

Zentralabitur 2022	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe I	eA	Prüfungszeit*: 300 min

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

Thema: Ausgewählte Experimente der Physik

Die erste Aufgabe thematisiert Interferenz am Doppelspalt mit Ultraschall. Im Zentrum der zweiten Aufgabe steht die Bahnkurve von geladenen Teilchen in elektrischen Feldern. In der dritten Aufgabe wird eine Stromwaage betrachtet.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

Mithilfe eines Experiments zum Doppelspalt soll die unbekannte Frequenz f_S eines Ultraschallsenders ermittelt werden. Bei Ultraschall handelt es sich um Schall hoher Frequenz.

1.1 Material 1a (M1a) zeigt den Aufbau eines Doppelspaltexperiments.

Erläutern Sie das Entstehen von Intensitätsmaxima und -minima bei diesem Experiment unterstützt durch geeignete grafische Darstellungen in der im Unterricht vereinbarten Form.

[5 BE]

1.2 Als Quelle wird ein Ultraschall emittierender Sender verwendet. Dabei gelten für die Abstände d_1 und d_2 des Mikrofons von den Spaltöffnungen die folgenden Gleichungen:

$$d_1 = \sqrt{(x + 12,5 \text{ mm})^2 + (71 \text{ mm})^2} \text{ bzw. } d_2 = \sqrt{(x - 12,5 \text{ mm})^2 + (71 \text{ mm})^2}$$

Leiten Sie die Gleichung für d_1 in diesem Zusammenhang unter Verwendung einer geeigneten grafischen Ergänzung in M1a begründet her.

Ermitteln Sie unter Verwendung von M1a und M1b sowie der oben genannten Gleichungen die unbekannte Frequenz f_S des Ultraschallsenders aus der Lage der Maxima.

[9 BE]

1.3 Erläutern Sie zwei Veränderungen in M1b, wenn der Abstand zwischen dem Doppelspalt und der Beobachtungslinie stark vergrößert wird.

[4 BE]

1.4 Der Sender wird durch einen Generator betrieben. Dieser kann in seiner Frequenz leicht variiert werden. Zur Ermittlung des Frequenzbereichs wird ein Oszilloskop verwendet. Material M1c zeigt zwei Oszilloskopbilder für einen solchen Generator.

Ermitteln Sie ausgehend von M1c den Frequenzbereich des Generators.

Beurteilen Sie für einen ähnlichen Generator unter Verwendung von M1d, ob eine Unterscheidung der Grenzen des Frequenzbereichs bei einer angenommenen Messunsicherheit des Ortes von 5 % anhand des ersten Minimums in diesem Experiment möglich ist.

[6 BE]

Zentralabitur 2022	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe I	eA	Prüfungszeit*: 300 min

Aufgabe 2

Mit einer Elektronenstrahlableitkröhre wird die Bewegung von freien Elektronen in einem homogenen elektrischen Querfeld eines Plattenkondensators untersucht. Der schematische Versuchsaufbau ist in M2a dargestellt.

- 2.1 Skizzieren Sie in M2a im homogenen Bereich eine mögliche Bahn der Elektronen und die Richtung des elektrischen Feldes zwischen den Platten.

Begründen Sie den prinzipiellen Verlauf der Bahnkurve der Elektronen im elektrischen Feld des Plattenkondensators. **[6 BE]**

- 2.2 Bevor die Elektronen in das elektrische Querfeld eintreten, werden diese beschleunigt.

Leiten Sie die Gleichung $v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot U_B \cdot e}{m_e}}$ (U_B : Beschleunigungsspannung; e : Elementarladung; m_e : Masse des Elektrons) für die Geschwindigkeit v_0 der Elektronen beim Eintritt in den Plattenkondensator begründet her.

Berechnen Sie die Geschwindigkeit v_0 , wenn $U_B = 1000$ V gilt. **[6 BE]**

- 2.3 In einem Versuch wird bei konstanter Ablenkspannung U_C die Beschleunigungsspannung U_B variiert und die x -Koordinate des Punkts untersucht, an dem die Elektronen auf die untere Kondensatorplatte treffen. Die Messwerte sind in M2b dargestellt.

Stellen Sie die Messwerte in einem x - U_B -Diagramm graphisch dar.

Ermitteln Sie den funktionalen Zusammenhang $U_B = f(x)$ aus den Daten in M2b, wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren. **[9 BE]**

- 2.4 Für die Bahnkurve im Aufbau nach M2a gilt im allgemeinen Fall $y(x) = -\frac{1}{2} \cdot a_y \cdot \frac{x^2}{v_x^2}$ mit $a_y = \frac{F}{m}$ (v_x : Geschwindigkeit in x -Richtung; a_y : Beschleunigung in y -Richtung; F : Kraft in y -Richtung). In einem Gedankenexperiment wird nun die Masse des Elektrons vervierfacht ($m = 4 \cdot m_e$).

Begründen Sie, dass davon die Bahnkurve nicht beeinflusst wird. Verwenden Sie dabei die Gleichung $v_x = 0,5 \cdot v_0$ für das Elektron mit vierfacher Masse. **[3 BE]**

Zentralabitur 2022	Physik	Material für Prüflinge
Aufgabe I	eA	Prüfungszeit*: 300 min

Aufgabe 3

In dieser Aufgabe wird eine Stromwaage zur Kraftmessung benutzt. Zunächst werden Messwerte ausgewertet und die magnetische Flussdichte eines Permanentmagneten bestimmt. Danach wird das Funktionsprinzip der Stromwaage betrachtet.

Hinweise: Die magnetische Flussdichte wird auch magnetische Feldstärke genannt. Gravitationskräfte sollen in dieser Aufgabe nicht thematisiert werden.

- 3.1 M3a zeigt den schematischen Aufbau einer Stromwaage. Bei dem Versuch wird bei einer Leiterlänge von $l = 4 \text{ cm}$ die Stromstärke I durch den Leiter variiert und die Größe der wirkenden Kraft F bestimmt. Die Messwerte sind in M3b angegeben.

Stellen Sie die Messwerte in einem I - F -Diagramm graphisch dar.

Bestätigen Sie, dass der Zusammenhang zwischen I und F durch $F(I) \approx 3,5 \frac{\text{mN}}{\text{A}} \cdot I$ beschrieben werden kann. **[8 BE]**

- 3.2 In einem weiteren Versuch wird bei einer Stromstärke von $I = 3 \text{ A}$ die Leiterlänge l variiert und die Größe der wirkenden Kraft bestimmt. In M3c ist das l - F -Diagramm dargestellt.

Erläutern Sie, wie man mithilfe der zwei Zusammenhänge in M3c und 3.1 zu der Definitionsgleichung $B = \frac{F}{I \cdot l}$ der magnetischen Flussdichte gelangen kann.

Ermitteln Sie für eine Leiterlänge von $l = 4 \text{ cm}$ unter Verwendung des Zusammenhangs aus 3.1 einen Wert für die magnetische Flussdichte B des Permanentmagneten. **[7 BE]**

- 3.3 In M3d ist die Schemazeichnung eines ortsfesten Permanentmagneten und eines beweglichen, senkrecht zur Zeichenebene stromdurchflossenen Leiters dargestellt.

Skizzieren Sie in M3d, in welche Richtung sich der Leiter jeweils bewegt, wenn er von Strom durchflossen wird.

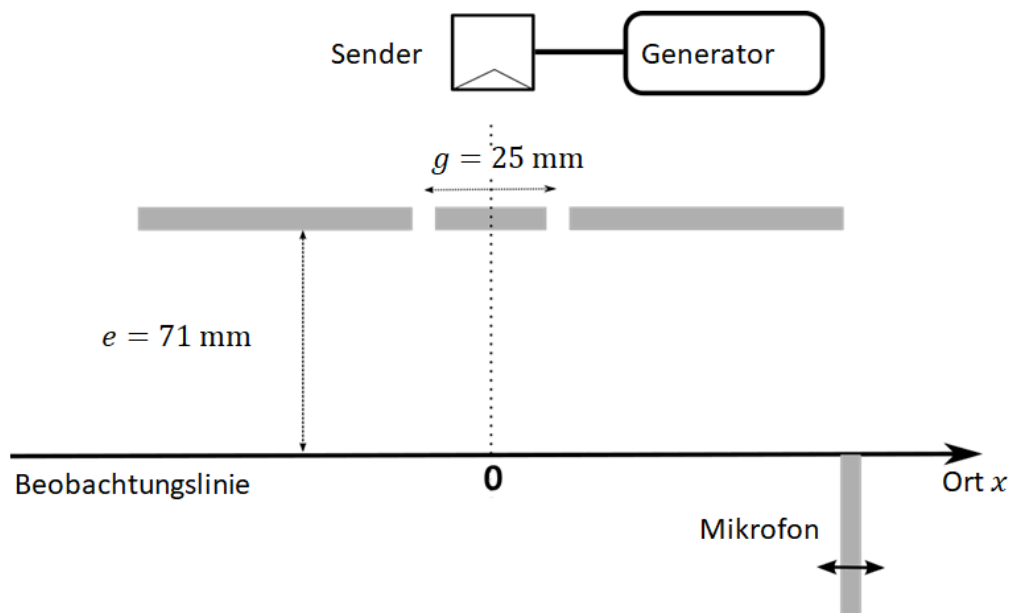
In einem weiteren Experiment (vgl. M3e) werden der Leiter als ortsfest und der Permanentmagnet als beweglich betrachtet.

Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, wie die Stromrichtung gewählt werden muss, damit sich der Permanentmagnet nach links bewegt. **[5 BE]**

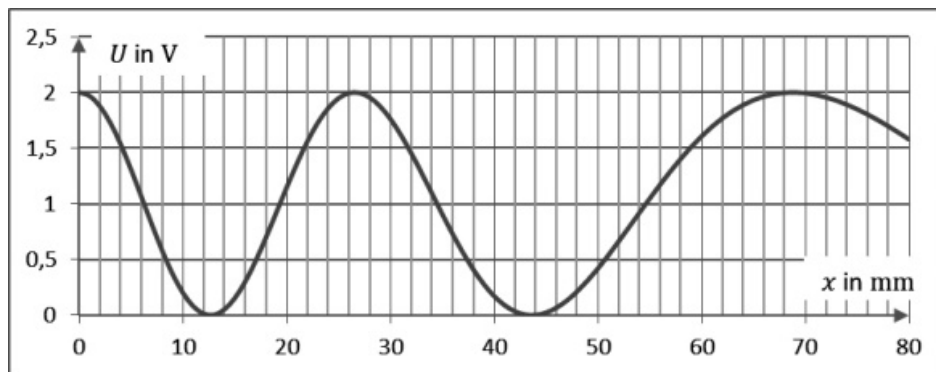
- 3.4 In einem Gedankenexperiment werden zwei verschiedene Leiter verwendet, wie sie in M3f dargestellt sind. Beide befinden sich bei gleicher Stromstärke nacheinander im homogenen Magnetfeld des Permanentmagneten.

Diskutieren Sie, ob sich durch die unterschiedliche Gestalt auch Unterschiede in der resultierenden Kraft auf den stromdurchflossenen Leiter ergeben. **[4 BE]**

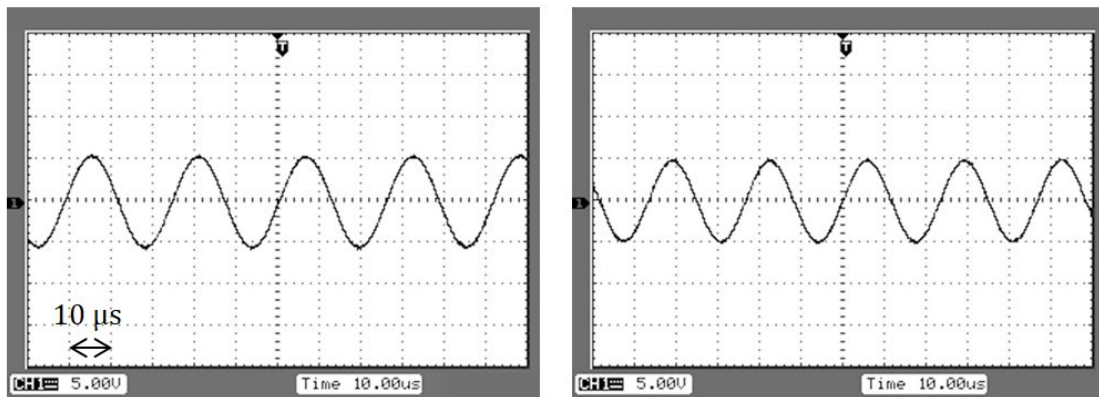
Material

**M1a:** Aufbau des Versuchs

Das Mikrofon wird entlang der Beobachtungslinie parallel zum Doppelspalt verschoben und die gemessene Spannung als Maß für die Intensität gemessen. Die Schallgeschwindigkeit beträgt $c = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Der Ultraschallsender wird mit einem Generator betrieben, dessen Frequenz veränderlich ist.

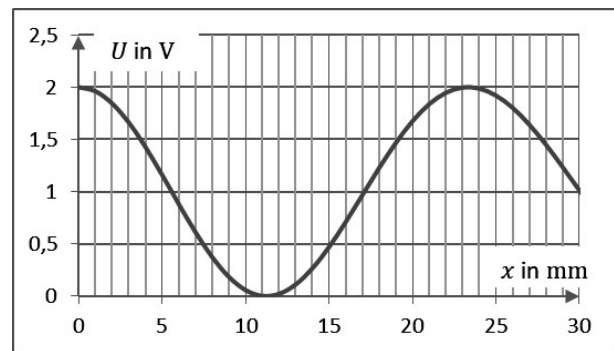
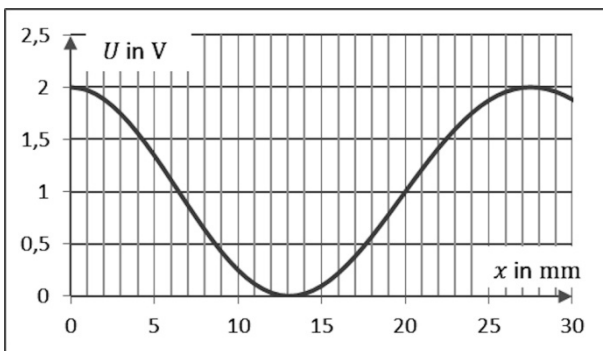
**M1b:** Abhängigkeit der Spannung U am Mikrofon vom Ort x

Die Darstellung ist vereinfacht.



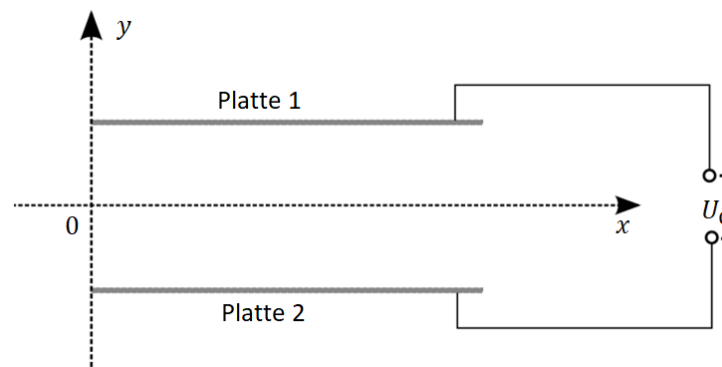
M1c: Zeitlicher Verlauf der Spannung am Ultraschallsender für minimale (links) und maximale Frequenz (rechts) des Generators

In beiden Diagrammen entspricht ein Kästchen der Rechtsachse $10 \mu\text{s}$.



M1d: Abhängigkeit der Spannung U am Mikrofon vom Ort x für einen ähnlichen Generator

Die Abbildung links wurde mit $f = 38,0 \text{ kHz}$ aufgenommen, rechts mit $f = 44,0 \text{ kHz}$. Die Darstellung zeigt einen Ausschnitt und ist vereinfacht.

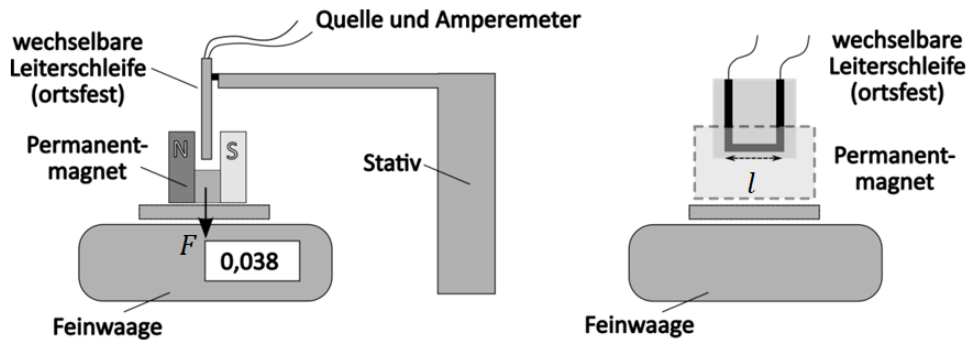


M2a: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus

Beschleunigte Elektronen treten an der Stelle $x = 0$ horizontal in das homogene elektrische Querfeld eines Plattenkondensators ein. Der Kondensator befindet sich in einer Vakuumröhre, die Gravitationskraft soll nicht berücksichtigt werden.

U_B in kV	0,1	0,5	1,2	2,1	3,2	4,6	6,2
x in cm	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5

M2b: Messwerte zur Ablenkung des Elektronenstrahls



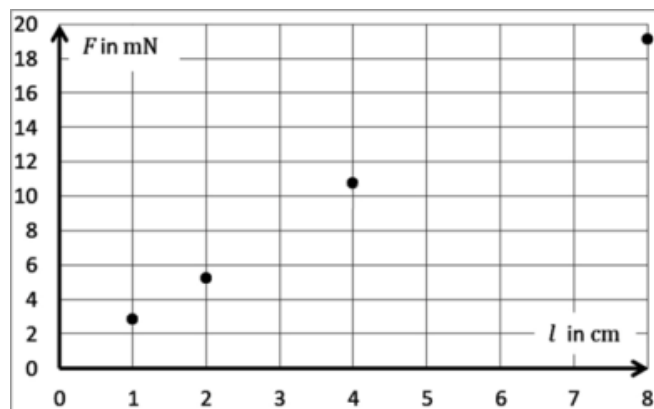
M3a: Schematischer Aufbau der Stromwaage, dargestellt sind Vorder- und Seitenansicht

Der Versuchsaufbau besteht aus einer digitalen Feinwaage, auf die ein Permanentmagnet gelegt wird, sowie aus auswechselbaren Leiterschleifen mit unterschiedlicher Länge l . Die Leiterschleifen werden über einen festen Halter an eine Stromquelle angeschlossen und befinden sich im homogenen Bereich des Magnetfeldes. Fließt ein Strom durch die Leiterschleife, kommt es zu einer Kraft auf den stromdurchflossenen Leiter und damit auch auf den Permanentmagneten. Aus dem an der Waage angezeigten Wert kann auf die wirkende Kraft geschlossen werden.

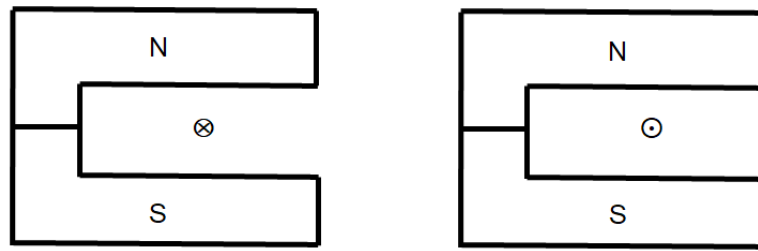
Stromstärke I in A	0	1	2	3	4
Kraft F in mN	0,00	3,63	7,75	10,70	13,93

M3b: Messwerte zur Stromwaage

Angegeben ist die Kraft F auf den stromdurchflossenen Leiter der Länge $l = 4$ cm.



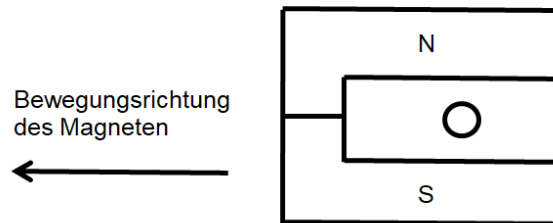
M3c: l - F -Diagramm bei einer konstanten Stromstärke von $I = 3$ A



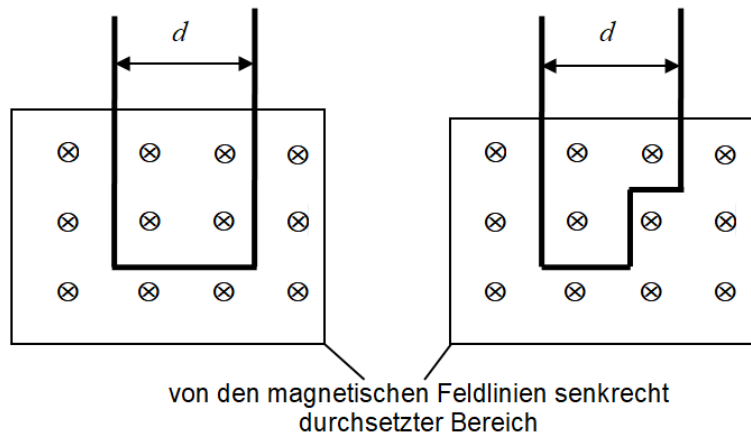
M3d: Schemazeichnungen eines ortsfesten Permanentmagneten und eines beweglichen, senkrecht zur Zeichenebene stromdurchflossenen Leiters

⊗: Der Elektronenstrom fließt in die Zeichenebene hinein.

⊙: Der Elektronenstrom fließt aus der Zeichenebene hinaus.



M3e: Schemazeichnung eines beweglichen Permanentmagneten und eines ortsfesten, senkrecht zur Zeichenebene stromdurchflossenen Leiters



M3f: Schemazeichnung von zwei Leitern im Magnetfeld

Die magnetischen Feldlinien verlaufen in die Blattebene hinein (⊗).

Hilfsmittel

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