

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2010

Physik, Leistungskurs

1. Aufgabenart

- Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material sowie zwei Demonstrationsexperimente enthält

2. Aufgabenstellung

Aufgabe: Energieniveaus im Quecksilberatom

(120 Punkte)

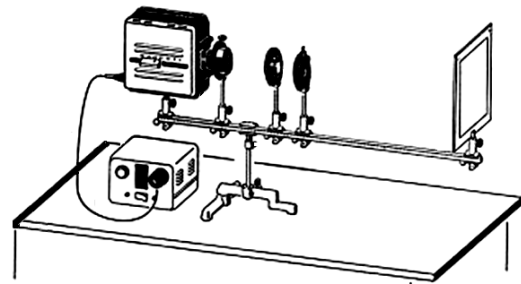
3. Materialgrundlage

Versuchsmaterial und -aufbau

Hinweise zu den Experimenten

Versuch 1:

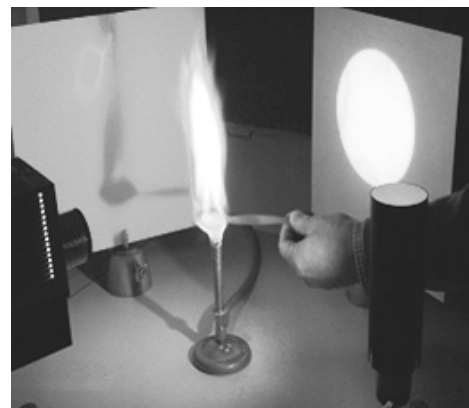
Das Linienspektrum einer Hg-Dampf Lampe wird mit Hilfe eines Gitters (570 Striche/mm) erzeugt (siehe nebenstehende Abbildung).



Versuch 2:

Kochsalz wird in die Flamme eines Brenners gebracht und mit dem Licht einer Hg-Dampf Lampe und dem Licht einer Na-Dampf Lampe beleuchtet.

Die beiden Lampen beleuchten dabei die Flamme eines Brenners von zwei verschiedenen Seiten aus unter einem Winkel von 90° zueinander (siehe nebenstehende Abbildung). Die Lichtbündel werden auf zwei Schirmen aufgefangen. In die Flamme wird ein Spatel bzw. ein Löffel mit Kochsalz (NaCl) gebracht, dieses färbt die Flamme gelb (durch das Natrium). Auf dem Schirm, der vom Licht der Hg-Dampf Lampe beleuchtet wird, sieht man keine Änderung. Auf dem zweiten Schirm, der vom Licht der Na-Dampf Lampe beleuchtet wird, sieht man deutlich sichtbar einen Schatten der Flamme.



Für die beiden Leuchten sind keine weiteren Linsenvorsätze erforderlich. Man hält den Spatel (aus der Chemie) bzw. den Löffel mit dem Kochsalz in die Flamme. Es kann ein paar Augenblicke dauern, bis sich die Flamme einfärbt.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2010

1. Inhaltliche Schwerpunkte

- Elektromagnetische Schwingungen und Wellen einschließlich Resonanz
 - Interferenz (Lichtbeugung am Spalt, Doppelspalt und Gitter, Wellenlängenmessung)
- Atom- und Kernphysik
 - Linienspektren in Absorption und Emission und Energiequantelung des Atoms, Atommodelle (Beobachtung von Spektrallinien am Gitter, Franck-Hertz-Versuch)

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Physikalische Formelsammlung
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

6.1 Modelllösungen

Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

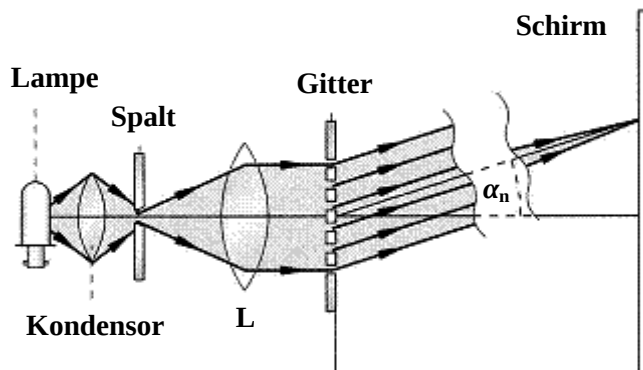
Die nachfolgenden Modelllösungen erfassen nicht notwendigerweise alle sachlich richtigen Lösungsalternativen.

Sollte die Auswertung der Messdaten mit Hilfe eines grafikfähigen TR oder CAS erfolgen, so muss der Prüfling die entstandenen Graphen für die korrigierende Lehrkraft skizzenhaft in seiner Reinschrift dokumentieren.

Modelllösungen Aufgabe: Energieniveaus im Quecksilberatom

1. Versuch 1: Gitterspektrum

1.1 a) **Beschreibung des Versuchsaufbaus**



Bader, F.: Dorn-Bader Physik 12/13, Gymnasium Sek II, Hannover 2000, S. 188; Skizze abgeändert

Skizziert werden müssen: Lampe, Spalt, Abbildungslinse L, Gitter und Schirm, Skizzierung von Nah- und Fernbereich zwischen Gitter und Schirm; auf den Kondensator kann verzichtet werden.

Beschreibung der Versuchsdurchführung:

Gemäß vorstehender Skizze wird der Spalt mit Hilfe des Lichts der Hg-Dampfampe ausgeleuchtet und anschließend mit einer Sammellinse auf dem Schirm abgebildet. In den (nahezu parallel verlaufenden) Strahlengang nach der Linse wird das Gitter gebracht.

1.1 b) **Herleitung der Gleichung**

$$n \cdot \lambda = g \cdot \sin(\alpha_n)$$

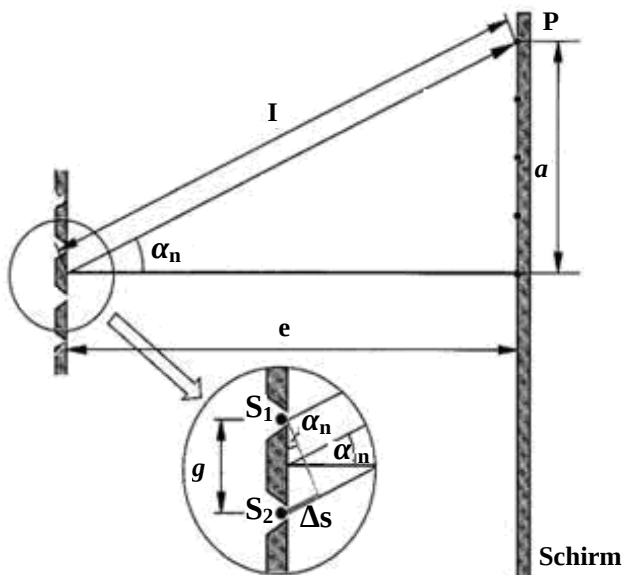
Ist n die Nummer des jeweiligen Maximums, gilt, da der Winkel α_n in beiden Teilen der Skizze

auftritt: $\sin(\alpha_n) = \frac{\Delta s}{g}$. Das n -te

Maximum ergibt sich bei einem Gangunterschied zwischen den Randstrahlen $\Delta s = n \cdot \lambda$.

Also erhält man insgesamt nach Umstellung: $n \cdot \lambda = g \cdot \sin(\alpha_n)$.

$n = 0$ liefert das Hauptmaximum, die Nebenmaxima werden für $n \geq 1$ erreicht.



Grehn, J.; Krause, J.: Metzler Physik, 1998, S. 295; Zeichnung abgeändert

1.1 c) **Angabe der weiteren Größen:**

n ist die Ordnungsnummer des jeweiligen Maximums.

α_n ist der Ablenkungswinkel, unter dem das jeweilige Maximum n -ter Ordnung zu sehen ist.

1.2 a) **Berechnung der Wellenlängen:**

Es sei jetzt ($n = 1$) der Einfachheit $\alpha_1 = \alpha$ gesetzt. Dann ist

$$\lambda = \frac{g}{1} \cdot \sin(\alpha_1) = g \cdot \sin(\alpha).$$

Mit $\sin(\alpha) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + e^2}}$ erhält man: $\lambda = g \cdot \sin(\alpha) = g \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2 + e^2}}$.

Die Gitterkonstante berechnet sich zu $g = \frac{1}{570} \text{ mm} \approx \underline{\underline{1,75 \cdot 10^{-6} \text{ m}}}$.

Der Ablenkswinkel ergibt sich z. B. als $\alpha = \arctan \frac{a}{e}$. Berechnet der Schüler diesen

Wert zuerst, vereinfacht sich natürlich die obige Rechnung entsprechend.

Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Bei der zu berechnenden Wellenlänge für die gelbe Linie ist eine Abweichung von einigen Prozent akzeptabel. Für die anderen Linien sind Winkel und Wellenlänge in der Aufgabe vorgegeben.

Die vervollständigte Tabelle lautet:

Farbe	Abstand a der Linien 1. Ordnung zum Maximum 0. Ordnung in cm	Ablenkswinkel α in Grad	Wellenlänge λ in nm
Gelb	34,9	19,24	578
Grün	32,7	18,11	545
Blau	23,7	13,33	405
Ultraviolett 1	14,6	8,31	253
Ultraviolett 2	10,6	6,05	185

- 1.2 b) An der Position des Gittermaximums zweiter Ordnung befindet sich ein Minimum des Einzelspalts, was bedeutet, dass unter dem entsprechenden Winkel kein Licht beobachtbar ist.

1.3 a) **Qualitative Erläuterung der zwei Bohr'schen Aussagen:**

1. Aussage:

Der positiv geladene Atomkern wird von Elektronen auf konzentrischen Kreisbahnen ohne Abgabe von Energie (strahlungsfrei) umrundet.

2. Aussage:

Beim Übergang der Elektronen zwischen zwei Zuständen wird elektromagnetische Strahlung absorbiert bzw. emittiert, deren Wellenlänge der Planck'schen Beziehung $E = h \cdot f$ genügt.

1.3 b) **Erklärung des Auftretens von Linien:**

Da die Elektronen in der Hülle der Atome nur ganz bestimmte – diskrete – Energieniveaus annehmen können, wird bei einem Übergang von einem höheren Energieniveau auf ein niedrigeres die zugehörige Energiedifferenz in Form elektromagnetischer Strahlung einer ganz bestimmten Energie abgegeben. Nach $E = h \cdot f$ bedeutet das diskrete Frequenzen bzw. Wellenlängen, also Linien in einem Spektrum.

1.3 c) **Berechnung der Photonenenergie:**

Es ist $E_{\text{ph}} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$, $c = 3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ und $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

Farbe	Wellenlänge	Energie (in J)	Energie (in eV)
Gelb	$\lambda_1 = 578 \text{ nm}$	$E_1 = 3,44 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	$E_1 = 2,15 \text{ eV}$
Grün	$\lambda_2 = 545 \text{ nm}$	$E_2 = 3,65 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	$E_2 = 2,28 \text{ eV}$
Blau	$\lambda_3 = 405 \text{ nm}$	$E_3 = 4,91 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	$E_3 = 3,07 \text{ eV}$
Ultraviolett 1	$\lambda_4 = 253 \text{ nm}$	$E_4 = 7,84 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	$E_4 = 4,90 \text{ eV}$
Ultraviolett 2	$\lambda_5 = 185 \text{ nm}$	$E_5 = 10,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	$E_5 = 6,71 \text{ eV}$

1.3 d) **Bestimmung der Übergänge:**

Berechnung der Energieniveaudifferenzen: Man erkennt an dem Termschema, dass die beiden UV-Linien durch den Übergang in den Grundzustand emittiert werden:

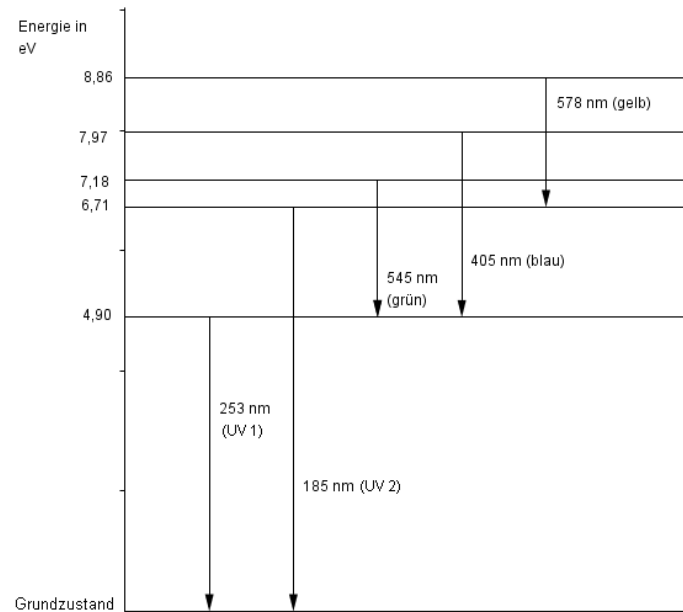
Gelb: $8,86 \text{ eV} \leftrightarrow 6,71 \text{ eV}$

Grün: $7,18 \text{ eV} \leftrightarrow 4,90 \text{ eV}$

Blau: $7,97 \text{ eV} \leftrightarrow 4,90 \text{ eV}$

UV1: $4,90 \text{ eV} \leftrightarrow 0 \text{ eV}$

UV2: $6,71 \text{ eV} \leftrightarrow 0 \text{ eV}$

2. **Versuch 2: Kreuzprojektion**2.1 **Beschreibung von Versuchsaufbau und -durchführung:**

Hg- und Na-Dampflampe beleuchten über Kreuz eine Flamme, in der NaCl verdampft. Auf zwei verschiedenen Schirmen wird das Licht beider Lampen nach Durchgang durch die Flamme aufgefangen.

2.2 **Beschreibung der Beobachtung:**

Beobachtung auf „Hg“-Schirm: Es ist nichts zu erkennen, insbesondere kein Schatten der Flamme.

Beobachtung auf „Na“-Schirm: Es ist ein Schatten der Flamme zu erkennen.

2.3 Erklärung:

Die Hg-Dampflampe sendet nur Licht aus, das zu den (errechneten) Hg-Linien gehört. Keine dieser Wellenlängen bzw. keine der zugehörigen Photonenenergie stimmt mit der Anregungsenergie des Na überein, sodass keine Wechselwirkung zwischen den Photonen des Hg-Lichts und den Na-Atom-Hüllelektronen auftritt.

Die Na-Dampflampe sendet solches Licht aus, das exakt diejenige Energie hat, die Na-Atom-Hüllelektronen anregen können, auf höhere Bahnen (gemäß Bohr'schen Atommodells) zu wechseln. Ein Teil des eingestrahnten Na-Lichts wird also dazu genutzt, die Na-Atome im verdampfenden NaCl anzuregen. Diese Photonen fehlen später auf dem Schirm. Die angeregten Na-Atomhüllelektronen werden wieder in den Grundzustand zurückkehren: Sie senden dabei zwar auch wieder Licht exakt der zuvor absorbierten Wellenlänge aus, aber dieses Licht geht in alle Raumrichtungen, sodass auf dem Schirm das dort fehlende Licht nicht vollständig ersetzt wird. Daher entsteht hinter der Flamme ein dunklerer Bereich, ein „Schatten“.

3. Der Franck-Hertz-Versuch

3.1 a) Erläuterung der Bauelemente:

Glüh-Kathode: Austreten / Zur-Verfügung-Stellen von Elektronen

Gitter: Beschleunigung der Elektronen aufgrund Beschleunigungsspannung U_1 und Möglichkeit zum Durchgang der Elektronen hin zur Anode

Anode: Auffangen der dort ankommenden Elektronen

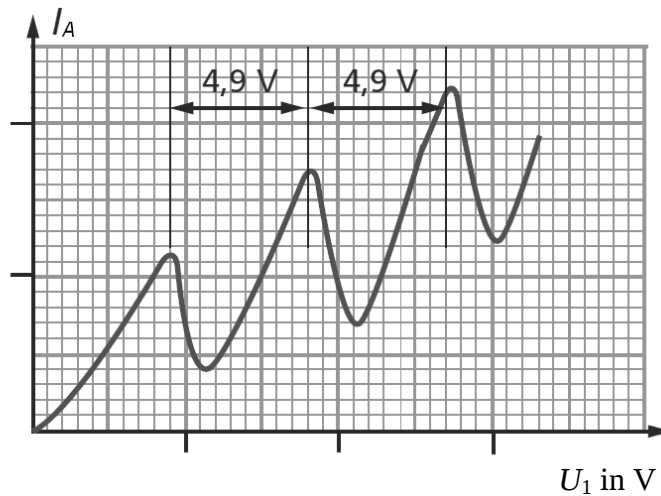
Anodenstrommessgerät: Bestimmung der Anodenstromstärke I_A

Bedeutung der Spannungen:

U_H : Heizspannung zum Glühen der Kathode

U_1 : Beschleunigungsspannung für die Elektronen zwischen Kathode und Gitter

U_2 : Die Gegenspannung bewirkt, dass durch inelastische Stöße abgeschwächte Elektronen die Anode nicht erreichen.

3.1 b) **Skizze des Anodenstromverlaufs:**

Paetec: Physik, Gymnasiale Oberstufe, 2003, S. 487; geänderte und vereinfachte Darstellung

Hinweise für die korrigierende Lehrkraft:

Quantitative Angaben an den Achsen sind nicht verlangt. Es müssen aber die äquidistanten Maxima deutlich erkennbar sein.

3.1 c) **Erläuterung der Ergebnisse** des Franck-Hertz-Versuchs (leicht verändert übernommen aus Paetec: Physik, Gymnasiale Oberstufe, 2003, S. 487 f.):

Auf ihrem Weg zur Anode stoßen die Elektronen mit Hg-Atomen zusammen. Bei niedriger Beschleunigungsspannung erfolgen diese Stöße elastisch. Die Elektronen geben dabei nahezu keine kinetische Energie an die Atome ab und sind deshalb in der Lage, das geringe Gegenfeld vor der Anode zu überwinden.

Erreicht die kinetische Energie der Elektronen einen bestimmten Wert, dann kommt es zu inelastischen Stößen zwischen Elektronen und Atomen. Die Hg-Atome nehmen dabei Energie von den Elektronen auf. Diese sind dann nicht mehr in der Lage, das Gegenfeld zu überwinden – dementsprechend sinkt die Stromstärke. Wird die Beschleunigungsspannung weiter erhöht, vergrößert sich die Energie der Elektronen wieder, der Strom steigt erneut an. Bei einer stetigen Steigerung der Spannung erreichen die Elektronen auch wieder diejenige Energie, bei der inelastische Stöße erfolgen.

Auf diese Weise können die Elektronen auf ihrem Weg zur Anode gleich zwei- oder mehrmals ihre Energie an Hg-Atome abgeben. So erklärt sich das Auftreten mehrerer Maxima bzw. Minima in der Spannungs-Stromstärke-Kurve.

Geht man von diskreten Energieniveaus in der Hülle des Hg-Atoms aus, dann zeigt dieser Versuch: Nur wenn die kinetische Energie eines Elektrons mindestens gleich der Differenz zweier atomarer Energieniveaus ist, kann sie durch das Hg-Atom aufgenommen werden.

3.2 a) **Berechnung der „Anregungswellenlänge“:**

Der Spannungsabstand $\Delta U_1 = 4,90 \text{ V}$ entspricht einer Energieabgabe der Elektronen von $\Delta E = e \cdot U_1 = e \cdot 4,90 \text{ V} = 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 4,90 \text{ J} = 7,85 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Da $\Delta E = E_{\text{ph}}$ ist, ergibt sich mit:

$$E_{\text{ph}} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda_{\text{FH}}}, \text{ also } \lambda_{\text{FH}} = h \cdot \frac{c}{E_{\text{ph}}}, \text{ also } \underline{\underline{\lambda_{\text{FH}} \approx 253 \text{ nm}}}$$

3.2 b) **Erläuterung der „fehlenden Anregungen“ im Franck-Hertz-Diagramm**

Aus dem Termschema ergibt sich, dass langwelligere Strahlung erst dann emittiert werden kann, wenn zuvor Anregungen von mindestens 6,71 eV auftreten, da die langwelligere Strahlung erst bei Übergängen zwischen den „oberen“ Energieniveaus vorkommen. Dieser Prozess ist aber sehr unwahrscheinlich, da die anregenden Elektronen ab einer Energie von 4,90 eV bereits ihre Energie mit hoher Wahrscheinlichkeit an die Hüllelektronen abgeben, die diese dann beim „Rücksprung“ als 253-nm-Linie abgeben.

Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Die beobachtete Anregung von 4,90 eV entspricht einem 61S0 nach 63P1 Übergang. Die optischen Linien des Hg entstehen durch Übergänge von 6D nach 6P Zuständen sowie 7D nach 6P bzw. 7, 8 oder 9S nach 6P. Zu ihrer Anregung müsste ein Elektron also zunächst auf mindestens 6,7 eV beschleunigt werden. Da bei der Anordnung Beschleunigungs- und Anregungsstrecke zusammenfallen, ist dieser Prozess unwahrscheinlich und führt zu keinen ausgeprägten Maxima. Lediglich bei sehr geringem Dampfdruck und entsprechend kleiner Stoßwahrscheinlichkeit könnten diese Übergänge auftreten. Allerdings würden bei der geringen Stoßwahrscheinlichkeit ebenfalls keine ausgeprägten Maxima beobachtet werden können. Bei der nachfolgenden Modifikation des Versuchs nach Franck und Knipping wird jedoch genau eine dieser Energien angeregt und nachgewiesen.

3.2 c) Erklärung für „Abfall nicht auf Null“

Ursache 1: Nicht alle Elektronen stoßen genau dann, wenn sie 4,9 eV Energie aufgenommen haben.

Ursache 2: Bei einer festen Beschleunigungsspannung ergibt sich keine einheitliche Energie der Elektronen (vgl. Erklärung für die „Breite“).

Erklärung der „Breite“

Ursache 1: Die Elektronen, die aus der Kathode austreten, haben nicht alle die gleiche Energie.

Ursache 2: Die Elektronen verlieren auch durch elastische Stöße Energie. Hier ist der Energieverlust zwar klein, aber es können zahlreiche Wechselwirkungen auftreten.

Ursache 3: Trifft ein Elektron auf ein bereits angeregtes Hg-Atom, können zudem auch andere Energien absorbiert werden.

Ursache 4: Die Hg-Atome weisen unterschiedliche Bewegungsenergie auf.

Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Es soll je eine Erklärung für die endliche Breite und das Nichtabfallen auf Null angegeben werden.

4. Eine Modifikation des Franck-Hertz-Versuchs**4.1 Beschreibung des Diagramms:**

Das Diagramm zeigt ebenfalls einen deutlichen Anstieg bis zu einer Spannung von 4,9 V und einen anschließenden Abfall auf etwa 1/10 des Anodenstroms. Sein Verlauf ist jedoch etwas unregelmäßiger als die Franck-Hertz-Kurve. Einigermaßen deutlich erkennbar ist eine zusätzliche Flanke bzw. ein Maximum bei einer Spannung von 6,71 V.

4.2 Bedeutung der Trennung von Beschleunigungs- und Reaktionsstrecke

Bevor die Elektronen überhaupt auf Hg-Atome treffen, ist durch die Trennung der beiden Strecken die Möglichkeit gegeben, ihnen größere Energien als 4,9 eV zuzuführen. In der üblichen Anordnung würden solche Elektronen i.d.R. durch die erste Anregung von 4,90 eV bereits ihre Energie verlieren, während beim Franck-Knipping-Versuch die Elektronen erst auf Hg-Atome treffen, wenn sie ihre maximal erreichbare Energie innerhalb der Beschleunigungsstrecke aufgenommen haben, so dass dann auch höhere Energieniveaus angeregt werden können.

4.3 **Interpretation**

Aufgrund der Trennung von Beschleunigungs- und Reaktionsstrecke erlaubt die Anordnung nach Franck und Knipping den Nachweis dieser höheren Anregungen: Die beobachtete Flanke bei 6,71 V entspricht dem Übergang von der 2. Anregung in den Grundzustand (siehe Abbildung 7).

5. **Anregung der Hg-Atome mit Licht**

- 5.1 Bei dem Beschuss der Hg-Atome mit Photonen der Energie zwischen 5 eV und 6 eV tritt keine Anregung der Hg-Atome auf. Photonen können – im Gegensatz zu Elektronen – ihre Energie nur vollständig abgeben.

- 5.2 Bei dem Beschuss der Hg-Atome mit Photonen der Energie zwischen 6 eV und 7 eV tritt Anregung der Hg-Atome auf, da 6,71 eV ein Anregungsniveau im Term-schema des Hg ist.

6.2 Teilleistungen – Kriterien**Aufgabe: Energieniveaus im Quecksilberatom****1. Versuch 1: Gitterspektrum****Teilaufgabe 1.1**

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB) ¹
	Der Prüfling	
a)	beschreibt Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung unter Anfertigung einer Skizze.	6 (II)
b)	zeigt die Gleichung für die Wellenlänge λ .	10 (II)
c)	gibt die Bedeutung von n und α_n an.	2 (I)

Teilaufgabe 1.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
a)	berechnet die Wellenlänge und den Winkel für eine Linie des Hg-Spektrums.	5 (I)
b)	begründet, warum bei dem Gitter ein Maximum 2. Ordnung nicht auftritt.	6 (II)

Teilaufgabe 1.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
a)	erläutert qualitativ die Aussagen des Bohr'schen Atommodells.	4 (I)
b)	erklärt das Auftreten von Spektrallinien mit Hilfe des Bohr'schen Modells.	3 (II)
c)	berechnet die zugehörige Photonenenergie.	5 (I)
d1)	bestimmt die Energieniveaus, zwischen denen die Abstrahlung erfolgt.	8 (II)
d2)	zeichnet die Übergänge in das Termschema ein.	3 (I)

¹ AFB = Anforderungsbereich

2. Versuch 2: Kreuzprojektion**Teilaufgabe 2.1**

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	beschreibt den Versuchsaufbau und die Durchführung des Versuchs.	3 (I)

Teilaufgabe 2.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	beschreibt seine Beobachtung.	3 (I)

Teilaufgabe 2.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	erklärt die Beobachtung mit Hilfe des Bohr'schen Modells.	8 (III)

3. Der Franck-Hertz-Versuch**Teilaufgabe 3.1**

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
a)	erläutert die Funktion der Bauelemente und die Bedeutung der Spannungen.	7 (II)
b)	skizziert den Verlauf des Anodenstroms im Franck-Hertz-Versuch mit Hg-Dampf.	4 (II)
c)	erläutert das Versuchsergebnis mit Bezug auf das Bohr'sche Modell.	8 (II)

Teilaufgabe 3.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
a)	berechnet die Wellenlänge der 4,9-eV-Anregung.	4 (I)
b)	erläutert das Fehlen höherer Anregungen im Franck-Hertz-Diagramm.	6 (III)
c)	erklärt zwei charakteristische Merkmale des Anodenstromverlaufs.	6 (II)

4. Eine Modifikation des Franck-Hertz-Versuchs**Teilaufgabe 4.1**

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	beschreibt die Franck-Knipping-Messkurve und vergleicht sie mit der Franck-Hertz-Messkurve.	4 (I)

Teilaufgabe 4.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	erläutert die Vorteile einer räumlichen Trennung von Beschleunigungs- und Reaktionsstrecke.	6 (III)

Teilaufgabe 4.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	interpretiert das Auftreten einer zusätzlichen Flanke.	4 (II)

5. Anregung der Hg-Atome mit Licht**Teilaufgabe 5.1**

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	erläutert das Absorptionsverhalten von Hg-Dampf bei Photonenstößen zwischen 5 und 6 eV.	3 (II)

Teilaufgabe 5.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	erläutert das Absorptionsverhalten von Hg-Dampf bei Photonenstößen zwischen 6 und 7 eV.	2 (II)

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Aufgabe: Energieniveaus im Quecksilberatom

1. Versuch 1: Gitterspektrum

Teilaufgabe 1.1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
a)	beschreibt Versuchsaufbau und ...	6 (II)			
b)	zeigt die Gleichung ...	10 (II)			
c)	gibt die Bedeutung ...	2 (I)			
	Summe Teilaufgabe 1.1	18			

Teilaufgabe 1.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
a)	berechnet die Wellenlänge ...	5 (I)			
b)	begründet, warum bei ...	6 (II)			
	Summe Teilaufgabe 1.2	11			

Teilaufgabe 1.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
a)	erläutert qualitativ die ...	4 (I)			
b)	erklärt das Auftreten ...	3 (II)			
c)	berechnet die zugehörige ...	5 (I)			
d1)	bestimmt die Energieniveaus ...	8 (II)			
d2)	zeichnet die Übergänge ...	3 (I)			
	Summe Teilaufgabe 1.3	23			
	Summe Teilaufgaben 1.1, 1.2 und 1.3	52			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

2. Versuch 2: Kreuzprojektion**Teilaufgabe 2.1**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	beschreibt den Versuchsaufbau ...	3 (I)			
	Summe Teilaufgabe 2.1	3			

Teilaufgabe 2.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	beschreibt seine Beobachtung.	3 (I)			
	Summe Teilaufgabe 2.2	3			

Teilaufgabe 2.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	erklärt die Beobachtung ...	8 (III)			
	Summe Teilaufgabe 2.3	8			
	Summe Teilaufgaben 2.1, 2.2 und 2.3	14			

3. Der Franck-Hertz-Versuch**Teilaufgabe 3.1**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
a)	erläutert die Funktion ...	7 (II)			
b)	skizziert den Verlauf ...	4 (II)			
c)	erläutert das Versuchsergebnis ...	8 (II)			
	Summe Teilaufgabe 3.1	19			

Teilaufgabe 3.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
a)	berechnet die Wellenlänge ...	4 (I)			
b)	erläutert das Fehlen ...	6 (III)			
c)	erklärt zwei charakteristische ...	6 (II)			
	Summe Teilaufgabe 3.2	16			
	Summe Teilaufgaben 3.1 und 3.2	35			

4. Eine Modifikation des Franck-Hertz-Versuchs**Teilaufgabe 4.1**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	beschreibt die Franck-Knipping-Messkurve ...	4 (I)			
	Summe Teilaufgabe 4.1	4			

Teilaufgabe 4.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	erläutert die Vorteile ...	6 (III)			
	Summe Teilaufgabe 4.2	6			

Teilaufgabe 4.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	interpretiert das Auftreten ...	4 (II)			
	Summe Teilaufgabe 4.3	4			
	Summe Teilaufgaben 4.1, 4.2 und 4.3	14			

5. Anregung der Hg-Atome mit Licht

Teilaufgabe 5.1

Anforderungen		Lösungsqualität			
Der Prüfling		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	erläutert das Absorptionsverhalten ...	3 (II)			
Summe Teilaufgabe 5.1		3			

Teilaufgabe 5.2

Anforderungen		Lösungsqualität			
Der Prüfling		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	erläutert das Absorptionsverhalten ...	2 (II)			
Summe Teilaufgabe 5.2		2			
Summe Teilaufgaben 5.1 und 5.2		5			
Summe der Aufgabe		120			

	Summe insgesamt	120			
	aus der Punktzahl resultierende Note				
	Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
	Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

Die Klausur wird abschließend mit der Note: _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	120 – 114
sehr gut	14	113 – 108
sehr gut minus	13	107 – 102
gut plus	12	101 – 96
gut	11	95 – 90
gut minus	10	89 – 84
befriedigend plus	9	83 – 78
befriedigend	8	77 – 72
befriedigend minus	7	71 – 66
ausreichend plus	6	65 – 60
ausreichend	5	59 – 54
ausreichend minus	4	53 – 47
mangelhaft plus	3	46 – 39
mangelhaft	2	38 – 32
mangelhaft minus	1	31 – 24
ungenügend	0	23 – 0