

Zentralabitur 2021	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe I	eA	Prüfungszeit*: 300 min

\*Die Prüfungszeit setzt sich zusammen aus 270 min Bearbeitungszeit und 30 min Auswahlzeit.

## Thema: Ladungen

In Aufgabe 1 werden bewegte Ladungen in elektromagnetischen Schwingkreisen betrachtet. In der zweiten Aufgabe werden Kraftwirkungen verschiedener Ladungen am Plattenkondensator untersucht. Im Mittelpunkt der dritten Aufgabe stehen Elektronen in der Elektronenbeugungsröhre.

## Aufgabenstellung

### Aufgabe 1

In elektromagnetischen Schwingkreisen werden zunächst energetische Aspekte betrachtet und anschließend wird in einem Experiment eine Resonanzkurve erzeugt.

- 1.1** Material 1a (M1a) zeigt die Schaltskizze eines elektromagnetischen Schwingkreises. In M1b wird der zeitliche Verlauf der gemessenen Spannung  $U$  und der Stromstärke  $I$  dargestellt. Beschreiben Sie die Funktion des Schalters in M1a für die Untersuchung des abgebildeten elektromagnetischen Schwingkreises. Beschreiben Sie die Vorgänge im Bereich der Zeitpunkte  $t_1$  bis  $t_3$  jeweils unter Berücksichtigung der Kondensatorspannung, der elektrischen Stromstärke und der beteiligten Energieformen. **[6 BE]**
- 1.2** In einem Experiment (M1c) soll anhand einer Resonanzkurve die Resonanzfrequenz eines elektromagnetischen Schwingkreises bestimmt werden. Ermitteln Sie anhand eines zu erstellenden  $f$ - $U_R$ -Diagramms die Resonanzfrequenz des elektromagnetischen Schwingkreises. Erläutern Sie anhand des obigen Experiments den Begriff Resonanz. **[9 BE]**
- 1.3** Aufbauend auf dem Experiment aus 1.2 soll die Abhängigkeit der Frequenz  $f_0$  der Eigenschwingung des elektromagnetischen Schwingkreises von der Kapazität  $C$  des verwendeten Kondensators anhand eines Resonanzversuchs untersucht werden. Hinweis: Vereinfachend kann in diesem Experiment die Frequenz der Eigenschwingung des elektromagnetischen Schwingkreises mit der Resonanzfrequenz gleichgesetzt werden. Beschreiben Sie ein experimentelles Vorgehen zur Ermittlung der Messwerte aus M1d. Für den Zusammenhang zwischen  $f_0$  und  $C$  gilt  $f_0 = k \cdot \frac{1}{\sqrt{C}}$ . Bestätigen Sie diesen Zusammenhang für die in M1d dargestellten Messwerte, wobei Sie Ihre Vorgehensweise in der aus dem Unterricht bekannten Form dokumentieren und die Konstante  $k$  angeben. **[9 BE]**

Zentralabitur 2021	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe I	eA	Prüfungszeit*: 300 min

## Aufgabe 2

An die Platten eines Plattenkondensators wird eine Spannung angelegt. Betrachtet werden die Ladung des Plattenkondensators, sein elektrisches Feld im Inneren und dessen Kraftwirkungen.

- 2.1** Zeichnen Sie zwei elektrische Feldlinienbilder: einmal für das Feld eines geladenen Plattenkondensators und einmal für das Feld einer elektrischen Punktladung.  
Beschreiben Sie ein Experiment (Aufbau, Durchführung und Auswertung) zur Bestimmung der Kapazität eines Kondensators. **[8 BE]**
- 2.2** In einem Experiment wird die Kondensatorladung  $Q$  in Abhängigkeit vom Plattenabstand  $d$  bei konstanter Spannung  $U$  am Plattenkondensator gemessen. Die Messwerte sind in M2a gegeben.  
Ermitteln Sie den funktionalen Zusammenhang  $Q = f(d)$  aus den Messdaten in M2a, wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren.  
Berechnen Sie einen Wert für die elektrische Feldkonstante  $\varepsilon_0$  mithilfe des funktionalen Zusammenhangs und der Gleichung  $Q = \varepsilon_0 \cdot A \cdot U \cdot \frac{1}{d}$ . **[7 BE]**
- 2.3** Es wird die Kraft auf ein geladenes Metallplättchen gemessen, das sich im elektrischen Feld eines Plattenkondensators befindet (M2b), wobei die Ladung des Plättchens variiert wird. Die Messwerte sind in M2c dargestellt.  
Bestätigen Sie auf Grundlage der Materialien M2b und M2c, dass der Plattenabstand der Kondensatorplatten  $d \approx 3,1$  cm beträgt. **[4 BE]**
- 2.4** In dem in M2d 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, dass eine Verdopplung der Kondensatorspannung eine Vervierfachung der Kraft  $F_E$  bewirkt. **[3 BE]**

Zentralabitur 2021	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe I	eA	Prüfungszeit*: 300 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. Bei der Erklärung der Beobachtung können unterschiedliche Ansätze herangezogen werden. Diese sind in M3d kurz dargestellt.

- 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** Ermitteln Sie mithilfe des inneren Rings in M3c die Gitterkonstante bzw. den Netzebenenabstand des verwendeten Graphitgitters sowie deren absolute Messunsicherheit.

Untersuchen Sie, bis zu welcher Ordnung Maxima auf dem Schirm bei unveränderter Beschleunigungsspannung sichtbar sein müssten.

[10 BE]

- 3.3** Für die den Elektronen zugeordnete Wellenlänge gilt die Gleichung  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot e \cdot m \cdot U_B}}$ .

( $\lambda$ : Wellenlänge, die den Elektronen zugeordnet werden kann;  $h$ : plancksche Konstante;  $e$ : Elementarladung;  $m$ : Elektronenmasse;  $U_B$ : Beschleunigungsspannung)

Leiten Sie diese Gleichung unter Verwendung der de-Broglie-Beziehung begründet her.

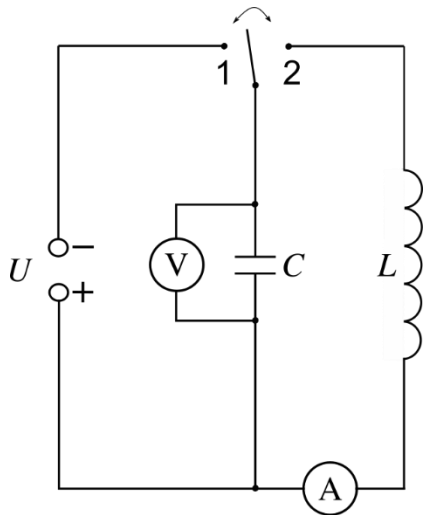
Mit der Elektronenbeugungsröhre soll die plancksche Konstante  $h$  auf Basis einer Messreihe bestimmt werden.

Beschreiben Sie dazu ein experimentelles Vorgehen sowie die zugehörige Auswertung.

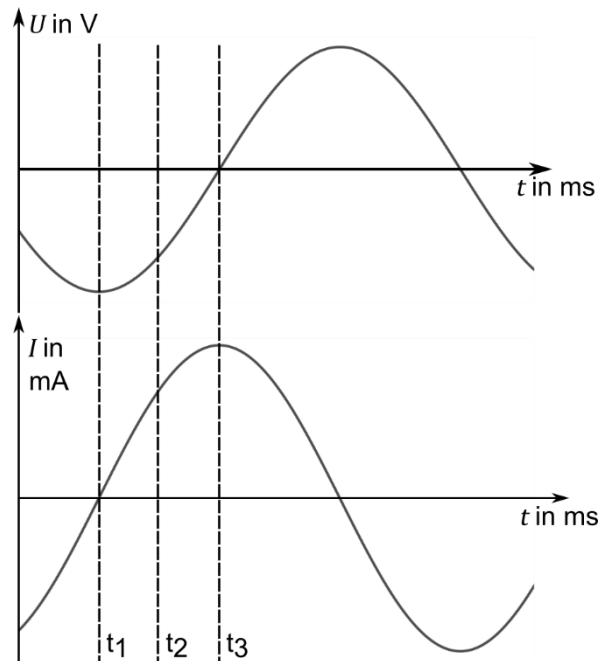
Hinweis: Gehen Sie von einem bekannten Netzebenenabstand bzw. einer bekannten Gitterkonstante aus.

[7 BE]

**Material**



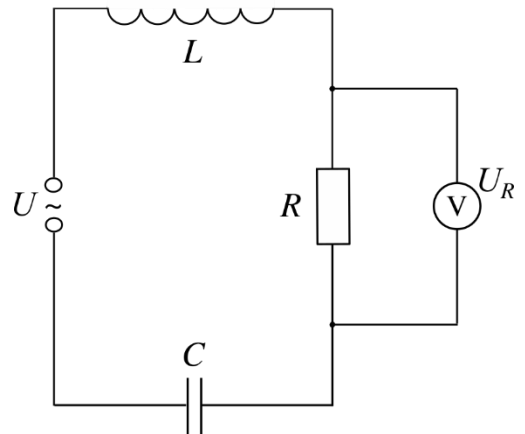
**M1a:** Schaltskizze eines einfachen elektromagnetischen Schwingkreises mit Kondensator  $C$ , Spule  $L$ , Spannungsquelle  $U$ , Amperemeter  $A$ , und Voltmeter  $V$



**M1b:**  $t$ - $U$ -Diagramm und  $t$ - $I$ -Diagramm eines elektromagnetischen Schwingkreises

Hinweis: Prozesse der Energieentwertung müssen hier nicht berücksichtigt werden.

Im Experiment zur Erzeugung der Resonanzkurve wird die Spannung  $U_R$  über dem Widerstand  $R$  gemessen. Die Frequenz  $f$  der Wechselspannung wird an der Spannungsquelle  $U$  eingestellt.



(i) Schaltskizze des Experiments mit Kondensator  $C$ , Spule  $L$ , Spannungsquelle  $U$ , Widerstand  $R$  und Voltmeter  $V$

$f$ in Hz	102	210	307	413	502	563	576	638	701	787	873	983
$U_R$ in V	0,19	0,44	0,74	1,19	1,60	1,73	1,73	1,62	1,43	1,18	0,99	0,81

(ii) Messwerte des Experiments ( $C = 2,2 \mu\text{F}$ ,  $R = 47 \Omega$ )

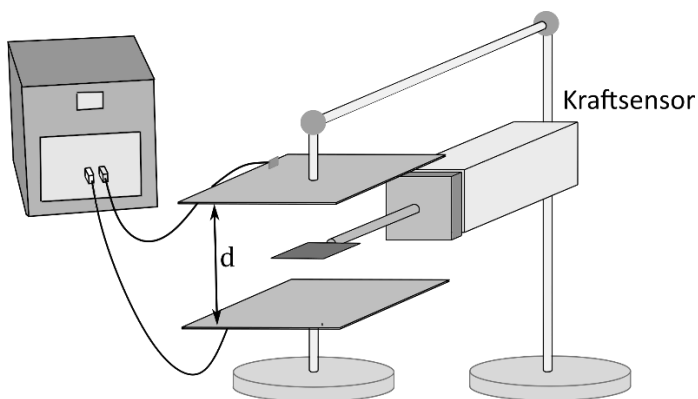
**M1c:** Experiment zur Erzeugung einer Resonanzkurve eines elektromagnetischen Schwingkreises mit Schaltskizze zum Versuchsaufbau (i) und Messwerten (ii)

$C$ in $\mu\text{F}$	1,0	2,0	3,2	4,4	5,4
$f_0$ in Hz	844	594	468	402	360

**M1d:** Messwerte des Experiments zur Untersuchung der Abhängigkeit zwischen der Frequenz  $f_0$  der Eigenschwingung und der Kapazität  $C$

$d$ in mm	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
$Q$ in nC	23	15	12	9	7	6

**M2a:** Ladung  $Q$  des Plattenkondensators in Abhängigkeit vom Plattenabstand  $d$   
 Kondensatorspannung  $U = 100 \text{ V}$ ; Plattenfläche  $A = 0,051 \text{ m}^2$ .

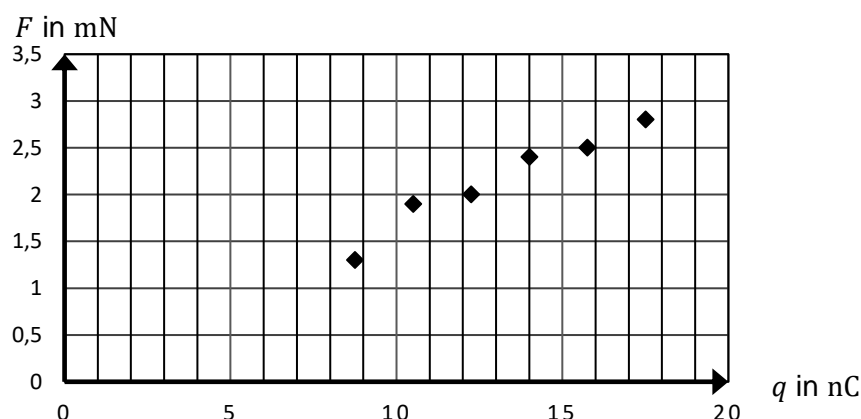


Ein Plättchen mit einer Probeladung  $q$  befindet sich im elektrischen Feld eines Plattenkondensators. Gemessen wird die Kraft  $F$  auf das Plättchen in Feldlinienrichtung.

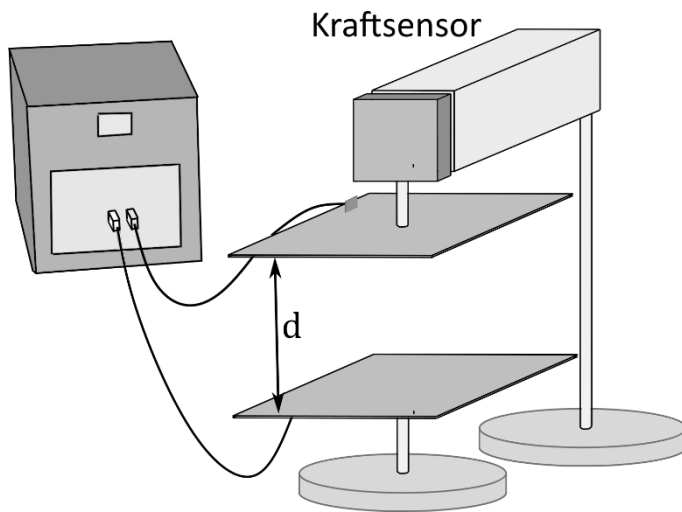
Kondensatorspannung  $U = 5 \text{ kV}$   
 Plattenfläche  $A = 0,051 \text{ m}^2$   
 Elektrische Feldstärke im Kondensator  $E$

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

**M2b:** Plattenkondensator mit Metallplättchen und Kraftsensor zum Experiment in 2.3



**M2c:** Kraft  $F$  auf das Plättchen in Abhängigkeit von der Ladung  $q$  des Plättchens



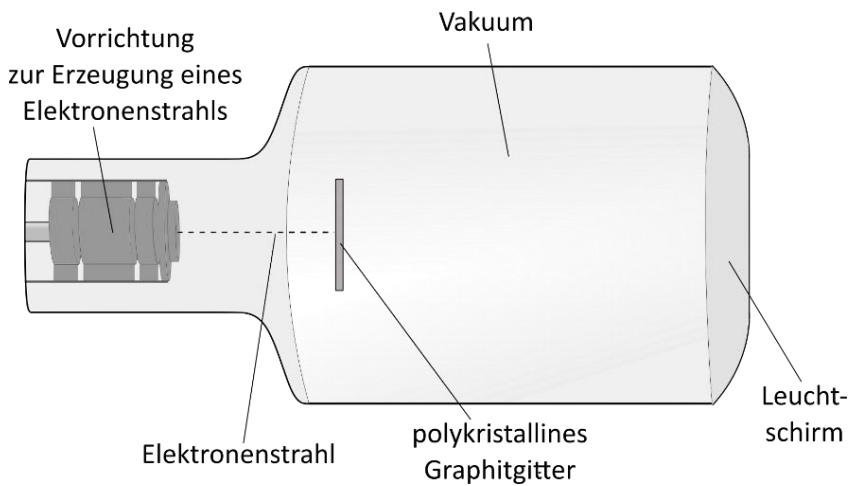
Die Platten eines Plattenkondensators sind parallel zur Tischoberfläche angeordnet. Die obere Platte hängt dabei an einem Kraftsensor, sodass die Anziehungskraft  $F_E$  der beiden Kondensatorplatten bei verschiedenen Kondensatorspannungen  $U$  gemessen werden kann.

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

**M2d:** Plattenkondensator mit Kraftsensor und Spannungsquelle zum Experiment in 2.4

---

Das nächste Material folgt auf Seite 7.

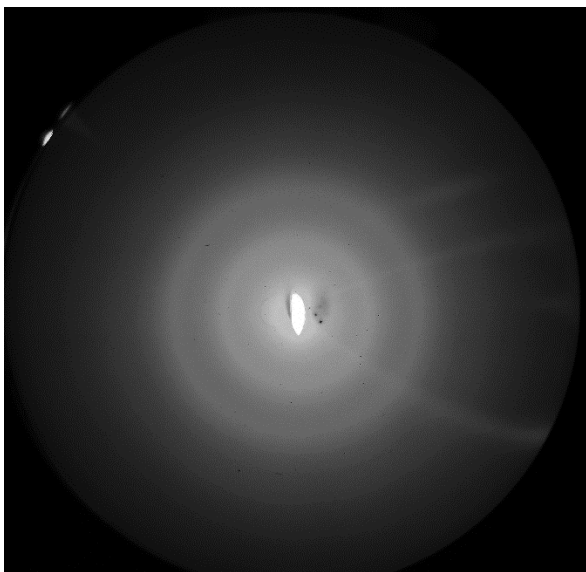


### Informationen zum Aufbau

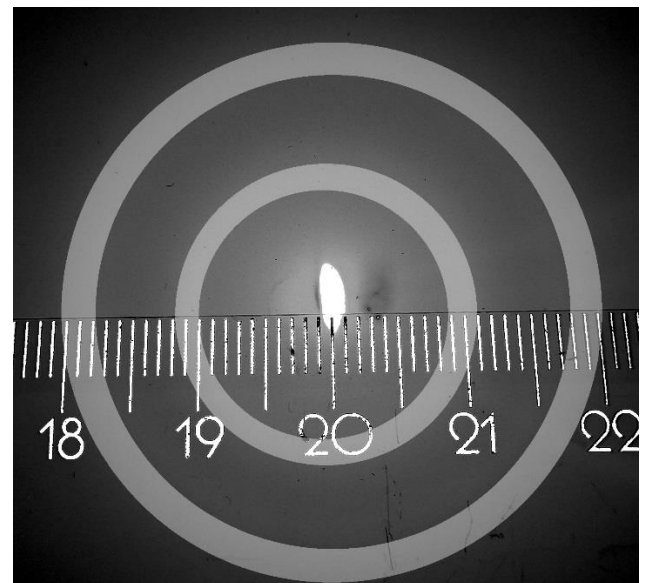
- Der Abstand zwischen Kristall und Leuchtschirm beträgt  $125 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ .
- Der Durchmesser des Leuchtschirms beträgt  $100 \text{ mm}$ .
- Für Ihre Berechnungen können Sie die leichte Krümmung des Schirms vernachlässigen.

### M3a: Schematische Abbildung einer Elektronenbeugungsröhre

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



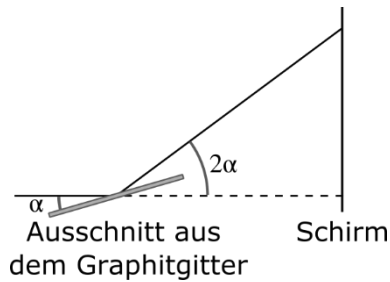
**M3b:** Frontalaufnahme des Beugungsbildes an der Elektronenbeugungsröhre



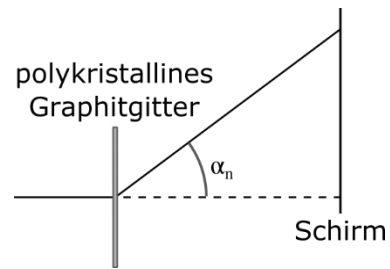
**M3c:** Vergrößerte Aufnahme des Beugungsbildes mit Skala in cm

Zur besseren Sichtbarkeit sind die hellen Ringe mithilfe einer Bildbearbeitung hervorgehoben. Die Wellenlänge beträgt  $\lambda = 19,4 \text{ pm} \pm 0,1 \text{ pm}$ . Zur Auswertung ist die abgedruckte Skala zu verwenden.

Zentralabitur 2021	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe I	eA	Prüfungszeit*: 300 min



$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin(\alpha) \qquad \tan(2\alpha) = \frac{a_n}{e}$$



$$\sin(\alpha_n) = \frac{n \cdot \lambda}{g} \qquad \tan(\alpha_n) = \frac{a_n}{e}$$

$\lambda$ : 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;  
 $d$ : Netzebenenabstand

**M3d:** Skizze zur Geometrie der Elektronenbeugungsröhre

Je nach Unterrichtsgang haben Sie zur Erklärung einen der beiden Erklärungsansätze genutzt.

### Hilfsmittel

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