

## 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									
2.2		X	X				X			
2.3		X						X		
2.4		X						X		
2.5				X		X		X		
3.1		X								
3.2		X								
3.3		X				X				

### Inhaltlicher Bezug

Q3: Quanten- und Atomphysik

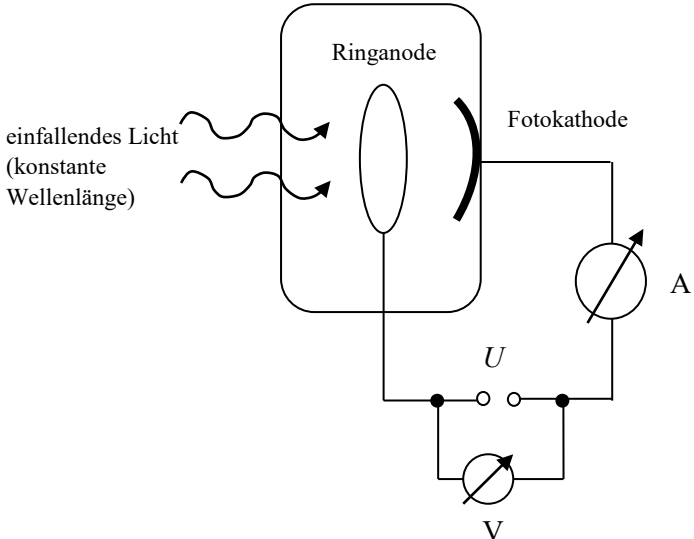
verbindliche Themenfelder: Eigenschaften von Quantenobjekten (Q3.1)

## 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> Die Entladung beginnt unabhängig von der Intensität des einfallenden Lichts erst ab einer bestimmten minimalen Frequenz.</p> <p><u>Erläutern:</u> Die Energie einer Welle ist von ihrer Amplitude und damit von ihrer Intensität abhängig. Auch bei Licht geringer Frequenz müsste eine Entladung beobachtbar sein.</p>	2 2
1.2	<p><u>Berechnen:</u></p> $\frac{A_{\text{Kreis}}}{A_{\text{Kugel}}} = \frac{\pi \cdot r^2}{4\pi \cdot R^2} = \frac{\pi \cdot (1 \cdot 10^{-10} \text{ m})^2}{4\pi \cdot (1 \text{ m})^2} = 2,5 \cdot 10^{-21}$ <p><u>Zeigen:</u> Pro Sekunde steht also für das Herauslösen eines Elektrons die Energie <math>E = 10 \cdot 0,05 \cdot 2,5 \cdot 10^{-21} \text{ J} = 1,25 \cdot 10^{-21} \text{ J} = 0,0078 \text{ eV}</math> zur Verfügung. Benötigt wird hierfür aber die Energie 1,7 eV.</p> <p>Daher müsste <math>t_A = \frac{1,7 \text{ eV}}{0,0078 \text{ eV}} \cdot 1 \text{ s} = 217,9 \cdot 1 \text{ s} = 3,6 \text{ min}</math> betragen.</p>	2 4
2.1	<p><u>Skizzieren und beschriften:</u></p> 	4
2.2	<p><u>Bestimmen:</u></p> <p>Mit der Beziehung <math>f = \frac{c}{\lambda}</math> ergeben sich die vier Frequenzen <math>6,11 \cdot 10^{14} \text{ Hz}</math>, <math>6,88 \cdot 10^{14} \text{ Hz}</math>, <math>7,14 \cdot 10^{14} \text{ Hz}</math>, <math>7,40 \cdot 10^{14} \text{ Hz}</math>.</p> <p><i>Zu den gegebenen Spannungswerten wird jeweils der gleiche Zahlenwert für die Energie in Elektronenvolt bestimmt.</i></p>	2

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
	<p><u>Zeichnen und einzeichnen:</u></p>	5
2.3	<p><u>Erläutern:</u> Die Energie eines Photons ist laut Einstein proportional zur Frequenz <math>f</math> des Lichts. Die Energie der freigesetzten Elektronen ergibt sich aus der Differenz zwischen Photonenenergie und Austrittsenergie der Kathode. Ihre Energiewerte müssen also auf einer Geraden liegen.</p> <p><u>Angeben:</u> Der Schnittpunkt gibt die Austrittsenergie der Kathode an.</p> <p><u>Ermitteln:</u>  <math display="block">h = \frac{(0,80 - 0,00) \text{ eV}}{(7,74 - 5,81) \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = 4,15 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} (= 6,64 \cdot 10^{-34} \text{ Js})</math> </p>	2 1 2
2.4	<p><u>Erläutern:</u> Aus der Anode könnten durch die Beleuchtung Elektronen austreten, die die Messung der Fotostromstärke beeinflussen.</p>	2
2.5.1	<p><u>Erläutern:</u> Besitzt die Spannung ein negatives Vorzeichen, so werden die aus der Kathode ausgelösten Elektronen auf ihrem Weg zur Ringanode abgebremst. Je höher dieser Spannungsbetrag ist, desto weniger Elektronen erreichen die Ringanode, bis ab einem bestimmten Betrag kein Elektron mehr ankommt. Besitzt die Spannung ein positives Vorzeichen, so werden die aus der Fotokathode ausgelösten Elektronen zur Anode beschleunigt. Je größer der Spannungsbetrag ist, desto mehr Elektronen erreichen die Anode pro Sekunde, bis schließlich ein Sättigungswert erreicht wird.</p>	4

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
2.5.2	<p><u>Untersuchen:</u></p> <p>a) Da die Photonen aufgrund der kleineren Wellenlänge eine höhere Frequenz und damit eine höhere Energie besitzen, muss sich der Wert des maximalen Betrags der Gegenspannung nach links verschieben. Da die Anzahl der auf die Kathode treffenden Photonen pro Sekunde gleich bleibt, bleibt auch der Wert der Sättigungsstromstärke gleich, die Kurve verschiebt sich also im Vergleich zur Ausgangskennlinie nach links.</p> <p>b) Aufgrund der gleichbleibenden Wellenlänge bleibt auch der Wert des maximalen Betrags der Gegenspannung gleich. Aufgrund der größeren Anzahl der Photonen ist der Wert der Sättigungsstromstärke höher, daher wird die Kennlinie in Richtung der <math>I</math>-Achse gestreckt.</p> <p>c) Wenn alle Fotoelektronen die gleiche Energie besitzen und direkt auf die Ringanode zufliegen, kommen sie ab der Spannung <math>-U_G</math> alle an der Anode an. Die Kennlinie ist also bis zu <math>-U_G</math> bei 0 mA und springt dann auf den Sättigungswert.</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>
3.1	<p><u>Prüfen:</u></p> <p>Elektronen werden ausgelöst, wenn die einfallenden Photonen eine Energie von mindestens <math>E_A = 1,3 \text{ eV}</math> besitzen.</p> $E_A = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E_A} = \frac{h \cdot c}{1,3 \text{ V} \cdot e} = 954 \text{ nm}$ <p>Es können also Wellenlängen über 800 nm (bis 954 nm) verstärkt werden.</p> <p><i>Alternativ kann auch nachgewiesen werden, dass die Energie von Photonen der Wellenlänge 800 nm größer als 1,3 eV ist.</i></p>	4
3.2	<p><u>Berechnen:</u></p> <p>Jedes Photon besitzt die Energie <math>E_{\text{ph}} = h \cdot \frac{c}{\lambda} = h \cdot \frac{c}{700 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 2,84 \cdot 10^{-19} \text{ J}</math>.</p> <p>Damit ergibt sich für die Anzahl der einfallenden Photonen pro Sekunde:</p> $n = \frac{P}{E} = \frac{1 \cdot 10^{-9} \text{ W}}{2,84 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 3,52 \cdot 10^9 \frac{1}{\text{s}}$ <p>Da nur jedes zehnte Photon ein Elektron auslöst, werden <math>3,52 \cdot 10^8</math> Elektronen pro Sekunde ausgelöst.</p>	4
3.3	<p><u>Bestimmen:</u></p> <p>Da das Elektron beim Eintritt in die Mikrokanalplatte schon eine Energie von 30 eV besitzt, schlägt es dort direkt ein Elektron heraus. Die beiden Elektronen werden dann</p> $N = \frac{430 \text{ V}}{30 \text{ V}} = 14 \frac{1}{3}, \text{ also 14-mal so beschleunigt, dass sie wieder ein Elektron ausschlagen.}$ <p>Daher verlassen pro eintretendes Elektron <math>N = 2^{15} = 32768</math> Elektronen die Mikrokanalplatte.</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>	3	5	2	<b>10</b>
<b>2</b>	8	16	4	<b>28</b>
<b>3</b>	4	4	4	<b>12</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.