

## I Erläuterungen

Voraussetzungen gemäß KCGO und Abiturerlass in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung

### Standardbezug

Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzen sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht ausgewiesene Kompetenzen für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzen in engem Bezug zueinander stehen. Die Operationalisierung des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

Aufgabe	Kompetenzen									
	F1	F2	E1	E2	E3	K1	K2	K3	B1	B2
1.1		X								
1.2		X				X				
1.3		X					X			
1.4	X			X				X		
2.1		X								
2.2		X		X						
2.3		X		X						
2.4	X			X				X		
3.1		X								
3.2		X	X							
3.3				X					X	

### Inhaltlicher Bezug

Q3: Quanten- und Atomphysik

verbindliche Themenfelder: Eigenschaften von Quantenobjekten (Q3.1), Atommodelle (Q3.2)

## II Lösungshinweise und Bewertungsraster

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, sind ebenso zu akzeptieren. Bei den Ergebnissen numerischer Rechnungen ist zu berücksichtigen, dass in der Physik Messwerte und sich daraus ergebende Rechenergebnisse immer nur im Rahmen der Messgenauigkeit korrekt sind und gerundete Werte darstellen. Geringe Abweichungen von den in den Lösungshinweisen angegebenen Werten sind daher zu akzeptieren.

Bei den unten angegebenen Lösungen werden für Naturkonstanten die im Taschenrechner vorhandenen Werte verwendet. Zwischen- und Endergebnisse sind sinnvoll gerundet angegeben.

Für weitere Rechnungen mit diesen Zwischenergebnissen werden nicht die gerundeten, sondern die im Taschenrechner gespeicherten Werte verwendet, damit Rundungsungenauigkeiten nicht kumulieren.

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
1.1	<p><u>Bestätigen:</u></p> $[E_n] = \left[ \frac{e^4 \cdot m_e}{\epsilon_0^2 \cdot h^2} \right] = 1 \frac{C^4 \cdot \text{kg}}{\left( \frac{A \cdot s}{V \cdot m} \right)^2 \cdot (J \cdot s)^2} = 1 \frac{C^4 \cdot \text{kg} \cdot V^2 \cdot m^2}{A^2 \cdot J^2 \cdot s^4} = 1 \frac{C^4 \cdot \text{kg} \cdot V^2 \cdot m^2}{A^2 \cdot A^2 \cdot V^2 \cdot s^2 \cdot s^4}$ $= 1 \frac{C^4 \cdot \text{kg} \cdot V^2 \cdot m^2}{C^4 \cdot V^2 \cdot s^2} = 1 \frac{\text{kg} \cdot m^2}{s^2} = 1 \text{J}$ <p><u>Zeigen:</u></p> $E_n = -\frac{e^4 \cdot m_e}{8 \epsilon_0^2 \cdot h^2} \cdot \frac{1}{n^2} = -2,18 \cdot 10^{-18} \text{J} \cdot \frac{1}{n^2} = -13,61 \text{eV} \cdot \frac{1}{n^2}$	3 2
1.2	<p><u>Zuordnen:</u></p> $E_n = -13,61 \text{eV} \cdot \frac{1}{n^2} \Rightarrow n = \sqrt{\frac{-13,61 \text{eV}}{E_n}}$ $\sqrt{\frac{-13,61 \text{eV}}{-3,40 \text{eV}}} \approx 2; \quad \sqrt{\frac{-13,61 \text{eV}}{-0,85 \text{eV}}} \approx 4; \quad \sqrt{\frac{-13,61 \text{eV}}{-0,54 \text{eV}}} \approx 5$	3
1.3	<p><u>Einzeichnen:</u></p> $E_3 = -13,61 \text{eV} \cdot \frac{1}{3^2} = -1,51 \text{eV}$ <p>Das berechnete Energieniveau ist mit ausreichender Genauigkeit im Material eingezeichnet.</p> <p><u>Berechnen:</u></p> <p>Übergang auf <math>n = 2</math>: <math>\lambda_2 = \frac{h \cdot c}{\Delta E} = \frac{h \cdot c}{(-1,51 - (-3,4)) \text{eV}} = \frac{h \cdot c}{3,03 \cdot 10^{-19} \text{J}} = 6,56 \cdot 10^{-7} \text{m}</math></p> <p>Übergang auf <math>n = 1</math>: <math>\lambda_1 = \frac{h \cdot c}{\Delta E} = \frac{h \cdot c}{(-1,51 - (-13,61)) \text{eV}} = \frac{h \cdot c}{1,94 \cdot 10^{-18} \text{J}} = 1,02 \cdot 10^{-7} \text{m}</math></p> <p><u>Angeben:</u></p> <p>Die Strahlung, die beim Übergang auf das Niveau <math>n = 2</math> emittiert wird, liegt im sichtbaren Bereich.</p>	3 3 1
1.4	<p><u>Erklären:</u></p> <p>Nach dem Bohr'schen Atommodell kann sich das Elektron im Wasserstoffatom nur auf bestimmten Bahnen bewegen und hat dabei jeweils bestimmte Energien. Das Wasserstoffatom emittiert Strahlung, wenn das Elektron von einer energetisch höheren Bahn auf eine energetisch niedrigere Bahn übergeht. Die Energie des emittierten Photons ist gleich der Differenz der Energien des Elektrons auf den Bahnen. Da die Energieniveaus und damit auch die Energiedifferenzen nur bestimmte Werte annehmen können, hat auch die Energie und damit auch die Wellenlänge der Photonen jeweils einen bestimmten Wert. Im Spektrum ergeben sich somit einzelne Linien.</p>	4
2.1	<p><u>Berechnen:</u></p> $r_2 = \frac{\epsilon_0 \cdot h^2}{\pi \cdot m_e \cdot e^2} \cdot 2^2 = 2,12 \cdot 10^{-10} \text{m}; \quad v_3 = \frac{e^2}{2 \epsilon_0 \cdot h} \cdot \frac{1}{3} = 0,73 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	3

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
2.2	<p><u>Berechnen:</u></p> $\lambda_2 = \frac{h}{p_2} = \frac{h}{m_e \cdot v_2} = \frac{h}{m_e \cdot 1,09 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 6,67 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ $\lambda_3 = \frac{h}{p_3} = \frac{h}{m_e \cdot v_3} = \frac{h}{m_e \cdot 0,73 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 9,97 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ <p><u>Untersuchen:</u></p> $\frac{2\pi \cdot r_2}{\lambda_2} = \frac{2\pi \cdot 2,12 \cdot 10^{-10} \text{ m}}{6,67 \cdot 10^{-10} \text{ m}} \approx 2$ $\frac{2\pi \cdot r_3}{\lambda_3} = \frac{2\pi \cdot 4,76 \cdot 10^{-10} \text{ m}}{9,97 \cdot 10^{-10} \text{ m}} \approx 3$ <p>Die Forderung wird erfüllt, weil das Ergebnis jeweils annähernd ganzzahlig ist.</p>	3          3
2.3	<p><u>Herleiten:</u></p> <p>Einsetzen von <math>\lambda_n = \frac{h}{m_e \cdot v_n}</math> in <math>2\pi \cdot r_n = n \cdot \lambda_n</math> ergibt:</p> $2\pi \cdot r_n = n \cdot \frac{h}{m_e \cdot v_n} \Rightarrow m_e \cdot v_n \cdot r_n = \frac{h}{2\pi} \cdot n$	3
2.4	<p><u>Nennen:</u></p> <p>Das Bohr'sche Atommodell beschreibt eine klassische Bewegung eines Elektrons im elektrischen Feld des Kerns. Dass das Elektron sich nur auf bestimmten Bahnen aufhalten kann, ist ein quantenmechanischer Aspekt.</p> <p><i>Alternativ können auch andere Aspekte genannt werden.</i></p> <p><u>Nennen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Atome mit mehr als einem Elektron können nur ansatzweise beschrieben werden.</li> <li>– Nach Bohr bewegt sich das Elektron auf einer Kreisbahn, also in einer Ebene. Damit müsste ein Wasserstoffatom die Form einer Scheibe mit sehr geringem Volumen haben.</li> <li>– Im Bohr'schen Atommodell wird postuliert, aber nicht erklärt, warum das Elektron den Atomkern umkreisen kann, ohne dass elektromagnetische Strahlung emittiert wird.</li> </ul> <p><i>Alternativ können auch andere Grenzen des Modells genannt werden. Es müssen nur zwei Grenzen genannt werden.</i></p>	2          2
3.1	<p><u>Zeigen:</u></p> $e \cdot U_B = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_B}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot 50000 \text{ V}}{m_e}} = 1,33 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $\lambda = \frac{h}{m_e \cdot v} = \frac{h}{m_e \cdot 1,33 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 5,5 \text{ pm}$ $t = \frac{a}{v} = \frac{0,37 \text{ m}}{1,33 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2,8 \text{ ns}$	4          2

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
3.2	<p><u>Berechnen:</u> Der Ansatz über die Kleinwinkelnäherung liefert:</p> $\frac{\lambda}{d} = \frac{x}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{d \cdot x}{a} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{0,37 \text{ m}} = 5,41 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ $v = \frac{h}{m_e \cdot \lambda} = \frac{h}{m_e \cdot 5,41 \cdot 10^{-10} \text{ m}} = 1,35 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $U_B = \frac{m_e \cdot v^2}{2e} = \frac{m_e \cdot \left(1,35 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2e} = 5,1 \text{ V}$ <p><i>Alternative Rechnung:</i></p> $U_B = \frac{m_e \cdot v^2}{2e} = \frac{h^2}{2e \cdot m_e \cdot \lambda^2} = \frac{h^2 \cdot a^2}{2e \cdot m_e \cdot d^2 \cdot x^2} \text{ mit } x = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow U_B = 5,1 \text{ V}$	6
3.3	<p><u>Beurteilen:</u> Es wird alle <math>\frac{5 \text{ s}}{4000} = 1,25 \text{ ms}</math> ein Elektron emittiert, das sich bei einer Geschwindigkeit von etwa <math>1,33 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}</math> (vgl. Aufgabe 3.1) nur für eine Zeit</p> $t = \frac{s}{v} = \frac{0,5 \text{ m}}{1,33 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 3,76 \cdot 10^{-9} \text{ s}$ <p>und somit nur für wenige Nanosekunden in der Versuchsanordnung aufhält. Es ist unmöglich, dass sich zwei Elektronen gleichzeitig in der Apparatur befinden. Für die Erzeugung eines Interferenzmusters kann daher nicht die Interferenz mindestens zweier Elektronen miteinander verantwortlich sein.</p>	3
	<b>Summe</b>	<b>50</b>

### III Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 Satz 3 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO bzw. des Abzugs nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt. Der prozentuale sprachliche Anteil nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO wird auf 20 % festgesetzt.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Im Fach Physik besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung je eines Vorschlags aus den Aufgabengruppen A und B, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass mindestens 45 % der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass mindestens 75 % der zu vergebenden BE erreicht werden.

**Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen**

<b>Aufgabe</b>	<b>Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen</b>			<b>Summe</b>
	<b>AFB I</b>	<b>AFB II</b>	<b>AFB III</b>	
<b>1</b>	4	12	3	<b>19</b>
<b>2</b>	8	4	4	<b>16</b>
<b>3</b>	3	9	3	<b>15</b>
<b>Summe</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>50</b>

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.