

## 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		X		
1.3		X		X						
1.4		X		X				X		
2.1		X								
2.2		X				X				
2.3									X	
3.1		X								
3.2		X	X							
3.3									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> Das Laserlicht ist monochromatisch, kohärent und der Strahl weist eine sehr geringe Divergenz auf. <i>Die Nennung zweier Eigenschaften genügt zur Vergabe der vollen Anzahl an Bewertungseinheiten.</i></p>	2
1.2	<p><u>Begründen:</u> Beim Übergang von <math>E_{3,\text{Ne}}</math> nach <math>E_{2,\text{Ne}}</math> werden Photonen der Energie 1,96 eV emittiert. Dies entspricht einer Wellenlänge von <math>\lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{h \cdot c}{3,14 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 633 \text{ nm}</math>, also rotem Licht.</p> <p><u>Erklären:</u> Im elektrischen Feld zwischen Kathode und Anode werden Elektronen im Helium-Neon-Gasgemisch beschleunigt. Diese regen die Heliumatome vom Grundzustand in den Zustand <math>E_{2,\text{He}}</math> an. Die Heliumatome geben ihre Energie durch Stöße an die Neonatome ab. Dies führt zu einer <i>Besetzungsinversion</i> im Neon, d. h. es befinden sich mehr Neonatome im Zustand <math>E_{3,\text{Ne}}</math> als im energieärmeren Zustand <math>E_{2,\text{Ne}}</math>. Bei spontanen Übergängen von <math>E_{3,\text{Ne}}</math> in den Zustand <math>E_{2,\text{Ne}}</math> werden Photonen emittiert. Photonen, die senkrecht auf einen der Spiegel fallen, werden zurück in das Gasgemisch reflektiert. Dort können sie Neonatome im Zustand <math>E_{3,\text{Ne}}</math> zur <i>stimulierten Emission</i> eines Photons anregen, das dieselben Eigenschaften wie das erste Photon hat. Dieser Vorgang wiederholt sich, sodass das Licht in hohem Maße verstärkt wird. Die hin- und herlaufenden Wellenzüge überlagern sich. Wenn die Spiegel den passenden Abstand voneinander haben, bildet sich eine <i>stehende Welle</i> aus. Ein kleiner Teil der Strahlung tritt durch einen teildurchlässigen Spiegel als Laserstrahl aus.</p>	3  5
1.3	<p><u>Bestimmen:</u> Die notwendige kinetische Energie der Elektronen beträgt <math>E_{\text{kin}} = 20,61 \text{ eV} = 3,30 \cdot 10^{-18} \text{ J}</math>.</p> <p>Aus <math>E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m_e \cdot v^2</math> folgt <math>v = \sqrt{\frac{2E_{\text{kin}}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,30 \cdot 10^{-18} \text{ J}}{m_e}} = 2,69 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}</math>.</p> <p><u>Angeben:</u> <math>U = 20,61 \text{ V}</math></p>	3  1
1.4	<p><u>Bestimmen:</u> Um ein Heliumatom anzuregen, ist eine Energie von 20,61 eV nötig. Das Photon des Laserlichts hat eine Energie von 1,96 eV, woraus sich ein maximaler Wirkungsgrad von <math>\frac{1,96 \text{ eV}}{20,61 \text{ eV}} \cdot 100\% = 9,5\%</math> ergibt. <i>Es ist zu akzeptieren, wenn mit der Anregungsenergie des Neonatoms von 20,66 eV argumentiert wird.</i></p> <p><u>Begründen:</u> Der maximale Wirkungsgrad dürfte nicht erreicht werden, da</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nicht jedes beschleunigte Elektron ein Heliumatom in den Zustand <math>E_{2,\text{He}}</math> anregt,</li> <li>- nicht jedes angeregte Heliumatom seine Energie auf ein Neonatom überträgt,</li> <li>- angeregte Neonatome ihre Energie auch durch Emission nicht kohärenter Strahlung abgeben.</li> </ul> <p><i>Die Angabe eines Grundes genügt zur Vergabe der vollen Anzahl an Bewertungseinheiten. Andere plausible Gründe sind zu akzeptieren.</i></p>	3  2

[illegible]

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
3.3	<u>Beurteilen:</u> Der Impuls eines Photons hängt umgekehrt proportional von der Wellenlänge ab. Die Anzahl der Photonen wächst bei gleicher Pulsdauer und Leistung, also gleicher Energie eines Pulses, aber linear mit der Wellenlänge. Somit ändern sich der Gesamtimpuls der Photonen eines Pulses und damit auch der Ausschlag des Goldblättchens bei einer größeren Wellenlänge nicht.  <i>Eine Argumentation mit der Formel <math>p = \frac{E}{c}</math> ist ebenfalls zu akzeptieren.</i>	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

Aufgabe	Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen			Summe
	AFB I	AFB II	AFB III	
<b>1</b>	3	11	5	<b>19</b>
<b>2</b>	3	7	2	<b>12</b>
<b>3</b>	9	7	3	<b>19</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.