

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 | | | | | | | | |
| 2.1 | X | | | | | | | X | | |
| 2.2 | X | | | X | | | | X | | |
| 3.1 | | X | | X | | | | | | |
| 3.2 | | | X | | | X | | | | |
| 4.1 | | X | | | | | | | | |
| 4.2 | | | X | | | X | X | | | |
| 5 | | X | | X | | | | | | |

Inhaltlicher Bezug

Q3: Quanten- und Atomphysik

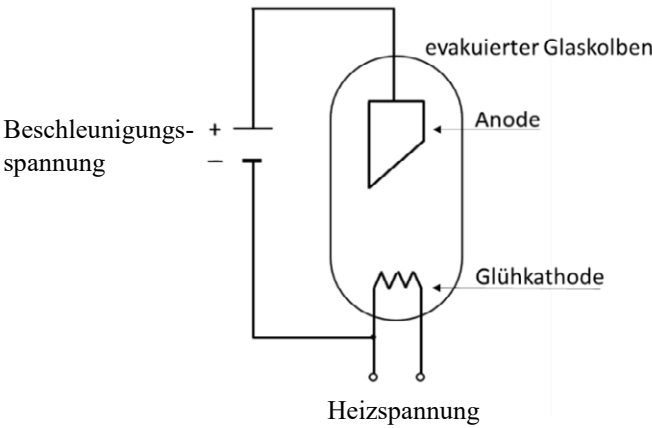
verbindliche Themenfelder: Eigenschaften von Quantenobjekten (Q3.1), Atommodelle (Q3.2), Röntgenstrahlung (Q3.3)

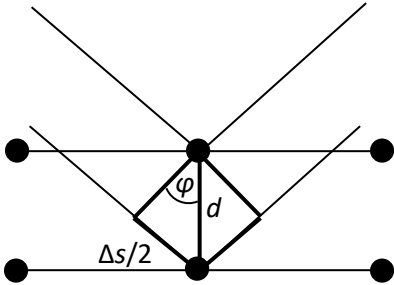
II Lösungshinweise und Bewertungsraster

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>Skizzieren und beschriften:</u></p>  <p><u>Beschreiben:</u> Die Heizspannung bewirkt einen Stromfluss, der die Kathode zum Glühen bringt. Die aus der Kathode austretenden Elektronen werden durch die Beschleunigungsspannung in Richtung Anode beschleunigt.</p> | <p>3</p> <p>2</p> |
| 1.2 | <p><u>Berechnen:</u></p> $e \cdot U_a = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_a}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot 30000 \text{ V}}{m_e}} = 1,03 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $\frac{v}{c} = \frac{1,03 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{c} = 0,34 = 34\%$ | <p>3</p> <p>1</p> |
| 2.1 | <p><u>Erläutern und erklären:</u> Kontinuierlicher Anteil der Röntgenstrahlung: Treffen die schnellen Elektronen auf die Anode, werden sie durch die Wechselwirkung mit dem Anodenmaterial stark abgebremst. Es findet eine Umwandlung ihrer kinetischen Energie in verschiedene andere Formen statt. Bei der Umwandlung in Strahlung entsteht ein kontinuierliches elektromagnetisches Strahlungsspektrum bis zu einer maximalen Energie der Strahlung (minimale Wellenlänge), die bei vollständiger Umwandlung der kinetischen Energie in elektromagnetische Strahlung erreicht wird. Ein großer Teil der Energie wird als Wärmeenergie an die Anode abgegeben, die daher gekühlt werden muss.</p> <p>Charakteristischer Anteil der Röntgenstrahlung: Die in die Anode eindringenden Elektronen sind in der Lage, aus den Atomen des Anodenmaterials auch innere Elektronen herauszulösen. An die Stelle der fehlenden Elektronen "springen" Elektronen aus einem höheren Energieniveau. Bei diesem Vorgang wird Energie in Form von charakteristischer elektromagnetischer Strahlung ausgesendet.</p> <p><u>Beschreiben:</u> Wird das Anodenmaterial verändert, verändern sich die Wellenlängen des charakteristischen Spektrums, während das kontinuierliche Spektrum weitgehend unverändert bleibt. Wird die Beschleunigungsspannung verändert, ändert sich die minimale Wellenlänge des kontinuierlichen Spektrums, während das charakteristische Spektrum unverändert bleibt.</p> | <p>3</p> <p>3</p> <p>2</p> |

| Aufg. | erwartete Leistungen | BE | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|------------------------|-----------------------|------------------------|---|---------|---------|---|---------|---------|---|---------|---------|------------|---------|---------|---|
| 2.2 | <u>Erläutern:</u> Durch die Erhöhung der Heizspannung werden mehr Elektronen aus der Kathode ausgelöst. Dadurch treffen mehr Elektronen pro Sekunde auf die Anode. Es ist entsprechend eine insgesamt höhere Intensität der Röntgenstrahlung zu erwarten. | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.1 | <u>Herleiten:</u> Für konstruktive Interferenz ist es notwendig, dass der Gangunterschied Δs ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge λ ist. Für die ein- und auslaufende Welle ergibt sich die Beziehung: $\Delta s = 2 \cdot \frac{\Delta s}{2} = 2 \cdot d \cdot \sin(\varphi)$  Damit ergibt sich die Bragg-Bedingung: $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \varphi$ mit $n = 1, 2, 3, \dots$ | 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.2 | <u>Zuordnen:</u> In Material 4 können von links nach rechts Maximapaare bis zur dritten Ordnung beobachtet werden, wobei dem jeweils kleineren Winkel die K_β -Linie zuzuordnen ist. <u>Berechnen:</u> Aus Material 4 entnimmt man $n = 1$: $6,3^\circ$ und $7,3^\circ$ $n = 2$: $12,9^\circ$ und $14,6^\circ$ $n = 3$: $19,6^\circ$ und $22,1^\circ$ <i>Abweichungen von $0,2^\circ$ in beide Richtungen sind zu akzeptieren.</i> Mit $d = 282 \text{ pm}$ folgt: $\lambda = \frac{2 \cdot d}{n} \cdot \sin \varphi = \frac{2 \cdot 282 \cdot 10^{-12} \text{ m}}{1} \cdot \sin(6,3^\circ) = 61,9 \text{ pm}$ Entsprechende Rechnungen ergeben: <table border="1" data-bbox="293 1621 978 1798"> <thead> <tr> <th>Ordnung n</th><th>Wellenlänge K_β</th><th>Wellenlänge K_α</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>61,9 pm</td><td>71,7 pm</td></tr> <tr> <td>2</td><td>63,0 pm</td><td>71,1 pm</td></tr> <tr> <td>3</td><td>63,1 pm</td><td>70,7 pm</td></tr> <tr> <td>Mittelwert</td><td>62,6 pm</td><td>71,2 pm</td></tr> </tbody> </table> | Ordnung n | Wellenlänge K_β | Wellenlänge K_α | 1 | 61,9 pm | 71,7 pm | 2 | 63,0 pm | 71,1 pm | 3 | 63,1 pm | 70,7 pm | Mittelwert | 62,6 pm | 71,2 pm | 2 |
| Ordnung n | Wellenlänge K_β | Wellenlänge K_α | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 61,9 pm | 71,7 pm | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 63,0 pm | 71,1 pm | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 63,1 pm | 70,7 pm | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwert | 62,6 pm | 71,2 pm | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.1 | <u>Herleiten:</u> Ein Elektron kann beim Abbremsen in der Anode maximal die gesamte kinetische Energie, die es nach dem Durchlaufen der Beschleunigungsspannung erhalten hat, als Photon abgeben. Daraus folgt: $e \cdot U_a = h \cdot f_{\max} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{\min}} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{h \cdot c}{e \cdot U_a}$ | 4 | | | | | | | | | | | | | | | |

| Aufg. | erwartete Leistungen | BE | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|--------------------|------------------------------------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|-------------------|
| 4.2 | <p><u>Zeichnen und bestimmen:</u> <i>In Material 5 wird für jede Kurve die verlangte Gerade gezeichnet.</i></p> <p>Für die minimalen Wellenlängen ergeben sich folgende Werte:</p> <table><tr><th>Spannung U in kV</th><th>Wellenlänge λ_{\min} in pm</th></tr><tr><td>35</td><td>34,0</td></tr><tr><td>34</td><td>35,5</td></tr><tr><td>32</td><td>38,0</td></tr><tr><td>30</td><td>40,5</td></tr><tr><td>28</td><td>42,0</td></tr><tr><td>26</td><td>46,5</td></tr><tr><td>24</td><td>49,5</td></tr><tr><td>22</td><td>54,5</td></tr></table> <p><u>Darstellen:</u></p> <p><i>Abweichungen aufgrund der Auswertung durch die Näherungsgeraden sind zu akzeptieren.</i></p> | Spannung U in kV | Wellenlänge λ_{\min} in pm | 35 | 34,0 | 34 | 35,5 | 32 | 38,0 | 30 | 40,5 | 28 | 42,0 | 26 | 46,5 | 24 | 49,5 | 22 | 54,5 | <p>3</p> <p>4</p> |
| Spannung U in kV | Wellenlänge λ_{\min} in pm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | 34,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | 35,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | 38,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 40,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | 42,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | 46,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 49,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 54,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Aufg. | erwartete Leistungen | BE |
|-------|--|-------------------|
| | <p><u>Ermitteln:</u></p> $\lambda_{\min} = \frac{h \cdot c}{e} \cdot \frac{1}{U_a} = m \cdot \frac{1}{U_a} \quad \text{mit} \quad m = \frac{h \cdot c}{e}$ <p>Die Ausgleichsgerade hat die Steigung $m = \frac{60 \cdot 10^{-12} \text{ m}}{5 \cdot 10^{-5} \text{ V}^{-1}} = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ Vm}.$</p> <p>Es ergibt sich:</p> $h_{\text{exp}} = \frac{m \cdot e}{c} = \frac{1,2 \cdot 10^{-6} \text{ Vm} \cdot e}{c} = 6,41 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ $\frac{h_{\text{exp}}}{h} = \frac{6,41 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{h} = 0,97$ <p>Die Abweichung beträgt etwa 3 %.</p> | <p>4</p> <p>1</p> |
| 5 | <p><u>Bestätigen:</u></p> $f_{K_\alpha} = \frac{3}{4} f_R (Z - S)^2 \Rightarrow Z - S = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{K_\alpha}}{3 \cdot f_R}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,94 \cdot 10^{18} \text{ Hz}}{3 \cdot 3,29 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}} = 28,0 = Z - 1$ <p>Daraus folgt $S = 1$.</p> <p>Die Abschirmkonstante hat also den Wert 1.</p> | 3 |
| | Summe | 50 |

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 | |
| 1 | 9 | | | 9 |
| 2 | 2 | 8 | | 10 |
| 3 | 4 | 4 | 4 | 12 |
| 4 | | 12 | 4 | 16 |
| 5 | | 1 | 2 | 3 |
| Summe | 15 | 25 | 10 | 50 |

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