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

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

Thema: Interferenz – Schwingungen – Magnetfelder

In Aufgabe 1 wird die Intensitätsverteilung im Spektrum einer Leuchtdiode (LED) untersucht.
In Aufgabe 2 geht es um die Schwingungen eines Feder-Masse-Pendels und eines horizontalen Federschwingers. Das Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule ist Gegenstand von Aufgabe 3.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

Das Licht einer LED kann mit der objektiven Methode untersucht werden.

1.1 Bei Interferenzexperimenten mit Licht einer LED und einem Doppelspalt entstehen Maxima und Minima auf dem Schirm.

Erläutern Sie deren Entstehung.

Wenn der Abstand e zwischen Doppelspalt und Schirm wesentlich größer ist als der Spaltmittenabstand g des Doppelspalts, gilt für die Interferenzmaxima folgende Gleichung:

$$n \cdot \lambda = g \cdot \sin\left(\arctan\left(\frac{a_\mathrm{n}}{e}\right)\right)$$

n: Ordnung des Maximums; λ: Wellenlänge; a_n: Abstand zwischen dem Maximum 0. Ordnung und dem Maximum n-ter Ordnung

Leiten Sie diese Gleichung mithilfe einer geeigneten Skizze begründet her. **[10 BE]**

1.2 Anstelle des Doppelspalts wird im folgenden Versuch ein optisches Gitter verwendet. Mit einem Lichtsensor werden die Intensitäten im Bereich des Maximums 1. Ordnung ausgemessen (M1a). Die Messwerte sind in Material 1b (M1b) gegeben.

Stellen Sie die Messwerte aus M1b in einem a-U-Diagramm dar.

Ermitteln Sie mithilfe des a-U-Diagramms die Wellenlänge λ_max maximaler Intensität des Lichts der grün leuchtenden LED.

Laut Angaben des Herstellers liegt die Wellenlänge maximaler Intensität dieser LED bei $\lambda = 525\ \mathrm{nm}$.

Beurteilen Sie die Herstellerangabe unter Einbeziehung der Messunsicherheiten für a_n und e sowie des oben ermittelten Wertes von λ_max. **[11 BE]**

1.3 Nun sollen die Intensitäten im Bereich der Maxima 1. und 2. Ordnung verglichen werden. Mit einem geeigneten Gitter erhält man für das Experiment aus 1.2 so kleine Beugungswinkel, dass die folgende Näherungsgleichung gilt: $n \cdot \lambda = g \cdot \frac{a_\mathrm{n}}{e}$.
Hinweis: Diese Gleichung gilt für alle Wellenlängen und insbesondere auch für die kurz- und langwelligen Grenzen der Maxima.

Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, wie sich das a-U-Diagramm des Maximums 1. Ordnung vom a-U-Diagramm des Maximums 2. Ordnung hinsichtlich der Intensitätsverteilung unterscheidet. **[3 BE]**

Aufgabe 2

In dieser Aufgabe werden die Bewegungen eines Feder-Masse-Pendels (M2a) und eines horizontalen Federschwingers (M2b) betrachtet.
Hinweis: Reibungseffekte sollen nicht berücksichtigt werden.

2.1 Ein Feder-Masse-Pendel wie in M2a führt eine harmonische Schwingung aus.

Erläutern Sie am Beispiel des Feder-Masse-Pendels die Begriffe Amplitude, Periodendauer, Frequenz und harmonische Schwingung. **[4 BE]**

2.2 Für die Periodendauer T eines Feder-Masse-Pendels gilt: $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$.

Planen Sie ein Experiment, mit dem man die Abhängigkeit der Periodendauer T von der Masse m möglichst genau untersuchen kann.

Das Feder-Masse-Pendel aus M2a wird um $4\ \mathrm{cm}$ nach unten ausgelenkt und losgelassen. M2c zeigt das zugehörige Zeit-Auslenkung-Diagramm.

Ermitteln Sie die Masse m des Feder-Masse-Pendels mit M2c.

Nun wird die Masse m vervierfacht und das Pendel um $3\ \mathrm{cm}$ ausgelenkt.

Skizzieren Sie einen zugehörigen Graphen in M2c. **[9 BE]**

2.3 Im Folgenden wird der horizontale Federschwinger aus M2b betrachtet. Er wird nach links ausgelenkt und losgelassen.

Beschreiben Sie den Schwingungsvorgang anhand von Energieumwandlungen.

In einem Experiment wurde die Periodendauer T des horizontalen Federschwingers in Abhängigkeit von der Masse m untersucht. Die Tabelle in M2d enthält die zugehörigen Messdaten.

Ermitteln Sie einen funktionalen Zusammenhang $T = C \cdot \sqrt{m}$, wobei Sie auch einen Wert für die Konstante C bestimmen und Ihr Vorgehen in der aus dem Unterricht bekannten Weise dokumentieren.

Die Periodendauer eines horizontalen Federschwingers kann mit der Formel $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K}}$ berechnet werden, wobei K eine Konstante des Federschwingers ist.

Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, wie die Konstante K mit der Federkonstante D der benutzten Federn zusammenhängt. **[11 BE]**

Aufgabe 3

In dieser Aufgabe geht es um Magnetfelder im Inneren von stromdurchflossenen Spulen und deren Untersuchung mit einer Hallsonde.

3.1 M3a zeigt eine einzelne Spulenwindung sowie eine aus mehreren Windungen bestehende Spule. Beide sind stromdurchflossen.

Zeichnen Sie für die beiden in M3a dargestellten Anordnungen jeweils ein Feldlinienbild in die dargestellte Ebene ein. **[3 BE]**

3.2 In M3b ist der schematische Aufbau einer Hallsonde in einem Magnetfeld dargestellt.

Erläutern Sie anhand der Skizze in M3b die Entstehung der Hallspannung U_H in einer Hallsonde.

Für die Hallspannung U_H gilt die folgende Gleichung:

$$U_\mathrm{H} = v \cdot B \cdot h$$

v: Driftgeschwindigkeit der Elektronen;
B: magnetische Flussdichte; h: Höhe der Hallsonde

Hinweis: Die magnetische Flussdichte wird auch magnetische Feldstärke genannt.

Leiten Sie diese Gleichung für U_H begründet her.

Hält man eine Hallsonde der Höhe $h = 2{,}0\ \mathrm{cm}$ in ein Magnetfeld mit der magnetischen Flussdichte $B = 270\ \mathrm{mT}$, lässt sich die Hallspannung $U_\mathrm{H} = 18\ \mu\mathrm{V}$ messen.

Berechnen Sie die Driftgeschwindigkeit v der Elektronen in der Hallsonde. **[11 BE]**

3.3 In einem Experiment wird mit einer Hallsonde im Inneren einer Spule die magnetische Flussdichte B in Feldlinienrichtung bei verschiedenen Stromstärken I des Spulenstroms gemessen. Für schlanke Spulen gilt die Gleichung:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N}{l} \cdot I$$

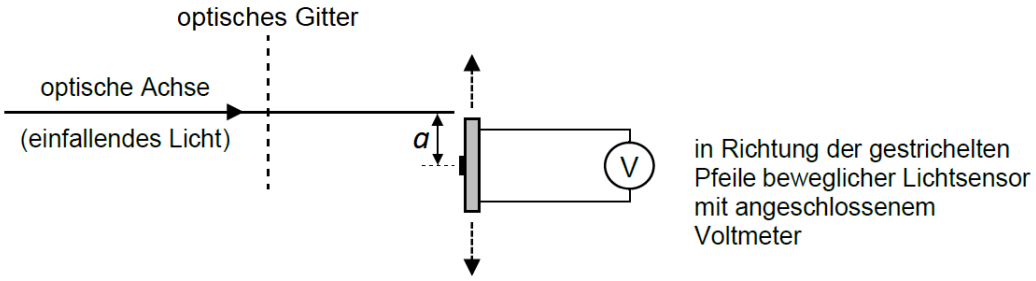
μ_0: magnetische Feldkonstante; N: Anzahl der Spulenwindungen;
l: Länge der Spule; I: Stromstärke des Spulenstroms

Die relative Messunsicherheit für das mit diesem Experiment ermittelte Ergebnis beträgt $9{,}0\ \%$.

Beurteilen Sie mit den Messdaten in M3c, ob unter diesen Bedingungen die Gleichung auch bei dieser Spule gilt.

Diskutieren Sie den Einfluss von Position und Richtung einer Hallsonde in einer schlanken Spule auf die messbare magnetische Flussdichte. **[10 BE]**

Material



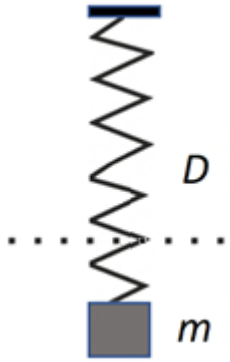
M1a: Vereinfachte Darstellung eines Teils des Versuchsaufbaus zum Experiment in 1.2

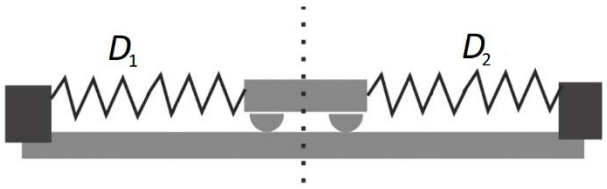
Zur Messung wird der Lichtsensor senkrecht zur optischen Achse bewegt.
Die ausgegebene Spannung des Lichtsensors ist ein Maß für die Lichtintensität.

Abstand a des Lichtsensors zum Maximum 0. Ordnung in cm	9,5	9,7	9,9	10,1	10,3	10,5	10,7	10,9	11,1	11,3	11,5
Spannung U in V	0,040	0,044	0,060	0,093	0,127	0,145	0,112	0,084	0,062	0,051	0,046

M1b: Messwerte im Maximum 1. Ordnung der grün leuchtenden LED in 1.2

Der Abstand a wurde jeweils auf $2\ \text{mm}$ genau bestimmt. Der Abstand des Doppelspalts zur Sensorebene beträgt $e = (38{,}8 \pm 0{,}3)\ \text{cm}$. Die Gitterkonstante beträgt $g = \frac{1}{500}\ \text{mm}$.





M2a: Aufbau eines Feder-Masse-Pendels

Masse m unbekannt

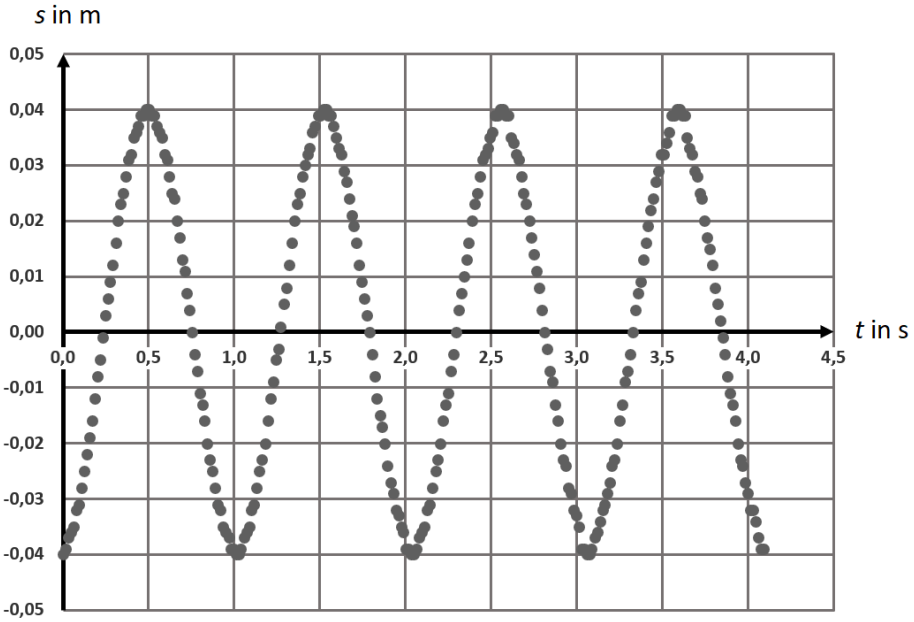
Federkonstante $D = 6{,}1\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$

M2b: Aufbau eines horizontalen Federschwingers

Masse m variabel

Federkonstanten $D_1 = D_2 = 6{,}1\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$

Die Massen der Federn können in beiden Versuchen vernachlässigt werden. Die gepunkteten Linien markieren die Gleichgewichtslage.



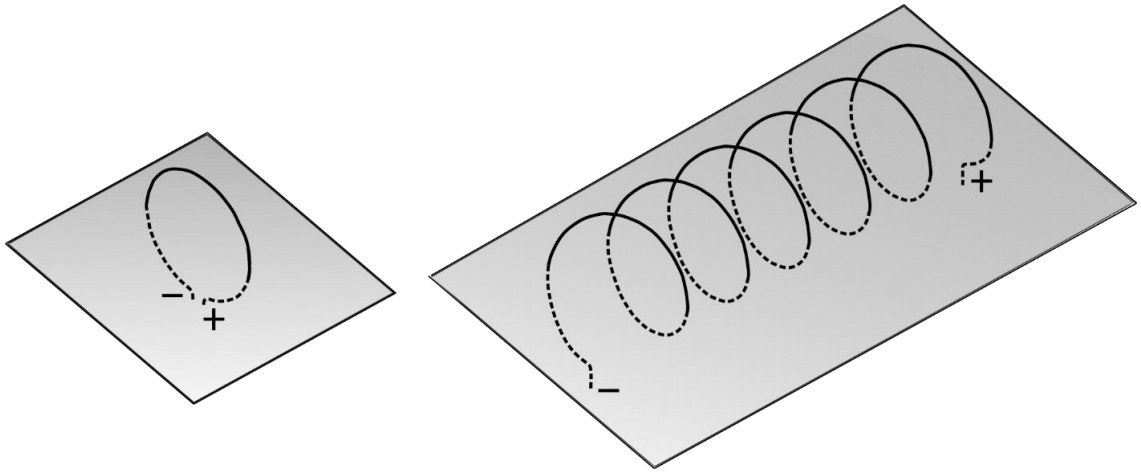
M2c: Zeit-Auslenkung-Diagramm eines Feder-Masse-Pendels

Masse m unbekannt, Federkonstante $D = 6{,}1\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$

Masse m in kg	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20
Periodendauer T in s	0,00	0,40	0,58	0,72	0,79

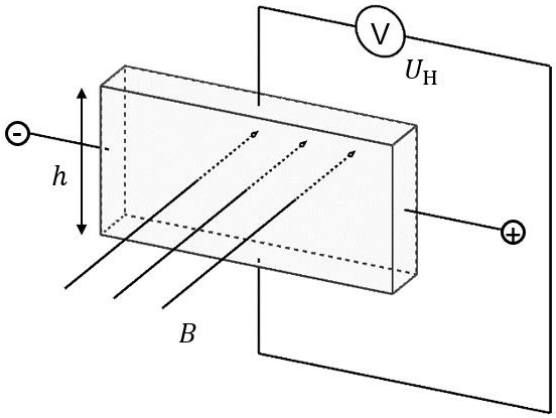
M2d: Messdaten für die Periodendauer T in Abhängigkeit von der Masse m eines horizontalen Federschwingers mit zwei Federn

Federkonstanten $D_1 = D_2 = 6{,}1\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$



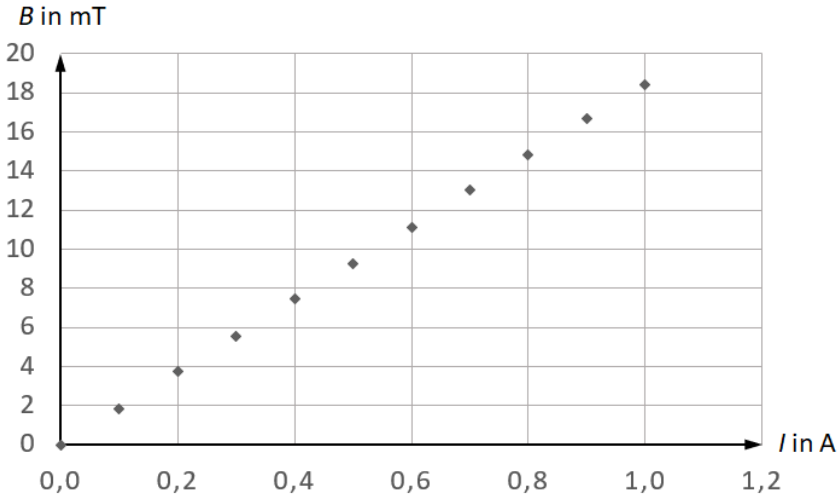
M3a: Schematische Darstellungen einer einzelnen Spulenwindung sowie einer schlanken luftgefüllten Spule mit Polung

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



M3b: Aufbau einer Hallsonde mit der nötigen Beschaltung im homogenen Magnetfeld

h: Höhe der Hallsonde; U_H: Hallspannung; B: magnetische Flussdichte eines Magnetfelds, das senkrecht zur Hallsonde orientiert ist.



M3c: I-B-Diagramm der Messung in Aufgabenteil 3.3

Spulendaten: $N = 1200$; $l = 6{,}3\ \text{cm}$

Hilfsmittel

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