

Übungs- und Vertiefungsaufgaben für den Physik-LK (24.09. bis 29.09.2018)

Abitur- und Klausurrelevant!

1. Aufgabe – Das Bohrsche Atommodell und Linienspektren (60 Punkte)

... Während des Ersten Weltkrieges nahm Niels Bohr 1914 eine Dozentenstelle in Manchester und kurz danach in Kopenhagen an. Zwei Jahre später wurde er Professor für Physik an der Universität in Kopenhagen. Bei einem Aufenthalt und Vortrag in Berlin 1920 machte er die Bekanntschaft mit Max Planck und Albert Einstein. Mit Hilfe der von ihnen aufgestellten Theorien zur Quantenphysik, die er mit den Gesetzen der klassischen Physik verband, gelang es Bohr bereits 1913, das Bohrsche Atommodell zu erstellen. Mit dem Modell konnten die Linienspektren des Wasserstoffs erklärt werden. Dennoch gilt es aus heutiger Sicht als überholt und durch die Quantenmechanik ersetzt, da es lediglich für Wasserstoff befriedigende Aussagen macht. Trotzdem wird sein Modell als ein Meilenstein der theoretischen Physik angesehen, da hier zum ersten Mal erfolgreich auf Atom-Niveau die Quantisierung in ein Atommodell integriert wurde. (Quelle: Wikipedia).

1. Beschreibe den Aufbau eines H-Atoms nach dem Modell von Niels Bohr. (4P)
2. Nenne die „Bohrschen Postulate und begründe den Begriff „Quantenphysik“. (6P)
3. Nenne und erläutere die Widersprüche dieses Modells zur klassischen Physik. (6P)
4. Aus dem quantisierten Bahndrehimpuls L und der Wirkung des Coulomb-Feldes zwischen Proton und Elektron als Zentripetalkraft ergibt sich nach kurzer Rechnung eine Formel zur Berechnung der möglichen Energieniveaus im H-Atom:

$$E_n = E_{\text{Ryd}} \cdot 1/n^2 \text{ mit der Rydberg-Energie } E_{\text{Ryd}} = -13,6 \text{ eV}$$

Berechne die Energieniveaus und zeichne das Termschema für $n=1$ bis 7 und für ∞ in der Einheit „eV“ maßstabsgetreu. (8P)

5. Identifiziere darin die 4 sichtbaren Übergänge („Balmer-Linien“), berechne deren Wellenlängen und begründe, warum nur Übergänge auf die 2. Schale und auch diese nur zum Teil sichtbar sind (sichtbarer Bereich: 400 – 780nm). (6P)
6. Im Jahre 1897 stellte der amerikanische Astronom Pickering im Licht des Sterns ξ-Puppis eine Spektralserie fest (siehe Abbildung „Beugungsbild He^+ “), die viel mit der Balmer-Serie des Wasserstoffs gemeinsam hat. Jede zweite Linie der Pickering-Serie fällt mit einer Linie der Balmer-Serie fast zusammen. Zwischen zwei Balmer-Linien befindet sich stets eine zusätzliche Linie der Pickering-Serie. Rydberg konnte zeigen, dass für die Linien der Pickering-Serie ein ähnliches Gesetz gilt wie für die Balmer-Serie des Wasserstoffs. Jedoch nimmt die Laufvariable k in diesem Gesetz nicht nur positive ganzzahlige sondern auch halbzahlige Werte an. Zunächst glaubte man, dass diese Abweichung von der Balmer-Serie darauf zurückzuführen ist, dass der Wasserstoff auf ξ-Puppis in einem ganz besonderen Zustand ist. Später konnte jedoch die Pickering-Serie auch bei terrestrischen Versuchen nachgewiesen werden, bei denen dem Wasserstoff

noch Helium beigemischt war. Bohr "entlarvte" schließlich die Pickering-Serie als das Emissionsspektrum von einfach ionisiertem Helium. (Quelle: Leifi-Physik).

- Bestimme aus dem gezeigten Beugungsbild eines Gitterspektrometers und der genannten Parameter die Wellenlängen im sichtbaren Spektrum von ξ -Puppis. (14P)
- Leite die von Rydberg empirisch gefundene Formel zur Beschreibung der Pickering-Serie aus der in Aufgabe 1.4 genannten Formel für H-Atome her. (10P)

$$\text{Rydberg / Pickering für } \text{He}^+: \Delta E = -13,6 \text{ eV} \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{k^2} \right) \text{ mit } k=5/2, 6/2, 7/2 \dots$$

- Vergleiche die ersten 3 resultierenden Übergänge mit dem Spektrum aus Aufgabe a). (6 P)

Abb. 1: Verkleinertes Beugungsbild des He^+ : Linienspektrums (historisch auf Schwarz-weiß-Film abgebildet, daher ohne Farbinformation!). Gezeigt ist nur die eine Seite des Spektrums. Die Gitterkonstante beträgt 800 Striche pro mm, die Photoplatte ist 25cm vom Gitter entfernt.



2. Aufgabe - Beugung und Interferenz, Licht als elektromagnetische Welle

Ein Strichgitter mit einem Spaltabstand von $g=5\mu\text{m}$ wird mit dem diskreten Licht (Licht, welches sich aus mehreren einzelnen, scharf begrenzten „diskreten“ Wellenlängen zusammensetzt) aus einer Spektrallampe (hier: eine Wasserstoff-Dampflampe) gleichmäßig mit parallelem Licht („Kollimator - Anordnung“) ausgeleuchtet. Auf einem Schirm in 100cm Entfernung hinter dem Gitter beobachtet man mehrere farbige Linien, welche sich links und rechts symmetrisch um ein zentrales, weißes Maximum anordnen und sich in größerer Entfernung wiederholen. In der Reihenfolge der Farben misst man folgende Abstände der farbigen Linien zum Maximum 0.ter Ordnung:

Farbe	violett	blauviolett	blau	rot
a in cm	8,2	8,7	9,8	13,2
λ in nm				

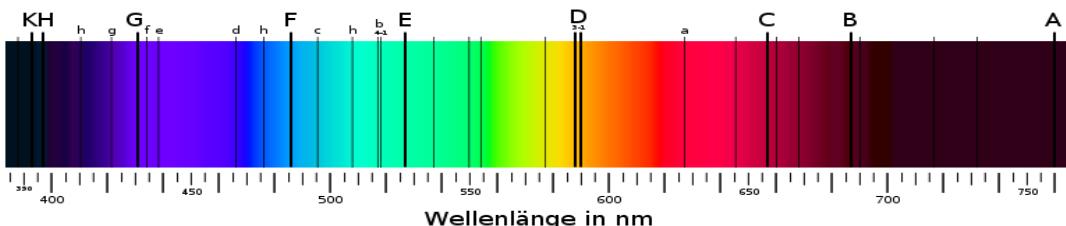
- Skizziere den Aufbau und trage die gegebenen Parameter ein. (10P)
- Erläutere, wie es zur Entstehung dieser Nebenmaxima durch Interferenz am Beugungsgitter kommt und begründe die Reihenfolge der Farben. (10P)
- Leite kommentiert die folgende Formel zur Berechnung von λ aus dem Abstand a der Maxima vom zentralen Maximum her, wobei d der Abstand vom Beugungsgitter zum Schirm ist: (12P)

$$a = d \cdot \tan(\sin^{-1}(\frac{\lambda}{g}))$$

- Berechne die Wellenlängen im diskreten Spektrum der Wasserstofflampe. (8P)

Teilaufgabe – Bitte dazu Fraunhoferlinien selbstständig erarbeiten!

- Beschreibe und erläutere folgenden Ausschnitt aus dem Sonnenspektrum, aufgenommen mit einem hochauflösenden Gitterspektrometer auf der Erde. Vergleiche dieses Spektrum mit dem in der vorigen Aufgabe gezeigten Emissionsspektrum von Wasserstoff. (12P)



Die wichtigsten Fraunhoferlinien im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums, Quelle: Wikipedia