*Die Prüfungszeit setzt sich zusammen aus 220 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 mithilfe der objektiven Methode untersucht werden.

1.1 Bei Interferenzexperimenten mit Licht einer LED und einem Doppelspalt entstehen Maxima 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 anhand der Skizze in Material 1a (M1a) begründet her, wobei Sie diese Skizze auch vervollständigen. **[8 BE]**

1.2 Anstelle des Doppelspalts wird nun ein optisches Gitter verwendet. Mit einem Lichtsensor werden die Intensitäten im Bereich des Maximums 1. Ordnung ausgemessen (M1b). Die Messwerte sind in M1c gegeben.

Stellen Sie die Messwerte aus M1c 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.

Erläutern Sie eine Möglichkeit, um die Wellenlänge λ_max genauer zu bestimmen. **[9 BE]**

1.3 Das in 1.2 beschriebene Experiment wird mit einer weiß leuchtenden LED wiederholt. Die weiße LED sendet u. a. sichtbares Licht im Wellenlängenbereich von $400\ \mathrm{nm}$ bis $770\ \mathrm{nm}$ aus. Alle anderen Paramater bleiben konstant. Es ist zu beobachten, dass das Maximum 1. Ordnung bei der weiß leuchtenden LED breiter ist als bei der grün leuchtenden LED.

Erklären Sie diesen Unterschied. **[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 anhand von M2c die Masse m des Feder-Masse-Pendels.

Nun wird die Masse m vervierfacht. Das Pendel wird nach wie vor um $4\ \mathrm{cm}$ ausgelenkt.

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

2.3 Im Folgenden wird der horizontale Federschwinger aus M2b betrachtet. In einem Experiment wurde die Periodendauer T in Abhängigkeit von der Masse m untersucht. Die Tabelle in M2d enthält die zugehörigen Messdaten.

Bestätigen Sie den Zusammenhang $T = 1{,}80\ \frac{\mathrm{s}}{\sqrt{\mathrm{kg}}} \cdot \sqrt{m}$, wobei Sie Ihr Vorgehen in der aus dem Unterricht bekannten Weise dokumentieren.

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

Ermitteln Sie die Konstante K für den Federschwinger. **[7 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.

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. **[7 BE]**

3.2 Anhand einer Messung der magnetischen Flussdichte B im Inneren einer Spule soll untersucht werden, ob es sich um eine schlanke Spule handelt. 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

Hinweis: Die magnetische Flussdichte wird auch magnetische Feldstärke genannt.

Diese Gleichung lässt sich auch in folgender Art angeben: $B = k_{\mathrm{Theorie}} \cdot I$.

Berechnen Sie den Faktor $k_{\mathrm{Theorie}} = \frac{\mu_0 \cdot N}{l}$ der Gleichung für die zu untersuchende Spule mithilfe der Spulendaten in M3c.

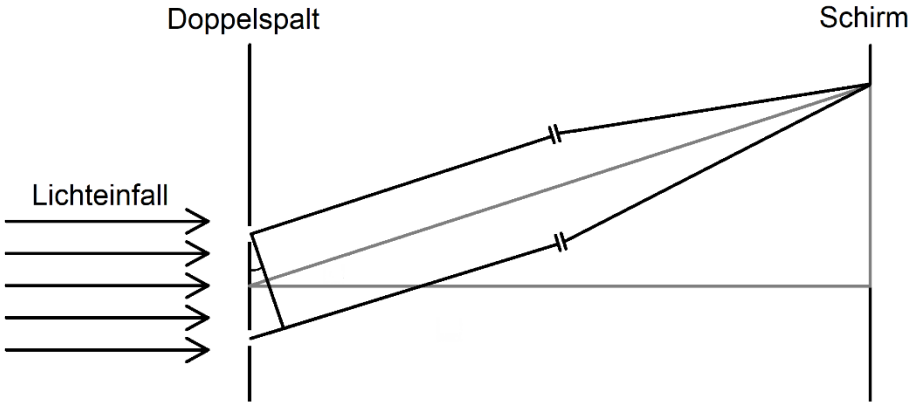
Nun wird in einem Experiment mit einer Hallsonde die magnetische Flussdichte B in Feldlinienrichtung bei verschiedenen Stromstärken I des Spulenstroms gemessen.

Ermitteln Sie anhand der Messdaten in M3c einen Zusammenhang $B = k_{\mathrm{Exp}} \cdot I$, wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren und die Konstante k_{Exp} angeben.

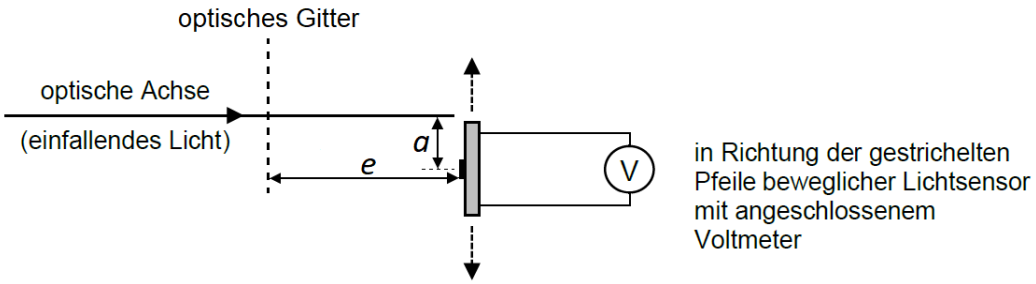
Beurteilen Sie, ob die Gleichung $B = k_{\mathrm{Theorie}} \cdot I$ für schlanke Spulen auf die untersuchte Spule anwendbar ist. **[9 BE]**

3.3 Diskutieren Sie den Einfluss von Position und Richtung einer Hallsonde in einer schlanken Spule auf die messbare magnetische Flussdichte. **[4 BE]**

Material



M1a: Skizze zur Interferenz am Doppelspalt zum Vervollständigen (vgl. 1.1)



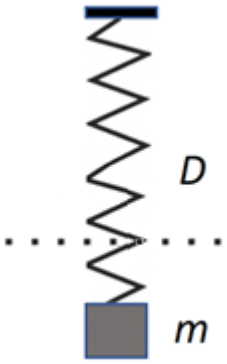
M1b: Vereinfachte Darstellung eines Teils des Versuchsaufbaus zum Experiment in 1.2

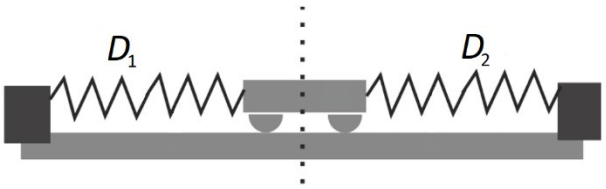
Zur Messung wird der Lichtsensor senkrecht zur optischen Achse bewegt.
Die ausgegebene Spannung des Lichtsensors ist ein Maß für die Lichtintensität.

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	0,000	0,004	0,020	0,053	0,087	0,105	0,072	0,044	0,022	0,011	0,006

M1c: Messwerte im Maximum 1. Ordnung der grün leuchtenden LED für den Versuch in 1.2

Der Abstand des Gitters zur Sensorebene beträgt $e = 38{,}8\ \text{cm}$.
Die Gitterkonstante beträgt $g = \frac{1}{500}\ \text{mm}$.





M2a: Aufbau eines Feder-Masse-Pendels

Masse m unbekannt

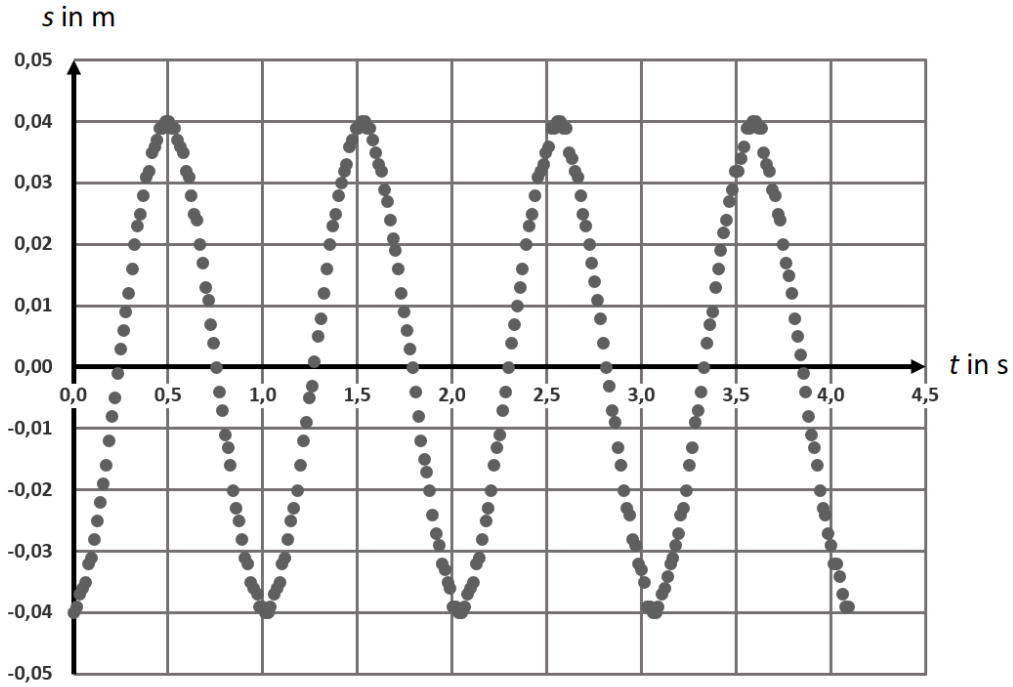
Federkonstante $D = 6{,}1\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$

M2b: Aufbau eines horizontalen Federschwingers

Masse m variabel

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

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



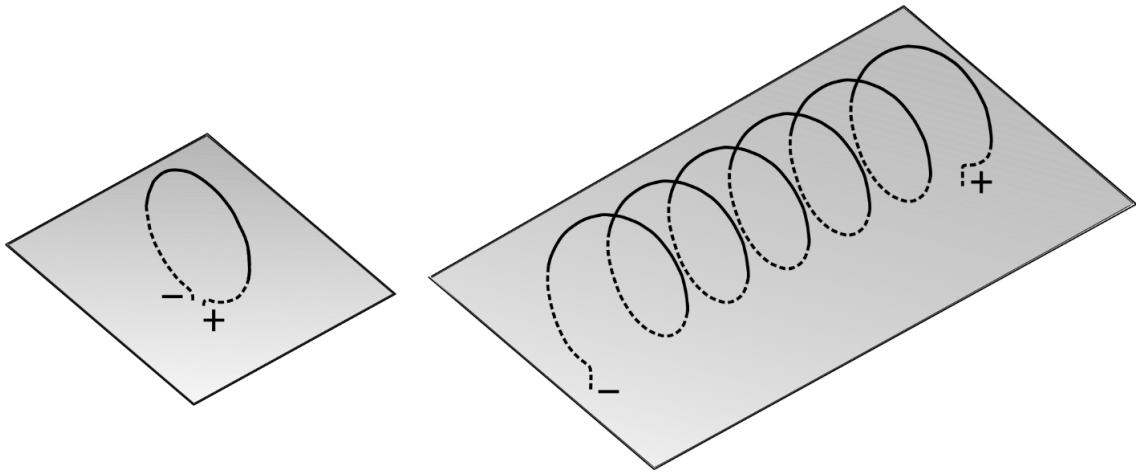
M2c: Zeit-Auslenkung-Diagramm eines Feder-Masse-Pendels

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

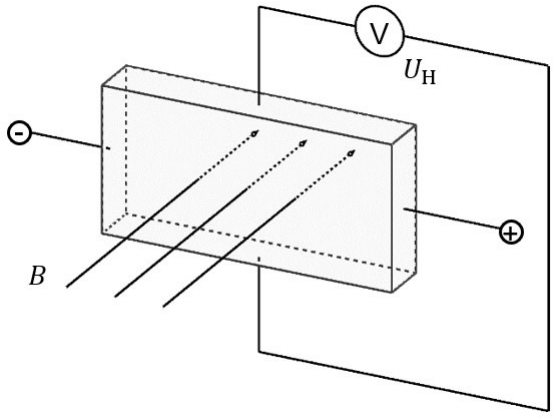
M2d: Messdaten für die Periodendauer T in Abhängigkeit von der Masse m eines horizontalen Federschwingers mit zwei Federn

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 eine mittig positionierte Ebene in der Spule.



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

U_H: Hallspannung;

B: magnetische Flussdichte eines Magnetfelds, das senkrecht zur Hallsonde orientiert ist.

I in mA	0	200	400	600	800	1000
B in mT	0,00	3,77	7,46	11,10	14,82	18,39

M3c: Messdaten zur Messung in Aufgabenteil 3.2

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

Hilfsmittel

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