0,72 mT liegen kann. **[7 BE]**

Zentralabitur 2021	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe I	gA	Prüfungszeit*: 250 min

Aufgabe 2

In dieser Aufgabe werden Ladung, Kapazität und Kraftwirkungen im elektrischen Feld bei verschiedenen Kondensatoren betrachtet.

- 2.1** Die Kapazität eines Kondensators soll während seiner Entladung auf Basis einer Messung der elektrischen Stromstärke I bestimmt werden. M2a zeigt Messergebnisse eines solchen Experiments als t - I -Diagramm.

Ermitteln Sie mit Hilfe des Diagramms in M2a die in den ersten 120 Sekunden abgeflossene elektrische Ladung Q sowie die Kapazität C des Kondensators.

Beschreiben Sie Aufbau und Durchführung eines Experiments, mit dem sich die in M2a dargestellten Messwerte aufnehmen lassen. **[8 BE]**

- 2.2** In einem Experiment wird die Ladung Q eines Plattenkondensators in Abhängigkeit von der Kondensatorspannung U bei konstantem Plattenabstand d gemessen. Es gilt der Zusammenhang $Q = k \cdot U$.

Bestätigen Sie anhand der Messdaten in M2b diesen Zusammenhang, wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren und den Proportionalitätsfaktor k angeben.

Berechnen Sie anhand eines Wertepaares und der Angaben zum Kondensator aus M2b sowie der Gleichung $Q = \varepsilon_0 \cdot A \cdot U \cdot \frac{1}{d}$ einen Wert für die elektrische Feldkonstante ε_0 . **[7 BE]**

- 2.3** Im Experiment in M2c wird die Kraft auf ein geladenes Metallplättchen gemessen, das sich im elektrischen Feld eines Plattenkondensators befindet, wobei die Ladung des Plättchens variiert wird. Die Messwerte sind in M2d dargestellt.

Bestätigen Sie auf Grundlage der Materialien M2c und M2d, dass der Plattenabstand der Kondensatorplatten $d \approx 3,1$ cm beträgt.

Hinweis: Gehen Sie von folgenden Gleichungen aus: $E = \frac{F}{q}$ und $E = \frac{U}{d}$. **[4 BE]**

- 2.4** In dem in M2e dargestellten Experiment wird eine andere Kraftmessung am Kondensator betrachtet. Es wird die Anziehungskraft F_E der beiden Platten des Kondensators bei konstantem Plattenabstand und verschiedenen Kondensatorspannungen gemessen. Sie dürfen voraussetzen, dass F_E proportional zu $E \cdot Q$ ist, wobei Q die Ladung des Kondensators ist.

Begründen Sie, z. B. mit Bezug auf die Gleichungen aus 2.2 und 2.3, dass eine Verdopplung der Kondensatorspannung U eine Vervierfachung der Kraft F_E bewirkt. **[3 BE]**

Zentralabitur 2021	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe I	gA	Prüfungszeit*: 250 min

Aufgabe 3

Im Mittelpunkt dieser Aufgabe steht ein Experiment mit der Elektronenbeugungsröhre. In M3a ist eine Elektronenbeugungsröhre schematisch dargestellt, M3b und M3c zeigen eine Aufnahme des Schirmbildes.

- 3.1** Beschreiben Sie anhand einer Skizze die Funktionsweise eines Aufbaus zur Erzeugung eines Strahls freier Elektronen.

Erläutern Sie die Entstehung des inneren Ringes in M3c.

[9 BE]

- 3.2** Für die Interferenz am Gitter gilt folgende Gleichung: $\sin\left(\arctan\left(\frac{a_n}{g}\right)\right) = \frac{n \cdot \lambda}{g}$.

(λ : Wellenlänge, die den Elektronen zugeordnet werden kann; n : Beugungsordnung;
 a_n : Abstand zwischen Maximum n -ter Ordnung und Maximum 0. Ordnung;
 e : Abstand zwischen polykristallinem Graphitgitter und Schirm; g : Gitterkonstante)

Ermitteln Sie mithilfe des inneren Rings in M3c die Gitterkonstante des verwendeten Graphitgitters, wobei Sie Ihr Ergebnis mit einer sinnvollen Anzahl signifikanter Stellen angeben.

[4 BE]

- 3.3** Für die Geschwindigkeit v der Elektronen gilt: $v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_B}{m}}$.

(v : Geschwindigkeit der Elektronen; e : Elementarladung, U_B : Beschleunigungsspannung;
 m : Elektronenmasse)

Leiten Sie diese Gleichung aus dem Energieansatz her.

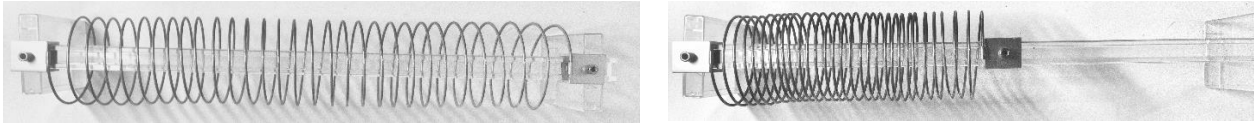
Für die Wellenlänge der verwendeten Elektronen gilt: $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$.

(λ : Wellenlänge, die den Elektronen zugeordnet werden kann; h : plancksche Konstante;
 m : Elektronenmasse)

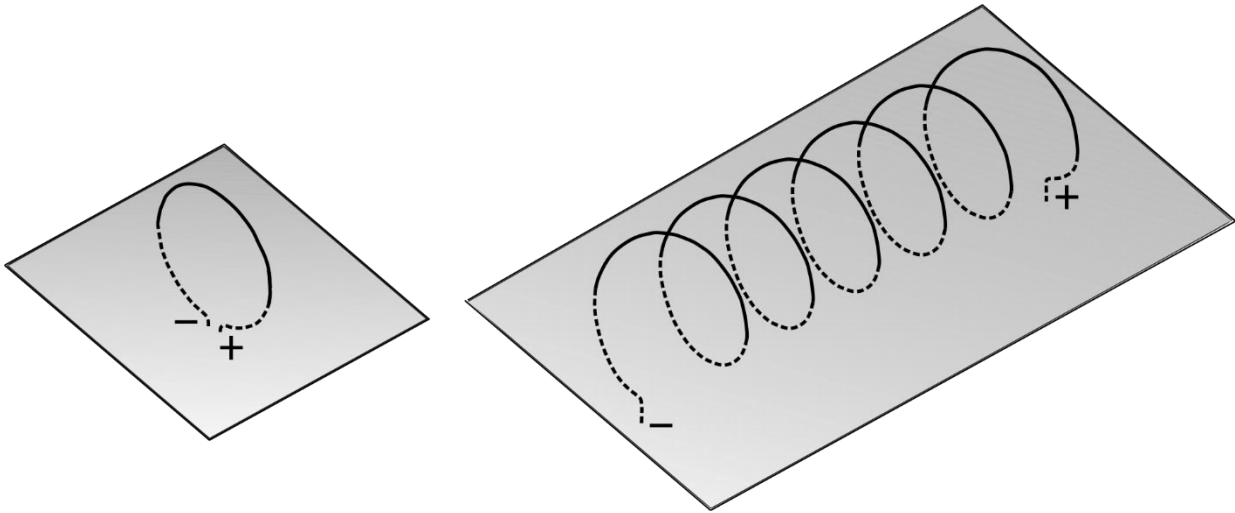
Erklären Sie, dass eine Vergrößerung der Beschleunigungsspannung U_B zu einer Verkleinerung der Ringradien in M3c führt.

[6 BE]

Material



M1a: Bilder einer in der Länge veränderbaren Spule

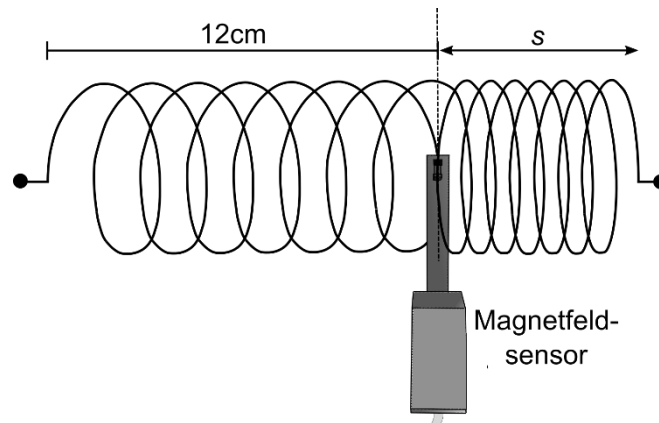


M1b: Schematische Darstellungen einer einzelnen Spulenwindung sowie einer schlanken, luftgefüllten Spule mit Polung

Das Viereck kennzeichnet jeweils eine mittig positionierte Ebene in der Spulenwindung bzw. der Spule.

l in cm	12	16	20	24	28	32	36
B in mT	3,02	2,09	1,71	1,44	1,18	1,10	0,94

M1c: Magnetische Flussdichte B im Inneren der Spule in Abhängigkeit von der Spulenlänge l

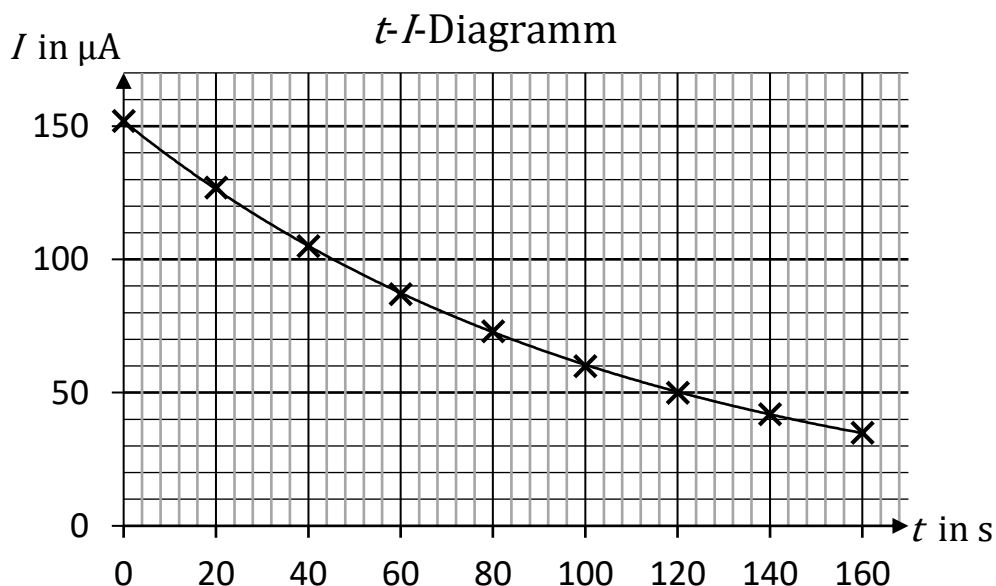


M1d: Schematische Darstellung des Aufbaus zum Experiment in Aufgabenteil 1.3

Bei einer Spulenlänge von anfangs 24 cm wird der linke Spulenteil dauerhaft fixiert, seine Länge beträgt stets 12 cm. Die Länge s des rechten Spulenteils wird durch Verschieben des rechten Spulenendes variiert. B_M sei die magnetische Flussdichte im Inneren der Spule auf der Spulenachse an der Stelle, wo der fixierte in den veränderlichen Bereich übergeht.

s in cm	4,5	6,0	9,0	12	18	24	30	36	48
B_M in mT	2,25	2,05	1,71	1,44	1,19	1,08	0,99	0,95	0,89

M1e: Magnetische Flussdichte B_M in Abhängigkeit der Länge s des rechten Spulenteils
Länge des linken Spulenteils: 12 cm.



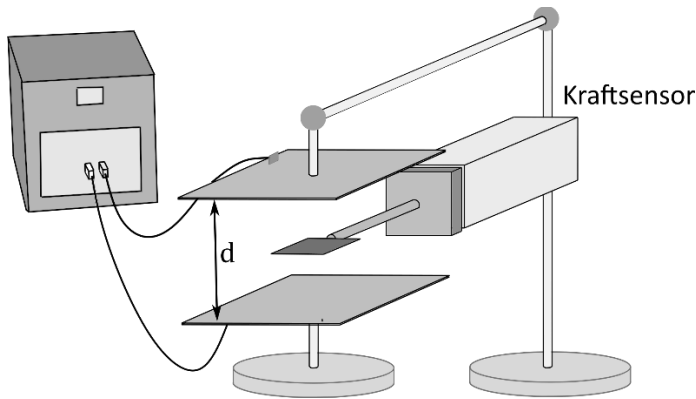
M2a: Darstellung der Messwerte einer Kondensatorentladung in einem t - I -Diagramm

Der Kondensator ist mit $U = 5,0$ V geladen worden.

In den ersten 120 Sekunden sind ca. 67 % der Gesamtladung abgeflossen.

U in V	50	80	100	120	150	200	250
Q in nC	4,3	7,1	9,4	11,2	13,2	18,1	23,1

M2b: Ladung Q des Plattenkondensators in Abhängigkeit von der Kondensatorspannung U
 Plattenabstand $d = 5$ mm; Plattenfläche $A = 0,051$ m².



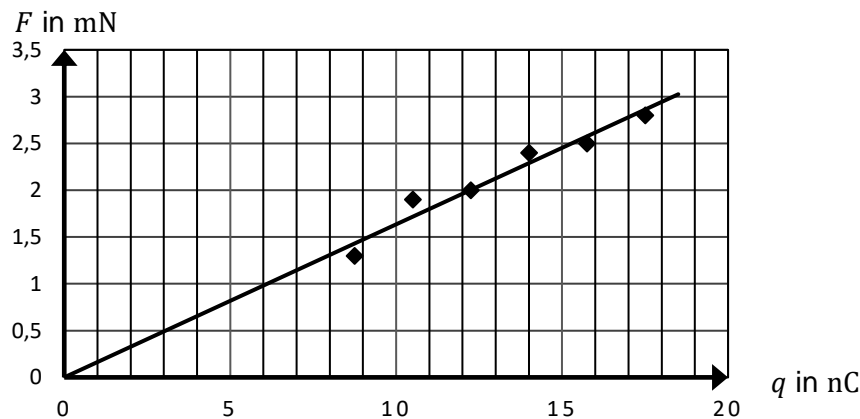
Ein Plättchen mit einer Probeladung q befindet sich im elektrischen Feld eines Plattenkondensators. Gemessen wird die Kraft F auf das Plättchen in Feldlinienrichtung.

Kondensatorspannung $U = 5$ kV
 Plattenfläche $A = 0,051$ m²

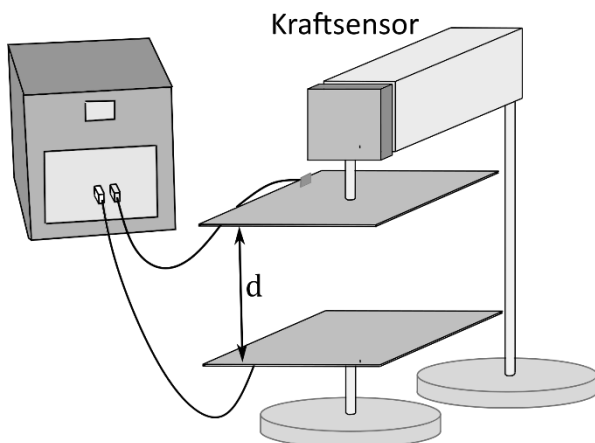
Elektrische Feldstärke im Kondensator E

Hinweis: Der Kraftsensor ist so kalibriert, dass bei $U = 0$ V keine Kraft gemessen wird.

M2c: Plattenkondensator mit Metallplättchen und Kraftsensor zum Experiment in Aufgabenteil 2.3



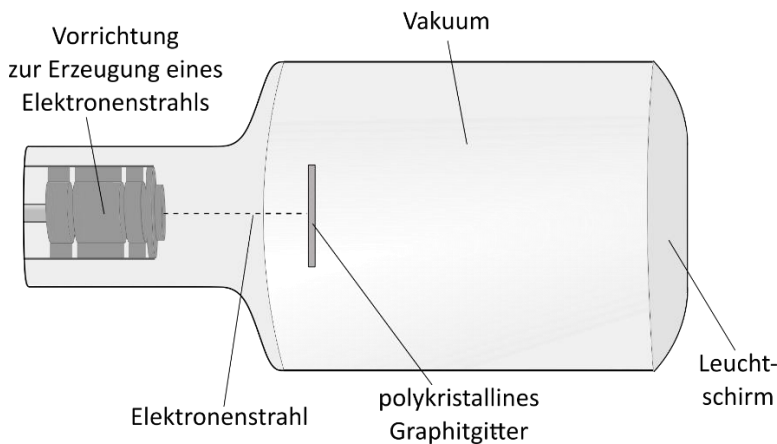
M2d: Kraft F auf das Plättchen in Abhängigkeit von der Ladung q des Plättchens



Die Platten eines Plattenkondensators sind parallel zur Tischoberfläche angeordnet. Die obere Platte hängt dabei an einem Kraftsensor, sodass die Anziehungskraft F_E der beiden Kondensatorplatten bei verschiedenen Kondensatorspannungen U gemessen werden kann.

Hinweis: Der Kraftsensor ist so kalibriert, dass bei $U = 0$ V keine Kraft gemessen wird.

M2e: Plattenkondensator mit Kraftsensor und Spannungsquelle zum Experiment in 2.4

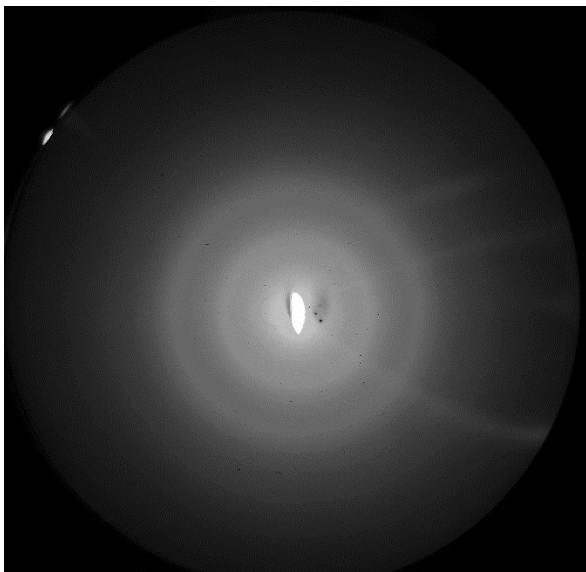


Informationen zum Aufbau

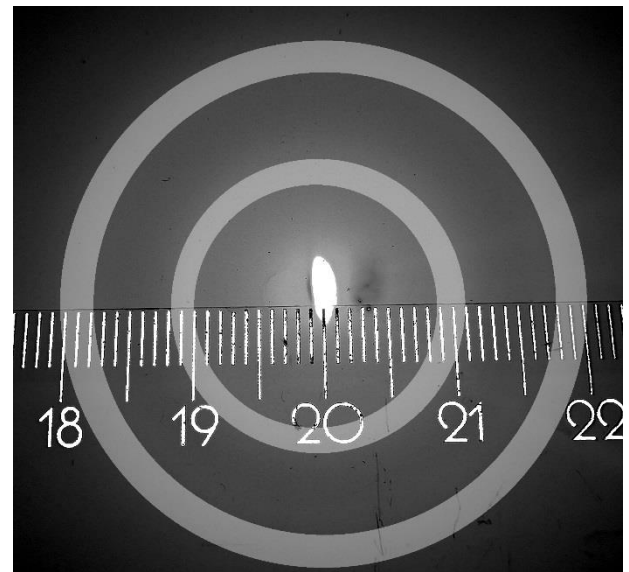
- Der Abstand zwischen Graphitgitter und Leuchtschirm beträgt 125 mm.
- Der Durchmesser des Leuchtschirms beträgt 100 mm.
- Für Ihre Berechnungen können Sie die leichte Krümmung des Schirms vernachlässigen.

M3a: Schematische Abbildung einer Elektronenbeugungsröhre

Die Beschaltung ist nicht eingezeichnet, da sie Gegenstand des Aufgabenteils 3.1 ist.



M3b: Frontalaufnahme des Beugungsbildes an der Elektronenbeugungsröhre



M3c: Vergrößerte Aufnahme des Beugungsbildes mit Skala in cm

Zur besseren Sichtbarkeit sind die hellen Ringe mithilfe einer Bildbearbeitung hervorgehoben. Die Wellenlänge beträgt $\lambda = 19,4 \text{ pm}$. Zur Auswertung ist die abgedruckte Skala zu verwenden.

Hilfsmittel

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