

Schriftliche Abiturprüfung 2016

Leistungskurs Physik

Dienstag, 12. April 2016, 9.00 Uhr

Unterlagen für die Prüfungsteilnehmerinnen und -teilnehmer

Allgemeine Arbeitshinweise

- Tragen Sie bitte oben rechts auf diesem Blatt und auf den nachfolgenden Aufgabenblättern die Schulnummer, die schulinterne Kursbezeichnung und Ihren Namen ein.
- Schreiben Sie auf alle Entwurfsblätter (Kladde) und die Reinschrift Ihren Namen.
- Versehen Sie Ihre Reinschrift mit Seitenzahlen.

Fachspezifische Arbeitshinweise

- Die Arbeitszeit beträgt 240 Minuten.
 - Erlaubte Hilfsmittel: Rechtschreiblexikon, Formelsammlung, Taschenrechner.
-

Aufgaben

- Sie erhalten zwei Aufgaben zur Bearbeitung.
- Überprüfen Sie bitte zu Beginn die Vollständigkeit der vorgelegten Aufgaben (Anzahl der Blätter, Anlagen, ...).
- Vermerken Sie in Ihrer Reinschrift, welche Aufgabe Sie jeweils bearbeiten.

Aufgabe 1

Themenbereich: Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

William Thomson (1824 -1907) gilt als ein Entdecker des elektromagnetischen Schwingkreises.

1.a Nennen Sie zwei elementare Größen und zwei Gleichungen zu einem elektromagnetischen Schwingkreis (LC-Schwingkreis).
(2 Punkte)

1.b Betrachten Sie die fünf Zeitpunkte $t_0 = 0$; $t_1 = \frac{1}{8} \cdot T$; $t_2 = \frac{1}{4} \cdot T$; $t_3 = \frac{3}{8} \cdot T$; $t_4 = \frac{1}{2} \cdot T$.
(T sei die Periode).

- Skizzieren Sie für alle fünf Zeitpunkte die Feldlinien zum E -Feld und zum B -Feld im elektromagnetischen Schwingkreis. Zeichnen Sie auch momentane Stromrichtungen und Polungen am Kondensator ein. (Dabei soll gelten: Die Spannung U am Kondensator hat zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ ihren maximalen Betrag).

Nutzen Sie für diese Aufgabe die fünf vorgegebenen Bilder im Anhang 1.

- Beschreiben Sie knapp - z.B. in Tabellenform - die Zustände des elektromagnetischen Schwingkreises für die angegebenen Zeitpunkte. Widmen Sie den auftretenden Energieformen dabei besondere Aufmerksamkeit.
- Zeichnen Sie Spannung U und Stromstärke I in Abhängigkeit von der Zeit t bei einem elektromagnetischen Schwingkreis. Nutzen Sie für diese Aufgabe das Diagramm im Anhang 2.

(11 Punkte)

1.c Die Strom-Zeit-Funktion $I(t) = \hat{I} \sin(\omega t)$ eines elektrischen Schwingkreises ist gegeben

$$\text{durch } I(t) = 0,03 \text{ A} \cdot \sin(\omega t) \quad \text{mit } \omega = 350\pi \cdot \frac{1}{\text{s}}$$

Die Induktivität der Spule beträgt $L = 0,5 \text{ H}$.

- Berechnen Sie die Schwingungsdauer T , die Eigenfrequenz f_0 und die Kapazität C des Kondensators.

(7 Punkte)

1.d Die Thomson'sche Schwingungsgleichung kann in folgender Form angegeben werden:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

Daraus folgt für die Eigenfrequenz $f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$

- Zeigen Sie, dass eine Halbierung der Eigenfrequenz f_0 eines Schwingkreises durch eine Vervierfachung der Kapazität C erreicht werden kann, wenn die Induktivität L konstant bleibt.

Gegeben sei ein 434 MHz-Hochfrequenz-Oszillator.

- Berechnen Sie die entsprechende Wellenlänge λ .
- Berechnen Sie die Mindestlänge l des Dipols.
- Berechnen Sie zu diesem Oszillator eine theoretisch mögliche Kombination von Induktivität L und Kapazität C .

In der unteren Abbildung 1 ist von links nach rechts der Übergang vom Schwingkreis zum Dipol dargestellt.

- Beschreiben Sie die Veränderungen der Größen Induktivität L , Kapazität C , Periode T und Eigenfrequenz f_0 bei einem solchen Übergang vom Schwingkreis zum Dipol.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb.1 Quelle: Metzler Physik, Schroedel Verlag, 2007, 4. Aufl., S. 292

- Skizzieren Sie im Anhang 3 einen Dipol mit den Feldlinien für das magnetische Feld.
- Skizzieren Sie ebenso im Anhang 3 einen Dipol mit den Feldlinien für das elektrische Feld.

Beim Schwingkreis betrachtet man oft den Wechsel zwischen elektrischer und magnetischer Feldenergie.

Beim Dipol hingegen betrachtet man oft die Elektronenschwingung im Dipol anstelle des Energiewechsels.

- Erläutern Sie mögliche Gründe für diese unterschiedlichen Betrachtungsweisen. (18 Punkte)

- 1.e In zahlreichen Schulbüchern werden *ungedämpfte* elektromagnetische Schwingkreise dargestellt. Das bedeutet, diese Schwingkreise besitzen keinen Ohm'schen Widerstand R , was eine Idealisierung der Wirklichkeit ist.

Fred der Physiker überlegt: „Hm, das ist aber merkwürdig. Wenn der Ohm'sche Widerstand R den Wert Null hat, dann hat gemäß dem Ohm'schen Gesetz $U = R \cdot I$ auch die Spannung U den Wert Null; und zwar die ganze Zeit. Dann kann gar kein Strom I fließen. In einem Schwingkreis ist aber der Strom I in der Spule gerade dann besonders stark, wenn die Spannung U Null ist.“

Der letzte Satz von Freds Aussage ist völlig richtig, aber ein Widerspruch zu seiner vorherigen Überlegung.

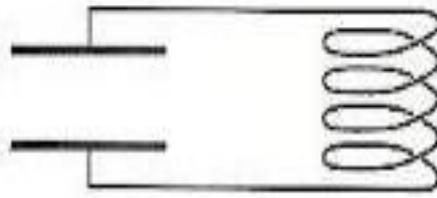
- Nennen Sie Freds Denkfehler und stellen Sie den Sachverhalt richtig dar. (6 Punkte)

1.f Versucht man, unter einem bestimmten Winkel in ein Schaufenster zu blicken, dann kann man vom Inneren des Raumes nichts mehr erkennen, weil sich die hellere Umgebung in dem Fensterglas spiegelt. Das reflektierte Licht ist dann linear polarisiert.

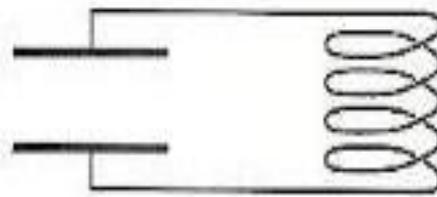
- Beschreiben Sie kurz die Auswirkungen eines Polarisationsfilters.
- Nennen Sie eine Anwendung von Polarisationsfiltern; z.B. in polarisierenden Sonnenbrillen.

(6 Punkte)

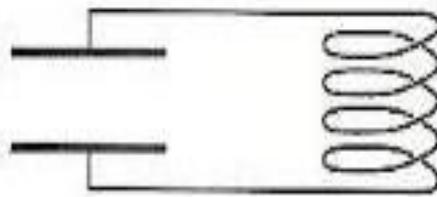
Anhang 1: zu b)



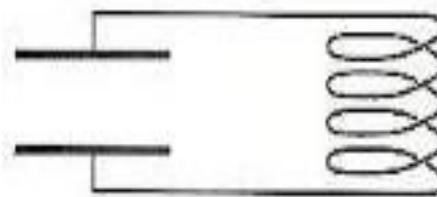
1. Bild: $t_0 = 0$



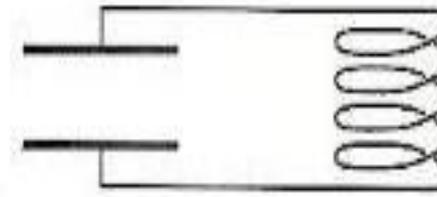
2. Bild: $t_1 = \frac{1}{8} \cdot T$



3. Bild: $t_2 = \frac{1}{4} \cdot T$

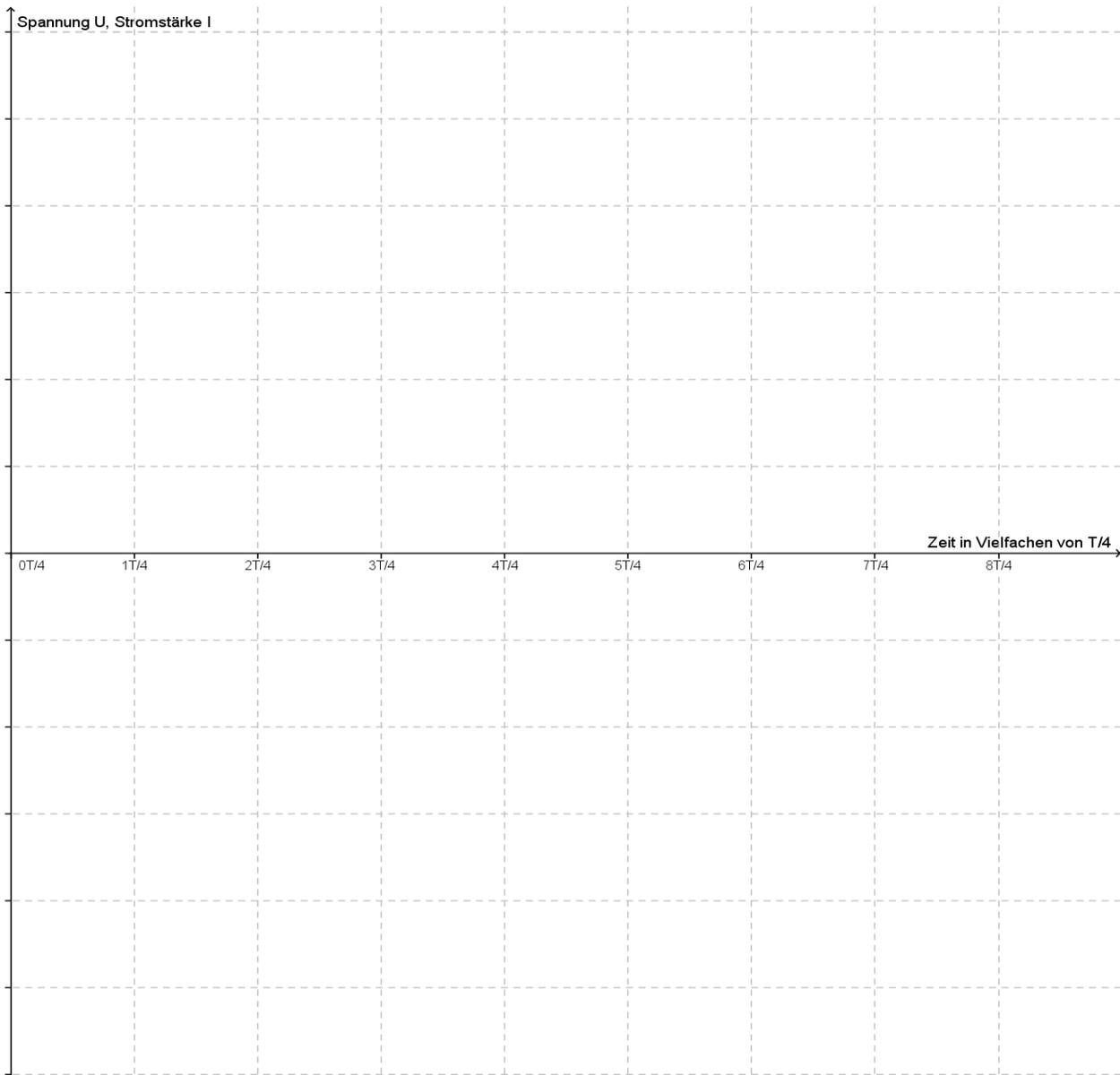


4. Bild: $t_3 = \frac{3}{8} \cdot T$



5. Bild: $t_4 = \frac{1}{2} \cdot T$

Anhang 2: zu b)



Anhang 3: zu d) Zwei Dipole zum Einzeichnen für die magnetischen bzw. elektrischen Feldlinien



Aufgabe 2

Themenbereich: Quantenphysik der Atomhülle

2.a

- Zeichnen Sie einen linearen Potenzialtopf mit endlich hohen Wänden und einen linearen Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden. Zeichnen Sie in beiden Potenzialtöpfen die Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichtefunktion die zum Grundzustand und zum ersten angeregten Zustand gehören.
- Stellen Sie in beiden Zeichnungen die Atomhüllenränder sowie die Orte der größten und geringsten Aufenthaltswahrscheinlichkeit dar.
- Nennen Sie einen physikalischen Unterschied sowie zwei Gemeinsamkeiten von Potenzialtöpfen mit endlich und unendlich hohen Wänden.
- Der lineare Potenzialtopf mit endlich hohen Wänden ist als wellenmechanisches Atommodell besser geeignet als der lineare Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden.
Begründen Sie diese Aussage.
- Erläutern Sie die Bedeutung von $\Psi_n^2(x)$ bezogen auf das Hüllenelektron des Wasserstoffatoms.

(12 Punkte)

2.b

- Bestimmen Sie die Energie des Hüllenelektrons im Grundzustand, wenn die Breite des Potenzialtopfes (Näherung für Wasserstoff) $a = 10^{-10} \text{ m}$ beträgt.
- Berechnen Sie die Breite a eines linearen Potenzialtopfes mit unendlich hohen Wänden, wenn ein Elektron im Zustand $n = 6$ die Energie $W_6 = 1 \text{ eV}$ hat.

(8 Punkte)

2.c Dem Bohrschen Atommodell zu Folge kreisen Elektronen strahlungsfrei auf Bahnen um den Atomkern. Nach dem ersten Bohrschen Postulat gilt dies nur für bestimmte Bahnen. Für

diese Bahnen gilt: $r_n m_e v_n = L_n = \frac{nh}{2\pi}$ mit $n = 1, 2, 3, \dots$

- Leiten Sie die Gleichung $v_n = \frac{e^2}{2\epsilon_0 hn}$ für die Geschwindigkeit eines Elektrons auf der n-ten Bohrschen Bahn her.
- Bestimmen Sie für das Elektron auf der ersten Bahn im Wasserstoffatom das Verhältnis der Elektronengeschwindigkeit v zur Lichtgeschwindigkeit c .
- Begründen Sie, z.B. mit einer geeigneten Rechnung, dass die Einheit der Elektronengeschwindigkeit v in Ihrer Rechnung Meter pro Sekunde ist.

(8 Punkte)

2.d Abbildung 1 zeigt das Termschema des Wasserstoffs.

- Berechnen Sie mit Hilfe des Termschemas die Energie und Wellenlänge der Linie mit der größten Wellenlänge λ der Lyman Serie.

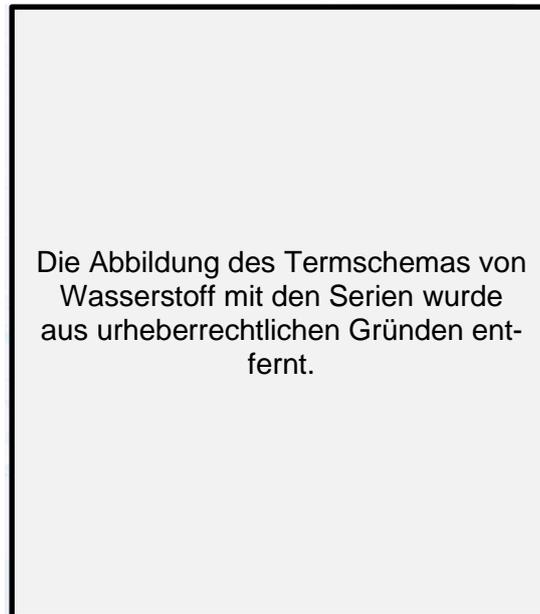


Abbildung 1
(Quelle: Dorn/Bader 12/13, Schroedel Verlag, 2005, S.277)

- Erklären Sie mit Hilfe des Bohrschen Atommodells, dass Wasserstoff ein Linienspektrum aussendet.
- Nennen Sie einen Vor- und einen Nachteil des Bohrschen Atommodells. (15 Punkte)

2.e Herr P. ist sicher, dass physikalische Modelle direkt aus der Beobachtung der unbelebten Natur folgen.

Naturbeobachtung \rightarrow Modell

- Diskutieren Sie diese Sicht. Gehen Sie dabei auch auf die Existenz mehrerer Modelle zu einem Sachverhalt ein.
- Nennen Sie zwei Kriterien zur Beurteilung eines physikalischen Modells. (7 Punkte)

Aufgabe 3

Themenbereich: Struktur der Materie

Mit Hilfe von Massenspektroskopie konnten schon am Anfang des 20. Jahrhunderts genaue Messungen von Atom- und Kernmassen durchgeführt werden. Dies war die Grundlage für die Berechnung vieler Phänomene der Kernphysik. Im Anhang 3 in der Tabelle 2 sind einige Atommassen aufgelistet.

3.a Das α -Teilchen besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen.

- Erläutern Sie am Beispiel des α -Teilchens den Begriff der Bindungsenergie W_B .
- Berechnen Sie die Bindungsenergie W_B eines α -Teilchens.

(4 Punkte)

3.b Das Tröpfchenmodell beschreibt die Bindungsenergie W_B eines Atomkerns durch die Gleichung

$$W_B = 14 \text{ MeV} \cdot A - 13 \text{ MeV} \cdot \sqrt[3]{A^2} - 0,12 \text{ MeV} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{A}}.$$

- Begründen Sie kurz die Bezeichnung „Tröpfchenmodell“.
- Erläutern Sie die Bedeutung der drei Summanden im Tröpfchenmodell.

Trägt man die Bindungsenergie pro Nukleon $\frac{W_B}{A}$ gegen die Massenzahl A auf, so erhält man eine charakteristische Kurve.

- Erläutern Sie die beiden Möglichkeiten der Energiefreisetzung durch Kernspaltung und Kernfusion anhand von Diagramm 1 im Anhang 1.

(12 Punkte)

3.c Das Nuklid ${}_{84}^{210}\text{Po}$ ist ein α -Strahler.

- Geben Sie die Zerfallsgleichung des α -Zerfalls von ${}_{84}^{210}\text{Po}$ an.
- Begründen Sie durch eine Rechnung, dass beim Nuklid ${}_{84}^{210}\text{Po}$ ein spontaner α -Zerfall möglich ist.
- Berechnen Sie die Energie W_α der α -Teilchen für einen ruhenden ${}_{84}^{210}\text{Po}$ -Kern unter Berücksichtigung der Energie- und Impulserhaltungssätze.
- Begründen Sie mit Hilfe einer Rechnung, dass bei ${}_{84}^{210}\text{Po}$ die Emission eines einzelnen Protons als spontaner radioaktiver Zerfall nicht möglich ist.

(13 Punkte)

3.d Genaue Messungen der Energie der von ${}^{241}_{95}\text{Am}$ ausgesandten α -Strahlung führen auf eine Feinstruktur des Energiespektrums. Die Tabelle zeigt die gemessenen Energien der α -Teilchen und deren relative Häufigkeiten.

- Erklären Sie die Entstehung der verschiedenen Energien der α -Teilchen von ${}^{241}_{95}\text{Am}$.
- Geben Sie die Bedeutung der relativen Häufigkeiten für den Tochterkern des ${}^{241}_{95}\text{Am}$ an.

Nr.	Energie in MeV	Relative Häufigkeit
1	5,389	1,33%
2	5,445	12,8%
3	5,488	85,2%
4	5,515	0,21%
5	5,548	0,35%

Tabelle 1

(5 Punkte)

3.e Das Potentialtopfmodell beschreibt die in und um den Atomkern wirkenden Kräfte.

- Erklären Sie mit Hilfe des Diagrammes 2 im Anhang 2 den α -Zerfall im Potentialtopfmodell.
- Erklären Sie auch, dass die spontane Emission eines Protons nicht möglich ist.
- Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen der Halbwertszeit und der Energie W_α der α -Teilchen mit Hilfe des im Anhang 2 dargestellten Diagrammes 2.

(11 Punkte)

3.f Betrachtet werde die Fusionsreaktion ${}^2_1\text{D} + {}^3_1\text{T} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + \Delta W$.

- Berechnen Sie die bei dieser Reaktion frei werdende Energie ΔW .

Die kinetische Energie der Reaktionsprodukte ist größer als der errechnete Wert ΔW .

- Erläutern Sie diesen Sachverhalt.

(5 Punkte)

Anhang 1 - Diagramm 1 zu Teilaufgabe 3.b

Die Abbildung des Diagramms zur Bindungsenergie pro Nukleon wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

(Quelle: Physik Gymnasium Oberstufe, DUDEN, 2. Auflage)

Anhang 2 - Diagramm 2 zu Teilaufgabe 3.e

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abbildung zum Potentialtopfmodell und der quantenmechanischen Erklärung des α -Zerfalls

Anhang 3

Masse eines Elektrons in u $m_e = 0,000549\text{u}$

Tabelle 2 (Quelle: Metzler Physik, 2. Auflage)

Die Abbildung der Tabellen zu Elementen, Massenzahlen und Massen in u wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Anhang 4 Auszug aus der Nuklidkarte (Quelle: Metzler Physik, 4. Auflage, S.579)

Die Abbildung des Auszugs aus der Nuklidkarte wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Schriftliche Abiturprüfung 2016

Leistungskurs Physik

Dienstag, 12. April 2016, 9.00 Uhr

Unterlagen für Referenten und Korreferenten

- Diese Unterlagen sind nicht für Schülerinnen und Schüler bestimmt -

Diese Unterlagen enthalten ...

- Allgemeines,
 - Erwartungshorizonte, Bewertungen und Korrekturhinweise zu den Aufgaben,
 - keine Aufgabenstellungen – Ihre Exemplare entnehmen Sie bitte den Schüleraufgaben – ,
 - einen Protokollbogen zur Auswahl der Aufgaben für die Prüfungsakten Ihrer Schule,
 - einen Rückmeldebogen für die Zentralabiturkommission zur Auswahl der Aufgaben.
-

Allgemeines

- Prüfen Sie die Prüfungsaufgaben vor der Aushändigung an die Schülerinnen und Schüler auf ihre Vollständigkeit und formale und inhaltliche Korrektheit und ergänzen Sie sie gegebenenfalls. Bei nicht ausreichender Anzahl erstellen Sie entsprechende Kopien vor Ort. Bei einem schwerwiegenden inhaltlichen Fehler informieren Sie sofort die Senatorin für Kinder und Bildung über die **Hotline (0421...)** von 7.00 bis 9.30 Uhr. Die von der Senatorin für Kinder und Bildung vorgenommene Korrektur gibt die Schule sofort an die für die schriftliche Prüfung zuständige Lehrkraft weiter.
- Wählen Sie gemeinsam mit Ihrer Korreferentin / Ihrem Korreferenten aus den drei vorgelegten Aufgaben zwei aus. Kommt es zu keiner Einigung, bestimmt die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses die Auswahl der Aufgaben (§ 10 Abs. 2 Nr. 1 AP-V). Protokollieren Sie auf dem beigefügten Protokollformular, welche Aufgaben Sie gewählt haben (Prüferin/Prüfer und Korreferentin/Korreferent und ggf. auch die/der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses unterschreiben das Protokoll).
- Füllen Sie bitte für die Zentralabiturkommission Physik den beigefügten Rückmeldebogen zur Auswahl der Aufgaben aus und schicken ihn an die dort genannte Adresse.
- Fragen Sie vor Verteilung der Aufgaben nach der Arbeitsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler und weisen Sie diese auf die Regelungen des § 5 AP-V (Täuschung und Behinderung) hin.
- Machen Sie die Schülerinnen und Schüler auf die Arbeitshinweise aufmerksam, die am Anfang ihrer Unterlagen für die Prüfung stehen. Geben Sie ihnen ggf. die nötigen Angaben zur Schulnummer sowie zur genauen Kursbezeichnung.
- Die Bearbeitungszeit beträgt 240 Minuten.
- Erlaubte Hilfsmittel: Rechtschreiblexikon, Formelsammlung, Taschenrechner.

Aufgabe 1 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
a.	Spannung U , Stromstärke I $W_{el} = \frac{1}{2}CU^2 \quad , \quad W_{mag} = \frac{1}{2}LI^2$ Andere zutreffende Größen und Gleichungen sind ebenfalls mit voller Punktzahl zu bewerten.	2		
b.	Fünf Skizzen der el. SK (s. z.B. Metzler, S. 287): <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; text-align: center; padding: 20px;"> Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt. </div> Quelle: Metzler Physik, 4. Aufl., S.287			

	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>t</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>$U=\max, I=0, B=0$ el. Energie W_{el} ist maximal</td> </tr> <tr> <td>$T/8$</td> <td>U wird vom Betrag her kleiner, I und B wachsen. Energie teilt sich auf zw. Kondensator und Spule</td> </tr> <tr> <td>$T/4$</td> <td>$B=\max, U=0, I=\max$ Sämtliche Energie im B-Feld der Spule gespeichert.</td> </tr> <tr> <td>$3T/8$</td> <td>B und I werden wieder kleiner, U wächst wieder (mit anderer Orientierung) Energie teilt sich wieder auf zw. Kond. und Spule</td> </tr> <tr> <td>$T/2$</td> <td>Sämtliche Energie wieder im Kondensator gespeichert, $U=\max, I=0, B=0$</td> </tr> </tbody> </table>	t		0	$U=\max, I=0, B=0$ el. Energie W_{el} ist maximal	$T/8$	U wird vom Betrag her kleiner, I und B wachsen. Energie teilt sich auf zw. Kondensator und Spule	$T/4$	$B=\max, U=0, I=\max$ Sämtliche Energie im B -Feld der Spule gespeichert.	$3T/8$	B und I werden wieder kleiner, U wächst wieder (mit anderer Orientierung) Energie teilt sich wieder auf zw. Kond. und Spule	$T/2$	Sämtliche Energie wieder im Kondensator gespeichert, $U=\max, I=0, B=0$			
t																
0	$U=\max, I=0, B=0$ el. Energie W_{el} ist maximal															
$T/8$	U wird vom Betrag her kleiner, I und B wachsen. Energie teilt sich auf zw. Kondensator und Spule															
$T/4$	$B=\max, U=0, I=\max$ Sämtliche Energie im B -Feld der Spule gespeichert.															
$3T/8$	B und I werden wieder kleiner, U wächst wieder (mit anderer Orientierung) Energie teilt sich wieder auf zw. Kond. und Spule															
$T/2$	Sämtliche Energie wieder im Kondensator gespeichert, $U=\max, I=0, B=0$															
	<p>Verlauf von U und I: s. z.B. Metzler S. 287. Die Phasenverschiebung von $T/4$ zwischen I und U soll gut sichtbar sein:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center; margin: 10px 0;"> <p>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</p> </div> <p style="text-align: center;">Quelle: Impulse Physik 2, S. 135</p>	8	3													
c.	$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{350\pi s^{-1}} = \frac{1}{175} \text{ s}$ <p>Also Eigenfrequenz $f_0 = 175 \text{ Hz}$</p> <p>Aus der Thomsonschen SG folgt $C = \frac{T^2}{4\pi^2 \cdot L}$. T und L einsetzen liefert</p> <p>$C \approx 1,64 \mu\text{F}$.</p>	2	5													
d.	<p>$C_2 = 4 \cdot C_1$ einsetzen und zeigen, dass daraus $f_{02} = 0,5 \cdot f_{01}$ folgt.</p> <p>(Konkrete Werte für die beiden Kapazitäten können natürlich ebenfalls eingesetzt werden).</p>															

	<p>Mit $\lambda = \frac{c}{f}$ erhält man $\lambda \approx 0,691$ m. Der Dipollänge l muss mindestens die halbe Wellenlänge λ betragen, also $l = 0,346$ m. Ist $f = 434$ Mhz, dann folgt daraus nach kurzer Umformung</p> <p>$LC \approx 1,345 \cdot 10^{-19}$ HF. Es könnten also $L \approx 3,67 \cdot 10^{-10}$ H und $C \approx 3,67 \cdot 10^{-10}$ F sein (oder ein beliebiges anderes Produkt LC, dass $1,345 \cdot 10^{-19}$ HF ergibt).</p> <p>L und C nähern sich jeweils dem Wert Null. Daher nähert sich die Wurzel aus LC mit der gleichen Geschwindigkeit dem Wert Null. Das heißt, dass T sich auch Null nähert bzw. dass die Eigenfrequenz f beliebig groß wird. Dies ist bei den extrem hohen Eigenfrequenzen von Hertz'schen Dipolen zu beobachten.</p> <div data-bbox="309 831 1185 1290" style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</p> </div> <p>Bild: Dipol mit magnetischen bzw. elektrischen Feldlinien</p> <p>Beim Dipol sollte statt der Energiependelung die Elektronenschwingung betrachtet werden, weil der „Kondensator“ nur noch aus den Leiterenden des Dipols besteht und die „Spule“ nur noch aus einem geraden Leiter. Das elektrische Feld E und das magnetische Feld B reichen weit in den Raum hinaus; sie sind deutlich nicht mehr homogen. (Anm.: Diese Anordnungen erfüllen nicht mehr die Definitionen von „Kondensator“ und „Spule“ im ursprünglichen Sinne. Es geht hier vielmehr darum, einen Grenzprozess zu beschreiben).</p> <p>Die einzelnen Elektronen im Dipol legen nie den gesamten Weg im Dipol zurück, sondern sie führen Schwingungen mit kleiner Amplitude aus. Wenn am Ende des Dipols ein Elektronenüberschuss besteht und am anderen Ende ein entsprechender Mangel, dann existiert ein maximal starkes E-Feld und die Spannung zwischen den Dipolenden hat ihren Höchstbetrag. Bewegen sich die Elektronen hingegen mit maximaler Geschwindigkeit, dann sind die Stromstärke I und die magnetische Feldstärke B an der Mitte des Dipols maximal.</p>	4	13	1
e.	<p>Freds Denkfehler besteht darin, dass er meint, ohne Spannung U könne kein Strom I fließen. Das ist falsch. Es wurde ja $R=0$ vorausgesetzt (Idealisierung), darum trifft das Ohm'sche Gesetz ($I = U/R$ mit R=konstant und ungleich Null) hier nicht zu.</p>			

	Sonst wäre es ja auch völlig unverständlich, dass I in der Spule gerade dann besonders groß ist, wenn U Null ist. In diesem Augenblick steckt aber die gesamte Energie des el. SK im B -Feld. <i>Deshalb</i> muss ein el. Strom I von maximaler Stärke fließen.		4	2
f.	<p>Ein Polarisationsfilter hat eine bestimmte Durchlassrichtung. Licht mit einem elektrischen Schwingungsvektor parallel zu dieser Richtung passiert den Filter ungehindert.</p> <p>Steht der Schwingungsvektor des auftreffenden Lichtes schräg zur Durchlassrichtung, dann wird nur der Teil durchgelassen, der parallel zur Durchlassrichtung ist.</p> <p>Hinter dem Filter ist das Licht polarisiert; sein el. Schwingungsvektor verläuft parallel zur Durchlassrichtung.</p> <p>Ist die Durchlassrichtung des Polfilters senkrecht zu dem linear polarisierten reflektierten Licht, dann wird das Licht vom Filter absorbiert und gelangt nicht bis ins Auge. Das Licht aus dem Inneren des Raumes ist in der Regel unpolarisiert und kann deshalb durch den Filter ins Auge gelangen. So sieht man das Innere des Raumes ohne störende Reflexionen. (Manche Sonnenbrillen sind so aufgebaut).</p>	4		2
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		20	25	5

Korrekturhinweis: „Individuelle Lösungswege werden angemessen berücksichtigt, vor allem, wenn sie in sinnvoller Weise von der Erwartung abweichen.“ (vgl. §12 (1) der Verordnung über die Abiturprüfung (22.09.15))

Aufgabe 2 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
a.	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p>Die Abbildungen der Skizzen der Potentialtöpfe wurden aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.</p> </div> <p>Am Ort 0 ist die Aufenthaltswahrscheinlichkeit für den Grundzustand (n=1) am größten und für den ersten angeregten Zustand (n=2) am kleinsten. Die Orte mit geringster Aufenthaltswahrscheinlichkeit im Grundzustand sind mit G gekennzeichnet. Die Orte mit größter Aufenthaltswahrscheinlichkeit im ersten angeregten Zustand sind mit H gekennzeichnet. Der Buchstabe R kennzeichnet die Atomhüllenränder. (Das Potentialtopfmodell eignet sich nur sehr begrenzt als Atommodell, so kann einem Atom kein Rand zugeschrieben werden. Die Aussagen der Lösung zu 2a verlassen das Potentialtopfmodell nicht.)</p> <p>Alternative aber inhaltlich gleichwertige Zeichnungen sind als Lösung möglich. Auch Zeichnungen, die die Wellenfunktion anstelle des Betragsquadrats der Wellenfunktion richtig angeben, erhalten die volle Punktzahl.</p> <p>Im Modell des linearen Potentialtopfes mit endlich hohen Wänden gibt es eine Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons außerhalb der Atomhülle, im Modell linearer Potentialtöpfe mit unendlich hohen Wänden gibt es diese Aufenthaltswahrscheinlichkeit nicht. Da für alle Atome die Ionisationsenergie endlich groß ist, eignet sich der lineare Potentialtopf mit endlich hohen Wänden besser als Atommodell.</p> <p>Gemeinsam ist beiden Modellen, dass die Potentialtopfwände die Ränder der Atomhülle und die Topfmitte den Atomkern symbolisieren. Außerdem wird die Größe des Atoms in beiden Fällen durch die Breite des Potentialtopfes veranschaulicht. Auch die Darstellung der Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte unterscheidet sich nicht. Es gibt in beiden Töpfen Orte minimaler und Orte maximaler Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte. Die Energie des Grundzustandes ist bei beiden Töpfen größer als Null. Mindestens zwei dieser Gemeinsamkeiten sollten genannt sein.</p> <p>$\Psi_n(x) ^2$ gibt die Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte des gebundenen Hüllenelektrons in verschiedenen stationären Zuständen an.</p>	8	4	0
b.	$W_n = \frac{n^2 \cdot h^2}{8m_e a^2} = 6,031 \cdot 10^{-18} \text{ J} = 37,6 \text{ eV}$			

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
	<p>Für die zweite Rechnung geg: $W_n = 1,0eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$ $n = 6$ ges: a</p> $W_n = \frac{n^2 \cdot h^2}{8m_e a^2} = \frac{6^2 \cdot (6,626 \cdot 10^{-34} Js)^2}{8 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} kg \cdot a^2}$ $a = \frac{n \cdot h}{\sqrt{8m_e \cdot W_n}} = \frac{6 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} Js}{\sqrt{8 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} kg \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} J}}$ $a = 3,68 nm$ <p>Die Breite a des Potentialtopfes bei dem ein Elektron im Zustand $n = 6$ die Energie $W = 1eV$ besitzt, beträgt 3,68 nm.</p>	5	3	
c.	<p>Die Coulombkraft F_c zwischen Kern und Elektron erzeugt die für die Kreisbewegung benötigte Zentripetalkraft F_z. Gleichsetzen führt zu:</p> $\frac{m_e v^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ <p>Durch umformen erhält man: $rm_e v^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0}$</p> <p>Nach dem ersten Bohrschen Postulat gilt: $r_n m_e v_n = L = \frac{nh}{2\pi}$. Multiplizieren mit v_n und einsetzen ergibt:</p> $\frac{v_n nh}{2\pi} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \text{ und somit } v_n = \frac{e^2}{2\epsilon_0 hn}$ <p>Für die erste Bahn ist $n = 1$ und die Geschwindigkeit des Elektrons auf dieser Bahn ergibt sich zu:</p> $v_n = \frac{e^2}{2\epsilon_0 h} = \frac{(1,602 \cdot 10^{-19} C)^2 Vm}{2 \cdot (8,854 \cdot 10^{-12} As) \cdot (6,626 \cdot 10^{-34} Js)} = 2,187 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$ <p>Einheitenbetrachtung: $1C = 1As$ und $1V = 1\frac{J}{C}$</p> $\frac{C^2 Vm}{AsJs} = \frac{A^2 s^2 Vm}{AsJs} = \frac{CJm}{JCs} = \frac{m}{s}$ <p>Das Verhältnis zur Lichtgeschwindigkeit $c = 2,998 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ ist $\frac{v_n}{c}$ und somit 1:137.</p>			6 2

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
d.	<p>Die langwelligste Linie entspricht dem Übergang mit der kleinsten Energiedifferenz, hier von $n = 2$ zu $n = 1$. Aus der Zeichnung ist der Wert 10,2 eV als Energiedifferenz zu entnehmen. Damit ergibt sich die Wellenlänge der emittierten Strahlung zu</p> $\lambda = \frac{hc}{\Delta W} = \frac{1240eV \cdot nm}{10,2eV} = 121,6nm.$ <p>Im Bohrschen Atommodell werden die Linienspektren des Wasserstoffs als Übergänge des Hüllenelektrons von einer energetisch höheren Bahn zu einer energetisch niedrigeren Bahn gedeutet. Das Linienspektrum ergibt sich aus den möglichen Übergängen.</p> <p>Als Vorteil dieses Modells kann seine Anschaulichkeit gelten, der größte Nachteil ist, dass es aus quantenmechanischer Sicht fachlich inkorrekt ist, da Quantenobjekte wie Elektronen nicht als punktförmige Teilchen auf Bahnen kreisen.</p>	5	10	
e.	<p>Diese Aufgabe kann unterschiedlich gelöst werden, dabei sollte eine Auseinandersetzung mit der Äußerung von Herrn P. unter Einbeziehung der Existenz mehrerer Modelle deutlich werden. Eine mögliche Lösung ist hier dargestellt.</p> <p>Herr P. macht es sich zu einfach, wenn er nicht zwischen realer Welt (hier finden Experimente statt) und Gedankenwelt unterscheidet. Modelle sind gedankliche Leistungen. Am Anfang der Modellbildung steht eine Frage oder ein Problem. Beobachtungen, Experimente sowie die Auswertung experimenteller Daten können Teil der Problemlösungsstrategie sein. Die Vorhersagen der Modelle werden mithilfe von experimentell gewonnenen Daten geprüft und ein Modell gilt als widerlegt, wenn es mit den experimentell gewonnenen Daten nicht übereinstimmt. Prinzipiell kann es darum immer mehr als ein richtiges Modell geben und man braucht Kriterien zur Beurteilung von physikalischen Modellen.</p> <p>Kriterien zur Beurteilung eines physikalischen Modells sind Vorhersagekraft, Exaktheit (wie genau stimmen Modell und experimentell gewonnene Daten überein), Erklärungsmacht (wie gut erklärt das Modell), Allgemeingültigkeit (wieviel erklärt das Modell), Einfachheit und Anschaulichkeit.</p> <p>Die Schüler_innen sollen mindestens zwei dieser Kriterien nennen.</p>	2	2	3
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		20	25	5

Korrekturhinweis: „Individuelle Lösungswege werden angemessen berücksichtigt, vor allem, wenn sie in sinnvoller Weise von der Erwartung abweichen.“ (vgl. §12 (1) der Verordnung über die Abiturprüfung (22.09.15))

Aufgabe 3 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
a.	<p>Die Massen der zwei Protonen und der zwei Neutronen sind größer als die Masse des α-Teilchens. Diese fehlende Masse wird als Massendefekt Δm bezeichnet. Bei der Entstehung des α-Teilchens wird die Bindungsenergie $W_B = \Delta m \cdot c^2$ frei. Diese Bindungsenergie muss dem System α-Teilchen wieder zugeführt werden, um es in seine Bestandteile zu zerlegen. Für ein α-Teilchen ergibt sich</p> $W_B = (2 \cdot m_n + 2 \cdot m_p) \cdot c^2 - (m_{He} + 2 \cdot m_e) \cdot c^2 = 0,030377 \text{ u} \cdot c^2$ $= 28,3 \text{ MeV.}$	4		
b.	<p>Der Name Tröpfchenmodell entstammt der Analogie zu Wassertropfen, die bei verschiedener Größe auch die gleiche Dichte (wie die Atomkerne, vgl. Streuversuche) besitzen und von Kohäsionskräften (stehen für die Kernkräfte) zusammengehalten werden.</p> <p>Die gesamte Bindungsenergie setzt sich hauptsächlich aus drei Anteilen zusammen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einem als Volumenenergie bezeichneter Anteil, der proportional zum Kernvolumen ist. Den wesentlichen Beitrag macht die potenzielle Energie aufgrund der Kernkraft aus. Aufgrund deren geringer Reichweite liefern nur benachbarte Nukleonen einen Beitrag zur Bindungsenergie. Die potenzielle Energie hängt nur von der Anzahl der benachbarten Nukleonen ab und ist für alle im Inneren befindlichen Nukleonen etwa gleich groß. Deshalb ist für diesen Term die Kernbindungsenergie proportional zur Massenzahl (erster Summand). • Einem als Oberflächenenergie bezeichnetem Anteil, der berücksichtigt, dass einige Nukleonen an der Oberfläche des Kerns nicht allseitig mit anderen Nukleonen wechselwirken können und daher weniger fest gebunden sind. Dieser Term senkt vermindert deshalb die Bindungsenergie. Die Oberfläche ist proportional zu r^2. Wegen $r \sim A^{\frac{1}{3}}$ ist dieser Anteil proportional zu $A^{\frac{2}{3}}$ (2. Summand) • Ein Coulombterm, der die Coulomb-Kräfte der Protonen untereinander im Kern berücksichtigt. Die Coulomb-Abstoßung führt ebenfalls zu einer Verringerung der Bindungsenergie. Die Energie ist proportional zu $\frac{1}{r}$, daher ist dieser Anteil der Bindungsenergie proportional zu $A^{-\frac{1}{3}}$ (3. Summand). <p>Bei leichten Elementen ist die mittlere Bindungsenergie pro Nukleon klein, steigt dann aber mit zunehmender Massenzahl schnell an. Sie erreicht bei Eisen, Cobalt und Nickel ein Maximum und wird dann für die schweren Elemente wieder kleiner.</p> <p>Damit bei Kernspaltung und Kernfusion Energie freigesetzt werden kann, muss bei beiden Prozessen der entstandene Kern eine größere Bindungs-</p>			

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
	<p>energie pro Nukleon aufweisen als die Ausgangskerne. Daher ist eine Fusion nur bei leichten Elementen mit geringer Massenzahl (z. B. im Inneren von Sternen) möglich. Der entstandene Kern wird durch einen tiefer liegenden Punkt des Graphen repräsentiert. Eine Kernspaltung oder natürlicher radioaktiver Zerfall ist dagegen bei schweren Elementen möglich. Im Graphen wird dies durch tiefer liegende Punkte als Repräsentanten der Spaltprodukte deutlich.</p>	5	6	1
c.	${}_{84}^{210}\text{Po} \rightarrow {}_2^4\alpha + {}_{82}^{206}\text{Pb}$ <p>Ein spontaner Zerfall eines radioaktiven Nuklids ist nur dann möglich, wenn die Bindungsenergie der Zerfallsprodukte größer ist als die Bindungsenergie des Ausgangsnuklids. Dies ist der Fall, wenn die Massen der Zerfallsprodukte geringer sind als die Masse des Ausgangsnuklids. Die frei werdende Energie erhalten die Zerfallsprodukte in Form von kinetischer Energie.</p> <p>Weil ein α-Teilchen mit zwei Elektronen hier in sehr guter Näherung die Masse eines Heliumatoms besitzt, können Atommassen benutzt werden:</p> $\Delta m = m_{\text{Po-210}} - (m_{\text{He}} + m_{\text{Pb-206}})$ $= 209,98286 \text{ u} - (4,00260 \text{ u} + 205,97445 \text{ u})$ $= 0,00581 \text{ u} > 0$ <p>Die frei werdende Energie berechnet sich zu</p> $E = \Delta m \cdot c^2 = 8,673 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 5,41 \text{ MeV}.$ <p>Es gelten der Energie- und der Impulserhaltungssatz:</p> $m_{\text{Pb}} \cdot v_{\text{Pb}} = m_{\alpha} \cdot v_{\alpha} \quad \text{und} \quad E = \frac{1}{2} m_{\text{Pb}} \cdot v_{\text{Pb}}^2 + \frac{1}{2} m_{\alpha} \cdot v_{\alpha}^2.$ <p>Die erste Gleichung nach v_{Pb} umstellen und in die zweite Gleichung einsetzen. Umstellen nach $E_{\alpha} = \frac{1}{2} m_{\alpha} \cdot v_{\alpha}^2 = \frac{E}{\frac{m_{\alpha}}{m_{\text{Pb}}} + 1} = 5,31 \text{ MeV}$</p> <p>Für die Emission eines Protons ergibt sich eine Massenbilanz von</p> $\Delta m = m_{\text{Po-210}} - (m_{\text{H}} + m_{\text{Bi-209}})$ $= 209,9829 \text{ u} - (1,0078 \text{ u} + 208,9804 \text{ u})$ $= -0,0053 \text{ u} < 0$ <p>Ohne Zuführung von Energie ist diese Reaktion nicht möglich.</p> <p>Es darf die Masse des Wasserstoffatoms verwendet werden, weil so die Masse des fehlenden Elektrons berücksichtigt wird.</p>	4	9	
d.	<p>Beim Zerfall des ${}_{95}^{241}\text{Am}$ befindet sich der ${}_{91}^{237}\text{Np}$-Kern häufig in angeregten Zuständen. Die Anregungsenergie gibt der Np-Kern in Form von γ-Quanten ab. Die Energie der γ-Quanten kann als die Energiedifferenz der α-Teilchen berechnet werden. Der α-Strahler ist demnach auch ein γ-Strahler.</p> <p>Die relative Häufigkeit der Energien der α-Teilchen führt auf unterschiedliche Intensitäten der Spektrallinien der Gammastrahlung.</p>		5	

Erwarteter Inhalt / Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
e.	<p>In einem Atomkern bilden sich aus zwei Neutronen und zwei Protonen ein α-Teilchen. Die dabei frei werdende Bindungsenergie hebt das α-Teilchen auf ein hohes Energieniveau oberhalb des Nullpotentials. Es sind der Verlauf der potentiellen Energie eines α-Teilchens im Feld der Kernkräfte und außerhalb deren Reichweite im Coulombfeld des Tochterkerns dargestellt. Ein Graph beschreibt die Wellenfunktion eines α-Teilchens. Für α-Teilchenenergien größer als Null besitzt der Coulombwall eine endliche Breite. Im klassisch verbotenen Bereich fällt die Wellenfunktion und damit ihr Amplitudenquadrat exponentiell ab. Weil sie im Wallinneren nicht Null werden kann verbleibt eine endliche Wahrscheinlichkeit das α-Teilchen außerhalb des Atomkerns anzutreffen. Das α-Teilchen „durchtunnelt“ den Coulombwall mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit. Seine Energie ist durch das Energieniveau im Atomkern festgelegt. Mit dem Tunneleffekt kann deshalb erklärt werden, weshalb die α-Teilchen in großer Entfernung vom Atomkern eine viel geringere Energie besitzen, als ein α-Teilchen, das über den Coulombwall hinüber den Atomkern verlassen würde. Die Höhe des Coulombwalles kann mit Hilfe der experimentell bestimmbaren Kernradien abgeschätzt werden. Die Kernradien sind deutlich kleiner als der Abstand vom Kernmittelpunkt, den das α-Teilchen beim „Heraustunneln“ aus dem Coulombwall besitzt.</p> <p>Für ein einzelnes Proton ist das „tunneln“ nicht möglich, weil seine Gesamtenergie kleiner als Null und damit der Coulombwall unendlich breit ist.</p> <p>Die Tunnelwahrscheinlichkeit ist größer, je schmaler der Coulombwall ist. Die α-Teilchen mit hoher Energie gehören daher zu radioaktiven Nukliden mit kürzerer Halbwertszeit. Denn je größer die Tunnelwahrscheinlichkeit ist, desto kürzer ist die Halbwertszeit des Nuklids.</p>	4	5	2
f.	<p>Die Massendifferenz und die zugehörige frei werdende Energie betragen</p> $\Delta m = m_D + m_T - (m_{He} + m_n)$ $= 0,018863 \text{ u}$ $= 3,13 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$ $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 2,814 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 17,6 \text{ MeV}$ <p>Die kinetische Energie der Teilchen muss so groß sein, dass sie die Coulomb-Abstoßung überwinden. Deshalb kommt eine große kinetische Energie der Teilchen hinzu.</p>	3		2
Verteilung der insgesamt 50 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		20	25	5