

Atom- und Kernphysik

Atomhülle

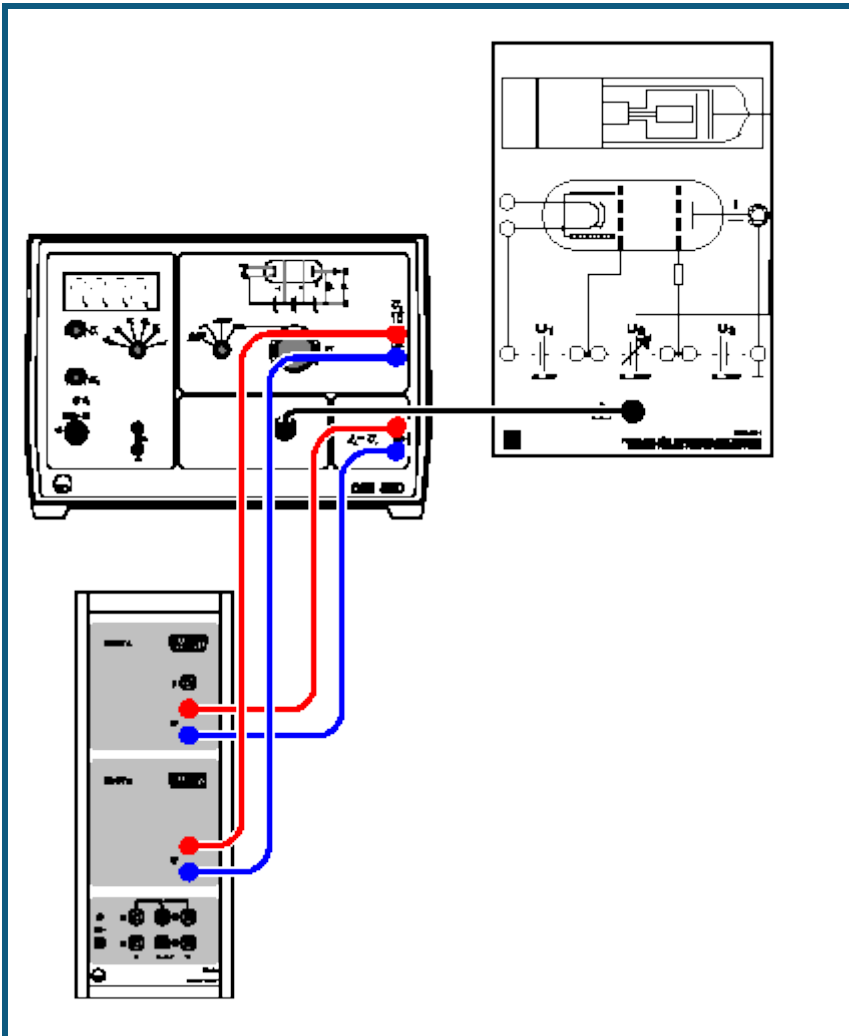
Franck-Hertz-Versuch

Franck-Hertz-Versuch an
Neon - Aufzeichnung und
Auswertung mit CASSY

Beschreibung aus CASSY Lab 2

Zum Laden von Beispielen und
Einstellungen bitte die CASSY Lab 2-Hilfe
verwenden.

Franck-Hertz-Versuch mit Neon

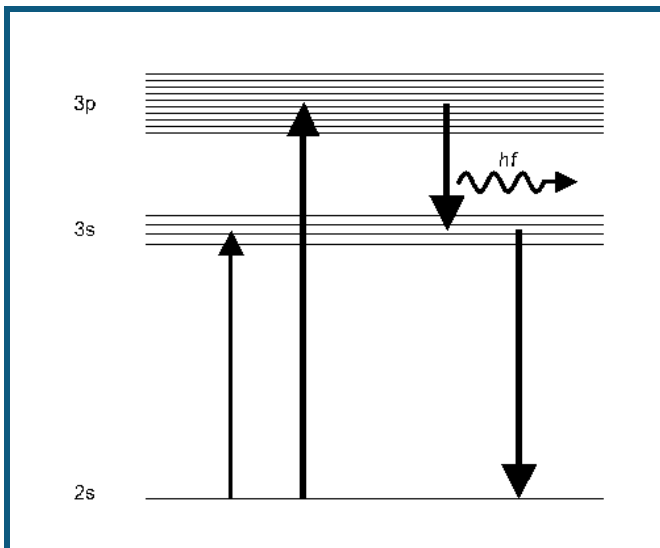


 auch für [Pocket-CASSY](#) geeignet

Versuchsbeschreibung

1914 berichteten James Franck und Gustav Hertz über einen stufenweisen Energieverlust beim Durchgang von Elektronen durch Quecksilberdampf. Niels Bohr erkannte darin einige Monate später einen Beweis für das von ihm entwickelte Atommodell. Der Franck-Hertz-Versuch ist daher ein klassisches Experiment zur Bestätigung der Quantentheorie.

In diesem Experiment wird der Energieverlust freier Elektronen durch unelastische Streuung (Stoßanregung) an Neon-Atomen untersucht. Die Anregung erfolgt mit der größten Wahrscheinlichkeit aus dem Grundzustand in die zehn $3p$ -Zustände, die zwischen $18,4 \text{ eV}$ und $19,0 \text{ eV}$ über dem Grundzustand liegen. Die vier mit $16,6 \text{ eV}$ bis $16,9 \text{ eV}$ etwas niedriger liegenden $3s$ -Zustände werden mit geringerer Wahrscheinlichkeit angeregt. Der Übergang der $3p$ -Zustände in den Grundzustand unter Emission von Photonen ist nur auf dem Umweg über die $3s$ -Zustände möglich. Das dabei emittierte Licht liegt im sichtbaren Bereich zwischen Rot und Grün, kann also mit bloßem Auge beobachtet werden.



Dazu befindet sich Neon-Gas bei einem Gasdruck von etwa 10 hPa in einem evakuierten Glasrohr. Das Glasrohr enthält ein System von vier Elektroden: Aus der heißen Kathode treten Elektronen aus und bilden eine Raumladungswolke. Sie werden durch die Spannung U_1 zwischen der Kathode und der gitterförmigen Steuerelektrode G_1 abgesaugt und anschließend durch die Beschleunigungsspannung U_2 zum Gitter G_2 beschleunigt. Zwischen G_2 und der Auffängerelektrode liegt eine Gegenspannung U_3 . Nur Elektronen mit genügender kinetischer Energie gelangen zum Auffänger und tragen zum Auffängerstrom bei.

Im Experiment wird bei fester Saugspannung U_1 und Gegenspannung U_3 die Beschleunigungsspannung U_2 von 0 V bis 80 V erhöht und der zugehörige Auffängerstrom I_A gemessen. Er steigt zunächst ähnlich wie bei einer klassischen Tetrode an, erreicht aber ein Maximum, wenn die kinetische Energie der Elektronen kurz vor dem Gitter G_2 gerade ausreicht, um durch Stoß die zur Anregung eines Neon-Atoms erforderliche Energie abzugeben. Der Auffängerstrom nimmt drastisch ab, da die Elektronen nach dem Stoß die Gegenspannung U_3 nicht mehr überwinden können.

Mit steigender Beschleunigungsspannung U_2 erreichen die Elektronen die zur Anregung der Neon-Atome erforderliche Energie immer weiter vor dem Gitter G_2 . Nach dem Stoß werden sie erneut beschleunigt und nehmen bei genügender Beschleunigungsspannung ein zweites Mal so viel Energie aus dem elektrischen Feld auf, dass sie ein Neon-Atom anregen können. Es folgt ein zweites Maximum und bei noch größerer Spannung U_2 weitere Maxima des Auffängerstroms I_A .

Benötigte Geräte


1	Sensor-CASSY	524 010 oder 524 013
1	CASSY Lab 2	524 220
1	Ne-Franck-Hertz-Rohr	555 870
1	Fassung auf Anschlussplatte	555 871
1	Ne-FH-Verbindungskabel	555 872
1	Franck-Hertz-Betriebsgerät	555 880
2	Paar Kabel, 100 cm, rot und blau	501 46
1	PC mit Windows XP/Vista/7/8	

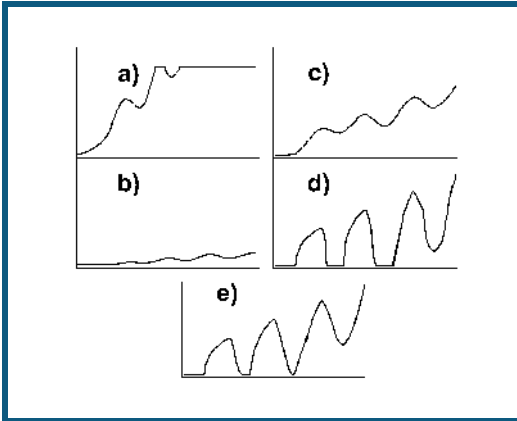
Versuchsaufbau (siehe Skizze)

- Ne-Franck-Hertz-Rohr in Fassung auf Anschlussplatte festklemmen und über Verbindungskabel an die Buchse "Franck-Hertz-Rohr" des Franck-Hertz-Betriebsgerätes anschließen.
- Betriebsartschalter auf RESET stellen.
- Spannungseingang A des Sensor-CASSYs an Ausgang U_A für die zum Auffängerstrom proportionale Spannung und Spannungseingang B des Sensor-CASSYs an Ausgang $U_2/10$ für die Beschleunigungsspannung anschließen.

Versuchsdurchführung

■ Einstellungen laden

- Saugspannung $U_1 = 1,5 \text{ V}$ und Gegenspannung $U_3 = 5 \text{ V}$ einstellen und Franck-Hertz-Kurve in der Betriebsart "Rampe" aufzeichnen. Dazu Messung mit  starten und sofort Betriebsartschalter auf "Rampe" stellen. Die Messung stoppt automatisch nach 40 s, danach Betriebsartschalter wieder auf RESET stellen.



1) Optimierung von U_1

Eine höhere Saugspannung U_1 sorgt für einen höheren Emissionsstrom der Elektronen.

Falls die Franck-Hertz-Kurve zu steil ansteigt, also bereits unterhalb $U_2 = 80 \text{ V}$ die Aussteuergrenze des Strommessverstärkers erreicht und die Franck-Hertz-Kurve oben abgeschnitten wird (a):

- U_1 verkleinern, bis die Kurvensteigung (c) entspricht.

Falls die Franck-Hertz-Kurve zu flach ansteigt, also der Auffängerstrom I_A überall unter 5 nA bleibt (b):

- U_1 vergrößern bis die Kurvensteigung (c) entspricht.
- Gegebenenfalls die Kathodenheizung gemäß Gebrauchsanweisung zum Franck-Hertz-Betriebsgerät optimieren.

2) Optimierung von U_3

Eine höhere Gegenspannung U_3 bewirkt eine stärkere Ausprägung von Maxima und Minima der Franck-Hertz-Kurve, gleichzeitig wird der Auffängerstrom insgesamt reduziert.

Falls Maxima und Minima der Franck-Hertz-Kurve schlecht ausgeprägt sind (c):

- abwechselnd zunächst Gegenspannung U_3 und dann Saugspannung U_1 erhöhen bis Kurvenform aus (e) erreicht ist.

Falls die Minima der Franck-Hertz-Kurve unten "abgeschnitten" werden (d):

- abwechselnd zunächst Gegenspannung U_3 und dann Saugspannung U_1 verkleinern bis Kurvenform aus (e) erreicht ist.

Das Ne-Franck-Hertz-Rohr des Versuchsbeispiels wurde mit den Parametern $U_1 = 1,5 \text{ V}$ und $U_3 = 7,9 \text{ V}$ betrieben.

Auswertung

Der aufgezeichneten Kurve entnimmt man durch Zeichnen von [senkrechten Linien](#) (nach Augenmaß) den Abstand aufeinander folgender Maxima. Im Versuchsbeispiel ergibt sich im Mittel der Wert $U_2 = 18,2 \text{ V}$. Dieser Wert liegt deutlich näher bei den Anregungsenergien der 3p-Niveaus des Neon ($18,4\text{-}19,0 \text{ eV}$) als bei denen der 3s-Niveaus ($16,6\text{-}16,9 \text{ eV}$). Letztere werden also mit wesentlich geringerer Wahrscheinlichkeit durch unelastischen Elektronenstoß angeregt.

Die Unterstruktur in der gemessenen Kurve zeigt, dass die Anregung der 3s-Niveaus nicht völlig vernachlässigt werden kann. Man beachte, dass bei den Zwei- und Mehrfachstößen jede Kombination der Anregung eines 3s-Niveaus und eines 3p-Niveaus vorkommt.

Im Ne-Franck-Hertz-Rohr können in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung Leuchtschichten zu beobachtet werden. Sie sind direkt mit den Minima der Franck-Hertz-Kurve korreliert.