



**Aufgabenbeispiele und
Korrektur- und Bewertungshinweise
für zentrale schriftliche Abiturprüfungen**

Physik

Stand: 30.06.2003

Impressum

Aufgabenbeispiele und Korrektur- und Bewertungshinweise für zentrale schriftliche Abiturprüfungen

Physik

(Juni 2003, Pädagogisches Landesinstitut Brandenburg, 14974 Ludwigsfelde-Struveshof)

Herausgeber:

Pädagogisches Landesinstitut Brandenburg (PLIB), 14974 Ludwigsfelde-Struveshof

Tel.: 03378 209-105

E-Mail: poststelle@lisum.brandenburg.de

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte einschließlich Übersetzung sind dem Herausgeber vorbehalten. Die Vervielfältigung für schulische Zwecke ist gestattet.

Das Pädagogische Landesinstitut Brandenburg (PLIB) ist eine Einrichtung im Geschäftsbereich des Ministeriums für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg (MBS).

Die Aufgabenbeispiele und Korrektur- und Bewertungshinweise für zentrale schriftliche Abiturprüfungen werden vom Pädagogischen Landesinstitut Brandenburg im Auftrag des MBS herausgegeben.

© Ludwigsfelde, Juni 2003

Die Aufgabenbeispiele und Korrektur- und Bewertungshinweise werden vom PLIB im Internet auf der PLIB-homepage unter: www.lisum.brandenburg.de veröffentlicht. Sie werden nicht als Druckfassung herausgegeben. Schulen, die keinen Internetzugang haben, wenden sich bitte an das PLIB, Tel. 03378 209-173. Sie erhalten eine CD-ROM oder bei Bedarf eine Kopierfassung.

Inhalt

0	Funktion des Materials	4
1	Aufgabenbeispiele für das schriftliche Zentralabitur	5
1.1	Allgemeine Hinweise	5
1.2	Aufgabenbeispiele für den Grundkurs	6
1.3	Aufgabenbeispiele für den Leistungskurs	29
2	Korrektur- und Bewertungshinweise	53

0 Funktion des Materials

Die Aufgabenbeispiele und Korrektur- und Bewertungshinweise für zentrale schriftliche Abiturprüfungen ergänzen die verbindlichen curricularen Vorgaben für den Unterricht in der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe.

Die hier enthaltenen Aufgabenbeispiele beziehen sich auf Inhalte, die in den verbindlichen curricularen Vorgaben festgelegt sind. Sie entsprechen in den Aufgabenformaten den Vorgaben der gegenwärtig für das Fach gültigen Einheitlichen Prüfungsanforderungen (EPA). Neben der Aufgabenstellung und dem ggf. dazugehörigen Material enthalten sie einen Erwartungshorizont und Hinweise zur Gewichtung der Aufgaben bei der Gesamtbewertung.

Die Aufgabenbeispiele verdeutlichen die Struktur und das Anspruchsniveau der zentralen Abituraufgaben und geben so auch eine Orientierung für die unterrichtliche Arbeit in der Qualifikationsphase. Vergleichbare Aufgabenstellungen können ebenso an anderen Inhalten bearbeitet werden.

Die Korrektur- und Bewertungshinweise enthalten detaillierte Angaben für die Beurteilung von Teilleistungen und die Ermittlung der Gesamtnote. Sie orientieren sich an den Vorgaben der EPA, der GOSTV und der VV-GOSTV. Ausführungen zu einer guten und/oder einer ausreichenden Leistung sind fachbezogen unterschiedlich zugeordnet.

1 Aufgabenbeispiele für das schriftliche Zentralabitur

1.1 Allgemeine Hinweise

Eine Aufgabenstellung besteht aus drei Teilaufgaben I, II und III. Die Aufgabe I ist zu lösen, von den Aufgaben II und III ist nur eine Aufgabe zu bearbeiten. Der Aufgabenteil I, der den Schwerpunkt eines Aufgabenvorschlages enthält, umfasst zwei Drittel der Gesamtanforderungen der Prüfung hinsichtlich der Bewertungseinheiten und der Bearbeitungszeit.

Sind Schülerexperimente in der Aufgabenstellung vorgesehen, so muss für den Prüfling eindeutig erkennbar sein, ob eine Bearbeitung in vollständiger Protokollform zu erfolgen hat. Ersatzmessreihen werden als Anlage gestellt, ebenso Hinweise, wie viele Bewertungseinheiten abgezogen werden, sofern der Prüfling das Misslingen selbst zu verantworten hat. Eine endgültige Entscheidung über die Aushändigung der Ersatzmessreihe trifft die aufsichtsführende Lehrkraft. Diese Entscheidung ist im Protokoll der schriftlichen Prüfung zu vermerken. Ein externer Raum für die Durchführung der Schülerexperimente ist einzuplanen.

Übersicht zu den Aufgabenbeispielen und fachlichen Schwerpunkten:

	Aufgabe I (Schwerpunkt)	Aufgabe II	Aufgabe III
Grundkurs			
Vorschlag 1	Wellenoptik – äußerer lichtelektrischer Effekt (SE) 3. Schulhalbjahr	Stirlingscher Kreisprozess 1. Schulhalbjahr	der Kondensator im Gleichstromkreis 2. Schulhalbjahr
Vorschlag 2	Elektromagnetische Induktion (DE) 2. Schulhalbjahr	Physikalische Aspekte bei der Fahrt eines Güterzuges 1. Schulhalbjahr	Kernphysik 4. Schulhalbjahr
Leistungskurs			
Vorschlag 1	Spulen im Wechselstromkreis, elektromagnetische Induktion (SE) 2. Schulhalbjahr	Mechanik 1. Schulhalbjahr	Atomphysik 3. Schulhalbjahr
Vorschlag 2	Spektren und bohrsches Atommodell (zu bearbeitendes Material) 3. Schulhalbjahr	Kalorimetrie 1. Schulhalbjahr	Bestimmung der Elementarladung 2. und 3. Schulhalbjahr

1.2 Aufgabenbeispiele für den Grundkurs

Vorschlag 1

Aufgabe I

Die folgende Aufgabe ist dem Themenbereich *Ein Weg zur „modernen Physik“* zuzuordnen. Dieser ist in den verbindlichen curricularen Vorgaben für das 3. Schulhalbjahr der Qualifikationsphase beschrieben.

Wellenoptik - äußerer lichtelektrischer Effekt

1. Schülerexperiment

- 1.1 Für die Darstellung von Interferenzstreifen auf einem Bildschirm in der Entfernung e mit einem Beugungsgitter der Gitterkonstanten k gilt für den Abstand s_n der Maxima der Ordnung n vom Maximum 0. Ordnung näherungsweise die Gleichung $\frac{s_n}{e} = \frac{n \cdot \lambda}{k}$. Leiten Sie diese Beziehung unter Verwendung einer geeigneten Skizze her.
- 1.2 Bestimmen Sie die Wellenlänge des Lichtes bei Verwendung eines Farbfilters mit einem Experiment unter Verwendung der Gleichung aus 1.1. Die Größe der Gitterkonstanten liegt am Experimentierplatz aus.

Das Protokoll soll enthalten:

- eine Begründung, weshalb die Messung des Abstandes der Streifen gleicher Ordnung voneinander zweckmäßig ist,
- eine Wertetabelle, die eine vierfache Wiederholung der Messung beinhaltet,
- die Berechnung der Wellenlänge als Durchschnitt der fünf Einzelergebnisse und
- die Angabe des Ergebnisses mit absolutem und relativem Fehler.

2. Äußerer lichtelektrischer Effekt

- 2.1 Zeichnen Sie ein beschriftetes Schaltbild zur Bestimmung der kinetischen Energie der schnellsten Photoelektronen. Erläutern Sie die Vorgehensweise.
- 2.2 Zeigen Sie an einem Ergebnis dieses Experiments das Scheitern des Wellenmodells bei der vollständigen Erklärung des äußeren lichtelektrischen Effekts. Beschreiben Sie dieses Ergebnis mit dem Photonenmodell.
- 2.3 Bei einem solchen Experiment wurden folgende Messwerte aufgenommen:

λ in nm	450	410	380	350
U_{GEG} in V	0,24	0,51	0,75	1,03

(U_{GEG} ... Spannung, wenn gerade kein Fotostrom mehr fließt)

- 2.3.1 Zeichnen Sie ein Diagramm, das die kinetische Energie der schnellsten Photoelektronen in Abhängigkeit von der Frequenz des eingestrahlteten Lichtes darstellt.
- 2.3.2 Berechnen Sie mit einem Wertepaar die Austrittsarbeit. Um welches Kathodenmaterial kann es sich handeln?

- 2.4 Woran erkennt man bei der Durchführung dieses Experiments, dass die herausgelösten Fotoelektronen unterschiedliche Geschwindigkeiten besitzen?
- 2.5 In welchem Verhältnis stehen die Geschwindigkeiten v_1 und v_2 der jeweils schnellsten Fotoelektronen, wenn man bei gleichem Kathodenmaterial zunächst Licht der Frequenz f_1 , dann der Frequenz $f_2 \neq f_1$ einstrahlt? Geben Sie eine allgemeine Gleichung an. Beide Frequenzen sind größer als die Grenzfrequenz.
- 2.6 Der Fotostrom ohne Gegenspannung für $f = 9 \cdot 10^{14}$ Hz beträgt 6,2 pA. Als Quantenausbeute bezeichnet man das Verhältnis aus der Zahl auf die Kathode fallender Photonen und der Anzahl herausgelöster Fotoelektronen. Wie groß ist die Leistung des einfallenden Lichtes, wenn die Quantenausbeute $8 \cdot 10^8$ ist?

Erwartungshorizont zur Aufgabe I

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche																										
		I	II	III																								
1.1	<p>Die Skizze zeigt ein rechtwinkliges Dreieck mit den Seiten u. a.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abstand Gitter – Schirm e - Abstand Gitter – Maximum der Ordnung n e_n - Abstand des Maximums der Ordnung n von dem Maximum der Ordnung 0 s_n <p>sowie ein zweites rechtwinkliges Dreieck mit den Seiten u. a.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gitterkonstante k - Gangunterschied $n \cdot \lambda$. <p>Auf die Dreiecksähnlichkeit wird verwiesen.</p> <p>Es gilt: $\sin \alpha = \frac{s_n}{e_n} = \frac{n \cdot \lambda}{k}$.</p> <p>Für kleine Winkel (also Ordnungen n) folgt $e \approx e_n$ und somit die angegebene Beziehung.</p>	3																										
		2																										
		1																										
		2																										
		2																										
1.2	<p>Protokoll:</p> <p>Durch die Messung der Größe $2s_n$ verkleinert sich der relative Fehler $\frac{ \Delta s_n }{s_n}$ der Größe s_n, da bei gleicher Messgenauigkeit s_n in der Fehlerbeziehung s_n durch $2s_n$ ersetzt wird.</p> <p>Wertetabelle: (Beispiel)</p> <p>$n = 1 = \text{konst.}$ $k = 0,05 \text{ mm} = \text{konst.}$</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px 0;"> <tr> <td style="padding: 2px;">e in cm</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">50</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">45</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">40</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">35</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">30</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">$2s_n$ in mm</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">14</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">12</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">11</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">9</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">8</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">λ in nm</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">700</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">667</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">688</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">643</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">667</td> </tr> </table> <p>Es ergibt sich $\bar{\lambda} = 673 \text{ nm}$.</p> <p>Ermittlung des Fehlers, z. B.:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px 0;"> <tr> <td style="padding: 2px;">$\Delta \lambda$ in nm</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">27</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">6</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">15</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">30</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">6</td> </tr> </table> <p>Der absolute Fehler ist $\overline{\Delta \lambda} = 17 \text{ nm}$.</p> <p>Der relative Fehler beträgt $\frac{ \overline{\Delta \lambda} }{\bar{\lambda}} = 0,026$.</p>	e in cm	50	45	40	35	30	$2s_n$ in mm	14	12	11	9	8	λ in nm	700	667	688	643	667	$ \Delta \lambda $ in nm	27	6	15	30	6	3	2	
e in cm	50	45	40	35	30																							
$2s_n$ in mm	14	12	11	9	8																							
λ in nm	700	667	688	643	667																							
$ \Delta \lambda $ in nm	27	6	15	30	6																							
		1																										
			3																									
			2																									

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche												
		I	II	III										
2.1	<p>Der Schaltplan enthält:</p> <ul style="list-style-type: none"> - die Fozelle - einen Strommesser für den Fotostrom - einen Spannungsmesser für die Gegenspannung - eine regelbare Spannungsquelle <p>in der richtigen Anordnung (Schaltung). Auf die Übereinstimmung der Polarität der Spannungsquelle und der Fozelle ist zu achten.</p> <p>Die Erläuterung enthält:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Monochromatisches Licht fällt auf die Kathode einer Fozelle. - Die herausgelösten Elektronen erhalten kinetische Energie, sofern das eingestrahlte Licht eine Energie hf besitzt, die ausreicht, die Austrittsarbeit W_A aufzubringen. - Es fließt ein Fotostrom I_F. - Die Gegenspannung U_{GEG} sorgt für abstoßende Kräfte, die Fozelektronen werden abgebremst. - Steigert man die Gegenspannung, so sinkt der Fotostrom. - Wenn der Fotostrom zum Erliegen kommt, so ist die elektrische Feldenergie $e \cdot U_{GEG}$ genauso groß, wie die kinetische Energie der schnellsten Fozelektronen. 		4											
			7											
2.2	<p>Die kinetische Energie der Fozelektronen ist unabhängig von der Intensität.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beim Wellenmodell hat die Intensität Einfluss auf die Amplitude und damit die Energie der Welle. - Die auf die Elektronen übertragene Energie, damit auch die kinetische Energie, müsste ebenfalls steigen. - Eine gesteigerte Intensität erhöht beim Photonenmodell die Anzahl der Photonen, - aber nicht die einzelnen Energien hf, da jedes Photon nur mit einem Elektron wechselwirken kann. - Die kinetische Energie als Differenz aus Photonenenergie und Austrittsarbeit ist konstant. 	1	3											
			3											
2.3.1	<p>Aus $f = \frac{c}{\lambda}$ und $E_{KIN} = e \cdot U_{GEG}$ folgt:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td>f in 10^{14} Hz</td> <td>6,67</td> <td>7,32</td> <td>7,89</td> <td>8,57</td> </tr> <tr> <td>E_{KIN} in eV</td> <td>0,24</td> <td>0,51</td> <td>0,75</td> <td>1,03</td> </tr> </tbody> </table>	f in 10^{14} Hz	6,67	7,32	7,89	8,57	E_{KIN} in eV	0,24	0,51	0,75	1,03	3		
f in 10^{14} Hz	6,67	7,32	7,89	8,57										
E_{KIN} in eV	0,24	0,51	0,75	1,03										

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
		3		
2.3.2	$W_A = h \cdot f - E_{KIN}$ für (z. B.) $f = 6,67 \cdot 10^{14}$ Hz: $W_A = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{Ws}^2 \cdot 6,67 \cdot 10^{14} \text{Hz} - 0,24 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{J}$ $= 2,52 \text{ eV}.$ Das Material ist Barium.	3		
2.4	Der Fotostrom sinkt bei Erhöhung der Gegenspannung nicht schlagartig auf null.		2	
2.5	$v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{KIN}}{m}}$ $E_{KIN} = h \cdot f - W_A$ $v = \sqrt{\frac{2(h \cdot f - W_A)}{m}}$ $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{h \cdot f_1 - W_A}{h \cdot f_2 - W_A}}$		4	
2.6	Die Ladung ist $Q = I \cdot t = n \cdot e$. Die Energie des eingestrahlenen Lichtes ist: $E = P \cdot t = 8 \cdot 10^8 \cdot n \cdot h \cdot f$. Es folgt: $P = \frac{8 \cdot 10^8 \cdot n \cdot h \cdot f}{t} = \frac{8 \cdot 10^8 \cdot I \cdot t \cdot h \cdot f}{t \cdot e} = 0,0185 \text{ W}.$			6
Summe der Bewertungseinheiten		24	30	6

Aufgabe II

Die folgende Aufgabe ist dem Themenbereich *Thermodynamik* zuzuordnen. Dieser ist in den verbindlichen curricularen Vorgaben für das 1. Schulhalbjahr der Qualifikationsphase beschrieben.

Stirlingscher Kreisprozess

Eine abgeschlossene Gasmenge ist vor Beginn eines ablaufenden stirlingschen Kreisprozesses durch folgende Zustandsgrößen gekennzeichnet:

$$V_1 = 100 \text{ cm}^3, \quad p_1 = 230 \text{ kPa}, \quad T_1 = 220 \text{ K}.$$

Nacheinander werden vom Gas folgende Zustandsänderungen durchlaufen:

- isochore Erwärmung um 50 K,
- isotherme Expansion auf 190 cm^3 ,
- isochore Abkühlung auf 220 K,
- isotherme Kompression auf den Anfangszustand.

1. Definieren Sie den Begriff „Kreisprozess“.
2. Ermitteln Sie Druck, Volumen und Temperatur nach jeder Zustandsänderung. Geben Sie Ihre Ergebnisse in einer Tabelle an. Berechnen Sie für jede isotherme Zustandsänderung mindestens zwei weitere Wertepaare.
3. Zeichnen Sie ein p-V-Diagramm sowie ein p-T-Diagramm für diesen Kreisprozess und markieren Sie einander entsprechende Zustände.
4. Hat das System nach Abschluss des Kreisprozesses insgesamt Arbeit abgegeben oder aufgenommen? Begründen Sie Ihre Antwort. Ermitteln Sie den Betrag der Arbeit.

Erwartungshorizont zur Aufgabe II

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche																						
		I	II	III																				
1.	Bei einer einmaligen Zustandsänderung kann eine bestimmte Arbeit vom System verrichtet werden. Technisch bedeutungsvoll ist es jedoch, wenn kontinuierlich Arbeit verrichtet wird. Deshalb muss das Gas eine Aufeinanderfolge von Zustandsänderungen mit dem Ziel durchlaufen, Arbeit zu verrichten. Solche Prozesse werden Kreisprozesse genannt.	3																						
2.	<p>Da $m = \text{konstant}$, gilt $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zustand</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>p in kPa</td> <td>230</td> <td>282</td> <td>149</td> <td>121</td> </tr> <tr> <td>V in cm³</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>190</td> <td>190</td> </tr> <tr> <td>T in K</td> <td>220</td> <td>270</td> <td>270</td> <td>220</td> </tr> </tbody> </table> <p>2 → 3 isotherme Expansion: $100\text{cm}^3 \leq V \leq 190\text{cm}^3$ sowie 4 → 1 isotherme Kompression: $100\text{cm}^3 \leq V \leq 190\text{cm}^3$ noch je 2 Paare</p>	Zustand	1	2	3	4	p in kPa	230	282	149	121	V in cm ³	100	100	190	190	T in K	220	270	270	220	2	4	
Zustand	1	2	3	4																				
p in kPa	230	282	149	121																				
V in cm ³	100	100	190	190																				
T in K	220	270	270	220																				
3.	<p>$p = f(V)$ $p = f(T)$ (AFB III)</p> <p>Markierung entsprechender Zustände</p>		5	3																				
4.	Bei diesem stirlingschen Kreisprozess hat das System insgesamt Arbeit verrichtet (Vorzeichen negativ).	2																						

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
	<p>Begründung:</p> <p>Die Fläche unter der Isotherme 2 → 3, die die Expansion des Gases beschreibt, ist größer als die Fläche unter der Isotherme 4 → 1, die die Kompressionsarbeit charakterisiert.</p> <p>Durch die Abschnitte 1 → 2 und 4 → 1 wird keine Arbeit verrichtet, da $V = \text{konstant}$.</p> <p>Den Betrag der Arbeit kann man durch Auszählen der Fläche ermitteln. $W \approx - 3300 \text{ kPacm}^3 = - 3,3 \text{ Nm}$</p>	3 2	 2	
Summe der Bewertungseinheiten		12	15	3

Aufgabe III

Die folgende Aufgabe ist dem Themenbereich *Elektrodynamik* zuzuordnen. Dieser ist in den verbindlichen curricularen Vorgaben für das 2. Schulhalbjahr der Qualifikationsphase beschrieben.

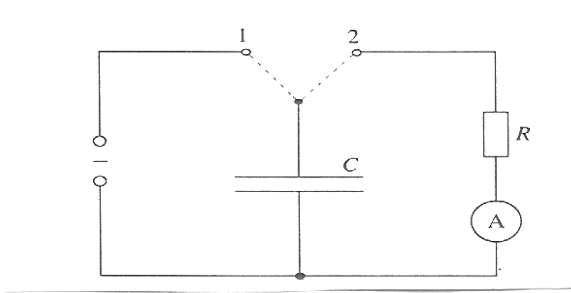
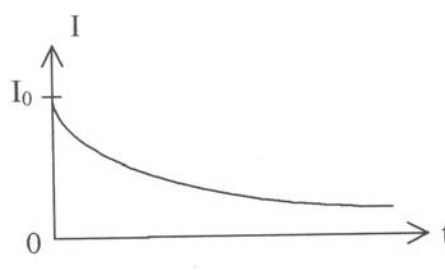
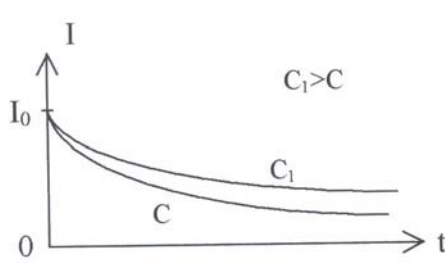
Der Kondensator im Gleichstromkreis

Kondensatoren sind in vielen Bereichen der Technik unentbehrliche Bauelemente.

1. Beschreiben Sie den Aufbau eines Kondensators und nennen Sie ein Beispiel für die Anwendung von Kondensatoren.
2. Ein Plattenkondensator, dessen Plattenabstand 3,00 mm beträgt, hat eine Plattenfläche von 500 cm^2 . Zwischen den Platten befindet sich Luft. Der Kondensator wird mit einer Ladespannung von 2 kV aufgeladen. Nach dem Ladevorgang wird er von der Spannungsquelle getrennt.
 - 2.1 Berechnen Sie Kapazität und Ladung des Kondensators. Wie groß ist die im Feld des Plattenkondensators gespeicherte Energie?
 - 2.2 In den Innenraum des Kondensators wird nun eine 3,00 mm dicke Glasplatte geschoben. Ändert sich dadurch die Kapazität? Begründen Sie Ihre Aussage.
 - 2.3 Berechnen Sie die Kapazität jeweils für den Fall, dass die Glasplatte ($\epsilon_r = 6$) den Innenraum vollständig bzw. genau zur Hälfte ausfüllt.
3. In einem Schülerexperiment soll die Entladekurve $I = f(t)$ eines Kondensators aufgenommen werden. Es stehen folgende Geräte zur Verfügung:
ein Stromversorgungsgerät mit der Klemmenspannung $U = 12 \text{ V}$, $C = 50 \mu\text{F}$,
 $R = 200 \text{ k}\Omega$, ein Stromstärkemessgerät und ein Umschalter.
 - 3.1 Entwerfen Sie einen Schaltplan und beschreiben Sie Ihre Vorgehensweise.
 - 3.2 Skizzieren Sie die zu erwartende Entladekurve.
 - 3.3 Wie groß ist die Stromstärke zu Beginn des Entladevorgangs?
 - 3.4 Skizzieren Sie qualitativ den Kurvenverlauf, wenn ein anderer Kondensator mit erheblich größerer Kapazität unter sonst gleichen Bedingungen verwendet wird. Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Erwartungshorizont zur Aufgabe III

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
1.	<p>Ein Beispiel ist auszuwählen: Wickelkondensator, Drehkondensator, Elektrolytkondensator. Siehe entsprechendes Lehrbuch.</p> <p>Ein Beispiel aus folgenden Anwendungsbereichen kann ausgewählt werden: Glättung von pulsierendem Gleichstrom, Funkenlöschung an Schaltern und Motoren, kapazitive HF-Erwärmung u. a.</p>	2		
2.1	<p>Kapazität: $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$</p> $C = 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot 1 \cdot \frac{500 \cdot 10^{-4} \text{m}^2}{0,00300 \text{m}}$ <p>$C = 1,48 \cdot 10^{-10} \text{F}$ $C = 0,148 \text{nF}$</p> <p>Ladung: $Q = C U$</p> $Q = 1,48 \cdot 10^{-10} \frac{\text{As}}{\text{V}} \cdot 2000 \text{V} = 2,96 \cdot 10^{-7} \text{C}$ <p>Energie: $E = \frac{1}{2} Q U$ oder $E = \frac{1}{2} C U^2$</p> $E = \frac{1}{2} 2,96 \cdot 10^{-7} \text{As} \cdot 2000 \text{V} = 2,96 \cdot 10^{-4} \text{Ws}$ <p>$E = 0,296 \text{ mJ}$</p>		2	
2.2	<p>Jedes Dielektrikum bewirkt eine Vergrößerung der Kapazität. Der Einfluss des Dielektrikums wird durch ϵ_r berücksichtigt.</p> <p>Nach $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$ gilt $C \sim \epsilon_r$, die Kapazität vergrößert sich.</p>	3		
2.3	<p>Die Glasplatte füllt den Innenraum vollständig aus: $\epsilon_r \text{ Glas} = 6$</p> $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} = 6 \cdot 0,148 \text{ nF} = 0,888 \text{ nF}$ <p>Die Glasplatte füllt den Innenraum zur Hälfte aus, das bedeutet: 2 Kondensatoren C_1 und C_2 sind parallel geschaltet.</p> $C_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,148 \text{nF} \quad \text{und} \quad C_2 = \frac{1}{2} \cdot 0,888 \text{nF}$ <p>$C = C_1 + C_2 = 0,518 \text{nF}$</p>		1	
				1
				1
				1

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
3.1	 <p>In kurzen Zeitabständen, z. B. nach jeweils 5 s, ist die Stromstärke zu messen.</p>	2	4	
3.2		2		
3.3	$I_0 = \frac{U}{R} = \frac{12V}{200000\Omega} = 0,06mA$	2		
3.4	 <p>$I_{01} = I_{02}$, da $U_0 = \text{konst.}$</p> <p>Wenn $C_1 > C$, dann fließt länger ein größerer Strom $I_1 > I$.</p>		2	
Summe der Bewertungseinheiten		12	15	3

Vorschlag 2

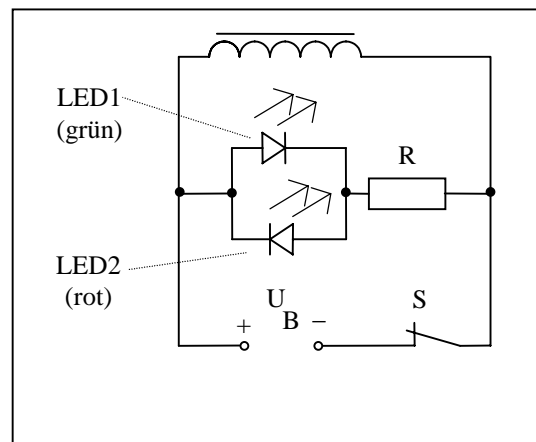
Aufgabe I

Die folgende Aufgabe ist dem Themenbereich *Elektrodynamik* zuzuordnen. Dieser ist in den verbindlichen curricularen Vorgaben für das 2. Schulhalbjahr der Qualifikationsphase beschrieben.

Elektromagnetische Induktion

1. Demonstrationsexperiment: Schaltvorgänge in einem Stromkreis mit einer Spule

Es soll das Verhalten der gezeigten Schaltung während des Öffnens des Schalters S untersucht werden (vgl. Abbildung). Das Öffnen des Schalters wird in einem Demonstrationsexperiment vom Fachlehrer vorgeführt. Hinweis: Die im Versuch verwendeten Lumineszenzdioden (LED) sind Halbleiterdioden, die Licht aussenden, wenn sie in Durchlassrichtung betrieben werden. Ein Stromfluss in die hierzu entgegengesetzte Richtung ist nicht möglich. Die LED leuchtet in diesem Fall nicht (Sperrrichtung).



- 1.1 Beobachten Sie das Leuchtverhalten der beiden Lumineszenzdioden LED1 und LED2 vor und nach dem Öffnen des Schalters S. Formulieren Sie Ihre Beobachtung schriftlich.
- 1.2 Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung $U(t)$ an den Spulenenden beim Schließen und Öffnen qualitativ in einem Diagramm. Stellen Sie in einem weiteren Diagramm den zeitlichen Verlauf der Stromstärke $I(t)$, die durch die Spule beim Öffnen und Schließen des Schalters fließt, ebenfalls qualitativ dar. Beachten Sie dabei die Vorzeichen von $U(t)$ und $I(t)$.
- 1.3 Erklären Sie das Versuchsergebnis aus Aufgabe 1.1. Die Erklärung der Entstehung von Licht in einer Lumineszenzdiode soll nicht Gegenstand Ihrer Antwort sein.

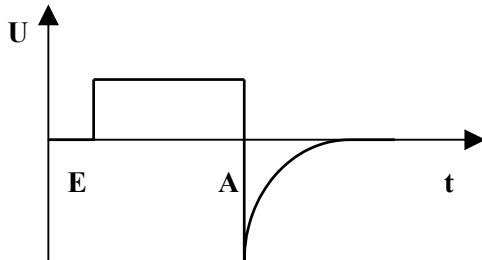
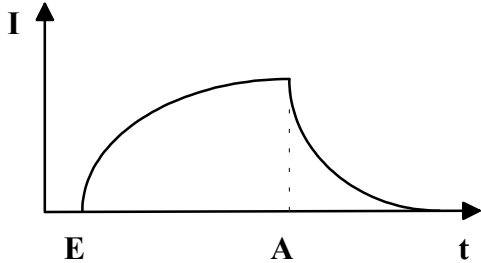
2. Untersuchungen an einer langen geraden Spule

Gegeben ist eine gerade Spule der Länge $\ell = 50\text{cm}$ und der Querschnittsfläche 12cm^2 . Ihre Windungszahl beträgt 1500. Im Innern der Spule befindet sich Luft. Durch die Spule fließt ein konstanter Strom $I = 3,5\text{A}$.

- 2.1 Zeigen Sie durch Rechnung, dass die Induktivität der Spule $L = 6,8\text{mH}$ und die magnetische Flussdichte im Innern der Spule $B = 13,2\text{mT}$ beträgt.
- 2.2 Wie groß ist die Kraft F auf ein Elektron, das sich mit einer Geschwindigkeit von $v = 2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ entlang der Spulenachse durch die Spule bewegt?

- 2.3 Wie ändert sich die Kraft aus Aufgabe 2.3, wenn die Bewegungsrichtung des Elektrons beim Eintritt in das Spuleninnere mit der Spulenachse einen Winkel von 3° einschließt?
- 2.4 Innerhalb von 3 s wird die durch die Spule fließende Stromstärke gleichmäßig von 3,5 A auf 0 A verringert. Berechnen Sie den Betrag der Selbstinduktionsspannung, die an den Enden der Spule induziert wird. Wie groß muss die Zeitdauer Δt sein, wenn unter sonst gleichen Bedingungen eine Selbstinduktionsspannung von $U_i = 1,0$ V entstehen soll?
- 2.5 Wird die oben betrachtete Spule, die von der Stromstärke $I = 3,5$ A durchflossen wird und die eine Induktivität von 6,8 mH besitzt, mithilfe eines Kippschalters plötzlich von der Spannungsquelle getrennt, so ist ein Funken am Schalter zu beobachten. Die dabei in der Spule gespeicherte Energie soll bei einem erneuten Öffnen des Stromkreises von einem Kondensator der Kapazität $C = 50\mu\text{F}$ aufgenommen werden. Wie groß ist die Spannung an den Enden des Kondensators, wenn angenommen wird, dass die in der Spule gespeicherte Energie vollständig auf den Kondensator übergegangen ist? Widerlegen Sie die These, dass die gespeicherte Energie der Spule nichts weiter als die kinetische Energie der Elektronen in der Spule ist.

Erwartungshorizont zur Aufgabe I

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
1.1	<p>Beobachtung</p> <p>vor dem Öffnen des Schalters: LED1 (grün) leuchtet.</p> <p>nach dem Öffnen des Schalters: LED1 (grün) verlischt; LED2 (rot) leuchtet kurz auf.</p>	1		
1.2	 <p>Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Spannung für das</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einschalten - Ausschalten <p>Berücksichtigung der Polarität Korrekte Achsenbezeichnungen</p>  <p>Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Stromstärke für das</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einschalten - Ausschalten <p>Korrekte Achsenbezeichnungen</p> <p>Einschalten (E) Ausschalten (A)</p>		2 2 2 2	
1.3	<p>vor dem Öffnen:</p> <p>Stromstärke fließt vom Minuspol zum Pluspol durch die Spule sowie durch R und LED1 (grün); verzweigter Stromkreis LED1 (grün) leuchtet, da sie in Durchlassrichtung geschaltet ist; LED2 (rot) leuchtet nicht, da sie in Sperrrichtung geschaltet ist.</p>	4		

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
	<p>nach dem Öffnen: Öffnen des Schalters bedeutet Magnetfeldänderung; Folge ist Selbstinduktion;</p> <p>nach LENZ entsteht eine Induktionsspannung U_i, die der Stromstärkeänderung (Ursache der Magnetfeldänderung) entgegenwirkt;</p> <p>Strom sinkt nur langsam, fließt also in der Spule in die gleiche Richtung wie vorher;</p> <p>U_i und U_B haben entgegengesetzte Vorzeichen;</p> <p>da S geöffnet ist, fließt der Strom nun durch R und LED2 (rot), Durchlassrichtung von LED2 (rot), LED2 (rot) leuchtet nun kurz auf, bis Stromstärke praktisch 0 ist.</p>		2 1 1 1 3	
2.1	<p>Berechnung der Induktivität:</p> $L = \mu_0 \cdot \frac{n^2 \cdot A}{\ell}; (\mu_r = 1);$ $L \approx 0,0068 \frac{Vs}{A}; 1 \frac{Vs}{A} = 1H$ $L \approx 6,8mH$ <p>Berechnung der magnetischen Flussdichte:</p> $B = \mu_0 \cdot \frac{n \cdot I}{\ell}$ $B = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am} \cdot \frac{1500 \cdot 3,5A}{0,5m}$ $B \approx 0,0132 \frac{Vs}{m^2}; 1 \frac{Vs}{m^2} = 1T$ $B \approx 13,2mT$	4 4		
2.2	$ \vec{F} = e \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$ $ \vec{F} = e \cdot v \cdot B \cdot \sin 0^\circ$ $ \vec{F} = 0N$		4	

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
2.3	$ \vec{F} \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,0132 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \cdot \sin 3^\circ$ $ \vec{F} = 2,21 \cdot 10^{-16} \text{ N}; 1 \frac{\text{VA s}^2 \text{ m}}{\text{sm}^2} = 1 \frac{\text{Ws}}{\text{m}} = 1 \frac{\text{Nm}}{\text{m}} = 1 \text{ N}$		4	
2.4	$U_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ $U_i = -0,0068 \text{ H} \frac{-3,5 \text{ A}}{3 \text{ s}}$ $1 \text{ H} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{A}^2}; [U_i] = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \text{ A}}{\text{s}^2 \cdot \text{A}^2 \text{ s}} = 1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s} \cdot \text{A}} = 1 \frac{\text{Ws}}{\text{s} \cdot \text{A}} = 1 \text{ V}$ $U_i \approx 0,00793 \text{ V}; U_i \approx 0,00793 \text{ V}$	5		
	$\Delta t = -L \frac{\Delta I}{U_i}$ $\Delta t = -0,0068 \text{ H} \frac{-3,5 \text{ A}}{1,0 \text{ V}}; [\Delta t] = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \text{ A}}{\text{s}^2 \cdot \text{A}^2 \text{ V}} = 1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{A} \cdot \text{V}} = 1 \frac{\text{Ws}}{\text{V} \cdot \text{A}} = 1 \text{ s}$ $\Delta t = 0,0238 \text{ s}$	4		
2.5	$E_{\text{Sp}} = \frac{1}{2} L I^2 \quad E_{\text{Kond}} = \frac{1}{2} C U^2 \quad E_{\text{Kond}} = E_{\text{Sp}}$ $U = \sqrt{\frac{L \cdot I^2}{C}} \quad U = \sqrt{\frac{0,0068 \text{ H} \cdot (3,5 \text{ A})^2}{50 \cdot 10^{-6} \text{ F}}}$ $U \approx 41 \text{ V}$			3
	$[U] = \sqrt{1 \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A}} \cdot 1 \text{ A}^2 \cdot \frac{\text{V}}{1 \text{ As}}} = 1 \text{ V}$			1
	z. B.:			1
	Die These steht im Widerspruch zu der Tatsache, dass bei einer Spule mit Eisenkern die in der Spule gespeicherte Energie um ein Vielfaches höher ist als bei einer Luftspule.			1
Summe der Bewertungseinheiten		24	30	6

Aufgabe II

Die folgende Aufgabe ist dem Themenbereich *Erhaltungssätze in der Mechanik* zuzuordnen.

Dieser ist in den verbindlichen curricularen Vorgaben für das 1. Schulhalbjahr der Qualifikationsphase beschrieben.

Mechanik

Physikalische Aspekte bei der Fahrt eines Güterzuges

Ein Güterzug besteht aus einer Diesellokomotive mit einer Masse von 116 t, einer Länge von 18,6 m, einer Zugkraft von 350 kN, sowie 36 Waggons mit je einer Masse von 25 t und je einer Länge von 14,3 m.

1.1 Nach den Angaben des Fahrtenschreibers eines Güterzuges bewegt sich dieser folgendermaßen:

- (1) 10⁰⁰ Uhr bis 10³⁰ Uhr mit einer Geschwindigkeit von 84,6 km·h⁻¹,
- (2) 10³⁰ Uhr bis 10⁴⁰ Uhr gleichmäßige Erhöhung der Geschwindigkeit auf 137,0 km·h⁻¹,
- (3) 10⁴⁰ Uhr bis 11⁰⁰ Uhr mit einer Geschwindigkeit von 137,0 km·h⁻¹ und schließlich
- (4) 11⁰⁰ Uhr bis 11⁰² Uhr gleichmäßiges Abbremsen zum Stillstand.

Annahme:

Die Bewegung ist geradlinig und die Länge des Zuges bleibt unberücksichtigt.

1.1.1 Erläutern Sie die bei der Fahrt des Güterzuges auftretenden Arbeiten und Energien.

1.1.2 Zeichnen Sie das v-t-Diagramm für die Bewegung des Güterzuges nach den Angaben des Fahrtenschreibers für die Zeit von 10⁰⁰ Uhr bis 11⁰² Uhr.

1.1.3 Berechnen Sie die Arbeit, die durch die Diesellokomotive auf dem Bewegungsabschnitt (2) zum Beschleunigen aufgebracht wird und ermitteln Sie den zusätzlichen Dieserverbrauch, wenn man annimmt, dass der Wirkungsgrad des Treibwerks 27% beträgt und der Dieseldraftstoff einen Heizwert von 38 MJ pro Liter hat.

1.2 Bestimmen Sie den Kraftstoß, den der Zug im 2. Bewegungsabschnitt (von 10³⁰ Uhr bis 10⁴⁰ Uhr) durch die Lokomotive erhält. Berechnen Sie außerdem die Kraft, die bei diesem Kraftstoß wirkt.

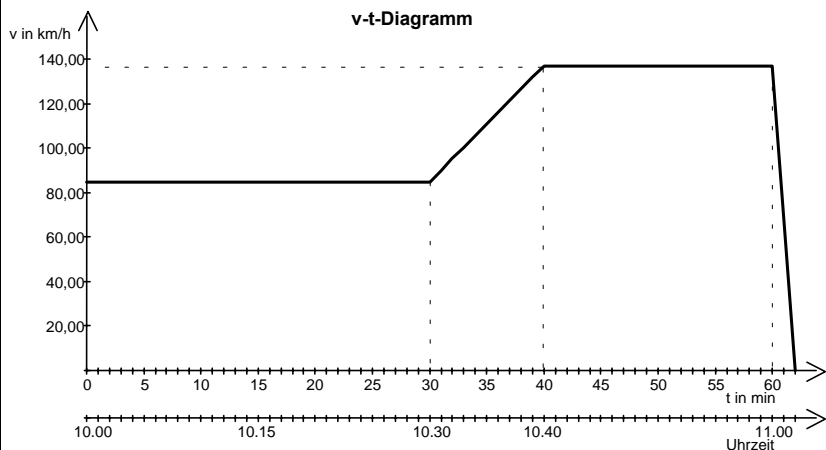
1.3 Wegen eines defekten Vorsignals erkennt der Lokführer erst 300 m vor einem Signal, dass dieses auf Rot steht. Überprüfen Sie durch Rechnung, ob er den Zug bei einer Vollbremsung aus 84,6 km·h⁻¹ noch vor dem Signal zum Halten bringen kann, wenn man die Reaktionszeit vernachlässigt und die Gleitreibungszahl von Stahl auf Stahl mit $\mu_G = 0,08$ angenommen wird. Stellen Sie zuerst einen Energieansatz auf.

1.4 Welche Leistung muss die Lokomotive mindestens haben, um den Güterzug bei einer Steigung von 3 % mit 18 km·h⁻¹ zu ziehen?

Die Rollreibungszahl von Stahl auf Stahl beträgt $\mu_R = 0,007$.

Bei kleinen Geschwindigkeiten kann der Luftwiderstand vernachlässigt werden.

Erwartungshorizont zur Aufgabe II

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
1.1.1	<p>Es sollen folgende Begriffe genannt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es wird Reibungsarbeit bei der Fahrt im Abschnitt (1) bis (4) und beim Bremsen Abschnitt (4) verrichtet. - Es wird Beschleunigungsarbeit im Abschnitt (2) verrichtet. - Der Zug besitzt bei der Fahrt kinetische Energie. - Beim Bremsen wird thermische Energie frei. - Zum Antrieb des Zuges wird chemische Energie in mechanische Energie umgewandelt. 	5		
1.1.2	<p>Bezeichnung der Achsen, Zeit bzw. Uhrzeit</p>  <p style="text-align: center;">v-t-Diagramm</p>	1		
1.1.3	<p>möglicher Lösungsweg:</p> $W = \Delta E$ $W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_e^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_o^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_e^2 - v_o^2)$ $m = 1016 \text{ t} = 1,016 \cdot 10^6 \text{ kg}; v_o = 23,5 \text{ ms}^{-1}; v_e = 38,1 \text{ ms}^{-1}$ $W = \frac{1}{2} \cdot 1,016 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \left((38,1 \text{ ms}^{-1})^2 - (23,5 \text{ ms}^{-1})^2 \right)$ $W = 457 \text{ MJ}$ $\text{Verbrauch} = \frac{W}{\eta \cdot H} = \frac{457 \text{ MJ}}{0,27 \cdot 38 \frac{\text{MJ}}{\text{l}}} = 44,5 \text{ Liter}$		1	
1.2	$m = 116 \text{ t} + 36 \cdot 25 \text{ t}; \Delta v = 137 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} - 84,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$ $F \cdot \Delta t = 1016000 \text{ kg} \cdot (38,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} - 23,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$ $S = F \cdot \Delta t = 1,48 \cdot 10^7 \text{ kg} \cdot \text{ms}^{-1}$ $F = \frac{S}{\Delta t} \quad F = \frac{1,48 \cdot 10^7 \text{ kg} \cdot \text{ms}^{-1}}{10 \cdot 60 \text{ s}} \quad F = 24,7 \text{ kN}$	2		
			1	
			2	

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
1.3	$E_{\text{kin}} = W_R \quad \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \mu_G \cdot m \cdot g \cdot s$ $s = \frac{v^2}{2 \cdot \mu_G \cdot g} \quad s = \frac{(23,5 \text{ ms}^{-1})^2}{2 \cdot 0,08 \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2}} \quad s = 352 \text{ m}$ Der Bremsweg reicht nicht aus.	1	2 1	
1.4	$m = 1,016 \cdot 10^6 \text{ kg}; v = 5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; \mu_R = 0,007$ $\alpha = 1,72^\circ; \alpha = \arctan(\text{Steigung})$ $P = F \cdot v \quad \text{mit } F = F_H + F_R$ $\text{und } F_H = m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad F_R = \mu_R \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$ $P = m \cdot g \cdot v (\sin \alpha + \mu_R \cdot \cos \alpha)$ $P = 1,016 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2} \cdot 5,0 \text{ ms}^{-1} \cdot (\sin 1,72^\circ + 0,007 \cdot \cos 1,72^\circ)$ $P = 1,84 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1} = 1840 \text{ kW}$		3	3
Summe der Bewertungseinheiten		12	15	3

Aufgabe III

Die folgende Aufgabe ist dem Themenbereich *Kernphysik* zuzuordnen. Dieser ist in den verbindlichen curricularen Vorgaben für das 4. Schulhalbjahr der Qualifikationsphase beschrieben.

Kernphysik

Seit der Entdeckung der natürlichen Radioaktivität durch Henry Becquerel am Ende des 19. Jahrhunderts steht fest, dass auch Atomkerne nicht unteilbar sind.

1. Gegeben sind folgende drei Atomkerne: ${}^{16}_8\text{O}$; ${}^{85}_{36}\text{Kr}$ und ${}^{235}_{92}\text{U}$.
 - a) Geben Sie die Anzahl der jeweiligen Kernbausteine an.
 - b) Ermitteln Sie die Kernmassen mittels der Massen der Kernbausteine und begründen Sie die Abweichungen zu den tatsächlichen Atommassen.
 - c) Weisen Sie mithilfe eines geeigneten Modells nach, dass die Dichte aller Atomkerne nahezu gleich ist. Berechnen Sie diesen Wert.

2. Das Ehepaar Curie fand 1898 die Spuren einer strahlenden Substanz in Pechblende und sie nannten diese Radium das „Strahlende“.
 - a) Was versteht man unter dem Begriff „Radioaktivität“
 - b) Geben Sie die Arten der Ihnen bekannten Strahlungen an und beschreiben Sie deren Entstehung.
 - c) Vergleichen Sie die verschiedenen Strahlungsarten bezüglich ihrer Eigenschaften.
 - d) Berechnen Sie die Bindungsenergie in MeV, die ein α -Teilchen hat, das aus einem Ra-226-Kern emittiert wird. Stellen Sie zunächst die Zerfallsgleichung auf.

3. Thorium ist ein radioaktives Isotop, das in der Medizin zur Untersuchung der Herzkranzgefäße in Form von gelösten Salzen eingesetzt wird. Der Zerfall von Thorium wird innerhalb von 50 Stunden gemessen. Thorium-231 ist ein β^- -Strahler.

Zeit in h	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Anzahl der Kerne in 10^{13}	3,91	3,41	2,98	2,60	2,27	1,98	1,73	1,51	1,32	1,15	1,00

- a) Stellen Sie die Zerfallsgleichung für Thorium-231 auf.
- b) Zeichnen Sie die radioaktive Zerfallskurve.
- c) Kennzeichnen Sie in der Zerfallskurve die Halbwertszeit $T_{1/2}$ und ermitteln Sie die Zerfallskonstante λ .
- d) Berechnen Sie die Aktivität des Thoriums nach 30 Tagen.
- e) Welche Masse besaß die Ausgangssubstanz?

Benötigte Konstanten

Kernmassen in u:	He-4	4,002603	Ra-226	226,025403
	O-16	15,994915	Th-231	231,036297
	Kr-85	84,912527	Pa-231	231,035911
	Rn-222	222,017579	U-235	235,043923

Nukleonenradius $r_0 = 1,46 \cdot 10^{-15} \text{ m}$

Erwartungshorizont zur Aufgabe III

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche																		
		I	II	III																
1.	<p>a)</p> <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td></td> <td>Nukleonen</td> <td>Protonen</td> <td>Neutronen</td> </tr> <tr> <td>O-16</td> <td>16</td> <td>8</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Kr-85</td> <td>85</td> <td>36</td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>U-235</td> <td>235</td> <td>92</td> <td>143</td> </tr> </table> <p>b)</p> $m_{\text{kern}} = Z \cdot m_{\text{Proton}} + N \cdot m_{\text{Neutron}}$ <p>O-16: $m_{\text{kern}} = (8 \cdot 1,672623 + 8 \cdot 1,67492) \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 2,68 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ Kr-85: $m_{\text{kern}} = (36 \cdot 1,672623 + 49 \cdot 1,67492) \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,42 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ U-235: $m_{\text{kern}} = (92 \cdot 1,672623 + 143 \cdot 1,67492) \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 3,93 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$</p> <p>Die Abweichung kommt durch den Massendefekt zustande.</p> <p>c) Tröpfchenmodell mit $r_0 = 1,46 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ und $u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$</p> $\rho = \frac{m}{V} = \frac{A \cdot u}{A \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_0^3} = \frac{u}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_0^3} = 1,27 \cdot 10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \text{konst.}$		Nukleonen	Protonen	Neutronen	O-16	16	8	8	Kr-85	85	36	49	U-235	235	92	143	2		
	Nukleonen	Protonen	Neutronen																	
O-16	16	8	8																	
Kr-85	85	36	49																	
U-235	235	92	143																	
			3																	
				2																
2.	<p>a) Radioaktivität ist die bei der Umwandlung von Atomkernen auftretende Strahlung.</p> <p>b) α-Strahlung: Bei hinreichend großer Kernmasse kann der Kern seine Masse reduzieren (elektrostatische Abstoßung).</p> <p>β^--Strahlung: Kann bei relativem Neutronenüberschuss auftreten, wobei sich ein Neutron in ein Proton umwandelt: ${}_0^1\text{n} \rightarrow {}_1^1\text{p} + {}_{-1}^0\text{e} + \bar{\nu}$.</p> <p>$\beta^+$-Strahlung: Kann bei relativem Protonenüberschuss auftreten, wobei sich ein Proton in ein Neutron umwandelt: ${}_1^1\text{p} \rightarrow {}_0^1\text{n} + {}_{+1}^0\text{e} + \nu$.</p> <p>$\gamma$-Strahlung: Begleiterscheinung jeder Kernumwandlung – Energie.</p> <p>c) drei Vergleiche, z. B.</p> <p>Ablenkung in elektrischen und magnetischen Feldern α-Strahlung geringe, β-Strahlung starke und γ-Strahlung keine Ablenkung</p>	1																		
			4																	
				3																

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
	<p>Reichweite α-Strahlung gering, β-Strahlung groß und γ-Strahlung sehr groß</p> <p>Durchdringung von Stoffen α-Strahlung gering, β-Strahlung groß und γ-Strahlung sehr groß</p> <p>Ionisierungsvermögen α-Strahlung sehr groß, β-Strahlung groß und γ-Strahlung gering</p> <p>d) ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He} + \gamma + \Delta E_B$ $\Delta E_B = [m_{\text{Ra}} - (m_{\text{Rn}} + m_{\alpha})] c^2$ $\Delta E_B = (226,0254 - 222,017570 - 4,002603) \cdot u \cdot c^2$ $\Delta E_B = 0,005197 \cdot u \cdot c^2$ $\Delta E_B = 7,81 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 4,88 \text{ MeV}$</p>		1 2	
3.	<p>a) ${}^{231}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{231}_{91}\text{Pa} + {}^0_{-1}\beta$</p> <p>b) Zerfallskurve</p> <div style="text-align: center;"> <p>Anzahl der Kerne in 10^{13}</p> <p>Zerfallskurve Thorium - 231</p> <p style="text-align: center;">Zeit in Stunden</p> </div> <p>c) $T_{\frac{1}{2}} \approx 26 \text{ h}$ im Diagramm gekennzeichnet</p> $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} \approx 0,027 \text{ h}^{-1} \approx 7,4 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$	3 2	1 1	

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
	<p>d) Die Herleitung ist nötig, da die Formel nicht im Tafelwerk steht.</p> $A = -\frac{dN}{dt} \Rightarrow A = -d(N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}) \cdot \frac{1}{dt} = -N_0 \cdot (-\lambda) \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ <p>mit $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ folgt $A = \lambda \cdot N$</p> $N_{30} = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ $N_{30} = 3,91 \cdot 10^{13} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{25,6h} \cdot 720h} = 1,34 \cdot 10^5 \text{ Kerne}$ $A_{30} = \lambda \cdot N_{30} = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1} \cdot 1,34 \cdot 10^5 \text{ s}^{-1} = 1,0 \text{ Bq}$ <p>e) $N_0 = \frac{m}{A_r \cdot u}$</p> $\Rightarrow m = N_0 \cdot A_r \cdot u = 3,91 \cdot 10^{13} \cdot 231 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,5 \cdot 10^{-11} \text{ kg}$			3
			2	
Summe der Bewertungseinheiten		12	15	3

1.3 Aufgabenbeispiele für den Leistungskurs

Vorschlag 1

Aufgabe I

Die folgende Aufgabe ist dem Themenbereich *Elektrodynamik* zuzuordnen. Dieser ist in den verbindlichen curricularen Vorgaben für das 2. Schulhalbjahr der Qualifikationsphase beschrieben.

1. Spulen im Wechselstromkreis

1.1 Bestimmen Sie in einem Schülerexperiment die Induktivität einer Spule mit Eisenkern. Vernachlässigen Sie den ohmschen Widerstand der Spule. Folgende Geräte und Hilfsmittel stehen Ihnen zur Verfügung: eine Wechselspannungsquelle mit der Frequenz $f = 50 \text{ Hz}$, eine Spule mit Eisenkern, ein Spannungs- und ein Stromstärkemessgerät für Wechselspannungen bzw. -ströme, ein Schalter, Verbindungsleiter. Gehen Sie gemäß der folgenden Arbeitsanleitung vor:

1.1.1 Zeichnen Sie einen Schaltplan und geben Sie alle zu messenden bzw. gegebenen Größen mit ihren Einheiten an.

1.1.2 Protokollieren Sie alle Messwerte.

1.1.3 Berechnen Sie die Induktivität der Spule. Geben Sie die für die Berechnungen erforderlichen Größengleichungen an.

1.1.4 Formulieren Sie, welche Faktoren das Ergebnis für die Induktivität beeinflussen. Berechnen Sie im Rahmen einer quantitativen Fehlerbetrachtung die Induktivität der Spule erneut, wobei davon auszugehen ist, dass der Wert für die Stromstärke nur 90% von dem Wert entspricht, den Sie gemessen haben. Um welchen absoluten Fehler $|\Delta L|$ weicht der zweite Wert für die Induktivität vom ersten ab? Bestimmen Sie den relativen Fehler $\frac{|\Delta L|}{L}$.

1.2 Nachfolgend soll das oben beschriebene Experiment unter Beachtung des ohmschen Widerstandes der Spule betrachtet werden. Der ohmsche Widerstand betrage 10% des Scheinwiderstandes Z . Berechnen Sie den prozentualen Anteil des induktiven Widerstandes am Scheinwiderstand.

1.3 Eine Glühlampe nimmt bei einer Betriebsspannung von $U = 110 \text{ V}$ die Leistung $P = 60 \text{ W}$ auf. Sie soll an eine Wechselspannungsquelle mit 230 V und 50 Hz angeschlossen werden. Dazu wird eine Spule mit der Glühlampe in Reihe geschaltet. Die Spule hat die Querschnittsfläche 4 cm^2 und die Länge 10 cm . Sie besitzt einen Eisenkern, wobei das verwendete Eisen die Permeabilitätszahl $\mu_r = 480$ hat. Der hier nicht zu vernachlässigende ohmsche Widerstand der Spule beträgt 22Ω .

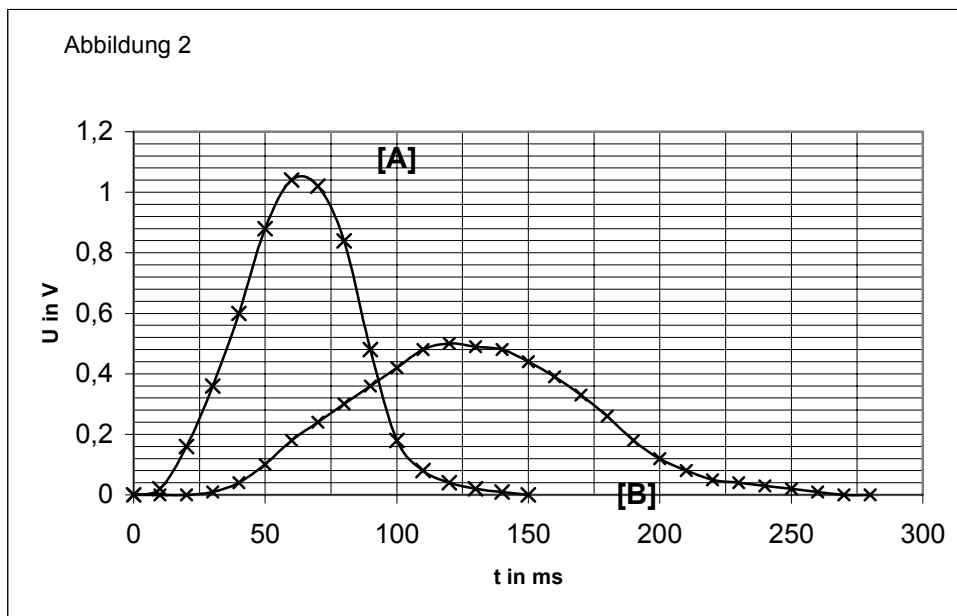
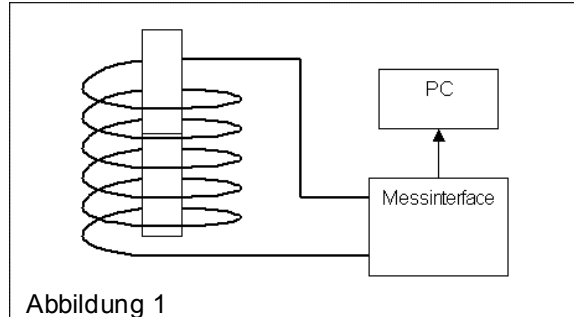
1.3.1 Zeigen Sie durch Rechnung, dass die Induktivität der Spule $L \approx 1,14 \text{ H}$ betragen muss. Wie viele Windungen besitzt die Spule?

1.3.2 Zeichnen Sie das Spannungszeigerdiagramm für den beschriebenen Fall. Legen Sie hierzu einen geeigneten Maßstab fest. Berechnen Sie den Phasenverschiebungswinkel φ .

1.3.3 Was wird passieren, wenn im oben beschriebenen Fall die Wechselspannungsquelle gegen eine Gleichspannungsquelle gleicher Nennspannung ausgetauscht wird? Begründen Sie Ihre Aussage durch eine geeignete Rechnung.

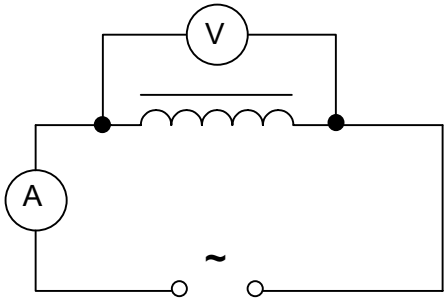
2. Induktionsvorgänge

Gegeben ist eine Luftspule (vgl. Abbildung 1), an deren beiden Enden ein Messinterface angeschlossen ist, das alle 10 ms die anliegende Spannung misst und speichert. In der Mitte der Spule ruht ein Stabmagnet. Er wird in einem Teilversuch (A) schnell, in einem Teilversuch (B) langsam aus der Luftspule entlang der Spulenachse nach oben mit jeweils konstanter Geschwindigkeit heraus gezogen. Für beide Teilversuche wurde der zeitliche Verlauf der Induktionsspannungen nacheinander aufgenommen und in einem Diagramm (siehe Abbildung 2) dargestellt.

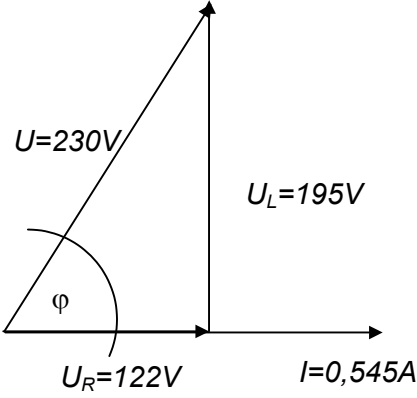


- 2.1 Erklären Sie mithilfe des Induktionsgesetzes das Entstehen einer Induktionsspannung bei diesem Versuch.
- 2.2 Wie erreicht man durch Veränderungen experimenteller Parameter, dass größere Maximalwerte für die Induktionsspannung erzielt werden? Beschreiben Sie drei Änderungen. Begründen Sie Ihre Aussagen.
- 2.3 Welcher der beiden Teilversuche erzeugte den Spannungsverlauf [A] ? Begründen Sie Ihre Aussage.
- 2.4 Ermitteln Sie mithilfe des Diagramms durch ein geeignetes Verfahren für beide Fälle näherungsweise die Änderungen der magnetischen Flüsse $\Delta\Phi_A$ und $\Delta\Phi_B$ und vergleichen Sie beide Werte. Welchen Einfluss hat bei diesem Versuch die Geschwindigkeit v des Stabmagneten auf die Änderung des magnetischen Flusses?

Erwartungshorizont zur Aufgabe I

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
1.1.1	<p>Schaltbild:</p>  <p>Zu messende Größen: Wechselspannung U in V Wechselstrom I in A</p> <p>Gegeben: f = 50Hz</p>	3		
1.1.2	Messwerte: U = 5,8V ; I = 0,0017A (Spule 1600 Windungen und Eisenkern)	4		
1.1.3	$Z = X_L = \frac{U}{I}; X_L = \frac{5,8V}{0,0017A}; X_L = 3410\Omega$ $X_L = 2\pi f \cdot L, L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f}; L \approx \frac{3410\Omega}{2\pi \cdot 50 \frac{1}{s}}; L \approx 10,8H$ $[L] = \frac{[X_L]}{[f]} = \frac{\Omega}{\frac{1}{s}} = \frac{1Vs}{A} = 1H$	2		
1.1.4	<p>Die Genauigkeit der ermittelten Induktivität hängt von der Genauigkeit der beiden gemessenen Größen Stromstärke I und Spannung U sowie von der Genauigkeit der vorgegebenen Frequenz f ab.</p> $I_2 = 0,90 \cdot I = 0,90 \cdot 0,0017A; I_2 \approx 0,00153A$ $L_2 \approx 12,1H$ $ \Delta L = L_2 - L = 1,3H$ $\frac{ \Delta L }{L} = \frac{1,3H}{10,8H} \approx 0,12$	2	1	
			1	
			1	
			2	

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
1.2	$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}; R = 0,1 \cdot Z$ $Z^2 = (0,1 \cdot Z)^2 + X_L^2$ $X_L = Z\sqrt{0,99} \approx 0,995 \cdot Z$ $X_{L,\%} \approx 99,5\%$ <p>Der Anteil des induktiven Widerstandes am Scheinwiderstand Z beträgt ca. 99,5%.</p>			1
1.3.1	$P = U \cdot I; I = \frac{P}{U}; I = \frac{60W}{110V}; I \approx 0,545A$ $Z = \frac{U}{I}; Z = \frac{230V}{0,545A}; Z \approx 422\Omega$ $Z^2 = (R + R_L)^2 + X_L^2$ $R \text{ ohmscher Widerstand der Glühlampe } R = \frac{110V}{0,545A} = 202\Omega$ $R_L \text{ ohmscher Widerstand der Spule}$ $X_L = \sqrt{Z^2 - (R + R_L)^2};$ $X_L = \sqrt{(429 \Omega)^2 - (200 \Omega + 22 \Omega)^2}; X_L = 358\Omega$ $X_L = \omega L; L = \frac{X_L}{2\pi f}; L = \frac{358\Omega}{2\pi \cdot 50 \frac{1}{s}}; L \approx 1,14H$ $L = \frac{\mu_0 \mu \cdot N^2 A}{l};$ $N = \sqrt{\frac{L \cdot l}{\mu_0 \mu \cdot A}}; N = \sqrt{\frac{1,1 \frac{Vs}{A} \cdot 0,1m}{1,26 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am} \cdot 480 \cdot 0,0004m^2}};$ <p>$N \approx 686$ (Windungen)</p>		2 1 1 1 2 2 2	
1.3.2	$U_R = (R_L + R) \cdot I = 224\Omega \cdot 0,545A \approx 122V$ $U_L = X_L \cdot I = 358\Omega \cdot 0,545A \approx 195V$		2 2	

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
	<p>Spannungszeigerdiagramm Maßstab: 1cm bedeutet 0,1A bzw. 40V.</p>  <p>$\tan \varphi = \frac{X_L}{R + R_L} = \frac{358\Omega}{224\Omega} \approx 1,6; \varphi \approx 58^\circ$</p>		1	
			3	
			3	
1.3.3	<p>$R = \frac{110V}{0,545A} = 202\Omega$ (ohmscher Widerstand der Glühlampe)</p> <p>$R_L = 22\Omega$ (ohmscher Widerstand der Spule)</p> <p>$\frac{U_{Gl}}{230V} = \frac{202\Omega}{224\Omega}; U_{Gl} = \frac{202\Omega}{224\Omega} \cdot 230V \approx 207V$</p> <p>Die Glühlampe würde zerstört werden, da eine zu hohe Spannung an ihr abfällt.</p>		2	
			1	
2.1	<p>$U_i = -n \frac{d(B \cdot A)}{dt}$, da sich B beim Herausziehen des Stabmagneten ändert, entsteht eine Induktionsspannung.</p>	2		
2.2	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung der Windungszahl der Spule - schnelleres Herausziehen des Stabmagneten - Verwendung eines Stabmagneten mit größerer magnetischer Flussdichte <p>Begründung: $U_i = -n \frac{d(B \cdot A)}{dt}$</p>	3		
			1	

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
2.3	Die Darstellung [A] gehört zum Teilversuch (1). Der Induktionsvorgang dauert hier laut Diagramm ca.150 ms, im Teilversuch (2) dagegen etwa 275 ms.	2		
2.4	$\Delta\Phi = \Delta U_i \cdot \Delta t$ Der Flächeninhalt, der durch die Kurve $U_i = f(t)$ und die x-Achse begrenzt wird, entspricht der magnetischen Flussänderung $\Delta\Phi$. 1 Flächeneinheit = 0,04 V · 0,025 s = 0,001 Vs Bestimmung der Flächeninhalte: Fläche für Kurve [A]: ca. 55 Flächeneinheiten; $\Delta\Phi_A \approx 0,055Vs$ Fläche für Kurve [B]: ca. 55 Flächeneinheiten; $\Delta\Phi_B \approx 0,055Vs$ $\Delta\Phi_A = \Delta\Phi_B$ Die Geschwindigkeit des Stabmagneten hat bei diesem Versuch keinen Einfluss auf die Änderung des magnetischen Flusses.			1
				2
				1
Summe der Bewertungseinheiten		24	30	6

Aufgabe II

Die folgende Aufgabe ist dem Themenbereich *Erhaltungssätze in der Mechanik* zuzuordnen. Dieser ist in den verbindlichen curricularen Vorgaben für das 1. Schulhalbjahr der Qualifikationsphase beschrieben.

Mechanik

Ein Kleinkalibergewehr hat eine Masse von 7,4 kg. Der Lauf ist 670 mm lang. Das verwendete Bleigeschoss mit der Masse von 5,3 g hat einen Durchmesser von 5,6 mm. Die Form des Geschosses ist angenähert ein gerader Kreiskegel.

Im Lauf der Waffe sind so genannte Züge eingearbeitet, die dem Geschoss eine Drehbewegung (Drall) verleihen, sodass dieses bis zum Verlassen des Laufes drei Umdrehungen gemacht hat. Das Geschoss verlässt den Lauf mit einer Translationsgeschwindigkeit von $273 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

1. Grundbegriffe

Zur Beschreibung von Bewegungen benutzt man die Modelle „Massepunkt“ und „Starrer Körper“ sowie die Begriffe Kraftstoß und Impuls. Erläutern Sie diese Begriffe.

2. Bewegung des Geschosses

2.1 Wie lange befindet sich das Geschoss im Lauf der Waffe, wenn man annimmt, dass das Projektil bis zum Verlassen des Laufes gleichmäßig beschleunigt wird. Welche Zeit vergeht vom Auslösen des Schusses bis zum Einschlag auf die 50 m entfernte Scheibe?

2.2 Ermitteln Sie die mittlere Kraft und den Kraftstoß beim Beschleunigen, sowie den Impuls des Geschosses beim Verlassen des Laufes ohne Berücksichtigung der Rotation.

2.3 Begründen Sie, weshalb die Flugbahn des Geschosses in der Praxis eine Wurfparabel ist. Leiten Sie das Gesetz $y(x) = x \cdot \tan\alpha - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cdot \cos^2\alpha}$ her.

2.4 Ermitteln Sie, um wie viel Zentimeter der Schütze das Zentrum der Scheibe verfehlt, wenn er die Waffe nicht nach oben neigt, also die Visiereinrichtung nicht einstellt. (Annahme: Lauf und Scheibe befinden sich in gleicher Höhe.)

2.5 Welchen Einfluss hat der Drall des Geschosses auf die Flugbahn?

3. Energie des Geschosses

Ermitteln Sie die Gesamtenergie des Geschosses und geben Sie den Anteil der Rotationsenergie in Prozent an.

(Das Trägheitsmoment eines geraden Kreiskegels beträgt $J = \frac{3}{10} mr^2$.)

4. Zur experimentellen Bestimmung von Geschossgeschwindigkeiten verwendet man ein „ballistisches Pendel“. Beschreiben Sie die Vorgehensweise bei einem solchen Experiment. Ermitteln Sie, um welchen Winkel ein Sandsack mit einer Masse von 5,7 kg an einer 3,5 m langen Aufhängung ausgelenkt wird, wenn das Geschoss der Kleinkaliberwaffe gerade und zentral auf den Sandsack trifft.

Erwartungshorizont zur Aufgabe II

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
1	<p>Massepunkt: Die Masse eines Körpers in Punkt vereinigt.</p> <p>Starrer Körper: Der Abstand der Masselemente ist konstant.</p> <p>Kraftstoß: eine von der Kraft und Einwirkdauer abhängige vektorielle Prozessgröße.</p> <p>Impuls: eine von der Masse und der Geschwindigkeit abhängige vektorielle Zustandsgröße.</p>	1		
2.1	$t_b = \frac{2 \cdot s_1}{v} = 4,91 \text{ ms} \quad \text{oder}$ $v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s_1} \quad a = \frac{v^2}{2 \cdot s_1} = 55600 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad t_b = \frac{v}{a} = 4,91 \text{ ms}$ $t_s = \frac{s_2}{v} \quad t_s = 183 \text{ ms} \quad t_{\text{ges}} = t_s + t_b \approx 188 \text{ ms}$	1		
2.2	$F = m \cdot a \quad F = 0,0053 \text{ kg} \cdot 55600 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 295 \text{ N}$ $F \cdot \Delta t = \Delta p \quad F \cdot \Delta t = 295 \text{ N} \cdot 0,00491 \text{ s} = 1,45 \text{ Ns}$ $p = 1,45 \text{ Ns}$	1	1	
2.3	<p>Überlagerung von</p> <ul style="list-style-type: none"> - geradlinig gleichförmiger Bewegung mit v_0 - Freier Fall $x = v_{0x} \cdot t \quad \text{und} \quad y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad \text{mit} \quad v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha \quad \text{und}$ $v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$ $x = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$ $y = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad \text{mit} \quad t = \frac{x}{v_0 \cdot \cos \alpha}$ $y = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{x}{v_0 \cdot \cos \alpha} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$ $y = \tan \alpha \cdot x - \frac{g}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot x^2$		1	
2.4	<p>Abweichung:</p> $\Delta h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad \text{mit} \quad t = \frac{s_2}{v_0} \quad \Delta h = 16,5 \text{ cm}$		3	

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
2.5	Lage des Geschosses auf der Flugbahn bleibt wegen der Drehimpulserhaltung ($\vec{L} = \text{konst.}$) konstant (Zielsicherheit).		2	
3.	$E_{\text{ges}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{rot}} \quad \text{mit} \quad E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2; E_{\text{rot}} = \frac{1}{2}J\omega^2; J = \frac{3}{10}mr^2;$ $\omega = \frac{2\sigma}{t}$ $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot 0,0053\text{kg} \cdot \left(273 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 198 \text{ J}$ $E_{\text{rot}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{10} mr^2 \left(\frac{2\sigma}{t}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{10} \cdot 0,0053\text{kg} \cdot (0,0028\text{m})^2 \left(\frac{2 \cdot 2\pi \cdot 3}{0,0049\text{s}}\right)^2$ $= 0,37 \text{ J}$ $E_{\text{ges}} = 198,37 \text{ J}$ $E_{\text{rot}} = 0,37 \text{ J} \text{ das sind } 0,187 \%$		4	
4.	<p>Ballistisches Pendel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geschoss mit Geschwindigkeit v_0 wird auf den Sandsack $v = 0$ geschossen - Ermitteln der Höhe des Sandsackes aus der Auslenkung - Bestimmen der Geschwindigkeit u des Sandsackes - Berechnen der Geschwindigkeit v_0 des Geschosses. $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \quad \Rightarrow \quad u = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ $\cos \alpha = \frac{l-h}{l} \quad \Rightarrow \quad h = l \cdot (1 - \cos \alpha)$ $m_G \cdot v_G = (m_S + m_G) \cdot u$ $\Rightarrow u = \frac{m_G \cdot v_G}{m_S + m_G} \Rightarrow \sqrt{2 \cdot g \cdot l \cdot (1 - \cos \alpha)} = \frac{m_G \cdot v_G}{m_S + m_G}$ $\cos \alpha = 1 - \frac{(m_G \cdot v_G)^2}{l \cdot 2 \cdot g \cdot (m_S + m_G)^2}$ $\cos \alpha = 1 - \frac{(0,0053 \text{ kg} \cdot 273 \text{ ms}^{-1})^2}{3,5 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ ms}^{-1} \cdot (5,7 \text{ kg} + 0,0053 \text{ kg})^2}$ $\cos \alpha = 0,999 \quad \Rightarrow \quad \alpha = 2,56^\circ$	4		3
Summe der Bewertungseinheiten		12	15	3

Aufgabe III

Die folgende Aufgabe ist dem Themenbereich *Atomphysik* zuzuordnen. Dieser ist in den verbindlichen curricularen Vorgaben für das 3. Schulhalbjahr der Qualifikationsphase beschrieben.

Atomphysik

Licht mit einer Wellenlänge von 436 nm und 673 nm trifft einmal auf ein optisches Gitter mit 125 Spalten pro Millimeter und einmal auf eine Fotozelle mit einer Bariumschicht. Bei diesen genannten Vorgängen beobachtet man:

- (A) ein Interferenzmuster auf einem 2,3 m entfernten Schirm,
- (B) einen Fotostrom bei der bestrahlten Fotozelle von 12,4 nA und
- (C) keinen Fotostrom bei der bestrahlten Fotozelle.

1. Erklären Sie die drei o. g. Vorgänge und begründen Sie, weshalb die Untersuchung des äußeren lichtelektrischen Effektes zur Entwicklung einer neuen Modellvorstellung des Lichtes führte.
2. Bei Verwendung des Gitters (Vorgang A) misst man den Abstand der Maxima 1. Ordnung einmal 25,1 cm und einmal 38,8 cm voneinander. Ermitteln Sie durch Berechnung, welcher Abstand der Maxima 1. Ordnung für welche der beiden Wellenlängen infrage kommt.
3. Zur Bestimmung des planckschen Wirkungsquantums verwendet man beispielsweise die so genannte „Gegenfeldmethode“.
 - 3.1 Geben Sie mit einer beschrifteten Skizze den Aufbau dieses Experimentes an und nennen Sie die physikalischen Grundlagen.
 - 3.2 Stellen Sie die Einsteingeraden für Fotozellen mit einer Barium- und einer Cäsiumschicht grafisch dar. Interpretieren Sie diese Geraden und begründen Sie deren Verlauf.
 - 3.3 Zur Bestimmung des planckschen Wirkungsquantums wird eine Fotozelle mit einer unbekanntem Fotoschicht nacheinander mit monochromatischem Licht von 405 nm und 436 nm bestrahlt und es werden Gegenspannungen von 1,13 V und 0,91 V gemessen. Ermitteln Sie aus diesen Messwerten das plancksche Wirkungsquantum und das Material der Fotoschicht.
 - 3.4 Welcher Fotostrom ist bei einer Fotozelle ohne Gegenspannung zu erwarten, wenn auf diese bei einer angenommenen realen Quantenausbeute von ca. 10^{-9} violettes Licht mit der Wellenlänge von 405 nm und der Leistung von 35 Watt trifft?
4. Zwei unterschiedliche Fotozellen werden nacheinander mit Licht der Wellenlänge $\lambda = 400$ nm bestrahlt. Die erste Zelle hat eine Cäsiumschicht. Die Geschwindigkeiten der schnellsten Photoelektronen verhalten sich wie $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{2}$. Aus welchem Material besteht die zweite Fotokathode?

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
3.1	<p>Die Fotozelle wird mit Licht verschiedener Frequenzen bestrahlt und die Gegenspannung so eingestellt, dass der Fotostrom gerade null wird. Die Spannung ist proportional der Energie der schnellsten herausgelösten Elektronen. Jeder Frequenz kann eine Energie zugeordnet werden. Aus der Frequenz-Energie-Beziehung lässt sich h berechnen. $h \cdot f = E_{\text{kin}} + W_A$</p>	4		
	4			
3.2	<p>Größen: Frequenz des eingestrahlteten Lichtes, Energie der schnellsten Fotoelektronen</p> <p>Zusammenhang: lineare Abhängigkeit nach $E = hf - W_A$</p> <p>Bedingung: monochromatisches Licht</p> <p> $f_G = 4,69 \cdot 10^{14} \text{ Hz (Cäsium)}$ $f_G = 6,09 \cdot 10^{14} \text{ Hz (Barium)}$ $W_A = 1,94 \text{ eV (Cäsium)}$ $W_A = 2,52 \text{ eV (Barium)}$ </p> <p>Parallelität: Anstieg ist „h“</p>		3	
			1	
				1

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
3.3	<p>Es gilt: $h \cdot f_1 = e \cdot U_1 + W_A$ und $h \cdot f_2 = e \cdot U_2 + W_A$</p> $h = \frac{e \cdot (U_2 - U_1)}{f_2 - f_1} \quad h = \frac{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot (1,13\text{V} - 0,91\text{V})}{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} \left(\frac{1}{405 \cdot 10^{-9} \text{ m}} - \frac{1}{436 \cdot 10^{-9} \text{ m}} \right)}$ $h = 6,69 \cdot 10^{-34} \text{ Js}^2$ <p>$W_A = h \cdot f - e \cdot U$</p> $W_A = 6,69 \cdot 10^{-34} \text{ Js}^2 \cdot 6,88 \cdot 10^{14} \text{ Hz} - 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 0,91 \text{ V}$ $= 3,14 \cdot 10^{-19} \text{ Js}$ $= 1,96 \text{ eV} \Rightarrow \text{Cäsium}$		2	
3.4	$E = P \cdot t \quad E_{\text{Ph}} = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad I = \frac{n \cdot e}{t} \quad I = \frac{P \cdot t \cdot \lambda \cdot e}{h \cdot c \cdot t} \cdot 10^{-9} \quad I = 11,4 \text{ nA}$		2	
4.	<p>Cäsium: $W_A = 1,94 \text{ eV}$; $\lambda = 400 \text{ nm}$</p> $h \cdot f = \frac{1}{2} m v_1^2 + W_{A1} \quad \text{und} \quad h \cdot f = \frac{1}{2} m v_2^2 + W_{A2}$ $\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{h \cdot f - W_{A1}}{h \cdot f - W_{A2}} \Rightarrow \frac{h \cdot f - W_{A1}}{h \cdot f - W_{A2}} = 2 \Rightarrow W_{A2} = \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda} + W_{A1}}{2}$ $W_{A2} = 2,52 \text{ eV} \Rightarrow \text{Barium}$			3
Summe der Bewertungseinheiten		12	15	3

Vorschlag 2

Aufgabe I

Die folgende Aufgabe ist dem Themenbereich *Atomphysik* zuzuordnen. Dieser ist in den verbindlichen curricularen Vorgaben für das 3. Schulhalbjahr der Qualifikationsphase beschrieben.

Spektren und bohrsches Atommodell

1. Temperaturstrahler

- 1.1 Weisen Sie mit einem Diagramm und rechnerisch die direkte Proportionalität zwischen der Strahlungsleistung und der Abstrahlfläche des Körpers bei sonst gleichen Bedingungen mit den Materialien der Tabelle 1 (für eine Strahlertemperatur) nach.
- 1.2 Zeigen Sie an einem Beispiel mit Werten aus der Tabelle 1 unter Angabe des prozentualen Fehlers, unter welchen Bedingungen die Gleichung (2) als ausreichende Näherung zu den Ergebnissen der Gleichung (1) betrachtet werden kann.
- 1.3 Ermitteln Sie die Emissionskoeffizienten der drei Körper aus Tabelle 2.
- 1.4 Stellen Sie den Zusammenhang zwischen der Frequenz maximaler partieller Strahlungsleistung und der Strahlertemperatur mit den Materialien der Tabelle 3 grafisch dar und geben Sie eine Gleichung für diesen Zusammenhang an.
- 1.5 Treiberameisen (*Formicoidea/Eciton*) sind gefürchtete Wanderameisen, die bei Rast ihre Brut in kugelförmigen Nestern hüten. Die Nester werden durch Arbeiterinnen gebildet. Die Brut benötigt eine nahezu konstante Temperatur von 34 °C , das Nest habe einen Durchmesser von 15 cm und ε beträgt $0,7$. Alle anderen Arten der Wärmeübertragung (außer der Abstrahlung zur Temperaturkonstanz) seien vernachlässigbar. Die Umgebungstemperatur sinkt von 25 °C auf 15 °C . Welche Durchmesseränderung realisieren die Arbeiterinnen dann zur Wahrung einer konstanten Abstrahlleistung und damit einer konstanten Innentemperatur?

2. Bohrsches Atommodell

- 2.1 Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Rydberg-Frequenz, dem planckschen Wirkungsquantum und der Ionisationsenergie des atomaren Wasserstoffs? Überprüfen Sie Ihre Beziehung auch rechnerisch.
- 2.2 Leiten Sie mit dem Kraftansatz und dem 1. bohrschen Postulat eine Gleichung für den Radius r_n des Elektrons auf der Bahn n her. Die Gleichung soll nicht die Geschwindigkeit des Elektrons enthalten. Die Geschwindigkeit auf der ersten Bahn beträgt ca. $2,19 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Berechnen Sie die Umlaufdauer T auf der ersten Bahn. Wie verändert sich die Umlaufdauer T mit wachsender Hauptquantenzahl n qualitativ? Begründen Sie.
- 2.3 Die Energie des Elektrons auf der Bahn n berechnet sich aus $E_n = -13,6\text{eV} \cdot \frac{1}{n^2}$.
- 2.3.1 Berechnen Sie die Energien auf den ersten vier Bahnen.
- 2.3.2 Zeichnen Sie das Energieniveauschema bis $n = 4$.

2.3.3 Untersuchen Sie für diesen Teil des Energieniveauschemas, wie viele Varianten von Übergängen möglich sind, die zur Emission von UV-Licht führen. Diese Varianten sollen zu unterschiedlichen Hauptquantenzahlen n gehören.

Material zur Aufgabe I

Das Spektrum der Temperaturstrahler

Am Ende des 19. Jahrhunderts versuchte man, die Emission der Temperaturstrahler quantitativ zu erfassen. Die Strahlungsleistung Φ war unter anderem von der Oberflächenbeschaffenheit des Körpers abhängig. Für einen so genannten schwarzen Körper definierte man einen Emissionskoeffizienten $\varepsilon = 1$. Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt weitere Abhängigkeiten der Strahlungsleistung:

Tabelle 1

Die Angaben sind Strahlungsleistungen Φ für einen schwarzen Körper bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C:					
A in cm ²	T in K				
	600	800	1000	1200	1400
10	7 W	23 W	56 W	117 W	217 W
20	14 W	46 W	113 W	234 W	435 W
30	21 W	68 W	169 W	351 W	652 W
40	28 W	91 W	225 W	469 W	870 W

Die nachfolgende Tabelle 2 beinhaltet experimentelle Resultate unter Berücksichtigung unterschiedlicher Oberflächenbeschaffenheiten:

Tabelle 2

Die Angaben sind Strahlungsleistungen Φ für Körper bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C, einer Abstrahlfläche von 40 cm ² und einer Strahlertemperatur von 1400 K:		
522 W	696 W	870 W

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in folgenden Gleichungen zusammengefasst:

$$(1) \quad \Phi = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T^4 - T_U^4)$$

$$(2) \quad \Phi = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

mit $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$.

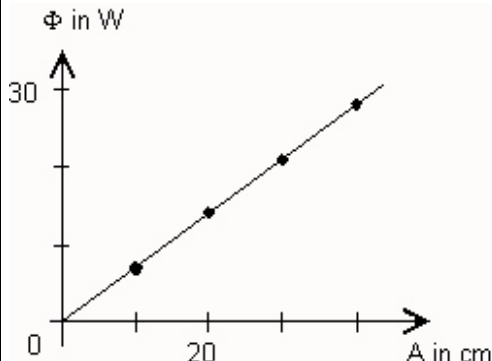
Das kontinuierliche Spektrum ist über die beteiligten Wellenlängen nicht gleich verteilt, vielmehr gibt es ein partielles Strahlungsmaximum. Die nachfolgende Tabelle 3 zeigt den Zusammenhang zwischen der Strahlertemperatur und der Wellenlänge dieses Maximums:

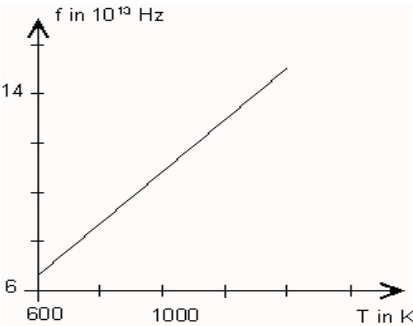
Tabelle 3

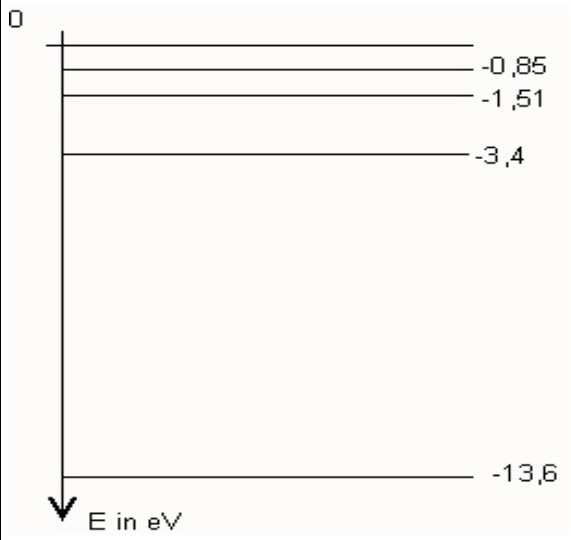
T in K	600	800	1000	1200	1400
λ_{MAX} in μm	4,83	3,63	2,90	2,42	2,07

Die Werte gelten für einen schwarzen Körper.

Erwartungshorizont zur Aufgabe I

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
1.1	<p>Dazu werden Wertepaare für eine Strahlertemperatur von (z. B.) $T = 600 \text{ K}$ ausgewählt und in einem Diagramm dargestellt:</p>  <p>Die Abbildung zeigt eine direkte Proportionalität.</p> <p>Rechnerisch: Für alle Wertepaare ist der Quotient $\frac{\Phi}{A} = 7000 \text{ Wm}^{-2}$ konstant.</p>	1		
		2		
1.2	<p>Je größer die Differenz zwischen Strahler- und Umgebungstemperatur, desto kleiner ist der Fehler.</p> <p>Nachweis am geeigneten Beispiel ($A = 10 \text{ cm}^2$).</p> <p>Strahlertemperatur 600 K:</p> <p>Nach Gleichung (2) folgt $\Phi_2 = 7,35 \text{ W}$.</p> <p>Der Fehler beträgt demnach $\frac{0,35}{7} \cdot 100\% = 5\%$.</p> <p>Strahlertemperatur 1400 K:</p> <p>Nach Gleichung (2) folgt $\Phi_2 = 218 \text{ W}$.</p> <p>Der Fehler beträgt demnach $\frac{1}{217} \cdot 100\% = 0,461\%$.</p>	1		
			6	
1.3	<p>Bis auf den Emissionskoeffizienten sind die Bedingungen der Tabelle 2 gleich denen der Tabelle 1. Damit ist der dritte Körper der schwarze Körper mit $\varepsilon = 1$. Aus den entsprechenden Verhältnissen der Strahlungsleistungen folgt für den ersten Körper $\varepsilon = 0,6$ und für den zweiten $\varepsilon = 0,8$.</p>		5	

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche														
		I	II	III												
1.4	<p>Die Wertepaare mit $f_{\text{MAX}} = f(T)$ sind:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 2px;">T in K</td> <td style="padding: 2px;">600</td> <td style="padding: 2px;">800</td> <td style="padding: 2px;">1000</td> <td style="padding: 2px;">1200</td> <td style="padding: 2px;">1400</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">f_{MAX} in 10^{13} Hz</td> <td style="padding: 2px;">6,21</td> <td style="padding: 2px;">8,26</td> <td style="padding: 2px;">10,34</td> <td style="padding: 2px;">12,40</td> <td style="padding: 2px;">14,49</td> </tr> </table> <p>Es gilt $\frac{f_{\text{MAX}}}{T} = \text{konst.} = 1,03 \cdot 10^{11} \frac{\text{Hz}}{\text{K}}$, also ist die gesuchte Gleichung: $f_{\text{MAX}} = 1,03 \cdot 10^{11} \frac{\text{Hz}}{\text{K}} \cdot T$.</p> <p>Diagramm:</p>  <p>(Reihenfolge Diagramm/Gleichung beliebig)</p>	T in K	600	800	1000	1200	1400	f_{MAX} in 10^{13} Hz	6,21	8,26	10,34	12,40	14,49	3		
T in K	600	800	1000	1200	1400											
f_{MAX} in 10^{13} Hz	6,21	8,26	10,34	12,40	14,49											
1.5	<p>Es gilt $\Phi_{25} = \Phi_{15}$, also $\varepsilon\sigma A_{25}(T^4 - T_{U/25}^4) = \varepsilon\sigma A_{15}(T^4 - T_{U/15}^4)$.</p> <p>Wegen $A \sim d^2$ folgt: $\frac{d_{15}^2}{d_{25}^2} = \frac{T^4 - T_{U/25}^4}{T^4 - T_{U/15}^4} = \frac{307^4 - 298^4}{307^4 - 288^4} = 0,498$.</p> <p>Damit ist $d_{15} = \sqrt{0,498} \cdot 15\text{cm} = 10,6\text{cm}$.</p> <p>Die notwendige Durchmessererringerung beträgt 4,4 cm.</p>			6												
2.1	<p>$E = h \cdot R_f = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{Ws}^2 \cdot 3,29 \cdot 10^{15} \text{Hz} = 13,6 \text{eV}$.</p>	3														
2.2	<p>Kraftansatz:</p> <p>$F_C = F_R$, daraus folgt $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r_n^2} = \frac{mv_n^2}{r_n}$.</p> <p>1. Postulat:</p> <p>$L = J\omega = mr_n^2 \frac{v_n}{r_n} = n \cdot \frac{h}{2\pi}$ (oder äquivalent).</p> <p>Durch (z. B.) jeweilige Umformung nach v^2 und Gleichsetzen folgt:</p> <p>$r_n = \frac{h^2 \varepsilon_0}{\pi m e^2} \cdot n^2$.</p>		7													

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
	$T = \frac{u}{v} = \frac{2\pi r}{v}$ <p>Mit $r = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ aus obiger Beziehung folgt</p> $T = T = 1,51 \cdot 10^{-16} \text{ s}.$ <p>Die Umlaufdauer wird mit wachsendem n größer, da r wächst und v sinkt (erkennbar an der Herleitung für den Radius).</p>		6	
2.3.1	$E_1 = -13,6 \text{ eV}$ $E_2 = -3,4 \text{ eV}$ $E_3 = -1,51 \text{ eV}$ $E_4 = -0,85 \text{ eV}$.	3		
2.3.2	 <p style="text-align: center;">E in eV</p>	3		
2.3.3	<p>Emission von UV-Licht erfolgt bei der Rückkehr zur 1. Bahn ($n = 1$) oder teilweise zur 2. Bahn ($n = 2$). Die in diesem Teil des Diagramms dargestellten Übergänge zu $n = 2$ bieten als höchste Energiedifferenz $3,4 - 0,85 \text{ eV}$. Diese entspricht sichtbarem Licht ($6,17 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$). Der zweite Übergang ist noch energieärmer.</p> <p>Damit gibt es nur eine Übergangsmöglichkeit ($n = 1$).</p>		6	
Summe der Bewertungseinheiten		24	30	6

Aufgabe II

Die folgende Aufgabe ist dem Themenbereich *Thermodynamik* zuzuordnen. Dieser ist in den verbindlichen curricularen Vorgaben für das 1. Schulhalbjahr der Qualifikationsphase beschrieben.

Kalorimetrie

In einem Experiment soll die spezifische Erstarrungswärme q_s von Lötzinn bestimmt werden.

Dazu wird mit einem LötKolben Lötzinn der Masse m_{Sn} zum Schmelzen gebracht. Das flüssige Lötzinn tropft vom LötKolben direkt in das mit 100 g Wasser der Temperatur ϑ_W gefüllte Kalorimeter. Es gilt: $\vartheta_W = \vartheta_K$ (ϑ_K ... Temperatur des Kalorimeters).

Die Mischungstemperatur ϑ_m wird gemessen. Man setzt voraus, dass die Schmelztemperatur ϑ_s des Lötzinns gleich seiner Anfangstemperatur ist.

Die Masse des erstarrten Lötzinns m_{Sn} wird mit einer Präzisionswaage bestimmt.

Die Wärmekapazität K des gegebenen Kalorimeters wurde in einem Vorversuch ermittelt und beträgt $K = 0,09 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$.

1. Beschreiben Sie eine Möglichkeit, die Wärmekapazität K des Kalorimeters experimentell zu bestimmen. Leiten Sie über die Energiebilanz eine Gleichung zur Berechnung der Wärmekapazität K her.
2. Stellen Sie für den oben beschriebenen Vorgang zur Ermittlung der spezifischen Erstarrungswärme q_s von Lötzinn eine Energiebilanz auf. Leiten Sie aus der Energiebilanz die Gleichung

$$q_s = - \left[\frac{(c_W \cdot m_W + K) \cdot (\vartheta_m - \vartheta_K) + c_{Sn} \cdot m_{Sn} \cdot (\vartheta_m - \vartheta_{Sn})}{m_{Sn}} \right] \text{ her.}$$

Es gilt: $\Delta\vartheta = \Delta T$.

3. Bei der Durchführung des Versuches wurden folgende Messwerte ermittelt:

m_W in kg	m_{Sn} in kg	ϑ_m in °C	ϑ_K in °C
0,100	0,0035	24,6	23,8

Übernehmen Sie die Tabelle und ergänzen Sie alle fehlenden Größen.
Berechnen Sie q_s , begründen Sie das Vorzeichen.

4. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem Wert der spezifischen Schmelzwärme q_s aus dem Tafelwerk. Geben Sie Ursachen für Abweichungen an.
5. Unterbreiten Sie Vorschläge, wie die Genauigkeit des Messwertes erhöht werden kann.

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche																										
		I	II	III																								
3.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <td style="padding: 2px;">m_w</td> <td style="padding: 2px;">m_{sn}</td> <td style="padding: 2px;">ϑ_m</td> <td style="padding: 2px;">ϑ_K</td> <td style="padding: 2px;">K</td> <td style="padding: 2px;">c_{sn}</td> <td style="padding: 2px;">c_w</td> <td style="padding: 2px;">ϑ_s</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">in kg</td> <td style="padding: 2px;">in kg</td> <td style="padding: 2px;">in °C</td> <td style="padding: 2px;">in °C</td> <td style="padding: 2px;">in $\frac{kJ}{K}$</td> <td style="padding: 2px;">in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$</td> <td style="padding: 2px;">in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$</td> <td style="padding: 2px;">in °C</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">0,100</td> <td style="padding: 2px;">0,0035</td> <td style="padding: 2px;">24,6</td> <td style="padding: 2px;">23,8</td> <td style="padding: 2px;">0,09</td> <td style="padding: 2px;">0,23</td> <td style="padding: 2px;">4,19</td> <td style="padding: 2px;">232</td> </tr> </table> $q_s = - \left[\frac{(4,19 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 0,100kg + 0,09 \frac{kJ}{K}) \cdot 0,8K + 0,23 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 0,0035kg \cdot (-207,4K)}{0,0035kg} \right]$ $q_s = -69,6 \frac{kJ}{kg}$ <p>Einheitenbetrachtung:</p> $[q_s] = \frac{\frac{1kJ}{kg \cdot K} \cdot kg \cdot K + \frac{1kJ}{K} \cdot K + \frac{1kJ}{kg \cdot K} \cdot kg \cdot K}{kg} = \frac{1kJ}{kg}$ <p>Das Vorzeichen ist negativ, da die Erstarrungswärme vom Zinn abgegeben wird.</p>	m_w	m_{sn}	ϑ_m	ϑ_K	K	c_{sn}	c_w	ϑ_s	in kg	in kg	in °C	in °C	in $\frac{kJ}{K}$	in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$	in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$	in °C	0,100	0,0035	24,6	23,8	0,09	0,23	4,19	232	4	3	1
m_w	m_{sn}	ϑ_m	ϑ_K	K	c_{sn}	c_w	ϑ_s																					
in kg	in kg	in °C	in °C	in $\frac{kJ}{K}$	in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$	in $\frac{kJ}{kg \cdot K}$	in °C																					
0,100	0,0035	24,6	23,8	0,09	0,23	4,19	232																					
4.	<p>Vergleich:</p> <p>Der Tabellenwert für die Schmelzwärme = Erstarrungswärme von Zinn beträgt $q_s = 59 \frac{kJ}{kg}$.</p> <p>$q_s \text{ Experiment} > q_s \text{ Tafelwerk}$</p> <p>Ursachen für die Abweichung können u. a. sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Messfehler - Ungenauigkeit der Wärmekapazität. - Das flüssige Metall kann beim Eintauchen geringe Mengen Wasser verdampfen. 	2	1	1 2																								
5.	<p>Z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Temperaturen sind mit einem Laborthermometer (Einteilung $\frac{1}{10}K$) zu messen. - Da die Wärmekapazität des Kalorimeters vom Füllstand abhängt, ist eine Angabe über den Füllstand notwendig. - Handelsübliches Lötzinn enthält noch Bleizusätze, man müsste „reines“ Zinn verwenden. - Der Weg des Zinns vom LötKolben in das Kalorimeter ist zu verkürzen, da hier schon eine Abkühlung erfolgt. 			3																								
Summe der Bewertungseinheiten		12	15	3																								

Aufgabe III

Die folgende Aufgabe ist den Themenbereichen *Elektrodynamik* und *Atomphysik* zuzuordnen. Diese sind in den verbindlichen curricularen Vorgaben für das 2. und 3. Schulhalbjahr der Qualifikationsphase beschrieben.

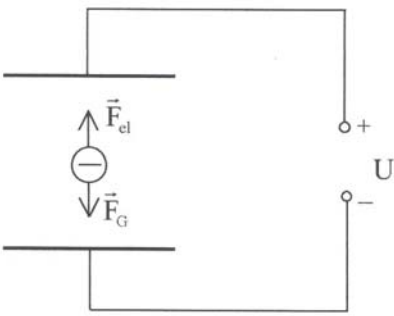
Bestimmung der Elementarladung

1. Bei einem Experiment nach Millikan schwebt im homogenen Feld eines luftgefüllten, horizontal gelagerten Plattenkondensators mit einem Plattenabstand von $d = 0,5 \text{ cm}$ ein kugelförmiges Öltröpfchen mit dem Radius von $r = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$. Das Öltröpfchen trägt vier Elementarladungen, die Dichte des Öls beträgt $\rho = 950 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Die Auftriebskraft in Luft ist zu vernachlässigen.

- 1.1 Skizzieren Sie die Versuchsanordnung und tragen Sie die auftretenden Kräfte sowie die zugehörige Polung der Kondensatorspannung für ein negativ geladenes Öltröpfchen ein.
- 1.2. Leiten Sie für den Schwebefall eine Gleichung allgemein her, mit der aus den gegebenen Größen die notwendige Spannung berechnet werden kann. Wie groß muss die Kondensatorspannung sein, damit das Tröpfchen schwebt? Welche Probleme ergeben sich bei der Schwebemethode?
- 1.3 Begründen Sie, ob sich das Schweben eines geladenen Öltröpfchens auch mit einem homogenen Magnetfeld erreichen lässt.
2. In einem weiteren Experiment fällt im Millikan-Kondensator ein negativ geladenes Öltröpfchen der Masse $m = 4,9 \cdot 10^{-12} \text{ g}$ ohne elektrisches Feld infolge der Luftreibungskraft $F_R = 6\pi\eta rv$ mit der konstanten Geschwindigkeit v_1 (η - Zähigkeit der Luft). Nach dem Einschalten eines homogenen elektrischen Feldes fällt das Tröpfchen mit der konstanten Geschwindigkeit $v_2 = 0,4 v_1$. Die Feldstärke beträgt $E = 6,0 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ und hat dieselbe Richtung wie die Gravitationsfeldstärke.
- 2.1 Leiten Sie die Gleichung $Q = \frac{0,6 \text{ mg}}{E}$ her.
- 2.2 Berechnen Sie die Ladung des Öltröpfchens. Wie viele Elementarladungen trägt es?
- 2.3 Worin besteht die historische Bedeutung des Millikan-Experimentes?

Erwartungshorizont zur Aufgabe III

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
1.1		4		
1.2	<p>Im Schwebезustand wirkt die elektrische Feldkraft der Gewichtskraft entgegen. Die Beträge der Kräfte sind gleich:</p> $F_{el} = F_G$ $Q E = m g, \text{ mit } E = \frac{U}{d}$ $Q \frac{U}{d} = m g \text{ und } m = \frac{4}{3} r^3 \pi \rho$ $U = \frac{4}{3} r^3 \pi \rho \frac{g d}{Q}$ $U = \frac{4 \cdot 10^{-18} \text{ m}^3 \cdot \pi \cdot 950 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot 0,005 \text{ m}}{3 \cdot 4 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^2} = 305 \text{ V}$ <p>Probleme bei der Schwebemethode:</p> <p>Z. B. Die brownische Bewegung erschwert die Einstellung des Schwebезustandes.</p> <p>Der Durchmesser des Tröpfchens ist mit dem Mikroskop zu bestimmen. Dabei tritt Beugung auf, die die Messung erschwert.</p>		4	
1.3	<p>Eine Kraft auf ein ruhendes, d. h. schwebendes, geladenes Teilchen im homogenen Magnetfeld tritt nicht auf. Die Lorentzkraft wirkt nur auf bewegte Ladungen.</p>	2		

Aufgabe	Erwartete Teilleistungen	Anforderungsbereiche		
		I	II	III
2.1	<p>Sinken des Tröpfchens ohne elektrisches Feld: Die Beträge der Reibungskraft und der Gewichtskraft sind gleich:</p> $F_R = F_G$ $6\pi\eta r v_1 = m g \quad \text{folgt } r = \frac{m \cdot g}{6\pi\eta v_1}$ <p>Sinken des Tröpfchens mit elektrischem Feld:</p> <p>Die Richtung der elektrischen Feldkraft und die Richtung der Reibungskraft sind bei diesen Voraussetzungen gleich, beide wirken nach oben. Es gilt:</p> $F_R + F_{el} = F_G$ $6\pi\eta r v_2 + Q E = m g \quad \text{durch das Einsetzen von } r \rightarrow$ $\frac{6\pi\eta m g v_2}{6\pi\eta v_1} + Q E = m g; \quad \text{wegen } \frac{v_2}{v_1} = 0,4 \text{ folgt}$ $m g - 0,4 m g = Q \cdot E$ $Q = \frac{0,6 m g}{E}$		2	
			3	
				3
2.2	$Q = \frac{0,6 m g}{E}$ $Q = \frac{0,6 \cdot 4,9 \cdot 10^{-15} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot 9,81 \text{ m}}{6 \cdot 10^4 \text{ Vs}^2} = 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ <p>Einheitenbetrachtung:</p> $[Q] = \frac{1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{\text{V} \cdot \text{s}^2} = \frac{1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^3 \cdot \text{A}}{1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^2} = 1 \text{ As} = 1 \text{ C}$ <p>Das Öltröpfchen trägt eine dreifache Elementarladung.</p>		2	
			1	
			1	
2.3	Es wurde erstmalig die Elementarladung e bestimmt und gezeigt, dass Ladungen nur als Vielfache der Elementarladung vorkommen.	2		
Summe der Bewertungseinheiten		12	15	3

2 Korrektur- und Bewertungshinweise

Anforderungsbereiche und Bewertungseinheiten

Die Bewertungseinheiten und die dazugehörigen Bewertungspunkte sind quantitativ so gewählt, dass

- ohne Bewertungseinheiten aus dem Anforderungsbereich (AFB) II oder III eine Gesamtleistung von mehr als 4 Punkten (4-) nicht möglich ist,
- ohne Bewertungseinheiten aus dem AFB III mehr als 12 Punkte (2+) nicht möglich sind.

Für die Ermittlung der Abiturleistung aus den Rohpunkten kommt im Grund- und Leistungskurs folgende Tabelle zur Anwendung:

Bewertungseinheiten (Rohpunkte)	Bewertungseinheiten (Prozente)	Note	Punkte
89-90	ab 98	1 +	15
86-88	ab 95	1	14
82-85	ab 91	1 -	13
78-81	ab 86	2 +	12
74-77	ab 82	2	11
69-73	ab 76	2 -	10
65-68	ab 72	3 +	9
59-64	ab 65	3	8
54-58	ab 60	3 -	7
49-53	ab 54	4 +	6
43-48	ab 47	4	5
36-42	ab 40	4 -	4
29-35	ab 32	5 +	3
22-28	ab 24	5	2
14-21	ab 15	5 -	1
00-13		6	0

Eine **ausreichende** inhaltliche Leistung sowohl im Grund- als auch im Leistungskursfach liegt demnach vor, wenn die Aufgabenstellung als Gesamtheit erfasst und im Wesentlichen durchdrungen wird. Die geforderten Inhalte sind jedoch unvollständig. Der Prüfling weist elementare fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten nach und kann sie zusammenhängend darstellen. Der Problemgehalt des Textes wird im Ansatz erkannt.

Eine **gute** inhaltliche Leistung sowohl im Grund- als auch im Leistungskursfach ist dadurch gekennzeichnet, dass der Prüfling die gestellten Aufgaben voll erfasst und durchdringt. Er weist ein differenziertes Verständnis durch eine detaillierte Wiedergabe der geforderten Inhalte nach. Weitgehende fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten äußern sich in einer systematischen Darstellung der Lösungen. Der Problemgehalt des Textes wird voll erkannt und kann auf allgemeine vergleichbare Zusammenhänge übertragen werden.

Eine Erteilung halber Bewertungseinheiten ist unzulässig. Die Materialien für die schriftliche Abiturprüfung enthalten (nur für die Hand des Lehrers) eine Musterlösung mit der Zuordnung der Bewertungseinheiten sowie eine Übersicht für die Erteilung der Notenpunkte (0 - 15) in Abhängigkeit von der Anzahl der erreichten Bewertungseinheiten.

Hinreichende Genauigkeit

Die numerischen Aufgaben sind durch den Prüfling mit einem Antwortsatz und in hinreichender Genauigkeit abzuschließen. Das ist in der Regel eine Angabe von drei geltenden Ziffern.

Beispiele: 12,3 ; 0,0123 ; $6,78 \cdot 10^5$

Einheitenbetrachtung

Ist eine ausführliche Einheitenbetrachtung oder ein Einheitenbeweis gefordert, so wird das in der Aufgabenstellung eindeutig formuliert. Im Allgemeinen gilt: Keine Zeile ohne Einheit, es sei denn, sie ist ausdrücklich als Nebenrechnung ausgewiesen. Einheitenangaben werden wie folgt kenntlich gemacht: $[v] = 1\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ oder $[v] = 1\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Protokollieren

Sind Darstellungen in Protokollform (Demonstrations- oder Schülerexperiment) gefordert, so enthält das Protokoll im Kopf das in der Aufgabenstellung ggf. ausgewiesene Thema sowie Name und Vorname des Prüflings, ggf. die Bezeichnung der Lerngruppe. Die weiteren Inhalte sind durch die Fragestellung dieses Teils der Abiturprüfung ausgewiesen.

Grafische Verfahren

Zu berücksichtigen sind die unterschiedlichen Anforderungen für Diagramme.

Enthält die Aufgabenstellung das Anfertigen einer Skizze, so ist eine Achsenbezeichnung erforderlich. Eine Einteilung ist nicht zwingend notwendig. Markante Werte können also beliebig gesetzt werden.

Ist eine Zeichnung gefordert, so müssen die Achsen zusätzlich eingeteilt und mit mindestens einer Maßzahl sowie der dazugehörigen Einheit versehen werden. Sofern die Aufgabenstellung nichts anderes verlangt, so ist selbstständig, also ohne Ausweisung als besondere Teilaufgabe, eine Wertetabelle mit mindestens fünf Wertepaaren anzufertigen. Zu diesen fünf Wertepaaren gehören Anfangs- und Endwert. Ausnahme ist, wenn der Zusammenhang linear ist. Hier reicht die Angabe des Anfangs- und Endwertepaares aus. Der Ursprung ist stets zu bezeichnen.

Sprachliche Richtigkeit

Es ist zu beachten, dass ab 01.08.2005 die Neuregelung der deutschen Rechtschreibung gilt. In der Übergangszeit werden bei der Korrektur jene fehlerhaften Schreibweisen, die nach der alten Rechtschreibung korrekt waren, angestrichen, aber nicht als Fehler gezählt.

Quellenangabe

- (1) Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung - Physik (Beschluss der KMK vom 1.12.1989).
- (2) Vorläufige Rahmenpläne des Landes Brandenburg Biologie, Chemie, Physik (gymnasiale Oberstufe – Sekundarstufe II). MBS, Juni 1992.
- (3) Methodik des Physikunterrichts (Wissensspeicher), Lehrmaterial zur Ausbildung von Diplomlehrern Physik. Manuskriptdruck, Pädagogische Hochschule Potsdam, 1989.