*Die Prüfungszeit setzt sich zusammen aus 220 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 bei diesem Experiment unterstützt durch eine geeignete grafische Darstellung in der im Unterricht vereinbarten Form. **[4 BE]**

1.2 Als Quelle wird in M1a ein Ultraschall emittierender Sender verwendet. Dabei gelten für die Abstände d_1 bzw. d_2 des Mikrofons am Ort x von der Spaltöffnung S_1 bzw. S_2 die folgenden Gleichungen:
$d_1 = \sqrt{(x + 12{,}5\ \text{mm})^2 + (71\ \text{mm})^2}$ bzw. $d_2 = \sqrt{(x - 12{,}5\ \text{mm})^2 + (71\ \text{mm})^2}$

Leiten Sie ausgehend von M1a die Gültigkeit der Gleichung für d_1 begründet her.

Ermitteln Sie mithilfe von M1b den Ort des Maximums erster Ordnung.

Bestätigen Sie unter Verwendung der oben genannten Gleichungen und M1a, dass der Ultraschallsender eine Frequenz von $f_S \approx 39\ \text{kHz}$ aufweist. **[9 BE]**

1.3 Als mögliche Quelle zum Betrieb des Ultraschallsenders steht ein weiterer Generator zur Verfügung. Bei diesem kann die Frequenz des Senders eingestellt werden. Mithilfe eines Oszilloskops wird der Frequenzbereich des Generators untersucht (M1c).

Prüfen Sie, ob der in M1c untersuchte Generator als Quelle für das Experiment in 1.2 verwendet werden kann, indem Sie ausgehend von M1c dessen Frequenzbereich bestimmen. **[4 BE]**

1.4 In einer Variante des Experiments aus 1.2 wird die Frequenz f_S des Ultraschallsenders verkleinert, die anderen Parameter bleiben unverändert.

Stellen Sie eine begründete Hypothese hinsichtlich einer möglichen Veränderung des Graphen im x-U-Diagramms (M1b) auf. **[3 BE]**

Aufgabe 2

Mit einer Elektronenstrahlablenkröhre 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. **[3 BE]**

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

Leiten Sie die Gleichung $v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot U_\mathrm{B} \cdot e}{m_\mathrm{e}}}$ (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 $U_\mathrm{B} = 1000\ \mathrm{V}$ gilt. **[6 BE]**

2.3 In einem Versuch wird bei konstanter Ablenkspannung U_C die Beschleunigungsspannung U_B variiert und die x-Koordinate des Punktes untersucht, an dem die Elektronen auf die untere Kondensatorplatte treffen. Dabei wurden die Messwerte in M2b aufgenommen.

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

Bestätigen Sie, dass der Zusammenhang zwischen x und U_B durch $U_\mathrm{B}(x) \approx 0{,}5\ \frac{\mathrm{kV}}{\mathrm{cm}^2} \cdot x^2$ beschrieben werden kann, wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren. **[8 BE]**

2.4 In einer Variation des Experiments nach M2a werden der Plattenabstand d und die Ablenkspannung U_C verdoppelt, die Geschwindigkeit v_0 der beschleunigten Elektronen bleibt unverändert.

Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, ob sich dadurch der Verlauf der Bahnkurve ändert. **[3 BE]**

Aufgabe 3

In dieser Aufgabe wird eine Stromwaage zur Kraftmessung benutzt. Zunächst werden Messwerte ausgewertet, 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 $l = 4\ \mathrm{cm}$ 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 $F(I) \approx 3{,}5\ \frac{\mathrm{mN}}{\mathrm{A}} \cdot I$ beschrieben werden kann.

Ermitteln Sie unter Berücksichtigung aller Messwerte für F und I bei konstanter Länge l die magnetische Flussdichte $B = \frac{F}{I \cdot l}$. **[11 BE]**

3.2 In M3c ist die Schemazeichnung eines ortsfesten Permanentmagneten und eines beweglichen, senkrecht zur Zeichenebene stromdurchflossenen Leiters dargestellt.

Skizzieren Sie in M3c, in welche Richtung sich der Leiter jeweils bewegt, wenn er von Strom durchflossen wird.

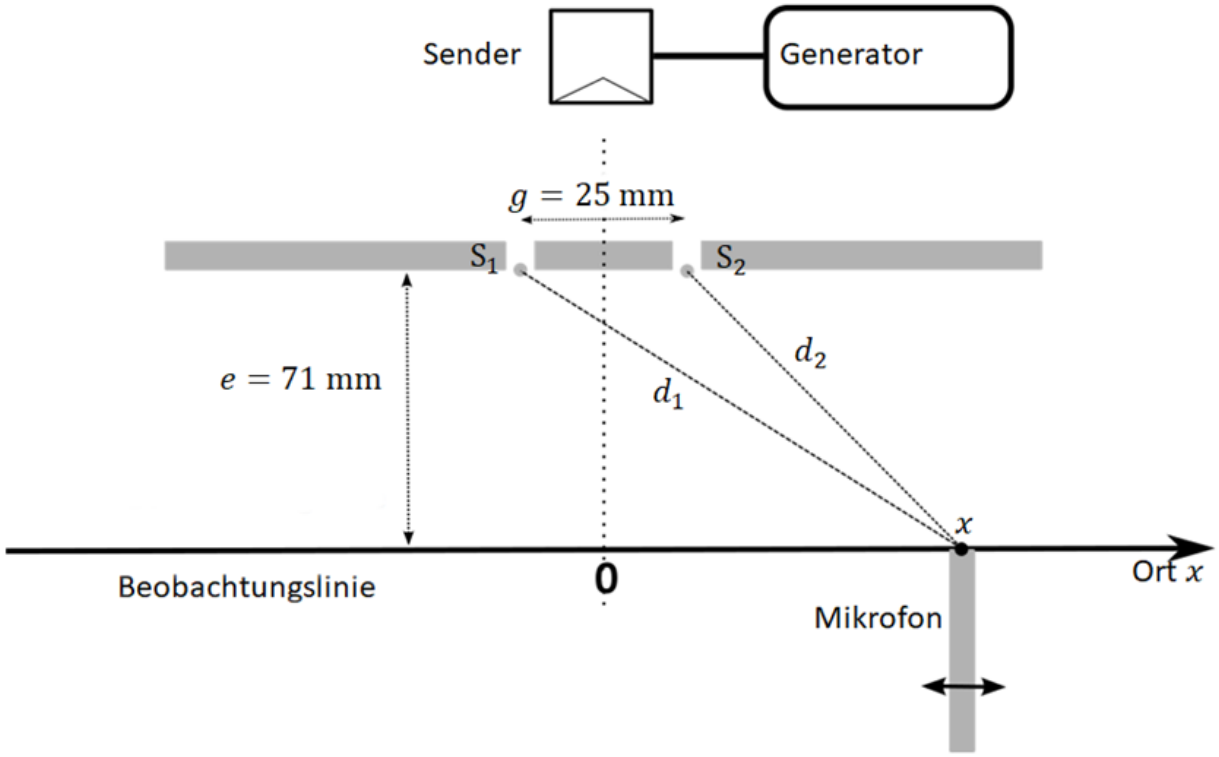
In einem weiteren Experiment (vgl. M3d) werden der Leiter als ortsfest und der Permanentmagnet als beweglich betrachtet.

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

3.3 In einem Gedankenexperiment werden zwei verschiedene Leiter verwendet, wie sie in M3e dargestellt sind. Beide befinden sich bei gleicher Stromstärke nacheinander im homogenen Magnetfeld des Permanentmagneten.

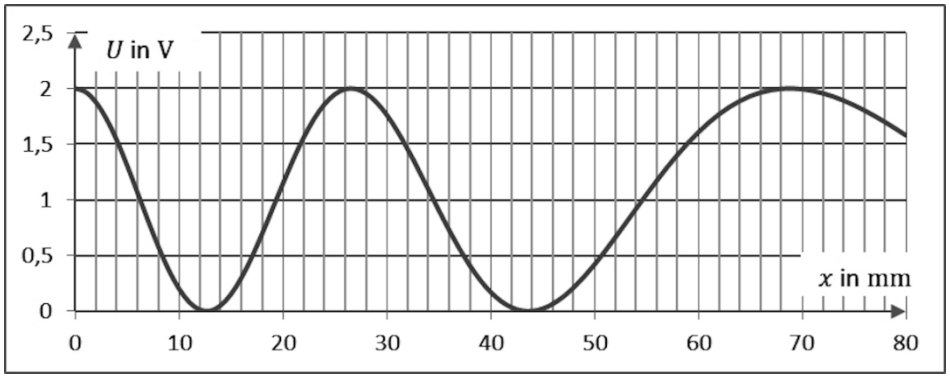
Diskutieren Sie unter Berücksichtigung der effektiven Leiterlänge, ob sich durch die unterschiedliche Gestalt auch Unterschiede in der resultierenden Kraft auf den stromdurchflossenen Leiter ergeben. **[4 BE]**

Material



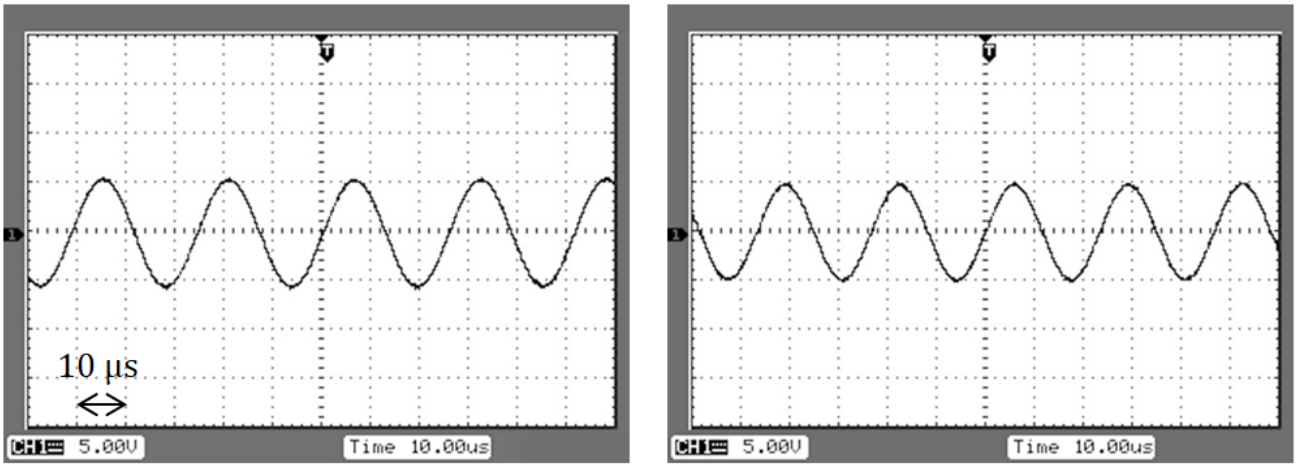
M1a: Aufbau des Versuchs

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



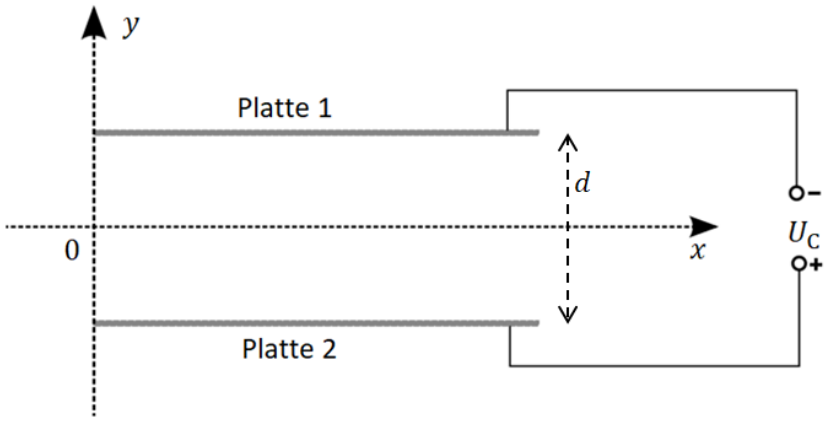
M1b: Abhängigkeit der Spannung U am Mikrofon vom Ort x

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 $10\ \mu s$.

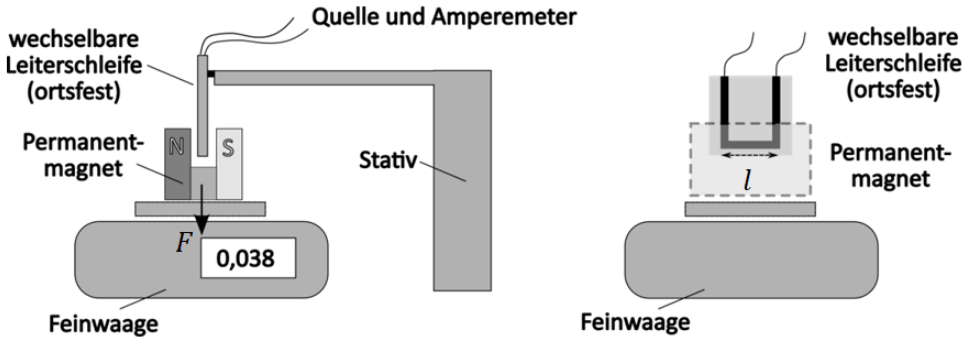


M2a: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus

Mithilfe eines Glühdrahtes werden freie Elektronen erzeugt und im Vorfeld beschleunigt. Die Elektronen treten an der Stelle $x = 0$ 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



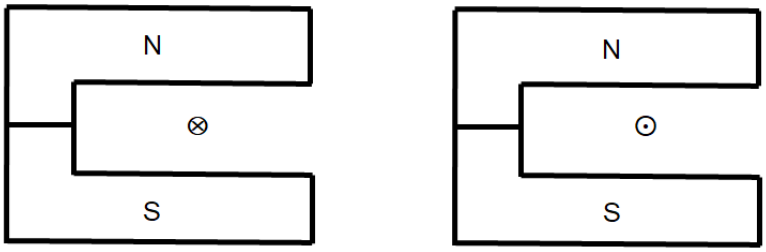
M3a: Schematischer Aufbau der Stromwaage, dargestellt sind Vorder- und Seitenansicht

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

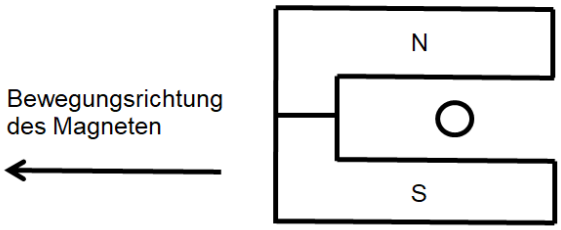
M3b: Messwerte zur Stromwaage

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



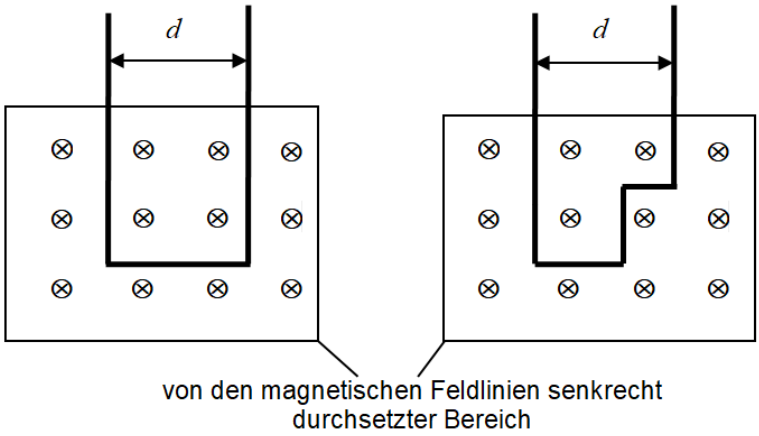
M3c: Schemazeichnungen eines ortsfesten Permanentmagneten und eines beweglichen, senkrecht zur Zeichenebene stromdurchflossenen Leiters

⊗: Der Elektronenstrom fließt in die Zeichenebene hinein.
⊙: Der Elektronenstrom fließt aus der Zeichenebene hinaus.



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

---



M3e: 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