



Name: _____

Abiturprüfung 2010

Physik, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Aufgabe: Energieniveaus im Quecksilberatom

Das Bohr'sche Atommodell war für die Entwicklung der Vorstellung über Atome von großer Bedeutung. Wesentliche Aussagen der Bohr'schen Postulate sollen im Folgenden dazu genutzt werden, die Beobachtung aus den beiden nachfolgend genannten Versuchen 1 und 2 zu erklären.

Versuch 1 (siehe Abbildung 1):

Demonstration des Spektrums einer Quecksilberdampf Lampe (Hg-Dampf Lampe) mit Hilfe eines Gitters

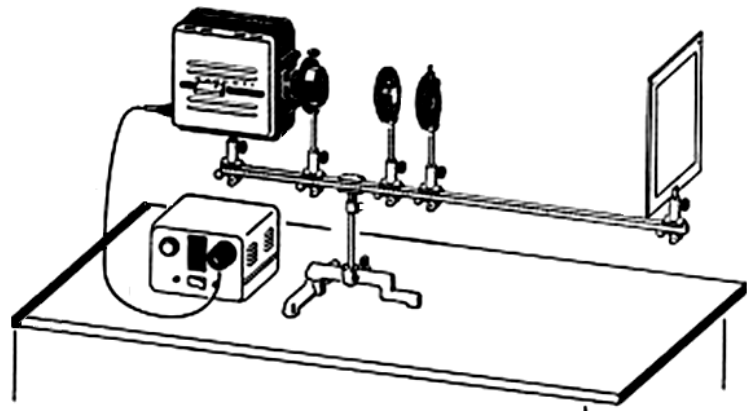


Abbildung 1: Erzeugung des **Gitterspektrums** der Hg-Dampf Lampe mit Hilfe eines Gitters



Name: _____

Versuch 2 (siehe Abbildung 2): Kochsalz (NaCl) wird in die Flamme eines Bunsenbrenners gebracht und über Kreuz mit dem Licht einer Hg-Dampf Lampe und dem einer Natriumdampf Lampe (Na-Dampf Lampe) beleuchtet.

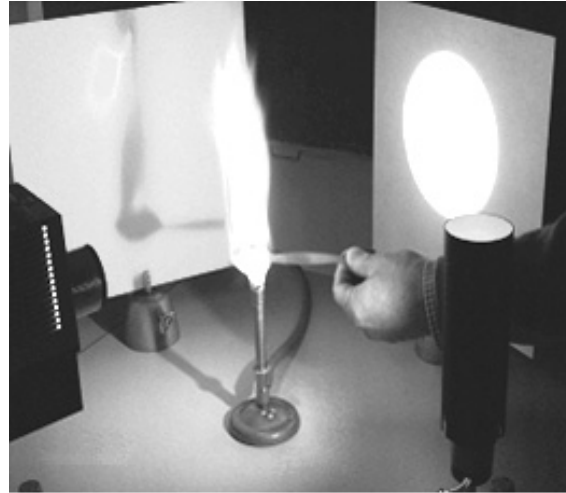


Abbildung 2: **Kreuzprojektion** von verdampfendem NaCl (Hg-Dampf Lampe vorne links, Na-Dampf Lampe vorne rechts)

1. Versuch 1: Gitterspektrum

- 1.1 a) *Beschreiben Sie unter Anfertigung einer Skizze den Versuchsaufbau und die Versuchsdurchführung des Versuchs 1 zur Erzeugung des Spektrums der Hg-Dampf Lampe.*
- b) *Zeigen Sie unter Anfertigung einer geeigneten Skizze, dass die Wellenlänge λ des Lichts einer Spektrallinie allgemein mit Hilfe der Gleichung $n \cdot \lambda = g \cdot \sin(\alpha_n)$ bestimmt werden kann, wobei g die Gitterkonstante ist.*
- c) *Geben Sie an, was man unter n und α_n versteht.* (18 Punkte)



Name: _____

1.2 Für die Ermittlung der Wellenlängen des Hg-Lichts auf einem Zinksulfid-Schirm in Versuch 1 wurden die Werte in Tabelle 1 festgehalten:

Gitter: 570 Striche pro mm

Abstand e zwischen Gitter und Schirm: $e = 1,00$ m

Tabelle 1:

Farbe	Abstand a der Linien 1. Ordnung zum Maximum 0. Ordnung in cm	Ablenkwinkel α in Grad	Wellenlänge λ in nm
Gelb	34,9		
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

a) Berechnen Sie aus dem Abstand der gelben Linie den Ablenkwinkel α und ihre Wellenlänge (Kontrollergebnis: 578 nm).

b) Das verwendete Gitter besteht aus sehr vielen nebeneinander liegenden Einzelspalten. Jeder dieser Einzelspalte für sich erzeugt das für einen Einzelspalt typische Interferenzmuster.

Die nebenstehende Abbildung 3 zeigt die Intensitätsverteilungen eines Einzelspalts und eines aus 8 solcher Einzelspalte bestehenden Gitters für ein und dieselbe Wellenlänge.

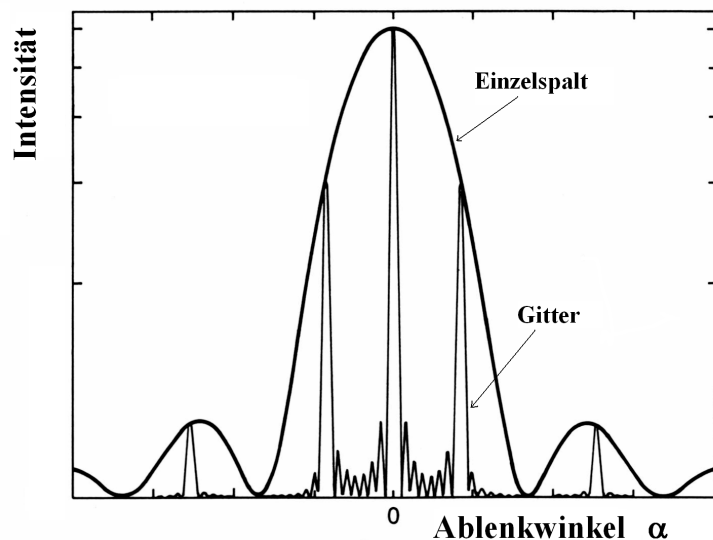


Abbildung 3: Intensitätsverteilungen bei einem Einzelspalt und bei einem Gitter

Begründen Sie, warum bei diesem Gitter ein Maximum 2. Ordnung nicht auftritt. (11 Punkte)



Name: _____

- 1.3 a) *Erläutern Sie qualitativ die beiden wesentlichen Aussagen des Bohr'schen Atommodells.*
- b) *Erklären Sie das Auftreten von Linien im Spektrum des Hg-Lichts unter der Annahme, dass man die Aussagen des Bohr'schen Atommodells auch auf Hg anwenden kann.*
- c) *Berechnen Sie anhand der Beziehung $E = h \cdot f$ die Photonenenergie in der Einheit eV, die der Wellenlänge der gelben Linie aus dem Hg-Spektrum entspricht.*

(Kontrollergebnis: 2,15 eV)

Für die anderen Linien ergeben sich die Werte: 2,28 eV ; 3,07 eV ; 4,90 eV und 6,71 eV.

- d) *Bestimmen Sie für jede der fünf Linien im Hg-Spektrum die Energieniveaus, zwischen denen die Elektronen des Hg-Atoms bei Aussendung dieser Strahlung wechseln (Abbildung 4) und zeichnen Sie diese Übergänge (mit Kennzeichnung) in das Termschema ein.*

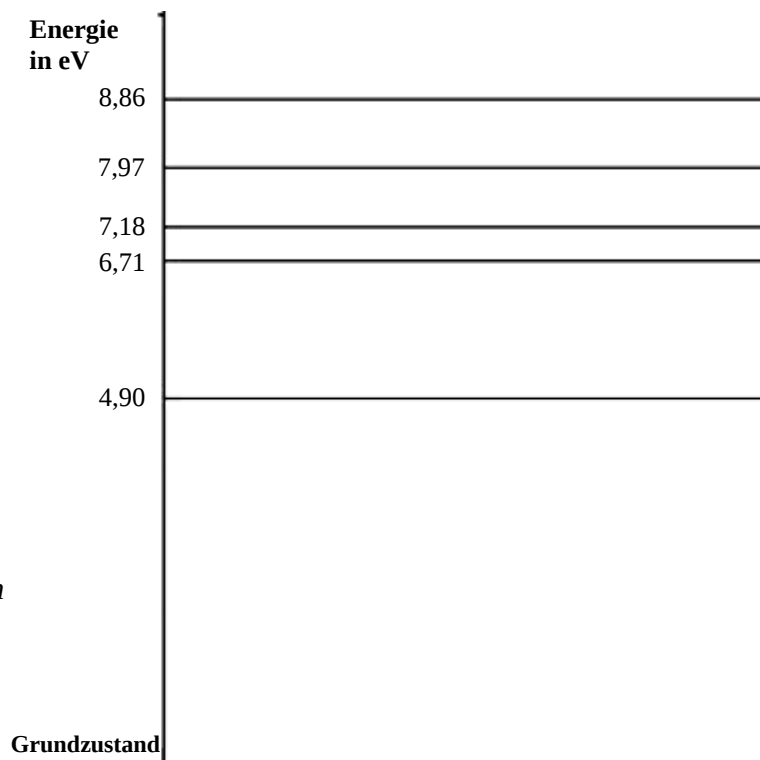


Abbildung 4: Stark vereinfachte Darstellung des Termschemas für das Hg-Atom

(23 Punkte)



Name: _____

2. Versuch 2: Kreuzprojektion

- 2.1 Beschreiben Sie den Versuchsaufbau und die Durchführung des Versuchs. (3 Punkte)
- 2.2 Beschreiben Sie Ihre Beobachtung auf den beiden Schirmen. (3 Punkte)
- 2.3 Erklären Sie die Beobachtung auf den beiden Schirmen mit Hilfe wesentlicher Aussagen des Bohr'schen Atommodells. Erklären Sie dabei insbesondere, warum in einem Fall ein „Schatten“ der Flamme zu sehen ist und im anderen Fall nicht. (8 Punkte)

3. Der Franck-Hertz-Versuch

Eine Bestätigung der wesentlichen Aussagen des Bohr'schen Atommodells bildeten die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs, der im Folgenden genauer untersucht wird.

- 3.1 Abbildung 5 zeigt den Aufbau des Franck-Hertz-Versuchs.
- a) Erläutern Sie die Funktion der einzelnen Bauelemente und die Bedeutung der Spannungen U_1 und U_2 .

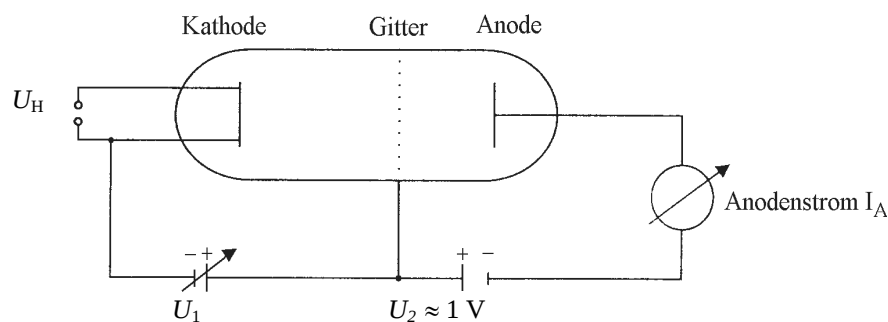


Abbildung 5: Versuchsaufbau des Franck-Hertz-Versuchs



Name: _____

- b) Der Kolben des Franck-Hertz-Versuchs enthält Hg-Dampf.
Skizzieren Sie den Verlauf des Anodenstroms I_A in Abhängigkeit von der Spannung U_1 (Franck-Hertz-Diagramm).
- c) *Erläutern Sie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mit Aussagen des Bohr'schen Atommodells.* (19 Punkte)

3.2 Führt man den Franck-Hertz-Versuch mit Hg-Dampf quantitativ durch, findet man in der U_1 - I_A -Darstellung Maxima im Abstand von $\Delta U_1 = 4,90 \text{ V}$.

- a) *Berechnen Sie die Wellenlänge λ_{FH} der Strahlung, die dieser Anregung entspricht.*
(Kontrollergebnis: $\lambda_{\text{FH}} = 253 \text{ nm}$)

- b) Das Spektrum der Hg-Dampf Lampe in Versuch 1 zeigt neben der $\lambda_{\text{FH}} = 253 \text{ nm}$ -Linie auch Linien, die zu größeren Wellenlängen gehören.

Erläutern Sie mit Hilfe des Termschemas in Abbildung 4, warum die entsprechenden Anregungsenergien der Hg-Atome in der U_1 - I_A -Kurve des Franck-Hertz-Diagramms nicht nachgewiesen werden.

- c) Theoretisch erwartet man bei jedem Spannungsabstand $\Delta U_1 = 4,90 \text{ V}$ ein scharfes Abfallen des Anodenstroms bis auf den Wert Null.
Erklären Sie, warum der Anodenstrom nach dem Erreichen eines Maximums weder scharf abfällt noch genau auf Null zurückgeht. (16 Punkte)



Name: _____

4 Eine Modifikation des Franck-Hertz-Versuchs

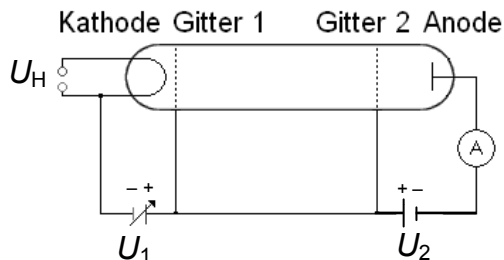


Abbildung 6:
Versuchsaufbau nach Franck und Knipping

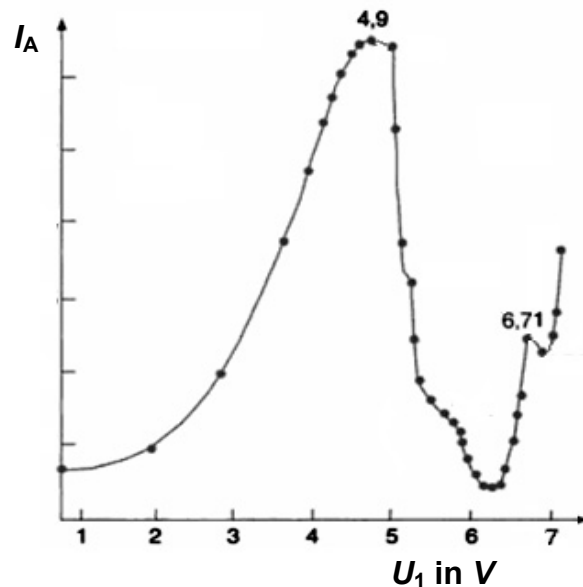


Abbildung 7: Messkurve beim Franck-Knipping-Experiment. (Das Maximum bei $U_A = 6,71$ V ist der Deutlichkeit wegen leicht überhöht dargestellt.)

Die Abbildung 6 zeigt eine Modifikation des ursprünglichen Franck-Hertz-Versuchs durch James Franck und Paul Knipping, bei dem die Beschleunigungsstrecke der Elektronen von der Reaktionsstrecke mit den Hg-Atomen räumlich getrennt ist. Die Elektronen werden zunächst mit der Spannung U_1 beschleunigt; der Abstand zwischen Kathode und Gitter 1 ist dabei so klein, dass in diesem Bereich praktisch keine Stöße der Elektronen mit den Hg-Atomen auftreten.

Gitter 1 und Gitter 2 liegen auf demselben Potential. Auf dieser Strecke zwischen Gitter 1 und Gitter 2 kann es nun zu den Stößen mit den Hg-Atomen kommen. Zwischen Gitter 2 und der Anode liegt wieder eine Gegenspannung $U_2 \approx 1$ V an. Die Versuchsdurchführung ist identisch mit der des klassischen Franck-Hertz-Versuchs. Enthält das Franck-Knipping-Rohr wieder Hg-Dampf, erhält man für Beschleunigungsspannungen bis $U_1 = 7$ V das in Abbildung 7 dargestellte Franck-Knipping-Diagramm.



Name: _____

- 4.1 *Beschreiben Sie die Messkurve des Franck-Knipping-Versuchs (Abbildung 7) und vergleichen Sie diese Messkurve mit der Messkurve des Franck-Hertz Versuchs.*
(4 Punkte)
- 4.2 *Erläutern Sie, welchen Vorteil die räumliche Trennung von Beschleunigungs- und Reaktionsstrecke beim Franck-Knipping Versuch im Gegensatz zum klassischen Franck-Hertz Versuch hat.*
(6 Punkte)
- 4.3 *Interpretieren sie das Auftreten eines zusätzlichen Maximums (beachte die kleine abfallende Flanke) des Anodenstroms bei einer Spannung von $U_1 = 6,71 \text{ V}$.*
(4 Punkte)

5. Anregung der Hg-Atome mit Licht

Verwendet man für die Röhre des Franck-Hertz-Versuchs UV-durchlässiges Quarz-Glas, kann man die Hg-Atome im Inneren der Röhre auch von außen mit Photonen beschießen.

- 5.1 *Erläutern Sie auf der Grundlage des Termschemas in Abbildung 4 das Absorptionsverhalten der Hg-Atome, wenn Photonen jeder gewünschten Energie zwischen 5 eV und 6 eV zur Verfügung stehen.*
(3 Punkte)
- 5.2 *Erläutern Sie auf der Grundlage des Termschemas in Abbildung 4 das Absorptionsverhalten der Hg-Atome, wenn Photonen jeder gewünschten Energie zwischen 6 eV und 7 eV zur Verfügung stehen.*
(2 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

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