

Gemeinsame Abituraufgabenpools der Länder

Beispielaufgaben

Aufgabe für das Fach Physik

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Resonanzabsorption
Anforderungsniveau	grundlegend
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Quantenphysik und Materie ♦ Atomvorstellungen ♦ Emission und Absorption
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> ♦ M 1 Flamme des Bunsenbrenners mit Kochsalz ♦ M 2 Rutherford'sches Atommodell ♦ M 3 Fotos des Experiments ♦ M 4 Sonderbriefmarke <i>Farbdruck ist erforderlich</i>
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> ♦ M2: Diehl, B., Erb, R., Heise, H. et al. (2008). <i>Physik Oberstufe. Gesamtband</i>. Berlin: Cornelsen. ♦ Alle weiteren Materialien und Abbildungen wurden im Auftrag des IQB erstellt.
Hilfsmittel	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Wissenschaftlicher Taschenrechner ♦ Formelsammlung
zusätzliche inhaltliche und methodische Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Balmer-Serie
fachpraktischer Anteil	ja <input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> Zeitzuschlag: -

1 Aufgabe

Resonanzabsorption

	BE
<p>1 Bringt man Kochsalz (NaCl) in die Flamme eines Bunsenbrenners ein, so geht von der Flamme ein für Natrium charakteristisches gelbes Licht der Wellenlänge $\lambda = 590 \text{ nm}$ aus (M 1).</p> <p>Erklären Sie die Entstehung einer solchen charakteristischen Lichtemission mit einem geeigneten Atommodell.</p> <p>Berechnen Sie die Energie, die pro Photon bei dieser Lichtemission freigesetzt wird. (Ersatzwert: 2,3 eV).</p> <p>Beurteilen Sie, ob die Erklärung mit dem Atommodell von Rutherford (M 2) möglich wäre.</p>	<p>3</p> <p>2</p> <p>2</p>
<p>2 Nun wird die Flamme eines Bunsenbrenners mit einer Natrium-Dampflampe (Na-Dampflampe) und einer Halogenlampe beleuchtet (Abb. 2 in M 3). In die Flamme wird anschließend Kochsalz eingebracht. Das Bild am Schirm wird beobachtet (Abb. 3 in M 3). Das gelbe Licht stammt dabei von der Na-Dampflampe, das weiße Licht von der Halogenlampe.</p> <p>Beschreiben Sie die Beobachtungen beim abgebildeten Experiment unter Verwendung einer Versuchsskizze.</p> <p>Erklären Sie die Beobachtung.</p> <p>Erläutern Sie, wie das Spektrum des Lichtes der Halogenlampe aussehen könnte, wenn es hinter der Flamme analysiert wird.</p>	<p>3</p> <p>3</p> <p>2</p>
<p>3 Na-Atome im Grundzustand können sowohl durch Wechselwirkung mit Photonen als auch Elektronen angeregt werden.</p> <p>Vergleichen Sie die Anregung eines Atoms durch Elektronen mit der Anregung durch Photonen.</p> <p>Na-Atome werden mit Elektronen mit der kinetischen Energie von 3,0 eV beschossen. Beim Stoß eines Elektrons mit einem Na-Atom wird dies so angeregt, dass es beim Übergang in den Grundzustand Licht mit der Wellenlänge $\lambda = 5,9 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ emittiert.</p> <p>Berechnen Sie die Geschwindigkeit eines solchen Elektrons nach dem Stoß.</p> <p>Nun wird die Energie der Elektronen verändert. Erreicht ihre kinetische Energie 3,2 eV, so treten im zugehörigen Emissionsspektrum neben der Linie mit der Wellenlänge $\lambda = 5,9 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ weitere Linien auf.</p> <p>Berechnen Sie die größte im Emissionsspektrum zu erwartende Wellenlänge. Begründen Sie Ihr Vorgehen.</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>

- 4 Im kontinuierlichen Sonnenspektrum beobachtet man feine dunkle Linien (Fraunhofer-Linien), wie in M 4 dargestellt.

Erklären Sie unter Bezug auf das Experiment in 2, dass die Fraunhofer-Linie mit $\lambda = 434 \text{ nm}$ auf die Existenz von Wasserstoff in der Sonne hinweist.

7

2 Material

Material 1

Flamme des Bunsenbrenners mit Kochsalz

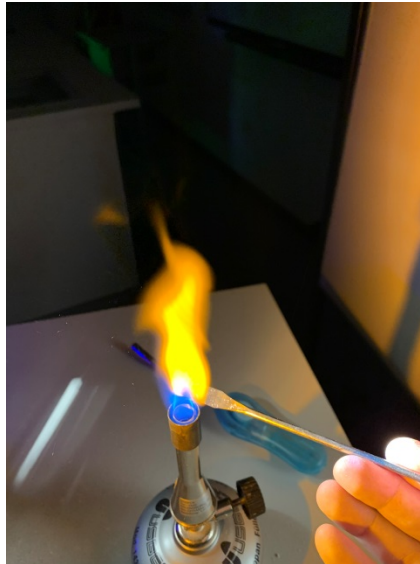


Abb. 1: Flamme des Bunsenbrenners mit Kochsalz, IQB

Material 2

Rutherford'sches Atommodell

1. Atome bestehen nicht nur aus Kugeln homogener positiver Ladungsverteilung, sondern sie besitzen eine innere Struktur.
2. Ein sehr kleiner, positiv geladener Atomkern enthält fast die gesamte Masse des Atoms. Sein Radius liegt in der Größenordnung von 10^{-14} m und ist damit etwa 100000-mal kleiner als der Atomradius.
3. Um ihn herum existiert eine „Wolke“ negativ geladener Elektronen. Das Atom besteht nach diesem Modell aus einem Z-fach positiv geladenen Kern, der von einer Hülle aus Z Elektronen umgeben ist. Nach außen hin kompensieren die Ladungen einander, so dass das Atom elektrisch neutral ist.

Quelle: Diehl et al., 2008, S. 331.

Material 3

Fotos des Experiments

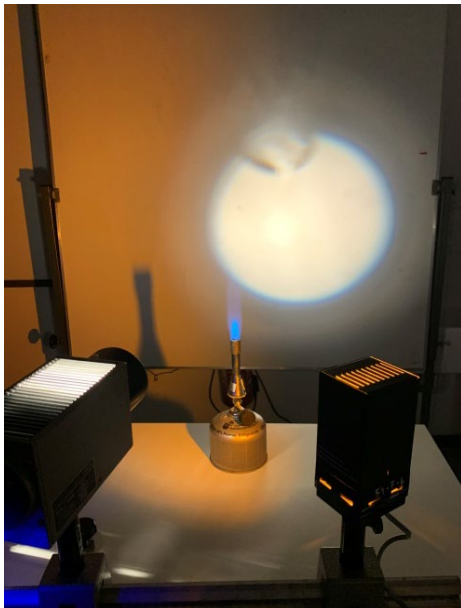


Abb. 2: Brennerflamme ohne Kochsalz, IQB

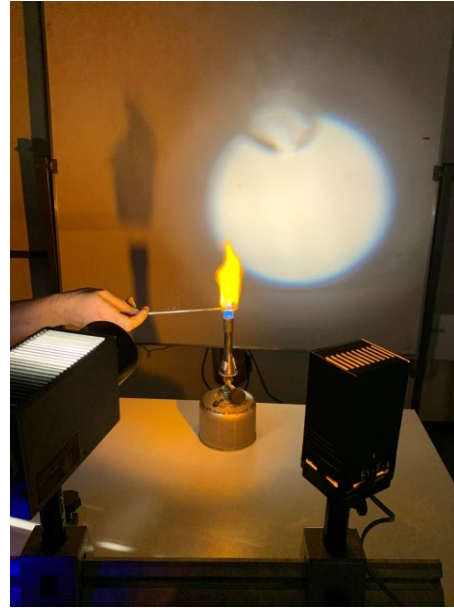


Abb. 3: Brennerflamme mit Kochsalz, IQB

Die Flamme des Bunsenbrenners ohne Kochsalz wird mit einer Natriumdampflampe und einer Halogenlampe beleuchtet. Das Licht wird auf einem Schirm abgebildet (linke Abbildung). Anschließend wird in die Flamme des Bunsenbrenners Kochsalz eingebracht und das Bild auf dem Schirm beobachtet (rechte Abbildung).

Material 4

Sonderbriefmarke

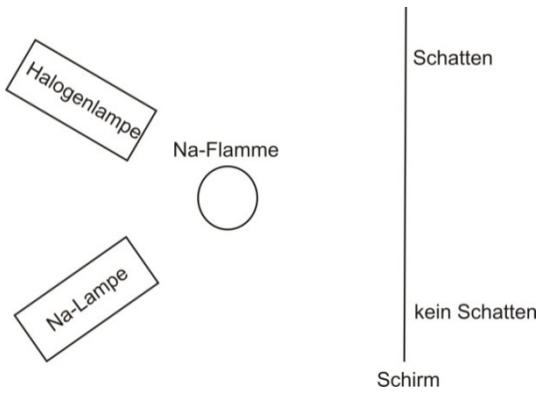


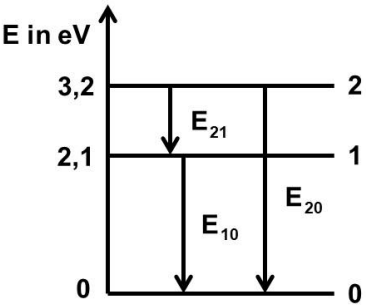
Abb. 4: Spektrum der Sonne mit Fraunhofer-Linien – Sonderbriefmarke zum 225. Geburtstag von Joseph von Fraunhofer (2012).

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<p><i>Erklären Sie die Entstehung einer solchen charakteristischen Lichtemission mit einem geeigneten Atommodell.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.</p> <p><i>Erklärung:</i> Die Erklärung kann mit Hilfe eines Atommodells (z.B. Bohr oder Potentialtopf) erfolgen, welches diskrete Energieniveaus aufweist. Beim Übergang eines Elektrons mit hoher Energie in einen Zustand mit geringer Energie wird die Energiedifferenz in Form eines Photons abgegeben. Wenn eine charakteristische Wellenlänge emittiert wird, können nur diskrete Energiezustände vorkommen.</p> <p>In der Flamme kommt es bei den Na-Atomen zur Gasbildung. Die Atome werden durch Wärmeaufnahme vom Grundzustand aus angeregt. Sie sind in einem angeregten Zustand mit einer kurzen Lebensdauer. Die in der Flamme angeregten Na-Atome emittieren bei Rückkehr in den Grundzustand Licht mit einer charakteristischen Wellenlänge.</p>	3		
	<p><i>Berechnen Sie die Energie, die pro Photon bei dieser Lichtemission freigesetzt wird. (Ersatzwert: 2,3 eV).</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.</p> <p><i>Berechnung:</i></p> <p>Aus $f = \frac{c}{\lambda}$ und $E = h \cdot f$ folgt: $E = 2,1 \text{ eV}$.</p>	2		
	<p><i>Beurteilen Sie, ob die Erklärung mit dem Atommodell von Rutherford (M 2) möglich wäre.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>E 8 beurteilen die Eignung physikalischer Modelle und Theorien für die Lösung von Problemen.</p> <p><i>Beurteilung:</i></p> <p>Im Rutherford'schen Modell sind keine diskreten Energieniveaus vorgesehen, da die Elektronen auf Bahnen in beliebigen Abständen um den Kern laufen können. Somit ist die Emission einer charakteristischen Wellenlänge nicht erklärbar.</p>		2	

<p>2</p>	<p><i>Beschreiben Sie die Beobachtungen beim abgebildeten Experiment unter Verwendung einer Versuchsskizze.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.</p> <p><i>Beschreibung:</i> Es wird beobachtet, dass durch die Na-Lampe ein Schatten der Flamme entsteht, der aber durch die Halogenlampe nicht entsteht.</p> <p><u>Versuchsskizze:</u></p> 	<p>3</p>		
	<p><i>Erklären Sie die Beobachtung.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien.</p> <p><i>Erklärung:</i></p> <p>Schatten: Die Strahlung der Na-Lampe wird von den Na-Atomen in der Flamme absorbiert. Das Licht, das wieder emittiert wird, hat keine Vorzugsrichtung und wird in alle Richtungen ausgestrahlt. Es führt zur Bildung eines Schattens hinter der Flamme.</p> <p>Kein Schatten: Aus dem gesamten Spektrum der Halogenlampe werden nur die Na-Linien absorbiert. Die restliche Strahlung bleibt hinter der Flamme erhalten. Kaum Verdunklung des Glühlichts.</p>		<p>2</p> <p>1</p>	
	<p><i>Erläutern Sie, wie das Spektrum des Lichtes der Halogenlampe aussehen könnte, wenn es hinter der Flamme analysiert wird.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>E 2 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.</p> <p><i>Erläuterung, z.B.:</i> Im Spektrum des weißen Lichtes zeigt sich bei ca. 590 nm eine geringe Intensität. Diese Wellenlänge wird von Na-Atomen in der Flamme zunächst absorbiert und dann in allen Richtungen emittiert. Die Formulierung könnte mithilfe einer Zeichnung ergänzt werden.</p>		<p>2</p>	

3	<p><i>Vergleichen Sie die Anregung eines Atoms durch Elektronen mit der Anregung durch Photonen.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien.</p> <p><i>Vergleichen:</i> Elektronen können ihre Energie portionsweise abgeben, bei Photonen müssen die jeweiligen Energien, die abgegeben und aufgenommen werden, übereinstimmen, und nach der Absorption ist das Photon nicht mehr vorhanden. Wenn bei Elektronen die kinetische Energie höher ist als die Differenz zwischen zwei Energieniveaus im Atom, können die Atome angeregt werden. Bei der Anregung durch Photonen muss die Photonen-Energie dagegen gleich der Differenz zwischen zwei Energieniveaus sein, damit die Anregung stattfindet (Resonanzabsorption).</p>		2	
	<p><i>Berechnen Sie die Geschwindigkeit eines solchen Elektrons nach dem Stoß.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.</p> <p><i>Berechnung</i> der Geschwindigkeit:</p> <p>Die kinetische Energie der Elektronen nach dem Stoß beträgt 0,9 eV.</p> <p>Geschwindigkeit nach dem Stoß: $v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$</p> <p>Ergebnis: $v = 5,6 \cdot 10^5 \text{ m/s}$</p>	2		
	<p><i>Berechnen Sie die größte im Emissionsspektrum zu erwartende Wellenlänge.</i></p> <p><i>Begründen Sie Ihr Vorgehen.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.</p> <p>Das <i>Begründen</i> kann mit Hilfe eines Energieschemas erfolgen:</p>  <p>Die größte im Emissionsspektrum zu erwartende Wellenlänge hat die geringste Energie (1,1 eV).</p>		2	

	<p><i>Berechnung:</i></p> <p>Aus $E = h \cdot f$ und $\lambda = \frac{c}{f}$ folgt: $\lambda = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.</p>		2	
4	<p><i>Erklären Sie unter Bezug auf das Experiment in 2, dass die Fraunhofer-Linie mit $\lambda = 434 \text{ nm}$ auf die Existenz von Wasserstoff in der Sonne hinweist.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien;</p> <p>S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.</p> <p>Die <i>Erklärung</i>: kann z. B. durch eine Übertragung vom obigen Experiment auf die Situation der Sonne erfolgen. Die beobachtete Erscheinung beruht auf dem Prinzip der Resonanzabsorption. Licht mit den genannten Wellenlängen könnte von den H-Atomen in der Sonne absorbiert werden.</p> <p>Der Nachweis kann z. B. mit Hilfe der Balmer-Formel erfolgen. Dafür gilt folgende Gleichung:</p> $f = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ $\frac{1}{\lambda} = \frac{R_H}{c} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ $\frac{c}{\lambda R_H} = \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}$ <p>Für $\lambda = 434 \text{ nm}$: $0,21 \approx \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}$ daraus folgt: $n = 2$ und $m = 5$</p> <p>Licht dieser Wellenlänge kann durch den Übergang eines Elektrons im Wasserstoff vom 5. Energieniveau auf das 2. Energieniveau emittiert werden.</p> <p>Das Fehlen der Linien kann also ein Hinweis auf die Existenz von Wasserstoff auf der Sonne sein.</p>		3	4
	Summe	10	16	4
	Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent	33,3	53,3	13,3

4 Standardbezug

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	3, 7	8		
2	1	2	3	
3	1, 7			
4	1, 7			

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster¹ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

¹ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.