

UNIVERSITÄT TÜBINGEN

PHYSIKALISCHES PRAKTIKUM II

FH

Franck-Hertz-Versuch

Von:
Fabian Kraus
Simon Fischer

Betreuung:
A. Göggelmann

10. Dezember 2021

Inhalt

1	Versuchsbeschreibung	1
2	Physikalische Grundlagen	1
2.1	Motivation	1
2.2	Geschichte	1
2.3	Franck-Hertz-Röhre	1
3	Versuchsdurchführung	1
4	Ergebnisse & Auswertung	2

1 Versuchsbeschreibung

2 Physikalische Grundlagen

2.1 Motivation

Ziel ist es, den Versuch von James Franck und Gustav Ludwig Hertz durchzuführen. Dabei soll durch inelastische Stöße von Elektronen an einem Neonatom die Existenz von diskreten Energieniveaus gezeigt werden.

2.2 Geschichte

Bereits in der Antike kam die Idee auf, dass die Welt aus kleinsten Teilen, Atomen (μ átomos „unteilbar“), besteht. Diese Idee wurde erst später wieder aufgegriffen. Erst im 16. Jhrd. wurde die Idee dadurch erweitert, dass jedes Element aus unterschiedlichen Atomen besteht, die sich durch ihre räumliche Ausdehnung und durch ihre Masse unterscheiden. Die Idee des Plumpuddings von Thompson, welche besagte, dass das Atom aus *kontinuierlich* verteilten Ladungen besteht, wurde durch Streuversuche auf Goldfolie von Rutherford widerlegt. Diese zeigten eindeutig, dass die Alphastrahlung eine winkelabhängige Verteilung aufwies, wenn man sie auf eine Probe schoss, zum Teil auch in Rückwärtsrichtung. Die einzige Erklärung dafür war ein vergleichsweise massiver Atomkern. Bohr erweiterte das Modell der Elektronenbahnen um den Kern mithilfe des Plank'schen Wirkungsquantums und postulierte stationäre Bahnen der Elektronen, auf denen diese weder abstrahlten (Bremsstrahlung), noch in den Kern stürzten. Nach Bohr konnten Elektronen zwischen verschiedenen Bahnen springen, wobei sie Photonen absorbieren bzw. emittieren.

2.3 Franck-Hertz-Röhre

Die Franck-Hertz-Röhre ist größtenteils evakuiert. Mithilfe einer Glühkathode werden unter Hitze- einwirkung Elektronen gelöst und durch ein elektrisches Feld, das zwischen der Kathode und einem Beschleunigungsgitter mit Spannung U_B entsteht, beschleunigt. Die kinetische Energie der Elektronen beträgt dann

$$E_B = eU_B, \quad (1)$$

mit der Elementarladung e . Auf dem Weg zur Anode stoßen diese auf Neonatome. Ist die kinetische Energie der Elektronen zu niedrig um die Atome anzuregen, behalten Atom und Elektron ihre Energie. Wenn die kinetische Energie der Elektronen groß genug ist, werden durch inelastische Stöße die Elektronen in den Neonatomen angeregt. Diese Anregungsenergie stammt von der kinetischen Energie der stoßenden Elektronen.

Eine Potentialbarriere fängt Elektronen ab, die einen solchen Stoßprozess vollführt haben und daher nicht genug kinetische Energie besitzen, die Potentialschwelle zu überqueren. Sie tragen daher nicht zum gemessenen Strom bei.

3 Versuchsdurchführung

Die Glühkathode und das Beschleunigungsgitter der Franck-Hertz-Röhre werden an die jeweilige Spannungsversorgung angeschlossen. Mit CASSY misst man den Auffangstrom, welcher mithilfe eines Verstärkers besser sichtbar gemacht wird. Das CASSY-Modul misst dann über einen internen Widerstand eine Spannung und gibt diese aus.

4 Ergebnisse & Auswertung

Die Minima und Maxima der Kurve sind in unterstehender Tabelle aufgetragen

Maxima $\pm\sigma$ [V]	Differenz Maxima $\pm\sigma$ [V]	Minima $\pm\sigma$ [V]	Differenz Minima $\pm\sigma$ [V]
21.15 \pm 0.29	-	29.41 \pm 0.25	-
40.28 \pm 0.22	19.13 \pm 0.51	49.55 \pm 0.33	20.14 \pm 0.58
61.01 \pm 0.48	20.73 \pm 0.70	71.65 \pm 0.34	22.1 \pm 0.69

Tabelle 1: Berechnungen

Der Mittelwert der Maxima beträgt nach arithmetischem Mittel mit Gauß'scher Fehlerfortpflanzung

$$\Delta U_{Max} = \left(\frac{19.13 + 20.73}{2} \pm \frac{1.21}{2} \right) \text{V} \approx (19.93 \pm 0.61) \text{V} \quad (2)$$

und für die Minima

$$\Delta U_{Min} = \left(\frac{20.14 + 22.1}{2} \pm \frac{1.27}{2} \right) \text{V} \approx (21.12 \pm 0.64) \text{V} \quad (3)$$

und damit gesamt, erneut mit Gauß'scher Fehlerfortpflanzung

$$E_B = eU_B = e \left(\frac{\Delta U_{Max} + \Delta U_{Min}}{2} \pm \frac{0.66 + 0.64}{2} \right) \approx (20.53 \pm 0.63) \text{eV} \quad (4)$$

Dieser Wert liegt sehr nahe am Literaturwert von 21.56eV, welcher beinahe im berechneten Fehlerintervall liegt.

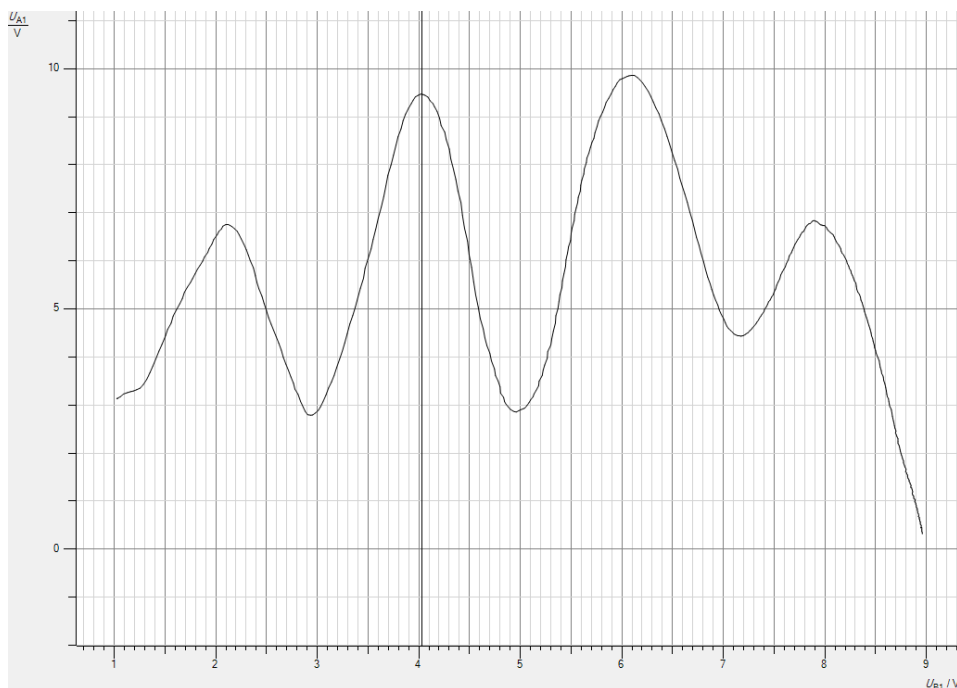


Abbildung 1: Anodenstrom als Funktion der Beschleunigungsspannung

Im Termschema von Neon ist zu erkennen, dass ein angeregtes Elektron im Neonatom nicht direkt in den Grundzustand zurückfällt, sondern zuerst durch Aussendung von Licht mit einer Energie von 2eV bis 3eV (500nm bis 800nm) in einen niedrigeren Zustand fällt, welcher nicht der Grundzustand ist. Der Grund dafür liegt in den Auswahlregeln für Elektronenübergänge. Damit wird oranges

Licht emittiert.

Die gemessene Anregungsenergie entspricht jedoch

$$\lambda = \frac{hc}{E} \approx (60.39 \pm 1.85)\text{nm} \quad (5)$$

und liegt damit nicht im sichtbaren Spektrum von etwa 400nm bis 800nm bzw. 1.65eV bis 3.26eV.