

## 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			X						
1.2	X			X			X			
1.3		X								
2.1		X					X			
2.2				X			X			
2.3		X								
2.4		X				X		X		
2.5				X		X		X		
3.1	X	X								
3.2	X	X								

### Inhaltlicher Bezug

Q3: Quanten- und Atomphysik

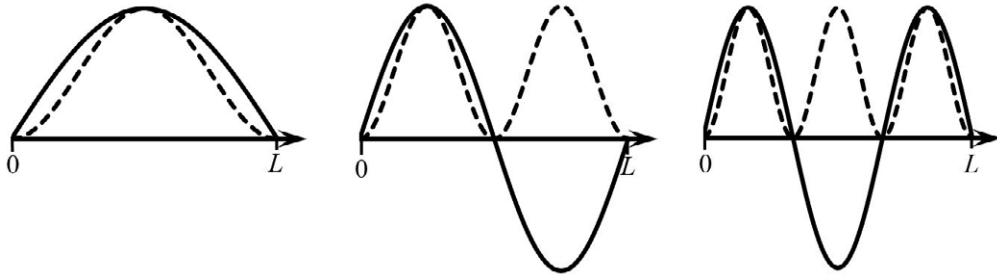
verbindliche Themenfelder: Eigenschaften von Quantenobjekten (Q3.1), Atommodelle (Q3.2)

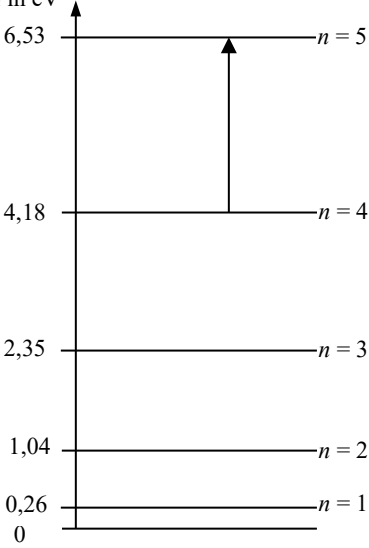
## II Lösungshinweise und Bewertungsraster

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>Nennen:</u> Im Modell des eindimensionalen Potenzialtopfs wird ein Elektron in einem eindimensionalen Bereich der Länge <math>L</math> betrachtet. Innerhalb dieses Bereichs wirken keine Kräfte auf das Elektron. Es gilt <math>E_{\text{pot}} = 0 \text{ J}</math>. Außerhalb dieses Bereichs gilt dagegen <math>E_{\text{pot}} = \infty</math>. Die Elektronen können den Bereich der Länge <math>L</math> also nicht verlassen.</p> <p><u>Nennen und erklären:</u> Das Quadrat der Wellenfunktion <math>\psi(x)</math> ist ein Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit eines Elektrons. Da für <math>x = 0</math> und <math>x = L</math> die potenzielle Energie unendlich groß ist, hat die Aufenthaltswahrscheinlichkeit dort den Wert null. Daraus ergeben sich die angegebenen Bedingungen.</p>	3  2
1.2	<p><u>Skizzieren:</u></p>  <p>Die durchgezogenen Linien stellen die Wellenfunktionen dar, die gestrichelten Linien die Aufenthaltswahrscheinlichkeiten. Dabei sind die Skalen für beide Funktionen unterschiedlich, so dass die Maxima der beiden Funktionen nicht gleich hoch sein müssen. Zwei getrennte Graphen sind zu akzeptieren.</p> <p><u>Angeben:</u> Für die drei größten Wellenlängen ergibt sich: <math>\lambda_1 = 2L</math>, <math>\lambda_2 = L</math>, <math>\lambda_3 = \frac{2L}{3}</math></p> <p><u>Erläutern:</u> Bei klassischen Teilchen gibt es (im Topf) keine Orte mit verschwindender Aufenthaltswahrscheinlichkeit. In der oben skizzierten Aufenthaltswahrscheinlichkeit ist diese aber genau in der Mitte des Topfs null.</p>	5  1  1
1.3	<p><u>Herleiten:</u> Für jede stehende Welle gilt: <math>L = n \cdot \frac{\lambda_n}{2}</math> mit <math>n = 1, 2, 3, \dots</math> Der Impuls des Elektrons beträgt <math>p_n = \frac{h}{\lambda_n}</math> und mit obiger Gleichung ergibt sich: <math display="block">p_n = \frac{h}{2L} \cdot n</math> Die Energie des Elektrons berechnet sich schließlich durch: <math display="block">E_n = \frac{p_n^2}{2m_e} = \frac{\left(\frac{h}{2L} \cdot n\right)^2}{2m_e} = \frac{h^2}{8m_e \cdot L^2} \cdot n^2 \quad \text{mit } n = 1, 2, 3, \dots</math></p>	5

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
2.1	<p><u>Berechnen:</u></p> $E_n = \frac{h^2}{8m_e \cdot L^2} \cdot n^2 = \frac{h^2}{8m_e \cdot (1,2 \cdot 10^{-9} \text{ m})^2} \cdot n^2 = 0,26 \text{ eV} \cdot n^2$ <p>Es ergibt sich  <math>E_1 = 0,26 \text{ eV}</math>, <math>E_2 = 1,04 \text{ eV}</math>, <math>E_3 = 2,35 \text{ eV}</math>, <math>E_4 = 4,18 \text{ eV}</math> und <math>E_5 = 6,53 \text{ eV}</math>.</p> <p><u>Zeichnen:</u>  <math>E_n</math> in eV</p>  <p>Der eingezeichnete Übergang wird erst in Aufgabe 2.2 erwartet.</p>	<div style="text-align: right;">4</div> <div style="text-align: right;">4</div>
2.2	<p><u>Untersuchen:</u>            Es gibt 8 freie Elektronen, von denen nach dem Pauli-Prinzip höchstens 2 dasselbe Energieniveau besetzen können. Deshalb sind im Grundzustand die 4 niedrigsten Energieniveaus mit je 2 Elektronen besetzt. Der energieärmste Übergang aus dem Grundzustand ist daher von <math>n = 4</math> zu <math>m = 5</math>.</p> <p><u>Einzeichnen:</u>  <i>Einzeichnen des Übergangs in das Termschema.</i></p>	<div style="text-align: right;">2</div> <div style="text-align: right;">1</div>
2.3	<p><u>Berechnen:</u>  <math>\Delta E = E_5 - E_4 = 6,53 \text{ eV} - 4,18 \text{ eV} = 2,35 \text{ eV} = 3,77 \cdot 10^{-19} \text{ J}</math></p> $\lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E} = \frac{h \cdot c}{3,77 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 528 \text{ nm}$	<div style="text-align: right;">4</div>
2.4	<p><u>Begründen:</u>            Grünes Licht ist in der Lage, den Übergang von <math>E_4</math> zu <math>E_5</math> anzuregen. Daher wird grünes Licht absorbiert, wenn weißes Licht die Blütenblätter bescheint. Dem Material 3 kann man entnehmen, dass das Entfernen von grünen Anteilen aus dem Farbspektrum die Blüte rot erscheinen lässt.</p>	<div style="text-align: right;">3</div>

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
2.5	<p><u>Beschreiben und erläutern:</u></p> <p>Im Übergang von Material 2 zu Material 4a) wird berücksichtigt, dass das Cyanin-Molekül einen Potenzialtopf mit endlich hohen Wänden darstellt. Die Wände des Potenzialtopfs können in der Realität nicht unendlich hoch sein, da Moleküle ionisierbar sind. Elektronen können das Cyanin-Molekül verlassen.</p> <p>Im Übergang von Material 4a) zu Material 4b) wird berücksichtigt, dass die potenzielle Energie im Topf nicht konstant ist. Die Energie in der Nähe der Atomrümpfe hat einen anderen Wert als zwischen den Atomrümpfen.</p> <p>Die Wände des Topfs sind nicht mehr senkrecht, denn der Verlauf des Potentials kann sich in der Realität nicht so plötzlich ändern.</p>	5
3.1	<p><u>Angeben:</u></p> <p>Ort und Impuls eines Quantenobjekts können prinzipiell nicht gleichzeitig beliebig genau bestimmt werden.</p> <p><u>Berechnen:</u></p> $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h \Leftrightarrow \Delta p_x \geq \frac{h}{\Delta x} = \frac{h}{1,2 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 5,52 \cdot 10^{-25} \text{ Ns}$ $E_{\text{kin}} = \frac{\Delta p_x^2}{2 \cdot m_e} \geq \frac{(5,52 \cdot 10^{-25} \text{ Ns})^2}{2 \cdot m_e} = 1,67 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ <p><i>Eine Berechnung mit anderen Abschätzungen für <math>\Delta x</math> oder z. B. mit <math>h/4\pi</math> für die rechte Seite ist ebenfalls zu akzeptieren.</i></p>	<p>1</p> <p>3</p> <p>2</p>
3.2	<p><u>Herleiten:</u></p> <p><math>\sin(\alpha_1) = \frac{\Delta p_x}{p}</math> in <math>\Delta x \cdot \Delta p_x = h</math> eingesetzt ergibt <math>\Delta x \cdot p \cdot \sin(\alpha_1) = h</math>.</p> <p>Mit <math>p = \frac{h}{\lambda}</math> ergibt sich <math>\Delta x \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot \sin(\alpha_1) = h</math>.</p> <p>Wegen der Kleinwinkelnäherung ist <math>\alpha_1 = \frac{\lambda}{\Delta x}</math>.</p> <p><i>Eine Beugungsformel mit <math>\tan(\alpha_1)</math> ist ebenfalls zu akzeptieren.</i></p>	4
	<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

Aufgabe	Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen			Summe
	AFB I	AFB II	AFB III	
<b>1</b>	5	11	1	<b>17</b>
<b>2</b>	9	9	5	<b>23</b>
<b>3</b>	1	5	4	<b>10</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.