



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Physik, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Aufgabe: Entladung eines Kondensators

In dieser Aufgabe geht es um die Entladung eines Kondensators. Im ersten Teil (Teilaufgabe 1) führen Sie dazu ein Experiment durch und nehmen den ersten Schritt der Auswertung vor. Das Ergebnis dieses Auswertungsschrittes lassen Sie von Ihrem Fachlehrer oder Ihrer Fachlehrerin kontrollieren. Diese/r entscheidet, ob die von Ihnen aufgenommenen Messwerte

- für die weitere Auswertung geeignet sind und Sie mit der Aufgabe fortfahren können oder
- für die weitere Auswertung nicht geeignet sind und Sie mit vorbereiteten Messwerten weiterarbeiten müssen.

Für den experimentellen Teil der Aufgabe haben Sie bis zu 30 Minuten Zeit. Spätestens nach Ablauf dieser Zeit müssen Sie Ihr Experimentiermaterial abgeben.

Teilaufgabe 1

Für das Experiment stehen Ihnen folgende Materialien zur Verfügung: ein Kondensator ($C = 10 \text{ F}$), eine Batterie ($U_0 \approx 1,5 \text{ V}$), ein Widerstand ($R = 10 \Omega$), ein Spannungsmessgerät (incl. zweier Anschlusskabel), ein Kabelset, eine Uhr.



Name: _____

- a) Versuchsanleitung: Der Kondensator wird etwa 20 Sekunden direkt mit der Spannungsquelle (Batterie) verbunden. Dabei ist unbedingt auf die Übereinstimmung der Polaritäten von Spannungsquelle und Kondensator zu achten (siehe Abbildung 1). Der Kondensator wird danach von der Spannungsquelle getrennt und gemäß Abbildung 2 über den Widerstand entladen.

Hinweis: Bitte achten Sie darauf, dass Sie sich an den Anschlussdrähten nicht verletzen. Das Berühren der Kleinspannung ist ungefährlich.



Abbildung 1: Kondensator mit der weißen Markierung des Minuspols

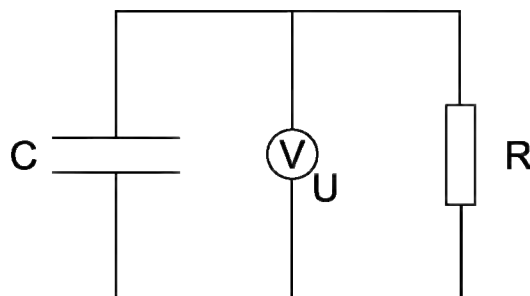


Abbildung 2: Schaltskizze zur Kondensatorentladung

Erstellen Sie unter Verwendung von Anlage 1 eine Messtabelle für eine Entladezeit von 7 min: Messen Sie dazu mit Hilfe des Messinstruments die Spannung U in Abhängigkeit von der Zeit t für konstante Zeitabstände von 20 s. Der Zeitpunkt $t = 0$ s entspricht dabei dem Schließen des Stromkreises.



Name: _____

- b) Ergänzen Sie die Tabelle in der dritten Spalte: Bilden Sie die Quotienten $\frac{U_{n+1}}{U_n}$ für $n = 1 \dots k - 1$, wobei k die Anzahl Ihrer Messwerte ist. (8 Punkte)

Lassen Sie Ihre Resultate (also die Messwerttabelle mit den Quotienten) von Ihrem Fachlehrer oder Ihrer Fachlehrerin kontrollieren. Diese/r entscheidet, ob Sie auf Grundlage der von Ihnen aufgenommenen Messwerte mit der Aufgabe fortfahren können. Sollten Ihnen neue Messwerte vorgegeben werden, müssen Sie die Quotientenbildung für diese neuen Messwerte erneut vornehmen und mit diesen weiterarbeiten.

Teilaufgabe 2

- a) Beurteilen Sie anhand Ihrer Messwerte mit Hilfe eines geeigneten Kriteriums, ob die Abnahme der Spannung zeitlich exponentiell verläuft.
- b) Ermitteln Sie den Verlauf der Stromstärke I am Ohm'schen Widerstand ($R = 10 \Omega$) in Abhängigkeit von der Zeit t und notieren Sie die Ergebnisse in Ihrer Tabelle.
- c) Stellen Sie den zeitlichen Verlauf der Stromstärke in einem $I(t)$ -Diagramm grafisch dar. Begründen Sie, dass die Stromstärke exponentiell abnimmt.

Bestimmen Sie mit Hilfe des $I(t)$ -Diagramms die Halbwertszeit $T_{1/2}$.

Bestimmen Sie aus dem $I(t)$ -Diagramm die während der ersten Halbwertszeit abfließende Ladung Q . [Ersatzergebnis: $Q = 10,3 \text{ C}$]

Der Hersteller gibt für den verwendeten Kondensator eine Kapazitätstoleranz von -20% bis $+80\%$ an, d. h., die tatsächliche Kapazität des Kondensators kann bis zu 20% kleiner bzw. bis zu 80% größer sein als die angegebene Kapazität.

Überprüfen Sie anhand Ihres Ergebnisses für die Ladung Q rechnerisch, ob die Kapazität des verwendeten Kondensators innerhalb der Kapazitätstoleranz liegt.



Name: _____

- d) Wiederholt man das Experiment mit anderen Kondensatoren, ergeben sich ähnliche Kurvenverläufe. Abbildung 3 zeigt die Entladungskurven von drei verschiedenen Kondensatoren A, B und C, die jeweils über denselben Ohm'schen Widerstand entladen wurden.

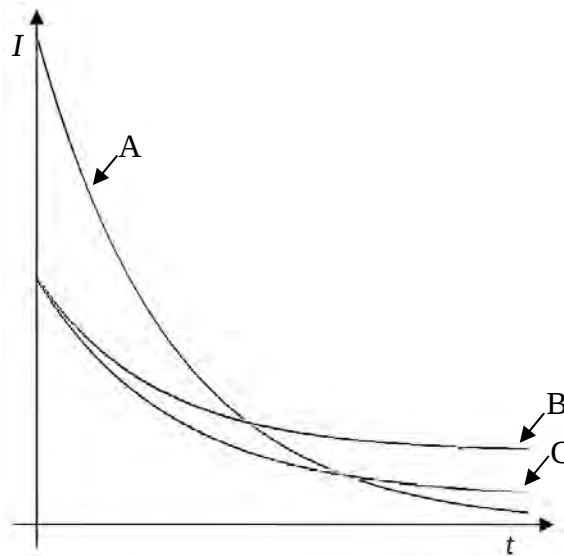


Abbildung 3: Entladungskurven dreier Kondensatoren A, B und C (Zeit und Stromstärke sind in willkürlichen Einheiten angegeben)

Begründen Sie, welche Kapazitäten $C_1 < C_2 < C_3$ zu den jeweiligen Kondensatoren A, B und C gehören. (26 Punkte)



Name: _____

Teilaufgabe 3

Ein Kondensator mit der Kapazität $C = 10,0 \text{ F}$ wird an der Spannungsquelle mit $U_0 = 1,50 \text{ V}$ vollständig geladen und danach von der Spannungsquelle getrennt. Nun wird der geladene Kondensator mit einem zweiten Kondensator der unbekanntenen Kapazität C_p verbunden (siehe Abbildung 4). Die anschließende Spannungsmessung liefert eine Spannung von $U_1 = 1,10 \text{ V}$.

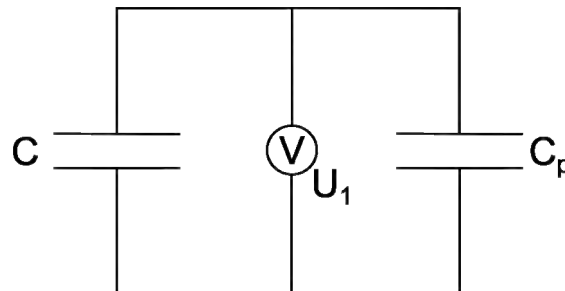


Abbildung 4: Hinzuschalten eines weiteren Kondensators mit der Kapazität C_p zum Kondensator der Kapazität C

- a) Bestimmen Sie die im Kondensator mit der Kapazität C direkt nach der Aufladung an der Spannungsquelle (also vor dem Anschluss des zweiten Kondensators) gespeicherte elektrische Energie E_C .

[Ergebnis zur Kontrolle: $E_C = 11,25 \text{ J}$]

- b) Erklären Sie den Spannungsabfall beim Anschluss des zweiten Kondensators. Bestimmen Sie die Kapazität C_p des zweiten Kondensators.

[Ergebnis zur Kontrolle: $C_p = 3,6 \text{ F}$]

- c) Bestimmen Sie die nach Anschluss des zweiten Kondensators in beiden Kondensatoren gespeicherte gesamte elektrische Energie.

Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit der direkt nach der Aufladung an der Spannungsquelle gespeicherten elektrischen Energie E_C . (16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Physikalische Formelsammlung
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit, auch mit CAS-Funktionalität)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2012

Physik, Grundkurs

1. Aufgabenart

- Bearbeitung eines Schülerexperiments
- Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

2. Aufgabenstellung¹

Aufgabe: Entladung eines Kondensators

(50 Punkte)

Hinweis: Nur kombinierbar entweder mit HT 2 oder HT 4

3. Materialgrundlage

Versuchsmaterial und -aufbau

Hinweise zum Experiment

In dieser Aufgabe ist die Entladung eines Kondensators als Schülerexperiment zu bearbeiten. Die Durchführung des Experiments ist der Prüfungsaufgabe zu entnehmen. Als Experimentiermaterial sind der Schule bereits pro Klausurteilnehmer ein Kondensator, ein Widerstand, eine 1,5-V-Batterie und ein Kabelset zugegangen. Zusätzlich muss jedem Schüler bzw. jeder Schülerin ein geeignetes Spannungsmessgerät incl. zweier Anschlusskabel zur Verfügung gestellt werden. Außerdem benötigen die Schülerinnen und Schüler eine Uhr, wobei aufgrund der großen Zeitintervalle von 20 s bereits eine Armbanduhr mit Sekundenzeiger ausreichend ist.

Neben der Aufgabenstellung erhalten alle Klausurteilnehmer die Anlage 1 zur Aufgabe: eine Tabellenvorlage für die Aufnahme und Auswertung der Messwerte. Anlage 2 zur Aufgabe erhalten nur die Schülerinnen und Schüler, die keine (!) eigenen, zur Weiterarbeit geeigneten Messwerte aufnehmen konnten (s. u.). In diesem Fall kann für den experimentellen Teil der Aufgabe keine volle Punktzahl gegeben werden!

Um sicherzustellen, dass alle Schülerinnen und Schüler die gesamte Aufgabe mit sinnvollen Messwerten bearbeiten können, müssen sie ihre Ergebnisse des ersten Auswertungsschritts der Fachlehrerin bzw. dem Fachlehrer zu Kontrolle vorlegen. Als Kriterium für eine sinnvolle Messreihe gilt dabei die annähernde Konstanz der dabei berechneten Quotienten von aufeinander folgenden Spannungswerten.

Achtung: Der Wert dieser Quotienten kann bei verschiedenen Kondensatoren stark schwanken, da diese mit einer **Kapazitätstoleranz von –20 % bis +80 %** gefertigt werden.

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

Bei annähernd konstanten Quotienten kann der jeweilige Klausurteilnehmer sein Experimentiermaterial abgeben und mit der eigentlichen Klausur beginnen. Ergeben sich keine annähernd konstanten Quotienten und ist eine erneute Messung zeitlich nicht mehr möglich, so sind der/dem Betroffenen mit Anlage 2 zur Aufgabe vorbereitete Messwerte für die weitere Arbeit auszuhändigen.

Die Experimentierzeit beträgt maximal 30 Minuten. Spätestens dann müssen alle Klausurteilnehmer das Experimentiermaterial abgeben und ihre Messungen kontrollieren lassen und anschließend mit den eigenen bzw. mit den vorbereiteten Messwerten weiterarbeiten.

Wichtig: Auch Schülerinnen und Schüler, die die Klausur nicht mit der Bearbeitung dieser Aufgabe beginnen möchten, müssen die Klausur in jedem Fall mit dem experimentellen Teil beginnen.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

1. Inhaltliche Schwerpunkte

- Ladungen und Felder
 - Elektrisches Feld, elektrische Feldstärke (Feldkraft auf Ladungsträger im homogenen Feld, radialsymmetrisches Feld)

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Physikalische Formelsammlung
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit, auch mit CAS-Funktionalität)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

6.1 Modelllösungen

Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Die nachfolgenden Modelllösungen erfassen nicht notwendigerweise alle sachlich richtigen Lösungsalternativen.

Sollte die Auswertung der Messdaten mit Hilfe eines grafikfähigen TR oder CAS erfolgen, so muss der Prüfling die entstandenen Graphen für die korrigierende Lehrkraft skizzenhaft in seiner Reinschrift dokumentieren.

Modelllösungen Aufgabe: Entladung eines Kondensator**Hinweise:**

Die Modelllösungen beziehen sich auf die vorgegebenen Ersatz-Messwerte. Bei der Verwendung eigener Messwerte müssen die Rechnungen der Schülerinnen und Schüler von der korrigierenden Lehrkraft entsprechend nachvollzogen werden.

Bei der Bewertung der Messergebnisse ist unbedingt zu berücksichtigen, dass die verwendeten Kondensatoren eine Kapazitätstoleranz von -20% bis $+80\%$ aufweisen.

Teilaufgabe 1

a) siehe b)

b) Die ersten beiden Spalten der Tabelle zeigen mögliche Messergebnisse und sind somit Teilaufgabe 1 a) zuzuordnen. Die dritte Spalte enthält die Ergebnisse der in Teilaufgabe 1 b) verlangten Quotientenbildung.

Die vierte Spalte der Tabelle enthält bereits die in Teilaufgabe 2 b) zu berechnenden Werte.

t in s	U in V	U_{n+1}/U_n	I in A
0	1,525	0,902	0,153
20	1,375	0,873	0,138
40	1,200	0,871	0,120
60	1,045	0,876	0,105
80	0,915	0,863	0,092
100	0,790	0,867	0,079
120	0,685	0,864	0,069
140	0,592	0,861	0,059
160	0,510	0,867	0,051
180	0,442	0,860	0,044
200	0,380	0,868	0,038
220	0,330	0,864	0,033
240	0,285	0,867	0,029
260	0,247	0,866	0,025
280	0,214	0,869	0,021
300	0,186	0,871	0,019
320	0,162	0,877	0,016
340	0,142	0,873	0,014
360	0,124	0,871	0,012
380	0,108	0,880	0,011
400	0,095	0,874	0,010
420	0,083	–	0,008

Teilaufgabe 2

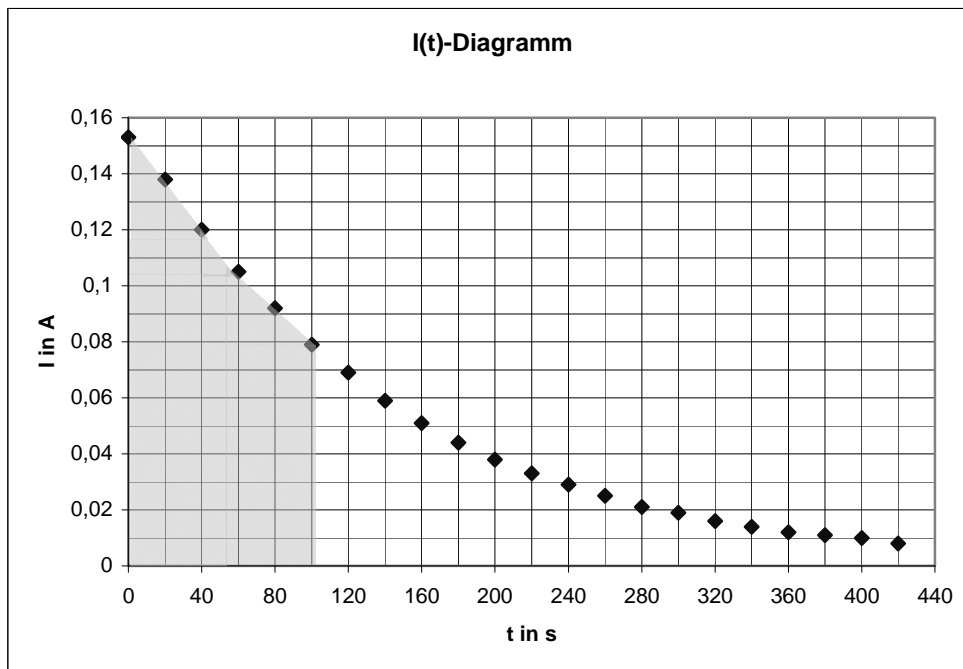
- a) Die annähernd konstanten Quotienten (bei gleichen Zeitintervallen) zeigen, dass die Spannung exponentiell abnimmt.

Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Alternative, sachlich korrekte Begründungen sind ebenfalls zulässig, z. B. halblogarithmische Darstellung, Bestimmung einer Halbwertszeit für U .

- b) Mit Hilfe der Definition des Ohm'schen Widerstands lässt sich die Stromstärke I aus dem angegebenen Widerstand R und der gemessenen Spannung U berechnen. Die berechneten Werte sind bereits in der Tabelle zur Lösung von Teilaufgabe 1 a) enthalten.

- c) Die vorgegebenen Messwerte liefern folgendes $I(t)$ -Diagramm:



Es wurde bereits begründet, dass die Spannung exponentiell abnimmt (siehe Teilaufgabe 2 a). Da die berechnete Stromstärke und die Spannung proportional zueinander sind, muss auch die Stromstärke exponentiell abnehmen.

Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Alternative, sachlich korrekte Begründungen – insbesondere unter Verwendung des zuvor erstellten Diagramms – sind ebenfalls zulässig.

Das Ablesen der Halbwertszeit an verschiedenen Stellen des Diagramms liefert:

$T_{1/2} \approx 100$ s. [Hinweis: Rechnerisch wäre eine Halbwertszeit von etwa 70 s zu erwarten,

die gemessene Halbwertszeit ist aber aufgrund der **Kapazitätstoleranz von -20% bis $+80\%$** des Kondensators durchaus realistisch.]

Die während der ersten Halbwertszeit abfließende Ladung Q entspricht der im

$I(t)$ -Diagramm grau unterlegten Fläche. Diese umfasst in der oben gewählten

Darstellung etwa 57 Kästchen, wobei die Fläche eines Kästchens der Ladung

$Q_K = 20 \text{ s} \cdot 0,01 \text{ A} = 0,2 \text{ C}$ entspricht. Damit gilt für die während der ersten Halbwerts-

zeit abfließende Ladung $Q_{T_{1/2}} \approx 57 \cdot Q_K = 57 \cdot 0,2 \text{ C} = 11,4 \text{ C}$.

Zur Überprüfung der Größenordnung der Kapazität des verwendeten Kondensators

kann dessen Kapazität C_{exp} aus der angelegten Spannung $U_0 \approx 1,5 \text{ V}$ und der zuvor

bestimmten Ladung $Q_{T_{1/2}}$ berechnet werden, wobei zu berücksichtigen ist, dass die zu

Beginn des Experiments im Kondensator gespeicherte Ladung $Q = 2 \cdot Q_{T_{1/2}}$ beträgt:

$$C_{\text{exp}} = \frac{2 \cdot Q}{U_0} = \frac{2 \cdot 11,4 \text{ C}}{1,5 \text{ V}} = 15,2 \text{ F}.$$

Die experimentell bestimmte Kapazität des Kondensators

weicht also um gut 50% von der angegebenen Kapazität ab und liegt damit

innerhalb der Kapazitätstoleranz.

[**Hinweis 1:** Es wird bei der Angabe $Q = 2 \cdot Q_{T_{1/2}}$ nicht erwartet, dass die Schülerinnen

und Schüler explizit begründen, dass beim Erreichen der Halbwertszeit in der $I(t)$ -Kurve genau die halbe Ladung vom Kondensator abgeflossen ist.]

[**Hinweis 2:** Mit dem in Teilaufgabe 2 c) angegebenen Ersatzergebnis für die Ladung Q von $10,3 \text{ C}$ ergibt sich eine Kapazität von $13,7 \text{ F}$ und damit eine Abweichung von

knapp 40% .]

- d) Da alle drei Entladungen über denselben Ohm'schen Widerstand stattfinden, hängt die Halbwertszeit nur von der Kapazität ab und ist umso größer bzw. kleiner, je größer bzw. kleiner die Kapazität ist. Der Abbildung ist zu entnehmen, dass die Entladungskurve von Kondensator A die kleinste Halbwertszeit, die Entladungskurve von Kondensator B die größte Halbwertszeit hat. Wegen $C_1 < C_2 < C_3$ gilt folgende Zuordnung:

Kondensator	A	C	B
zugehörige Kapazität	C_1	C_2	C_3

Teilaufgabe 3

- a) Für die direkt nach der Aufladung im Kondensator mit der Kapazität C gespeicherte

elektrische Energie E_C gilt: $E_C = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ F} \cdot (1,5 \text{ V})^2 = 11,25 \text{ J}$.

- b) Erklärung des Spannungsabfalls:

Nach dem Verbinden der beiden Kondensatoren verteilt sich die bisher im ersten Kondensator gespeicherte Ladung auf beide Kondensatoren. Da die Gesamtladung dabei konstant bleibt, die Gesamtkapazität aber gemäß $C_{\text{ges}} = C + C_p$ steigt, muss nach

$C = \frac{Q}{U}$ die Spannung sinken.

Bestimmung der Kapazität C_p des zweiten Kondensators:

Zu Beginn ist auf dem ersten Kondensator die Ladung $Q_0 = C \cdot U_0 = 10 \text{ F} \cdot 1,5 \text{ V} = 15 \text{ C}$

gespeichert. Nach dem Verbinden der beiden Kondensatoren sinkt die Ladung im ersten Kondensator auf $Q_1 = C \cdot U_1 = 10 \text{ F} \cdot 1,1 \text{ V} = 11 \text{ C}$. Die Differenz $Q_0 - Q_1$ entspricht der nun im zweiten Kondensator gespeicherten Ladung Q_p , also $Q_p = Q_0 - Q_1 = 4 \text{ C}$. Für die

Kapazität C_p des zweiten Kondensators ergibt sich damit $C_p = \frac{Q_p}{U_1} = \frac{4 \text{ C}}{1,1 \text{ V}} = 3,64 \text{ F}$.

- c) Für die in den Kondensatoren mit den Kapazitäten C bzw. C_p gespeicherte elektrische

Energie $E_{C,\text{neu}}$ bzw. E_{C_p} gilt:

$$E_{C,\text{neu}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ F} \cdot (1,1 \text{ V})^2 = 6,05 \text{ J}$$

$$E_{C_p} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 3,6 \text{ F} \cdot (1,1 \text{ V})^2 = 2,18 \text{ J}$$

Also beträgt die gespeicherte elektrische Energie insgesamt:

$$E_{\text{ges}} = E_{C,\text{neu}} + E_{C_p} = 6,05 \text{ J} + 2,18 \text{ J} = 8,23 \text{ J}.$$

Es fällt auf, dass die elektrische Energie nach dem Verbinden der beiden Kondensatoren deutlich kleiner ist als die ursprünglich im ersten Kondensator gespeicherte elektrische Energie. Ein Teil der elektrischen Energie muss also in eine andere Energieform umgewandelt worden sein. Eine explizite Erklärung der Umwandlung bzw. Energieform ist nicht erforderlich.

6.2 Teilleistungen – Kriterien

Aufgabe: Entladung eines Kondensators

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
a)	gewinnt adäquate experimentelle Daten.	5
b)	bestimmt die Quotienten aufeinander folgender Spannungswerte (für die eigenen experimentellen Daten bzw. für die vorgegebenen Messwerte).	3

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
a)	beurteilt mit Hilfe eines geeigneten Kriteriums, dass die Abnahme der Spannung zeitlich exponentiell verläuft.	3
b)	ermittelt den zeitlichen Verlauf der Stromstärke I .	3
c1)	stellt den zeitlichen Verlauf der Stromstärke grafisch dar.	4
c2)	begründet, dass die Stromstärke exponentiell abnimmt.	2
c3)	bestimmt mit Hilfe des Diagramms die Halbwertszeit $T_{1/2}$.	2
c4)	bestimmt aus dem Diagramm die während der ersten Halbwertszeit abfließende Ladung Q .	4
c5)	überprüft rechnerisch, ob die Kapazität des verwendeten Kondensators innerhalb der Kapazitätstoleranz liegt.	3
d)	begründet die Zuordnung der Kapazitäten C_1 , C_2 und C_3 zu den Kondensatoren A, B und C.	5

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
a)	bestimmt die im Kondensator C direkt nach der Aufladung an der Spannungsquelle gespeicherte elektrische Energie E_C .	2
b1)	erklärt den Spannungsabfall beim Anschluss des zweiten Kondensators.	4
b2)	bestimmt die Kapazität C_p des zweiten Kondensators.	4
c1)	bestimmt die nach Anschluss des zweiten Kondensators in beiden Kondensatoren gespeicherte gesamte elektrische Energie.	4
c2)	vergleicht die Ergebnisse.	2

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Aufgabe: Entladung eines Kondensator**Teilaufgabe 1**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
a)	gewinnt adäquate experimentelle ...	5			
b)	bestimmt die Quotienten ...	3			
	Summe Teilaufgabe 1	8			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
a)	beurteilt mit Hilfe ...	3			
b)	ermittelt den zeitlichen ...	3			
c1)	stellt den zeitlichen ...	4			
c2)	begründet, dass die ...	2			
c3)	bestimmt mit Hilfe ...	2			
c4)	bestimmt aus dem ...	4			
c5)	überprüft rechnerisch, ob ...	3			
d)	begründet die Zuordnung ...	5			
	Summe Teilaufgabe 2	26			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
a)	bestimmt die im ...	2			
b1)	erklärt den Spannungsabfall ...	4			
b2)	bestimmt die Kapazität ...	4			
c1)	bestimmt die nach ...	4			
c2)	vergleicht die Ergebnisse.	2			
	Summe Teilaufgabe 3	16			

	Summe insgesamt	50			
--	------------------------	-----------	--	--	--

Festlegung der Gesamtnote (Bitte nur bei der zweiten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktsumme aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	50			
Übertrag der Punktsumme aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	50			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	100			
aus der Punktsumme resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktsummen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

Die Klausur wird abschließend mit der Note: _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	100 – 95
sehr gut	14	94 – 90
sehr gut minus	13	89 – 85
gut plus	12	84 – 80
gut	11	79 – 75
gut minus	10	74 – 70
befriedigend plus	9	69 – 65
befriedigend	8	64 – 60
befriedigend minus	7	59 – 55
ausreichend plus	6	54 – 50
ausreichend	5	49 – 45
ausreichend minus	4	44 – 39
mangelhaft plus	3	38 – 33
mangelhaft	2	32 – 27
mangelhaft minus	1	26 – 20
ungenügend	0	19 – 0

Anlage 2 zu Aufgabe 1: Messtabelle mit vorgegebenen Messwerten

(Nur an Schülerinnen und Schüler auszugeben, die keine geeigneten Messwerte aufgenommen haben)

t in s	U in V			
0	1,525			
20	1,375			
40	1,200			
60	1,045			
80	0,915			
100	0,790			
120	0,685			
140	0,592			
160	0,510			
180	0,442			
200	0,380			
220	0,330			
240	0,285			
260	0,247			
280	0,214			
300	0,186			
320	0,162			
340	0,142			
360	0,124			
380	0,108			
400	0,095			
420	0,083			



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Physik, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Aufgabe: Das Michelson-Interferometer

Mikrowellen werden mit Hilfe eines Michelson-Interferometers untersucht. Das Michelson-Interferometer besteht aus dem Mikrowellensender und dem Mikrowellenempfänger sowie aus zwei Metallplatten und einer Glasplatte (siehe Abbildung 1).

Beim Verschieben der Metallplatte B und gleichzeitigem Festhalten der Metallplatte A treten Maxima und Minima der Empfänger-Spannung auf.

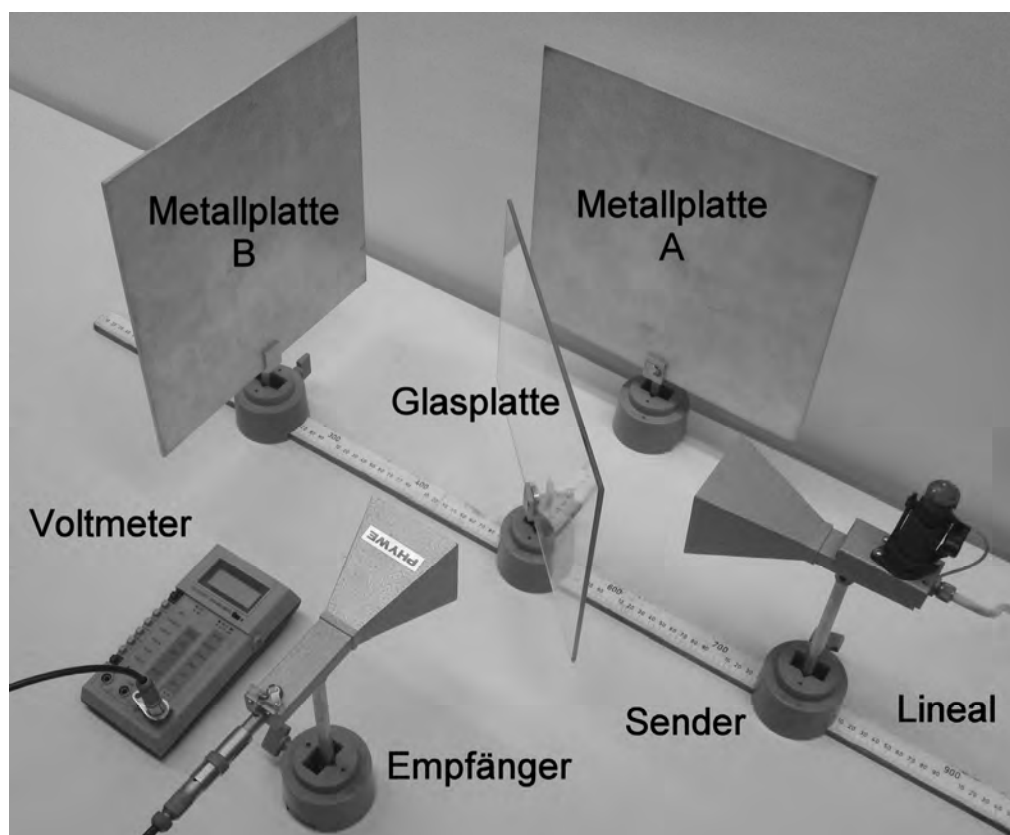


Abbildung 1: Das Michelson-Interferometer mit Mikrowellen



Name: _____

Teilaufgabe 1

- a) Beschreiben Sie unter Anfertigung einer Skizze in Draufsicht die Funktionsweise des Michelson-Interferometers in Abbildung 1.
- b) Erläutern Sie das periodische Auftreten von Maxima und Minima der Empfänger-Spannung.
- c) Begründen Sie, warum (ausgehend von einem Maximum als Startpunkt) eine Verschiebung der Metallplatte B um $\Delta l = \frac{\lambda}{4}$ ein Minimum der Empfänger-Spannung zur Folge hat und warum die Verschiebung um $\Delta l = \frac{\lambda}{2}$ zu einem neuen Maximum der Empfänger-Spannung führt.

(16 Punkte)



Name: _____

Teilaufgabe 2

In der Tabelle sind die Werte für die Strecke Δl (um die die Metallplatte B nach außen, also von der Glasplatte weg, verschoben wurde) und die jeweilige Empfänger-Spannung U dargestellt.

Tabelle:

Δl (in cm)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
U (in mV)	14,1	5,4	0,3	1,7	8,9	17,6	22,7	21,3	14,1	5,4	0,3	1,7

Δl (in cm)	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
U (in mV)	8,9	17,6	22,7	21,3	14,1	5,4

- a) Stellen Sie die Messwerte in einem Diagramm grafisch dar und bestimmen Sie anhand des Diagramms die Wellenlänge λ der Mikrowellen.
- b) Das Interferometer liefert, unabhängig von den Eigenschaften der Glasplatte hinsichtlich der Reflexion und Transmission von Mikrowellen, Maxima und Minima, wobei die Minima die Intensität Null besitzen.

Begründen Sie unter Berücksichtigung der Laufwege der Mikrowellen, warum es bei dem Experiment nicht von Bedeutung ist, welcher Anteil der auf die Glasplatte treffenden Strahlung reflektiert bzw. durchgelassen wird.

(12 Punkte)



Name: _____

Im folgenden Gedankenexperiment wird das Verhalten von Mikrowellen in einer zusätzlich in den Strahlengang des Interferometers gebrachten Platte betrachtet (siehe Abbildung 2). Dabei ist davon auszugehen, dass die Platte die Mikrowellen weder reflektiert noch absorbiert, so dass die Mikrowellen vollständig durchgelassen werden. Die Wellenlänge habe den Wert $\lambda = 3,2 \text{ cm}$.

Zunächst wird das Interferometer, wie in Abbildung 1 dargestellt, ohne die Platte auf ein Maximum der Empfänger-Spannung eingestellt. Anschließend wird die Platte in den Strahlengang gebracht.

Man beobachtet, dass das Voltmeter jetzt einen kleineren Wert anzeigt. Für eine erneute Abstimmung auf das ursprüngliche Maximum der Empfänger-Spannung wird die Metallplatte B verschoben.

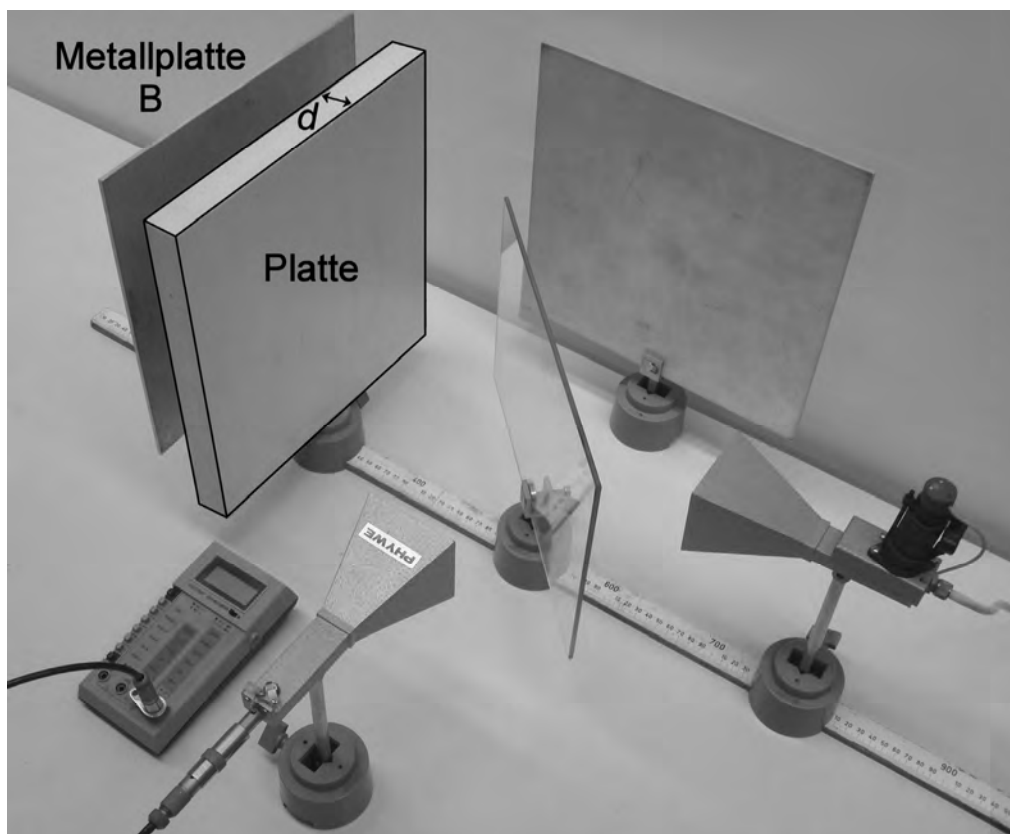


Abbildung 2: Das Michelson-Interferometer aus Abbildung 1, zusätzlich mit der Platte der Dicke d



Name: _____

Teilaufgabe 3

Die Brechzahl $n > 1$ liefert den Zusammenhang zwischen der Ausbreitungsgeschwindigkeit c im Vakuum bzw. in guter Näherung auch in Luft und der im Vergleich dazu kleineren Ausbreitungsgeschwindigkeit $c' = \frac{c}{n}$ in der Platte.

a) *Erklären Sie, warum es zu einer Verschiebung des Maximums der Empfänger-Spannung durch das Einbringen der Platte kommt.*

b) *Begründen Sie, dass sich die Wellenlänge in der Platte auf $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$ verkleinert.*

c) *Erläutern Sie durch eine Betrachtung der benötigten Zeit, warum die Empfänger-Spannung den gleichen Wert annehmen würde, wenn die Mikrowellen statt der Platte der Dicke d einen Weg der Länge $n \cdot d$ in Luft durchlaufen würden.*

d) Die Metallplatte B muss um die Strecke $\Delta l = d \cdot (n - 1)$ in Richtung der Glasplatte verschoben werden, um die Empfänger-Spannung erneut auf das ursprüngliche Maximum abzustimmen.

Leiten Sie diesen Zusammenhang her.

e) Es werde eine Platte der Dicke $d = 2$ cm verwendet. Die Strecke, um die die Metallplatte B zur Abstimmung auf das ursprüngliche Maximum verschoben werden muss, habe den Wert $\Delta l = 0,9$ cm.

Bestimmen Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit c' der Mikrowellen in der Platte.

[Zwischenergebnis: $n = 1,45$]

f) Statt der Platte der Dicke $d = 2$ cm werde eine Platte der Dicke $d = 5$ cm aus demselben Material verwendet.

*Bestimmen Sie die Strecke Δl , um die die Metallplatte B zur Abstimmung auf das **nächste** Maximum in Richtung der Glasplatte verschoben werden muss.*

(22 Punkte)



Name: _____

Zugelassene Hilfsmittel:

- Physikalische Formelsammlung
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit, auch mit CAS-Funktionalität)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2012

Physik, Grundkurs

1. Aufgabenart

- Bearbeitung eines Demonstrationsexperiments
- Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

2. Aufgabenstellung¹

Aufgabe: Das Michelson-Interferometer

(50 Punkte)

Hinweis: Kombinierbar entweder mit HT 1, HT 3 oder HT 4

3. Materialgrundlage

Versuchsmaterial und -aufbau

Hinweise zum Experiment

Für den Aufbau des Demonstrationsexperiments werden die folgenden Materialien benötigt:

- Mikrowellensender und -empfänger
- zwei Metallplatten
- Glasplatte als Strahlteiler
- Voltmeter
- Lineal
- Stativmaterial

Der Aufbau erfolgt gemäß Abbildung 1 der Aufgabenstellung (siehe Vorlage der Prüfungsaufgabe für den Prüfling).

Das Demonstrationsexperiment bezieht sich auf die Teilaufgaben 1 und 2. Hierfür ist den Schülerinnen und Schülern das Auftreten der Maxima und Minima der Empfänger-Spannung beim Verschieben einer der beiden Metallplatten zu zeigen. Die Teilaufgabe 3 ist **nicht** Gegenstand des Demonstrationsexperiments.

Das Demonstrationsexperiment wird zu Beginn der Klausur gezeigt. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten dann die Aufgabe mit dem mitgelieferten Datenmaterial.

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

1. Inhaltliche Schwerpunkte

- Elektromagnetische Schwingungen und Wellen einschließlich Resonanz
 - Interferenz (Mikrowelleninterferenz, Wellenlängenmessung)

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Physikalische Formelsammlung
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit, auch mit CAS-Funktionalität)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

6.1 Modelllösungen

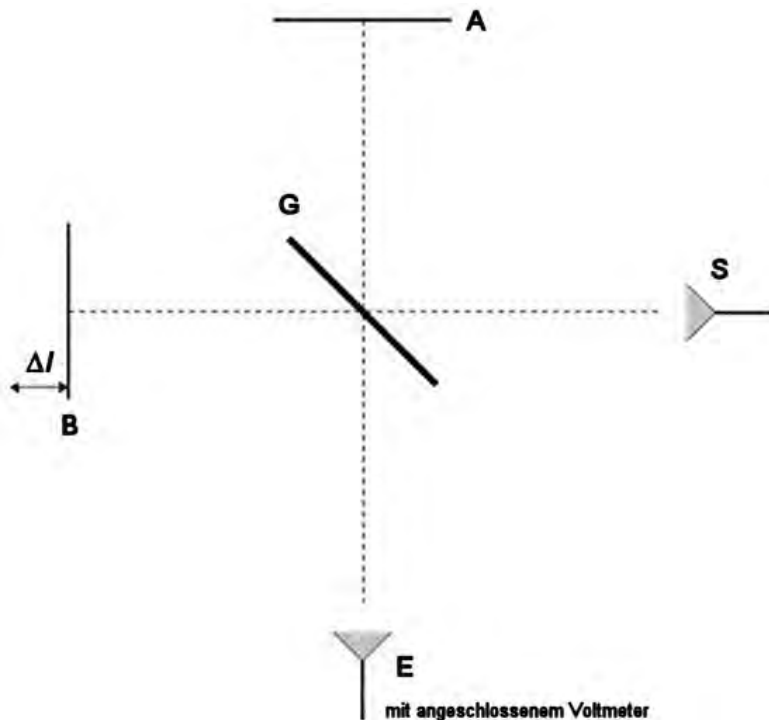
Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Die nachfolgenden Modelllösungen erfassen nicht notwendigerweise alle sachlich richtigen Lösungsalternativen.

Sollte die Auswertung der Messdaten mit Hilfe eines grafikfähigen TR oder CAS erfolgen, so muss der Prüfling die entstandenen Graphen für die korrigierende Lehrkraft skizzenhaft in seiner Reinschrift dokumentieren.

Modelllösungen Aufgabe: Das Michelson-Interferometer**Teilaufgabe 1**

a) Skizze



Gemäß obiger Skizze gelangen die Mikrowellen entweder über den Weg GAGE oder GBGE zum Empfänger mit angeschlossenem Voltmeter, das die Spannung U anzeigt. Wird die Metallplatte B um die Strecke Δl verschoben, so treten abwechselnd Maxima und Minima der Empfänger-Spannung auf.

b) Durch Verschieben der Metallplatte B um eine Strecke Δl wird der Gangunterschied der am Empfänger eintreffenden Wellen verändert. Ist der Gangunterschied Δs ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge, so verstärken sich die Wellen gegenseitig (konstruktive Interferenz). Ist der Gangunterschied Δs ein ungerades ganzzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge, so löschen sich die Wellen gegenseitig aus (destruktive Interferenz).

c) Eine Verschiebung um Δl verändert den Gangunterschied Δs um $2 \cdot \Delta l$, da die Mikrowellen die Strecke Δl zweimal durchlaufen.

Annahme: Das Michelson-Interferometer ist so eingestellt, dass ein Maximum der Empfänger-Spannung gemessen werden kann.

Wird die Metallplatte dann um $\Delta l = \frac{\lambda}{4}$ verschoben, ändert sich der Gangunterschied Δs

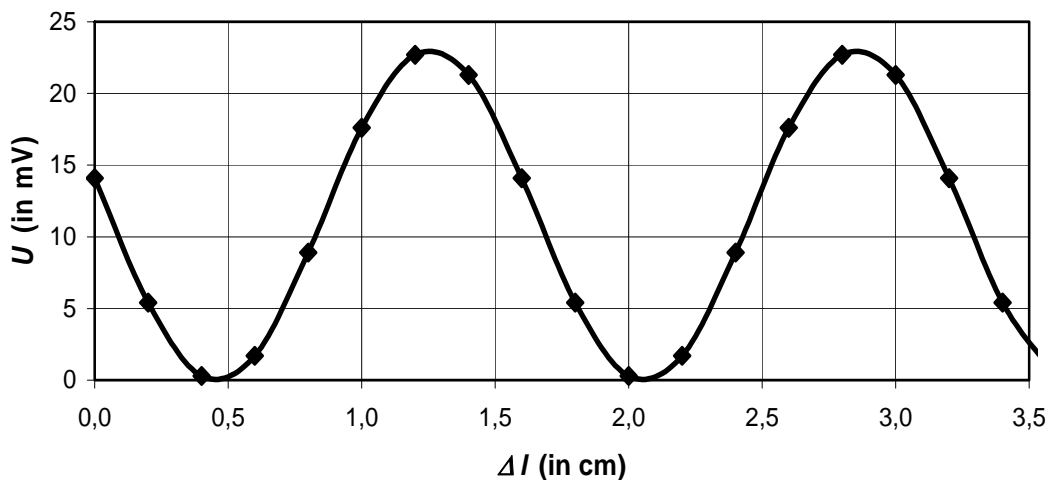
um $\frac{\lambda}{2}$ und die am Empfänger eintreffenden Wellen löschen sich gegenseitig aus

(destruktive Interferenz). Wird die Metallplatte B jedoch um $\Delta l = \frac{\lambda}{2}$ verschoben, ändert

sich der Gangunterschied Δs um λ und die am Empfänger eintreffenden Wellen verstärken sich gegenseitig (konstruktive Interferenz).

Teilaufgabe 2

a) Diagramm:



In Teilaufgabe 1 c) wird vorgegeben, dass die Maxima der Empfänger-Spannung auftreten, wenn die Metallplatte B (ausgehend von einem Maximum als Startpunkt) um die Strecke

$\Delta l = \frac{\lambda}{2}$ verschoben wird. Alternativ gilt dieser Sachverhalt natürlich analog auch für die

Minima der Empfänger-Spannung.

Anhand des Diagramms kann damit die Wellenlänge der Mikrowellen bestimmt werden.

Hierfür müssen die Abstände der Spannungsmaxima bzw. -minima ausgemessen werden.

Die Wellenlänge ist dann das Doppelte dieses Abstands. Es ergibt sich folgender Wert:

$\Delta l \approx 1,6 \text{ cm}$, also $\lambda = 2 \cdot \Delta l \approx 3,2 \text{ cm}$.

- b) Beide Wellen, die entweder den Weg GAGE oder GBGE zurücklegen (siehe Skizze zu Teilaufgabe 1 a)), gehen je einmal durch G hindurch und werden je einmal an G reflektiert. Die Amplituden der beiden ankommenden Wellen sind bei guter Justierung ziemlich gleich und das Interferometer liefert scharfe Minima von (fast) völliger Auslöschung.

Teilaufgabe 3

- a) Die Empfänger-Spannung ist abhängig vom Phasenunterschied der beiden Wellen, die im Empfänger interferieren. So treffen im Fall des Maximums der Empfänger-Spannung jeweils die Wellenberge bzw. Wellentäler gleichzeitig am Empfänger ein. Nach dem Einbringen der Platte in den Strahlengang braucht die eine Welle für die zweimal zu durchlaufende Plattendicke aufgrund der kleineren Ausbreitungsgeschwindigkeit c' eine längere Zeit, als wenn sich dort ohne die Platte nur Luft befindet. Dadurch treffen die Wellenberge bzw. Wellentäler jeweils nicht mehr gleichzeitig am Empfänger ein, so dass die Empfänger-Spannung kein Maximum mehr anzeigt.

- b) Beim Übergang in die Platte ändert sich die Frequenz f der Mikrowellen nicht. Aus der

$$\text{Konstanz der Frequenz } f = \frac{c}{\lambda} = \frac{c'}{\lambda'} \text{ ergibt sich dann } \lambda' = \frac{c'}{c} \cdot \lambda = \frac{\lambda}{n}.$$

- c) Für den Durchlauf der Platte benötigt die Welle die Zeit $\Delta t = \frac{d}{c'} = \frac{n \cdot d}{c}$. In Luft würde die Welle somit in der gleichen Zeit einen Weg der Länge $n \cdot d$ zurücklegen. In beiden Fällen besitzen die Wellen nach dieser Zeit die gleiche Phasenlage, die bei der Überlagerung im Empfänger zur gleichen Empfänger-Spannung führt.

- d) Der Durchlauf der Strecke d in der Platte ist nach Teilaufgabe 3 c) äquivalent zum Durchlauf einer Strecke $n \cdot d$ in Luft. Das Einbringen der Platte ist demnach vergleichbar mit einer Vergrößerung des Abstands zwischen der Metallplatte B und der Glasplatte (ohne die Platte dazwischen) um die Differenz $\Delta l = n \cdot d - d$. Das ursprüngliche Maximum der Empfänger-Spannung ist somit durch Verschiebung der Metallplatte B um die Strecke $\Delta l = d \cdot (n - 1)$ in Richtung der Glasplatte zu finden.

e) Durch Umformung von $\Delta l = d \cdot (n - 1)$ erhält man $n = 1 + \frac{\Delta l}{d}$. Mit den angegebenen

Werten ergibt sich für die Brechzahl der Wert $n = 1,45$ und für die Ausbreitungs-

geschwindigkeit der Mikrowellen in der Platte der Wert $c' = 2,1 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

f) Mit Hilfe der Gleichung $\Delta l = d \cdot (n - 1)$ und den angegebenen Werten erhält man

$\Delta l = 2,25 \text{ cm}$. Die Differenz der optischen Weglängen ist größer als die Hälfte der

Wellenlänge λ . Mit dieser Verschiebung würde man schon das übernächste Maximum

in Richtung Glasplatte erreichen. Das nächste Maximum liegt bei $\Delta l = 0,65 \text{ cm}$.

Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Die Überlegungen in Teilaufgabe 3 sind theoretischer Natur. Experimentell sind die Ergebnisse insbesondere aufgrund der auftretenden Reflexionen nicht angemessen reproduzierbar.

6.2 Teilleistungen – Kriterien

Aufgabe: Das Michelson-Interferometer

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
a)	beschreibt unter Anfertigung einer Skizze in Draufsicht die Funktionsweise des Michelson-Interferometers.	6
b)	erläutert das periodische Auftreten von Maxima und Minima der Empfänger-Spannung.	5
c)	begründet, warum eine Verschiebung der Metallplatte B um $\Delta l = \frac{\lambda}{4}$ ein Minimum der Empfänger-Spannung zur Folge hat und warum die Verschiebung um $\Delta l = \frac{\lambda}{2}$ zu einem neuen Maximum der Empfänger-Spannung führt.	5

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
a1)	stellt die Messwerte in einem Diagramm grafisch dar.	4
a2)	bestimmt anhand des Diagramms die Wellenlänge λ der Mikrowellen.	3
b)	begründet unter Berücksichtigung der Laufwege der Mikrowellen, warum es bei dem Experiment nicht von Bedeutung ist, welcher Anteil der auf die Glasplatte treffenden Strahlung reflektiert bzw. durchgelassen wird.	5

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
a)	erklärt, warum es zu einer Verschiebung des Maximums der Empfänger-Spannung durch das Einbringen der Platte kommt.	3
b)	begründet, dass sich die Wellenlänge in der Platte auf $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$ verkleinert.	4
c)	erläutert durch eine Betrachtung der benötigten Zeit, warum die Empfänger-Spannung den gleichen Wert annehmen würde, wenn die Mikrowellen statt der Platte der Dicke d einen Weg der Länge $n \cdot d$ in Luft durchlaufen würden.	3
d)	leitet den angegebenen Zusammenhang her.	4
e)	bestimmt die Ausbreitungsgeschwindigkeit c' der Mikrowellen in der Platte.	4
f)	bestimmt die Strecke Δl , um die die Metallplatte B zur Abstimmung auf das nächste Maximum in Richtung der Glasplatte verschoben werden muss.	4

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Aufgabe: Das Michelson-Interferometer

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
a)	beschreibt unter Anfertigung ...	6			
b)	erläutert das periodische ...	5			
c)	begründet, warum eine ...	5			
	Summe Teilaufgabe 1	16			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
a1)	stellt die Messwerte ...	4			
a2)	bestimmt anhand des ...	3			
b)	begründet unter Berücksichtigung ...	5			
	Summe Teilaufgabe 2	12			

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
a)	erklärt, warum es ...	3			
b)	begründet, dass sich ...	4			
c)	erläutert durch eine ...	3			
d)	leitet den angegebenen ...	4			
e)	bestimmt die Ausbreitungsgeschwindigkeit ...	4			
f)	bestimmt die Strecke ...	4			
	Summe Teilaufgabe 3	22			

	Summe insgesamt	50			
--	------------------------	-----------	--	--	--

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Festlegung der Gesamtnote (Bitte nur bei der zweiten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	50			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	50			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	100			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

Die Klausur wird abschließend mit der Note: _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	100 – 95
sehr gut	14	94 – 90
sehr gut minus	13	89 – 85
gut plus	12	84 – 80
gut	11	79 – 75
gut minus	10	74 – 70
befriedigend plus	9	69 – 65
befriedigend	8	64 – 60
befriedigend minus	7	59 – 55
ausreichend plus	6	54 – 50
ausreichend	5	49 – 45
ausreichend minus	4	44 – 39
mangelhaft plus	3	38 – 33
mangelhaft	2	32 – 27
mangelhaft minus	1	26 – 20
ungenügend	0	19 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Physik, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Aufgabe: Die Helmholtzspule, die Messung des Erdmagnetfeldes sowie seine Wirkung auf geladene Teilchen

Ein homogenes Magnetfeld in einem größeren Raumbereich kann mit Hilfe einer Helmholtzspule erzeugt werden. Es handelt sich hierbei um eine Anordnung zweier identischer Spulen (Windungszahl n_{Hh} und Radius R), die parallel auf einer gemeinsamen Achse angeordnet sind. Beide Spulen sind in Reihe geschaltet und befinden sich im Abstand $a = R$ voneinander.

Bei einer solchen Spulenanordnung besteht im Raumbereich zwischen den beiden Spulen ein weitgehend homogenes achsenparalleles Magnetfeld.

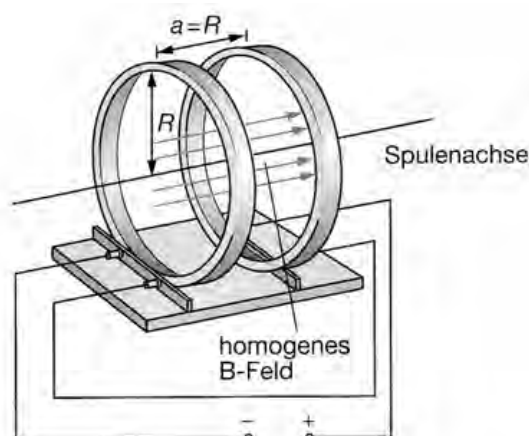


Abbildung 1: Aufbau einer Helmholtzspule (Quelle: Klett-Verlag)

Es zeigt sich, dass die magnetische Feldstärke in der Helmholtzspule proportional zum Produkt aus Windungszahl n_{Hh} und Stromstärke I_{Hh} sowie antiproportional zum Spulenradius R ist.

$$B_{\text{Hh}} \sim \frac{n_{\text{Hh}} \cdot I_{\text{Hh}}}{R}$$



Name: _____

Teilaufgabe 1

Bestimmen Sie aus diesem Zusammenhang anhand einer Einheitenbetrachtung die Maßeinheit des noch fehlenden Proportionalitätsfaktors μ_{Hh} in Grundeinheiten.

(5 Punkte)

Teilaufgabe 2

Der „theoretische“ Wert für den Proportionalitätsfaktor der Helmholtzspule beträgt $\mu_{\text{Hh}} = 0,716 \cdot \mu_0$. Im Folgenden soll unter Verwendung einer Helmholtzspule mit den Kenngrößen: $n_{\text{Hh}} = 154$ und $R = 20$ cm die Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes bestimmt werden. Dazu wird ein empfindlicher Kompass in den homogenen Feldbereich gebracht und die Achse der Helmholtzspule genau senkrecht zur magnetischen Nordrichtung ausgerichtet (siehe Abbildung 2).

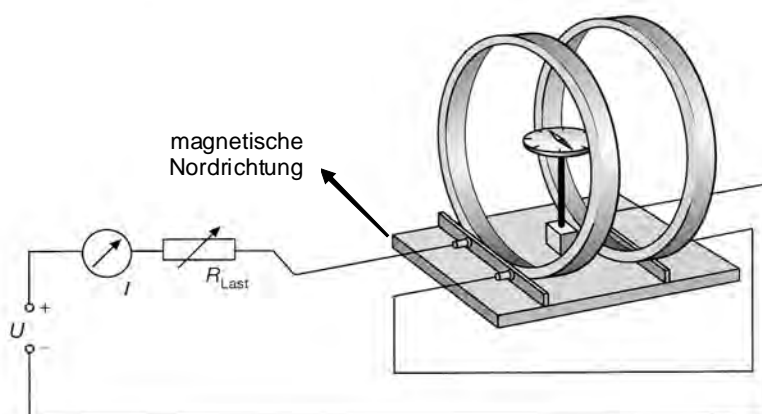


Abbildung 2: Messung der Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes (Quelle: Klett-Verlag)

Der Strom durch die Helmholtzspule kann stufenlos variiert und am Amperemeter abgelesen werden. Der Kompass besitzt eine Winkelskala. Zur Messung der Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes wird der Strom durch die Helmholtzspule so eingestellt, dass die Kompassnadel genau um 45° aus der magnetischen Nordrichtung ausgelenkt ist.



Name: _____

a) *Begründen Sie, dass in dieser Situation die Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes gleich der Magnetfeldstärke der Helmholtzspule ist.*

b) Bei dieser Messung beträgt das Magnetfeld der Helmholtzspule (und somit die Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes) $B_{\text{H.h.}} = 0,018 \text{ mT}$.

Bestimmen Sie die in dieser Situation eingestellte Stromstärke.

c) Das Erdmagnetfeld verläuft in unseren Breiten nicht komplett in horizontaler Richtung, sondern tritt unter einem Winkel von $\alpha \approx 63^\circ$ gegen die Horizontale in die Erdoberfläche ein.

Ermitteln Sie aus dem Eintrittswinkel α und der in b) angegebenen Horizontalkomponente die Gesamtfeldstärke B_{gesamt} des Erdmagnetfeldes.

(17 Punkte)



Name: _____

Teilaufgabe 3

Das Erdmagnetfeld stellt einen effektiven Schutzschirm gegen den Strom geladener Teilchen von der Sonne (den sogenannten „Sonnenwind“) dar. Der Sonnenwind besteht aus einem kontinuierlichen Plasmastrom von Elektronen und Protonen aus Richtung Sonne. Durch die Wechselwirkung mit äußeren Bereichen des Erdmagnetfeldes wird der allergrößte Anteil des Sonnenwinds großräumig um die Erde herumgeführt. Lediglich über den magnetischen Polen kann ein kleiner Anteil der geladenen Teilchen sich der Erde nähern und durch weitere Wechselwirkung mit der Atmosphäre in einem begrenzten Bereich – dem Strahlungsgürtel (siehe Abbildung 4) – eingeschlossen werden. Die Bewegung dieser Teilchen soll im Weiteren genauer untersucht werden.

- a) Im Strahlungsgürtel über dem Äquator kann das Erdmagnetfeld lokal als nahezu homogen angesehen werden (ähnlich dem Magnetfeld einer Helmholtzspule beim Fadenstrahlrohrversuch). Dort bewegt sich ein Elektron mit der Energie 2,0 keV unter einem Winkel γ zu den Feldlinien des Erdmagnetfeldes (vgl. Abbildung 3).

Bestimmen Sie die Geschwindigkeit des 2,0-keV-Elektrons.

[Kontrollergebnis: $v = 2,7 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$]

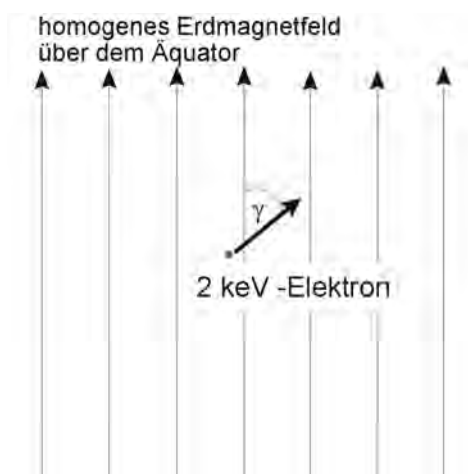


Abbildung 3: Bewegung eines Elektrons im Strahlungsgürtel über dem Äquator (es handelt sich hier um eine zweidimensionale Darstellung)



Name: _____

- b) Das Elektron wird im Strahlungsgürtel durch das Erdmagnetfeld auf eine Schraubenbahn entlang der Feldlinien abgelenkt (vgl. Abbildung 4).

Erklären Sie qualitativ das Zustandekommen dieser Teilchenbahn durch die Wirkung der Lorentzkraft anhand einer entsprechend skizzierten Komponentenzzerlegung der Geschwindigkeit.

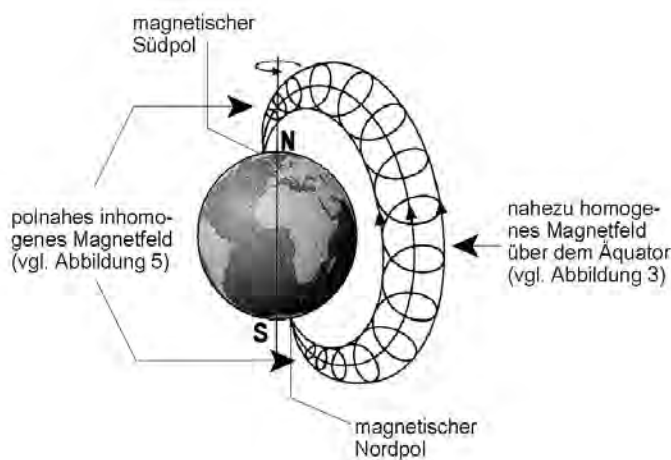


Abbildung 4: Bahn eines Elektrons im Erdmagnetfeld des Strahlungsgürtels
(die Darstellung der Größenverhältnisse ist nicht maßstabsgerecht)

- c) Zeigen Sie allgemein, dass für die Umlaufzeit des Elektrons auf seiner Schraubenbahn der folgende Zusammenhang gilt:

$$T = \frac{2\pi \cdot m_e}{e \cdot B}$$

und sie damit unabhängig von der Geschwindigkeit des Teilchens ist.

- d) Berechnen Sie den Radius der Schraubenbahn des 2,0-keV-Elektrons für den Winkel $\gamma = 25^\circ$ und die typische Magnetfeldstärke im Äquatorbereich des Strahlungsgürtels von $B = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

(23 Punkte)



Name: _____

Teilaufgabe 4

Die Elektronen im Strahlungsgürtel der Erde bewegen sich auf ihren Schraubenbahnen entlang der magnetischen Feldlinien in Richtung eines magnetischen Pols (vgl. Abbildung 4). Bei Annäherung an den magnetischen Pol erhöht sich die magnetische Feldstärke und das Feld wird zunehmend inhomogen. Die Geschwindigkeitskomponente des Elektrons in Richtung des magnetischen Pols (also entlang der Feldlinie) wird zunächst reduziert und schließlich umgekehrt. Die Abbildung 5 zeigt diesen Effekt im polnahen inhomogenen Erdmagnetfeld.

Geben Sie eine allgemeine Begründung dafür an, dass trotz der komplizierten Bewegung des Elektrons im inhomogenen Magnetfeld sich seine kinetische Energie (abgesehen von sehr geringen Strahlungsverlusten) durch die Wechselwirkung mit dem Magnetfeld nicht ändert.

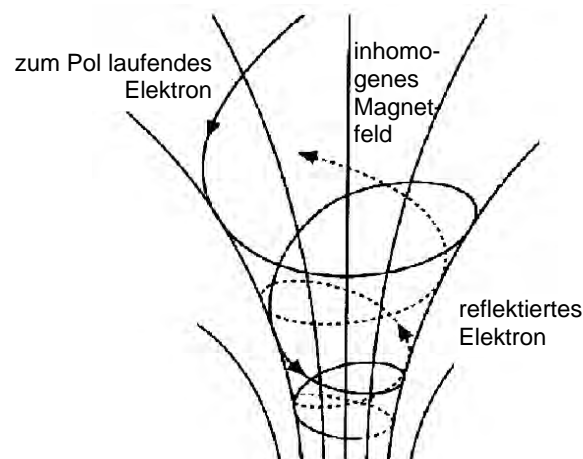


Abbildung 5: Bahn eines Elektrons im inhomogenen polnahen Erdmagnetfeld
(die Darstellung der Größenverhältnisse ist nicht maßstabsgerecht)

(5 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Physikalische Formelsammlung
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit, auch mit CAS-Funktionalität)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2012

Physik, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

2. Aufgabenstellung¹

Aufgabe: Die Helmholtzspule, die Messung des Erdmagnetfeldes sowie seine Wirkung auf geladene Teilchen (50 Punkte)

Hinweis: Kombinierbar entweder mit HT 2 oder HT 4

3. Materialgrundlage

- entfällt

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

1. Inhaltliche Schwerpunkte

- Ladungen und Felder
 - Magnetisches Feld, magnetische Feldgröße B , Lorentzkraft
 - Bewegung von Ladungsträgern in magnetischen Feldern

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Physikalische Formelsammlung
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit, auch mit CAS-Funktionalität)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

6.1 Modellösungen

Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Die nachfolgenden Modellösungen erfassen nicht notwendigerweise alle sachlich richtigen Lösungsalternativen.

Sollte die Auswertung der Messdaten mit Hilfe eines grafikfähigen TR oder CAS erfolgen, so muss der Prüfling die entstandenen Graphen für die korrigierende Lehrkraft skizzenhaft in seiner Reinschrift dokumentieren.

Modellösungen Aufgabe: Die Helmholtzspule, die Messung des Erdmagnetfeldes sowie seine Wirkung auf geladene Teilchen

Teilaufgabe 1

Aus dem bekannten Zusammenhang $B_{\text{Hh}} \sim \frac{n_{\text{Hh}} \cdot I_{\text{Hh}}}{R}$ ergibt sich mit $[B_{\text{Hh}}] = 1 \text{ T} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{As}^2}$ und

$[\frac{n_{\text{Hh}} \cdot I_{\text{Hh}}}{R}] = 1 \frac{\text{A}}{\text{m}}$ die Maßeinheit des Proportionalitätsfaktors in der Helmholtzspulenformel

zu $[\mu_{\text{Hh}}] = 1 \frac{\text{kg m}}{\text{A}^2 \text{s}^2}$.

Teilaufgabe 2

a) Die Kompassnadel weist in Richtung des Gesamtfeldes aus Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes und des Feldes der Helmholtzspule. Da die Spulenachse exakt senkrecht zur magnetischen Nordrichtung ausgerichtet ist, ist das eingestellte Magnetfeld gleich der Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes, wenn die Kompassnadel um 45° ausgelenkt wird. Aus den Daten der Helmholtzspule und dem gemessenen Strom kann dann die Magnetfeldstärke ermittelt werden.

[Anmerkung: Hier kann auch anhand eines Vektordiagramms zeichnerisch argumentiert und berechnet werden.]

b) Gegeben: $B_{\text{horizontal}} = 0,018 \text{ mT}$, $n_{\text{Hh}} = 154$, $R = 0,2 \text{ m}$.

Aus $B_{\text{horizontal}} = 0,716 \cdot \mu_0 \cdot \frac{n_{\text{Hh}} \cdot I_{\text{Hh}}}{R}$ folgt

$$I_{\text{Hh}} = \frac{B_{\text{horizontal}} \cdot R}{0,716 \cdot \mu_0 \cdot n_{\text{Hh}}} = \frac{1,8 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot 0,20 \text{ m}}{0,716 \cdot 1,256 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 154} = 0,026 \text{ A}.$$

c) Gegeben: Eintrittswinkel $\alpha \approx 63^\circ$, $B_{\text{horizontal}} = 0,018 \text{ mT}$.

Die Gesamtfeldstärke des Erdmagnetfeldes ergibt sich aus dem Eintrittswinkel und der

Horizontalkomponente. Es gilt $B_{\text{ges.}} = \frac{B_{\text{horizontal}}}{\cos 63^\circ} \approx \frac{1,8 \cdot 10^{-5} \text{ T}}{\cos 63^\circ} = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

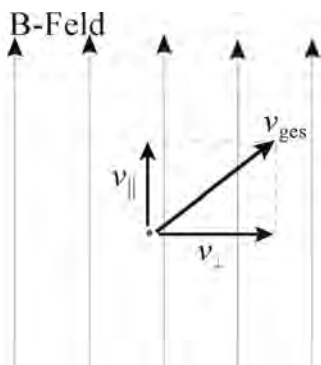
[Anmerkung: Hier kann auch anhand eines Vektordiagramms zeichnerisch argumentiert und berechnet werden.]

Teilaufgabe 3

a) Die kinetische Energie des Elektrons beträgt $E_{\text{kin}} = 2,0 \text{ keV} = 3,2 \cdot 10^{-16} \text{ J}$.

$$\text{Aus } E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 \text{ folgt } v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kin}}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-16} \text{ J}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 2,7 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

b) Die auf das Elektron wirkende Lorentzkraft ergibt sich aus der Komponentenzerlegung seiner Geschwindigkeit in einen Anteil parallel zum Magnetfeld \vec{v}_{\parallel} sowie einen dazu orthogonalen Anteil \vec{v}_{\perp} .



Die Lorentzkraft wirkt nur auf die zum Magnetfeld orthogonale Komponente \vec{v}_{\perp} . Hieraus resultiert eine gleichförmige Kreisbewegung in einer Ebene orthogonal zum Magnetfeld. Dieser Kreisbewegung überlagert ist die Bewegung des Mittelpunkts der Kreisbahn parallel zur Magnetfeldrichtung mit der Geschwindigkeit \vec{v}_{\parallel} . Insgesamt ergibt sich so die Schraubenbahn der Elektronen.

- c) Die auf das Elektron wirkende Lorentzkraft ist die Zentripetalkraft, welche das Teilchen auf die Kreisbahn zwingt.

$$F_L = F_Z \rightarrow e \cdot B \cdot v_{\perp} = \frac{m_e \cdot v_{\perp}^2}{r} \rightarrow v_{\perp} = \frac{e \cdot B \cdot r}{m_e} \rightarrow \frac{2\pi \cdot r}{T} = \frac{e \cdot B \cdot r}{m_e} \rightarrow T = \frac{2\pi \cdot m_e}{e \cdot B}$$

- d) Gegeben: Winkel zwischen Geschwindigkeit \vec{v} und Magnetfeld \vec{B} : $\gamma = 25^\circ$,

Magnetfeldstärke: $B = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$, $v_{\text{ges.}} = 2,7 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (aus Teilaufgabe 3 a)).

Gesucht: Radius r

Mit $v_{\perp} = v_{\text{ges.}} \cdot \sin\gamma$ ergibt sich aus: $v_{\perp} = \frac{e \cdot B \cdot r}{m_e} \rightarrow r = \frac{m_e \cdot v_{\text{ges.}} \cdot \sin\gamma}{e \cdot B}$ für den Radius der

$$\text{Wert: } r = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 2,7 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sin 25^\circ}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ T}} = 4,3 \text{ m.}$$

Teilaufgabe 4

Die Lorentzkraft wirkt stets senkrecht zur Momentangeschwindigkeit des Elektrons und ändert damit den Betrag seiner Geschwindigkeit nicht und somit auch nicht seine kinetische Energie.

[Alternativ möglich: Argumentation über $\Delta E = \vec{F}_L \cdot \Delta \vec{s} = \vec{F}_L \cdot \vec{v} \cdot \Delta t = 0$, weil $\vec{F}_L \perp \vec{v}$]

6.2 Teilleistungen – Kriterien

Aufgabe: Die Helmholtzspule, die Messung des Erdmagnetfeldes sowie seine Wirkung auf geladene Teilchen

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	bestimmt die Maßeinheit des Proportionalitätsfaktors μ_{Hh} in Grundeinheiten.	5

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
a)	begründet die Gleichheit der beiden Magnetfeldstärken anhand deren Richtungseigenschaft.	5
b)	berechnet aus den angegebenen Informationen die Stromstärke.	6
c)	bestimmt die Gesamtfeldstärke aus der Horizontalkomponente und dem Eintrittswinkel α .	6

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
a)	berechnet die Geschwindigkeit des 2,0-keV-Elektrons.	4
b1)	skizziert die Komponentenerlegung der Geschwindigkeit in eine parallele und eine senkrechte Komponente zum Magnetfeld.	3
b2)	erklärt das Zustandekommen der Schraubenbahn.	6
c)	leitet den Zusammenhang für die Umlaufzeit des Elektrons auf seiner Schraubenbahn her.	6
d)	bestimmt den Radius der Schraubenbahn des 2,0-keV-Elektrons.	4

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	begründet allgemein, dass durch die Einwirkung der Lorentzkraft die kinetische Energie eines Elektrons nicht verändert wird.	5

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Aufgabe: Die Helmholtzspule, die Messung des Erdmagnetfeldes sowie seine Wirkung auf geladene Teilchen**Teilaufgabe 1**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	bestimmt die Maßeinheit ...	5			
	Summe Teilaufgabe 1	5			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
a)	begründet die Gleichheit ...	5			
b)	berechnet aus den ...	6			
c)	bestimmt die Gesamtfeldstärke ...	6			
	Summe Teilaufgabe 2	17			

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
a)	berechnet die Geschwindigkeit ...	4			
b1)	skizziert die Komponentenzerlegung ...	3			
b2)	erklärt das Zustandekommen ...	6			
c)	leitet den Zusammenhang ...	6			
d)	bestimmt den Radius ...	4			
	Summe Teilaufgabe 3	23			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	begründet allgemein, dass ...	5			
	Summe Teilaufgabe 4	5			
	Summe insgesamt	50			

Festlegung der Gesamtnote (Bitte nur bei der zweiten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	50			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	50			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	100			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

Die Klausur wird abschließend mit der Note: _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	100 – 95
sehr gut	14	94 – 90
sehr gut minus	13	89 – 85
gut plus	12	84 – 80
gut	11	79 – 75
gut minus	10	74 – 70
befriedigend plus	9	69 – 65
befriedigend	8	64 – 60
befriedigend minus	7	59 – 55
ausreichend plus	6	54 – 50
ausreichend	5	49 – 45
ausreichend minus	4	44 – 39
mangelhaft plus	3	38 – 33
mangelhaft	2	32 – 27
mangelhaft minus	1	26 – 20
ungenügend	0	19 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Physik, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Aufgabe: Farbstoffmoleküle

In der Spektroskopie unterscheidet man zwei grundsätzliche Typen von Spektren:

- Emissionsspektren, wie sie z. B. bei leuchtenden Gasen auftreten, vgl. Abbildung 1. Hier führt das Vorliegen diskreter Energiezustände im Atom zur Emission von Spektrallinien.
- Absorptionsspektren, wie sie z. B. beim Durchleuchten von Farbstofflösungen mit weißem Licht auftreten, vgl. Abbildung 2. In den Farbstoffmolekülen sind die Energieniveaus durch das Auftreten von zahlreichen Molekülschwingungen verbreitert, so dass im Spektrum statt der üblichen Linien breite Absorptionslücken entstehen.

Die Analyse derartiger Spektren kann entweder durch direkte Beobachtung (Spektroskop mit Wellenlängenskala), vgl. Abbildungen 1/2 (untere Bilder), oder durch photometrische Messung der Emissions- bzw. Absorptionsrate erfolgen, vgl. Abbildungen 1/2 (obere Bilder; die Wellenlänge λ ist in nm angegeben, die Intensität bzw. die Absorptionsrate in relativen Einheiten).

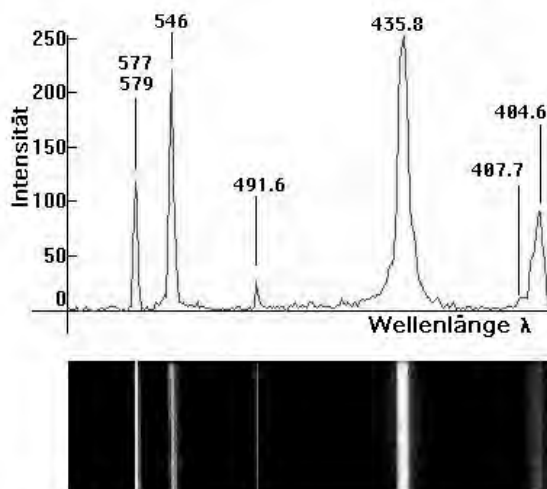


Abbildung 1: Quecksilberdampf
(de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/852817)

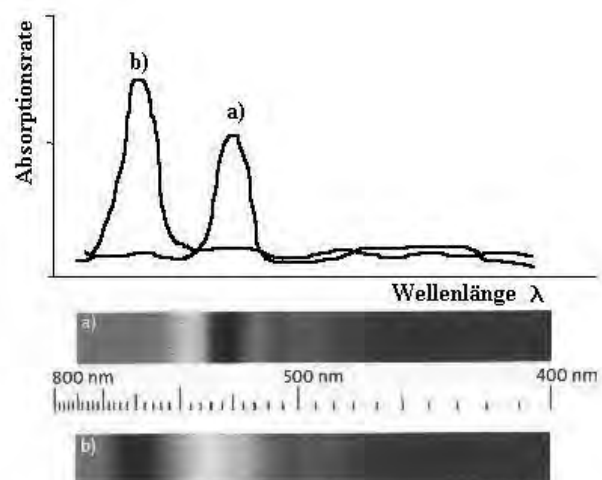


Abbildung 2a/b: Farbstofflösungen
(Metzler Physik 2009, S. 422)



Name: _____

Teilaufgabe 1

Zur Erzeugung der Spektren werden sehr häufig Beugungsgitter mit hoher Strichzahl und entsprechend kleiner Gitterkonstante g verwendet, siehe dazu Abbildung 3.

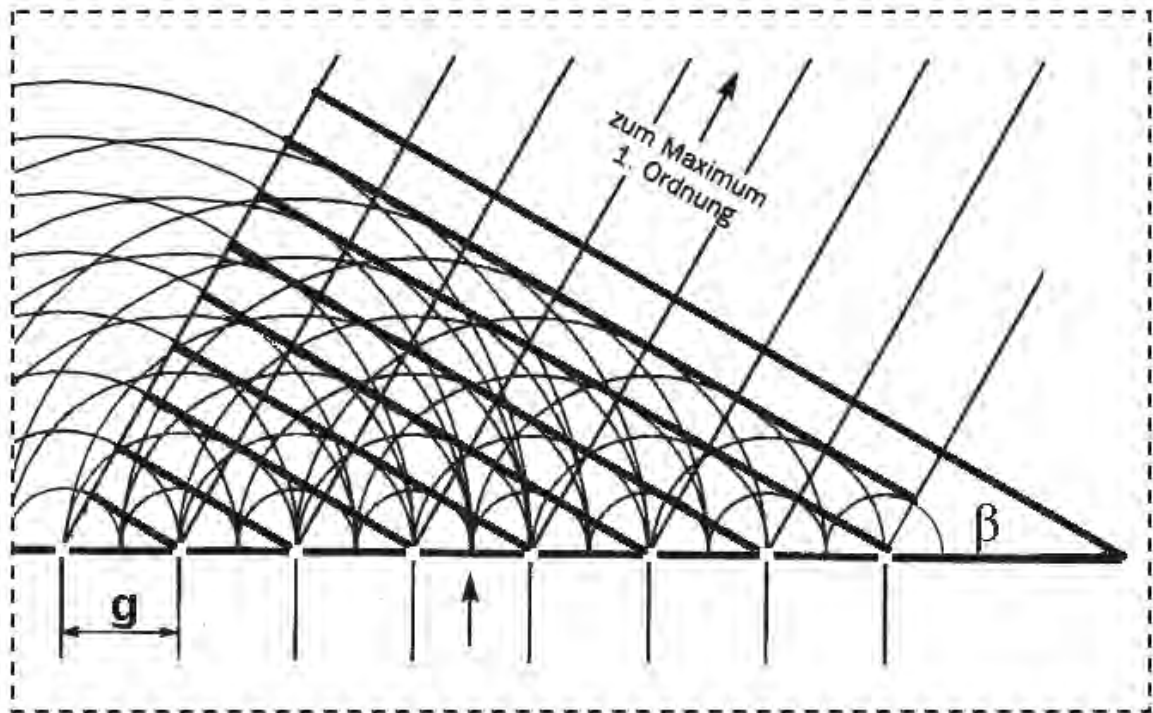


Abbildung 3: Prinzip der Beugung am Gitter (nach Cornelsen, Physik Oberstufe, 1999, S. 222)

- Erläutern Sie anhand von Abbildung 3 die Entstehung eines Beugungsmaximums mit Hilfe des Huygens'schen Prinzips.
- Begründen Sie, warum weißes Licht durch ein Gitter in ein Farbspektrum aufgespalten wird. (Üblicherweise wird hier ein Wellenlängenbereich von ca. 400 – 750 nm betrachtet.)
- Begründen Sie, wo sich das Maximum 0. Ordnung bei dem in Abbildung 1 dargestellten Spektrum befinden würde.
- Überprüfen Sie durch Ausmessen der Abbildung 3, ob die dort eingezeichneten Wellen mit der richtigen Wellenlänge λ dargestellt sind.

(22 Punkte)



Name: _____

Teilaufgabe 2

Die Beschreibung von Farbphänomenen ist sehr subjektiv. Daher benutzt man für Vergleichszwecke sogenannte Komplementärfarbtabelle, vgl. Tabelle 1.

Tabelle 1:

Wellenlänge λ in nm	absorbierte Spektralfarbe	sichtbare Komplementärfarbe
400 – 435	violett	gelbgrün
435 – 480	blau	gelb
480 – 490	grünblau	orange
490 – 500	blaugrün	rot
500 – 560	grün	purpur
560 – 580	gelbgrün	violett
580 – 595	gelb	blau
595 – 605	orange	grünblau
605 – 770	rot	blaugrün

Begründen Sie, welche beobachtbaren Farben bei den beiden in Abbildung 2a, b untersuchten Farbstoffen zu erwarten sind.

(6 Punkte)

Teilaufgabe 3

Als die ersten Farbtintenstrahldrucker auf den Markt kamen, wurde die Farbe Schwarz aus drei Grundfarben zusammengemischt, wenn man nicht umständlich die Patrone wechseln wollte.

Erläutern Sie, welche Eigenschaften die Farbstoffe der drei Grundfarben aufweisen müssen, damit das Farbstoffgemisch schwarz erscheint.

(6 Punkte)



Name: _____

Teilaufgabe 4

Bei den meisten Farbstoffen erfolgt die Energieabgabe der angeregten Moleküle über Molekülschwingungen als Wärmeenergie. Bei bestimmten Farbstoffen, zu denen auch das Fluorescein gehört, wird jedoch nur ein Teil der aufgenommenen Energie auf diese Weise abgegeben. Anschließend erfolgt die Rückkehr in den Grundzustand durch Emission von Fluoreszenzlicht. Mit geeigneten Spektrometern kann man sowohl das absorbierte Licht wie auch das emittierte Fluoreszenzlicht untersuchen. Entsprechende Messergebnisse sind in den Abbildungen 4a/b dargestellt.

[**Hinweis:** In Abbildung 4a bezeichnet die Intensität das Absorptionsvermögen des Farbstoffes für bestimmte Wellenlängen des eingestrahlten Lichtes, in Abbildung 4b ist sie ein Maß für die Helligkeit des emittierten Fluoreszenzlichtes.]

(Quelle: www.qslnet.de/member/dk2yct/Bericht_Fluoreszenz.pdf)

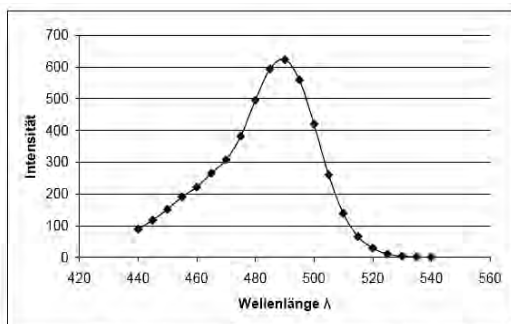


Abbildung 4a: Absorptionsspektrum

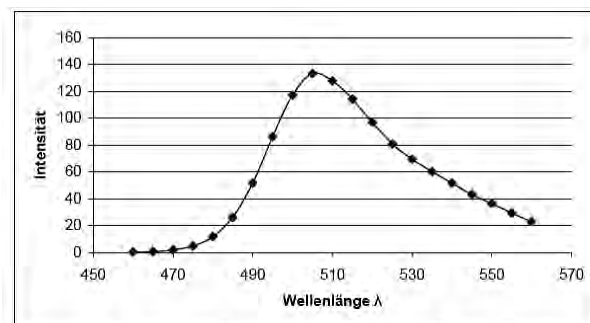


Abbildung 4b: Emissionsspektrum

(Die Wellenlänge λ ist in nm angegeben, die Intensität in relativen Einheiten.)

- Bestimmen Sie die Lage der Maxima im Kurvenverlauf und berechnen Sie die zugehörigen Quantenenergien.
- Stellen Sie die energetischen Prozesse im Fluoresceinmolekül in einem entsprechend beschrifteten Energiestufendiagramm schematisch dar. (Die oben erwähnte Verbreiterung der Energieniveaus durch Schwingungszustände brauchen Sie nicht zu berücksichtigen.)

(10 Punkte)



Name: _____

Teilaufgabe 5

Im Schulexperiment kann man die Fluoreszenz mit dem in Abbildung 5 dargestellten Versuchsaufbau untersuchen. Die Küvette 2 enthält die zu untersuchende Fluorescein-Lösung, die Küvette 1 ist zum Vergleich nur mit Wasser gefüllt. Die Beobachtungen sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

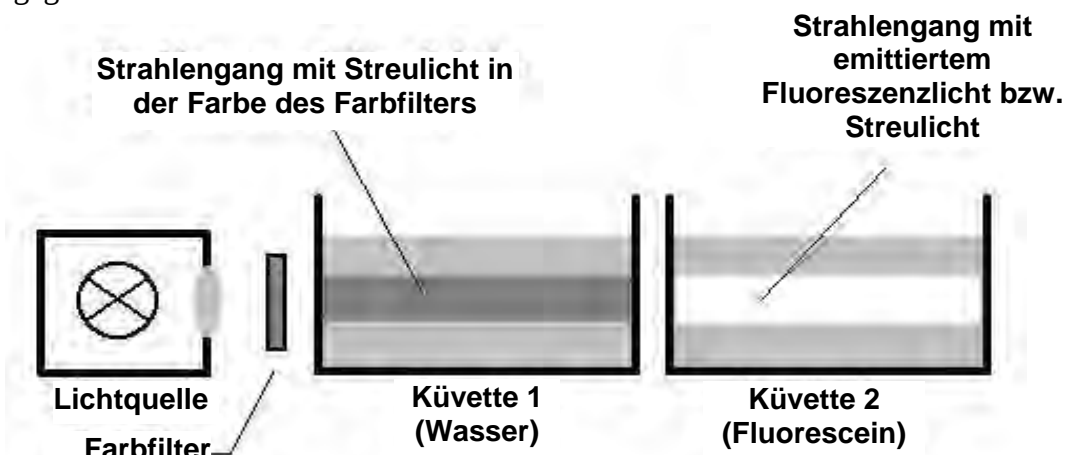


Abbildung 5: Versuche mit Fluorescein-Lösung

Tabelle 2:

Farbfilter (Wellenlänge λ)	Beobachtung Küvette 1	Beobachtung Küvette 2
ultraviolett (370 nm)	Dunkelheit	grünes Fluoreszenzlicht
violett (405 nm)	violettes Streulicht	grünes Fluoreszenzlicht
blaugrün (492 nm)	blaugrünes Streulicht	grünes Fluoreszenzlicht
gelb (578 nm)	gelbes Streulicht	gelbes Streulicht
rot (650 nm)	rotes Streulicht	rotes Streulicht

Erklären Sie die angegebenen Beobachtungen.

(6 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Physikalische Formelsammlung
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit, auch mit CAS-Funktionalität)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2012

Physik, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

2. Aufgabenstellung¹

Aufgabe: Farbstoffmoleküle

(50 Punkte)

Hinweis: Kombinierbar entweder mit HT 1, HT 2 oder HT 3

3. Materialgrundlage

- entfällt

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

1. Inhaltliche Schwerpunkte

- Elektromagnetische Schwingungen und Wellen
 - Interferenz (Lichtbeugung am Gitter, Wellenlängenmessung)
- Atom- und Kernphysik
 - Linienspektren in Absorption und Emission und Energiequantelung des Atoms (Beobachtung von Spektrallinien am Gitter)

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Physikalische Formelsammlung
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit, auch mit CAS-Funktionalität)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

6.1 Modellösungen

Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Die nachfolgenden Modellösungen erfassen nicht notwendigerweise alle sachlich richtigen Lösungsalternativen.

Sollte die Auswertung der Messdaten mit Hilfe eines grafikfähigen TR oder CAS erfolgen, so muss der Prüfling die entstandenen Graphen für die korrigierende Lehrkraft skizzenhaft in seiner Reinschrift dokumentieren.

Modellösungen Aufgabe: Farbstoffmoleküle

Teilaufgabe 1

- a) Nach dem Huygens'schen Prinzip kann jeder Punkt einer Wellenfront als Ausgangspunkt von Elementarwellen betrachtet werden. Dies geschieht hier an jeder Gitteröffnung. Die Wellenfronten der Elementarwellen interferieren. Elementarwellen ohne Gangunterschied bilden dann die Wellenfront der geradeaus laufenden Welle (Maximum 0. Ordnung); beträgt der Gangunterschied benachbarter Elementarwellen gerade $1 \cdot \lambda$, so bilden diese die in Richtung des Maximums 1. Ordnung laufenden Wellenfronten aus.
- b) Weißes Licht ist ein Gemisch unterschiedlicher Wellenlängen. Die aus den zugehörigen Elementarwellen gebildeten neuen Wellenfronten 1. Ordnung verlaufen daher unter unterschiedlichen Beugungswinkeln β .
- c) Da der Beugungswinkel mit zunehmender Wellenlänge anwächst, muss sich das Maximum 0. Ordnung rechts von der kurzwelligen violetten Linie befinden.
- d) Die bei (a) angegebene Bedingung für den Gangunterschied führt auf die Formelbeziehung $g \cdot \sin\beta = 1 \cdot \lambda$. Die Werte für g und β misst man in der Zeichnung aus. Die Berechnung von λ ergibt eine hinreichende Übereinstimmung mit der gezeichneten Darstellung. (Hier ohne Modellrechnung, da der Ansatz von der Abbildungsgröße abhängt.)

Teilaufgabe 2

Farbstoff (a) besitzt sein Absorptionsmaximum bei ca. $\lambda_a = 550$ nm. Er absorbiert also grünes Licht und erscheint demnach purpurrot. Bei Farbstoff (b) liegt das Absorptionsmaximum bei $\lambda_b = 650$ nm. Er absorbiert rotes Licht und erscheint blaugrün.

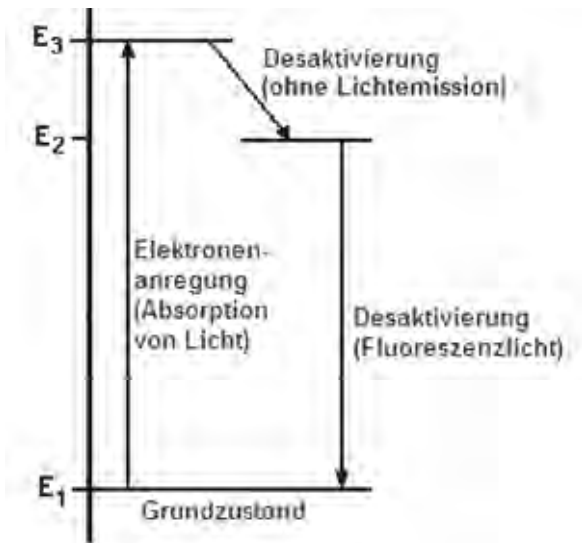
Teilaufgabe 3

Der Eindruck von Schwarz entsteht, wenn Licht vollständig absorbiert wird. Dazu ist es erforderlich, dass jeder der drei Farbstoffe einen anderen Teilbereich des Gesamtspektrums absorbiert, damit dieses insgesamt verschwindet.

Teilaufgabe 4

- a) Die Maxima liegen bei $\lambda_{\text{abs}} = 490$ nm bzw. $\lambda_{\text{emit}} = 505$ nm. Mit $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ erhält man die Werte $E_{\text{abs}} = 2,53$ eV und $E_{\text{emit}} = 2,46$ eV.

- b) Die schematische Darstellung könnte wie folgt aussehen:

**Teilaufgabe 5**

Fluoreszenz kann nur auftreten, wenn das absorbierte Licht energiereicher ist als das emittierte Fluoreszenzlicht, vgl. Teilaufgabe 4 b). Diese Bedingung ist nur bei den ersten drei Beispielen erfüllt.

6.2 Teilleistungen – Kriterien**Aufgabe: Farbstoffmoleküle****Teilaufgabe 1**

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
a)	erläutert die Entstehung eines Beugungsmaximums.	6
b)	begründet die spektrale Zerlegung von weißem Licht.	4
c)	begründet die Lage des Maximums 0. Ordnung in Abbildung 1.	6
d)	ermittelt die Wellenlänge aus der Zeichnung in Abbildung 3.	6

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	begründet die Farben der Farbstoffe in Abbildung 2.	6

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erläutert die Bedingungen für die Entstehung von Schwarz.	6

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
a1)	bestimmt die Lage der Maxima in Abbildung 4.	2
a2)	berechnet die Quantenenergien.	4
b)	erstellt ein beschriftetes Energiestufendiagramm.	4

Teilaufgabe 5

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erklärt die Beobachtungen.	6

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Aufgabe: Farbstoffmoleküle**Teilaufgabe 1**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
a)	erläutert die Entstehung ...	6			
b)	begründet die spektrale ...	4			
c)	begründet die Lage ...	6			
d)	ermittelt die Wellenlänge ...	6			
	Summe Teilaufgabe 1	22			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	begründet die Farben ...	6			
	Summe Teilaufgabe 2	6			

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert die Bedingungen ...	6			
	Summe Teilaufgabe 3	6			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
a1)	bestimmt die Lage ...	2			
a2)	berechnet die Quantenenergien.	4			
b)	erstellt ein beschriftetes ...	4			
	Summe Teilaufgabe 4	10			

Teilaufgabe 5

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erklärt die Beobachtungen.	6			
	Summe Teilaufgabe 5	6			

	Summe insgesamt	50			
--	------------------------	-----------	--	--	--

Festlegung der Gesamtnote (Bitte nur bei der zweiten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	50			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	50			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	100			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

Die Klausur wird abschließend mit der Note: _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	100 – 95
sehr gut	14	94 – 90
sehr gut minus	13	89 – 85
gut plus	12	84 – 80
gut	11	79 – 75
gut minus	10	74 – 70
befriedigend plus	9	69 – 65
befriedigend	8	64 – 60
befriedigend minus	7	59 – 55
ausreichend plus	6	54 – 50
ausreichend	5	49 – 45
ausreichend minus	4	44 – 39
mangelhaft plus	3	38 – 33
mangelhaft	2	32 – 27
mangelhaft minus	1	26 – 20
ungenügend	0	19 – 0