

Praktikumsvorbereitung

Franck- Hertz- Versuch

André Schendel, Silas Kraus
Gruppe DO-20

27. April 2012

Grundlagen

0.1 Bohrsches Atommodell

Das von Niels Bohr 1913 erdachte Atommodell betrachtet Atome bestehend aus einem schweren Kern aus Protonen und Neutronen, der von den Elektronen auf Kugelschalen umkreist wird. Jede dieser Kugelschalen entspricht einem diskretem Energieniveau. Elektronen können durch Zuführen von Energie auf höhere Energieniveaus springen oder unter Emission eines Photons auf ein niedrigeres Niveau fallen. Diese Übergänge sind diskret, das heißt ein Elektron kann sich zu allen Zeiten nur auf einer Schale befinden. Positionen dazwischen sind nicht möglich. Um ein Atom anzuregen, muss man ihm also ein genau definiertes Energiepaket instantan zuführen. Dies kann durch Beschuss mit Photonen (vgl. Photoeffekt) oder schnellen massebehafteten Teilchen geschehen.

Letztere Methode soll im Franck- Hertz- Versuch angewandt werden.

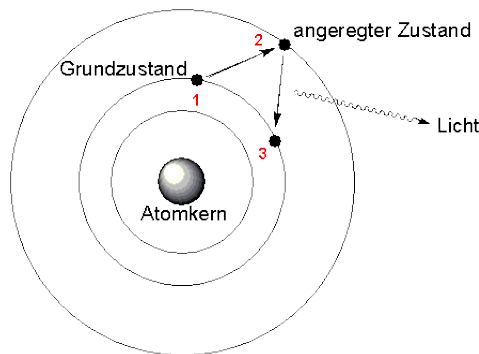


Abbildung 1: Bohrsches Atommodell mit Schalenübergang und Photonenemission
[www.experimentalphysik.de/bilder01/versuch – 048/atomkern.gif](http://www.experimentalphysik.de/bilder01/versuch-048/atomkern.gif)

Quelle:

0.2 Franck- Hertz- Versuch

Im Franck- Hertz- Versuch soll gezeigt werden, dass Atome nur diskrete Anregungszustände annehmen können. Dazu werden in der Dampfphase befindliche Quecksilberatome mit beschleunigten Elektronen beschossen, deren

Energie durch die Beschleunigungsspannung eingestellt werden kann. Bis zu einer bestimmten Beschleunigungsspannung stoßen die e^- rein elastisch mit den Atomen und verlieren fast keine Energie. Sobald sie aber die Anregungsenergie erreichen, geben sie diese Energie an das Atom ab und fliegen mit verringerter Geschwindigkeit weiter. Dies kann gemessen und daraus auf die Energieniveaus der Quecksilberatome geschlossen werden. Die Apparatur, mit der dies realisiert werden kann, wird in Aufgabe 1.1 erklärt.

0.3 Gasentladung

Wenn die Elektronen genügend Energie besitzen, um Valenzelektronen aus dem Atom herauszuschlagen, entstehen Ionen, die das Gas elektrisch leitfähig machen. Es entsteht ein permanenter Stromfluss zwischen Kathode und Anode.

1 1. Anregungsenergie

1.1 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau, mit dem der Franck- Hertz- Versuch im Rahmen dieses Praktikums durchgeführt werden soll, besteht aus einer mit Quecksilberdampf gefüllten Röhre, in der e^- aus einer Glühkathode austreten, durch eine Gitteranode (G2) beschleunigt und schließlich an einer Auffangelektrode (A) registriert werden. Dazwischen befindet sich noch ein Hilfsgitter (G1) mit dem die Raumladung herabgesetzt wird. *(Wenn die Elektronen aus der Kathode austreten, bilden sie zunächst eine negativ geladene Wolke um die Kathode herum, die das Austreten weiterer Elektronen erschwert. Das Hilfsgitter in Kathodennähe "saugt" diese Wolke ab.)*

Die Auffangelektrode ist negativ zur Anode gepolt, sodass sich ein Gegenfeld zwischen Anode und Auffänger einstellt, das den e^- entgegenwirkt. Nur wenn diese genügend kinetische Energie besitzen, um das Gegenfeld zu überwinden, treffen sie auf den Auffänger und die entstehende Spannung bzw. der Strom kann gemessen werden.

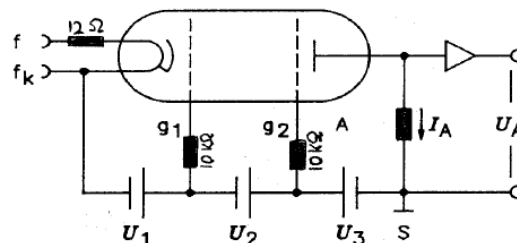


Abbildung 2: schematischer Aufbau der Röhre

Quelle: Vorbereitungshilfe Seite 2

Auf ihrer Bahn stoßen die Elektronen mit Quecksilberatomen zusammen und verlieren dabei Energie. Zunächst stoßen sie nur elastisch und werden dabei gestreut, verlieren also nur einen geringen Teil ihrer Energie. Erreichen sie jedoch das erste oder ein höheres Anregungsniveau, geben sie ihre Energie an die Atome ab und können danach nicht mehr das Gegenfeld überwinden. $\Rightarrow$ Die Spannung am Auffänger fällt wieder ab. Wird die Beschleunigungsspannung weiter erhöht, erhalten die e^- wieder mehr Energie und die Auffängerspannung steigt wieder, bis das nächste Anregungsniveau erreicht ist.

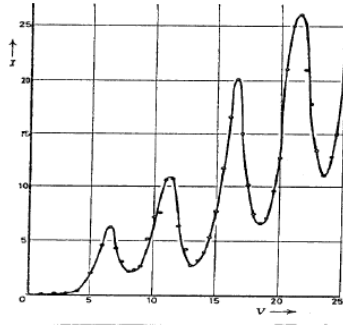


Abbildung 3: schematischer Verlauf der $\frac{I}{U}$ -Kurve. Quelle: Vorbereitungshilfe Seite 1

Die Anzahl der Quecksilberatome in der Dampfphase - und damit auch die mittlere freie Weglänge der Elektronen - kann über die Röhrenheizung eingestellt werden, da der Dampfdruck des Quecksilbers temperaturabhängig ist. Es gilt, die mittlere freie Weglänge so einzustellen, dass die Elektronen nicht zu viele aber auch nicht zu wenige Stöße auf ihrem Weg zum Auffänger erfahren.

Zur Grobeinstellung der Versuchsparameter kann an die Kathode eine Sägezahnspannung gelegt werden. Für die Messung aber muss die Spannung langsamer erhöht werden, damit sich ein stationärer Zustand in der Röhre einstellen kann.

1.2 1. Anregung

Bei verschiedenen Temperaturen soll eine Franck- Hertz- Kurve aufgenommen und daraus die benötigte Energie für die erste Anregung bestimmt werden. Dazu wird die Beschleunigungsspannung an der Anode schrittweise erhöht und der Auffängerstrom gemessen. Dabei kann man keine Sägezahnspannung verwenden, weil die Röhre einen kurzen Moment braucht, um sich in einen stationären Zustand einzustellen. Wählt man nun die Spannung an dem Punkt, an dem die Anregung einsetzt, so ist die Anregungsenergie gegeben durch:

$$E = U \cdot e$$

Allerdings muss noch der Offset berücksichtigt werden, der durch die elastischen Elektronenstöße entsteht, welche natürlich immer noch stattfinden - und das zu einem nicht unerheblichen Teil. Die Energie, die beim Stoß eines Elektrons der Masse m mit einem Atom der Masse M verloren geht, ist nach der Vorbereitungshilfe gegeben durch:

$$\Delta W_{tot} \approx \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{a}{\lambda}\right)^2 \cdot \frac{2m}{M} \cdot eU$$

$$a = 6mm(\text{Abstand Kathode - Anode})$$

Dabei ist λ die mittlere freie Weglänge:

$$\lambda = \frac{kT}{p\sigma}$$

mit $\sigma = \text{Atomquerschnittsfläche} \approx 8 \cdot 10^{-16} \text{cm}^2$

$$p_{Hg} = 8,7 \cdot 10^7 \cdot 10^{\frac{-3110K}{T}} \text{mbar}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$$

1.3 Anodenstrom

Bei 150°C soll der Strom durch die Anode in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung gemessen werden. Da auch auf dem Weg zwischen Kathode und Anode bereits Stöße auftreten, sollte die Abhängigkeit gegeben sein durch:

$$I = \lambda \cdot U^{\frac{3}{2}}$$

Die Kurve sollte keinen Franck- Hertz- Verlauf zeigen, da zwischen Anode und Kathode noch kein Gegenfeld anliegt. Die e^- können zwar durch Stöße gebremst werden, werden aber trotzdem weiter in Richtung Anode beschleunigt und treffen mit verringerter Energie auf. Da der Strom jedoch nur von der Anzahl der e^- abhängt, ändert er sich durch die Stöße nicht.

Der Strom soll so aufgetragen werden, dass die $U^{\frac{3}{2}}$ - Abhängigkeit erkennbar ist.

1.4 Ionisierungsarbeit

Ab einer bestimmten Energie sind die Elektronen in der Lage, Schalelektronen aus den Quecksilberatomen herauszuschlagen. $\Rightarrow$ Die Atome werden ionisiert. Es bleiben positiv geladene Ionen zurück, die zur Kathode wandern und dort die Raumladung ausgleichen. Dadurch steigt der Anodenstrom stark an. Dieser Knick in der Kurve kann gemessen und daraus die Ionisationsarbeit berechnet werden: $W_{ion} = U \cdot e$.

Auch am Auffänger macht sich die beginnende Ionisierung bemerkbar: Die Ionen erzeugen einen Strom, der dem Elektronenstrom entgegenwirkt. Sie soll auf zwei Arten bestimmt werden:

- a) Anhand des in der vorigen Aufgabe gemessenen Anodenstroms in Abhängigkeit von der Anodenspannung.
- b) Mit der Kurve des Auffängerstroms.

1.5 Gasentladung

Eine permanente Gasentladung soll gezündet werden. Dabei werden in den Ionen auch Elektronen angeregt, die nach kurzer Zeit wieder zurückfallen und dabei ein Photon charakteristischer Wellenlänge emittieren. Dieses Licht kann mit einem Spektrometer beobachtet werden.

2 2.Anregung

Die nächsthöhere Anregungsenergie soll qualitativ bestimmt werden. Dazu muss gewährleistet werden, dass die Elektronen möglichst lange beschleunigt werden, bevor sie auf ein Atom treffen. Also wird die Beschleunigungsstrecke verringert (indem das Raumladungsgitter als Beschleunigungsgitter verwendet wird) und der Gasdruck verringert. So erreichen die e^- eine genügend hohe Energie, um die nächsthöhere Anregung zu erreichen.

3 Neonröhre

Wieder soll die Anregungsenergie bestimmt werden, diesmal aber für eine mit Neon gefüllte Röhre. Tatsächlich handelt es sich dabei um mehrere Anregungsniveaus, die sehr nahe beieinander liegen, sodass sie in diesem Versuch nicht unterschieden werden können. Es wird ein Mittelwert genommen. Diese Röhre braucht nicht aufgeheizt zu werden, da Neon bei Raumtemperatur vollständig gasförmig ist. Eine Erwärmung würde lediglich den Druck erhöhen, nicht aber die Anzahl der Atome in der Gasphase. Man könnte höchstens erreichen, dass die Brownsche Molekularbewegung zunimmt und dadurch im Mittel mehr Stöße stattfinden.