

Betriebsgerät zum Franck-Hertz-Versuch



Dieses Gerät liefert alle zur Durchführung des Franck-Hertz-Versuches erforderlichen Spannungen und enthält einen hochempfindlichen Gleichstromverstärker zur Messung des aufgefundenen Elektronenstromes an der Auffängerelektrode. Es ist sowohl zur Durchführung des Versuches mit Quecksilberdampf als auch für die Röhre mit Neongasfüllung einsetzbar. Unter Verwendung dieses Betriebsgerätes wird der Experimentieraufbau wesentlich vereinfacht. Es sind nur fünf Verbindungen zum Sockel der Franck-Hertz-Röhre mit Neongasfüllung bzw. entsprechend nur vier zur Frontplatte der Franck-Hertz-Röhre mit Quecksilberdampf herzustellen. Anschließend werden die zugehörigen Messgeräte zur Vervollständigung des Versuchsaufbaus angeschlossen.

Das Betriebsgerät zum Franck-Hertz-Versuch liefert:

1. Die Beschleunigungsspannung U_B (rote Buchse): Eine stabilisierte Gleichspannung 0...80 V stufenlos einstellbar (Kippschalter " U_B " in Stellung "Man").
2. Die Heizspannung U_H (grüne Buchse): Eine Gleichspannung 4...12 V für das Filament der indirekt geheizten Oxydkathode. Dadurch lässt sich der Heizstrom von 180 ... 400 mA einstellen.
3. Die Steuerspannung (braune Buchse): Eine feste Spannung von 9 V=; notwendig für den Betrieb der Franck-Hertz-Röhre mit Neongasfüllung.
4. Die Gegenspannung U_G : Eine zum Schutz der Auffängerelektrode und Steuerung des Franck-Hertz-Signales zwischen -1,2 ... -10 V einstellbare Spannung.

Für die Aufzeichnung der Franck-Hertz-Kurve auf dem Oszilloskop liefert das Gerät außerdem:

5. Eine sägezahnförmige Beschleunigungsspannung U_B mit einem von 0 ... 80 V_{SS} einstellbaren Spannungspegel, (Kippschalter " U_B " in Stellung Ramp/50 Hz). Die Ablenkfrequenz liegt fest bei 50 Hz.
6. Die notwendige Ablenkspannung (durch Einweggleichrichtung erzeugte Halbwellenspannung) zur Beobachtung der Franck-Hertz-Kurve mit dem Oszilloskop. Die

Amplitude der Ablenkspannung ist auf ein Zehntel der eingestellten Beschleunigungsspannung ($U_B/10$) herabgesetzt.

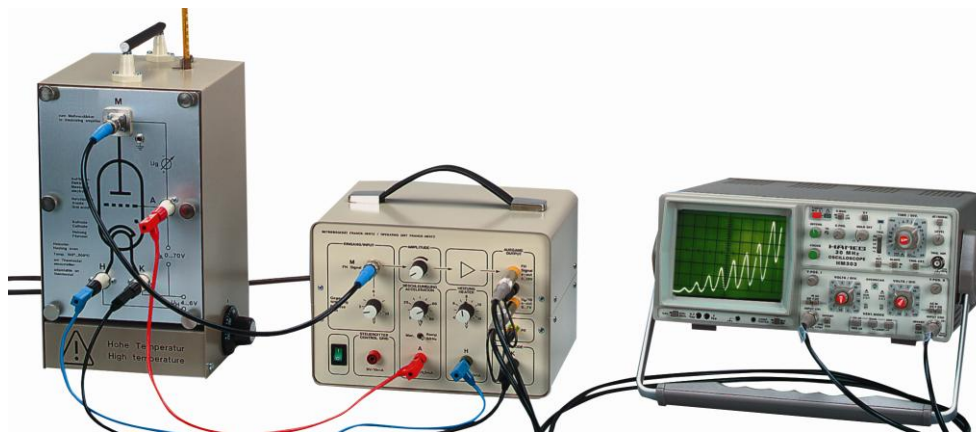
Der Gleichstromverstärker besteht aus zwei hintereinander geschalteten Operationsverstärkern (OP), von denen der erste als Elektrometerverstärker geschaltet ist. Der Messstrom wird am nichtinvertierenden Eingang des ersten OP's zugeführt. Der Eingangswiderstand beträgt 680 k Ω . Die Verstärkung des Franck-Hertz-Signales kann an einem Gegenkopplungspotentiometer (Steller "Amplitude") eingestellt werden. Im zweiten nachgeschalteten OP wird das Signal nochmals verstärkt und invertiert. Die Messspannung am Ausgang ist proportional zum Auffängerstrom. 1 V Messspannung entspricht bei kleinster Verstärkung (Drehsteller "Amplitude" ganz links) einem Elektronenstrom von ca. 10 μ A und bei höchster Verstärkung (Drehsteller "Amplitude" ganz rechts) einem Elektronenstrom von ca. 10 nA. Als Messinstrument kann ein handelsüblicher Spannungsmesser bis 10 V verwendet werden. Eine Anpassung des Instruments ist nicht erforderlich. Die Messspannung ist bis 10 mA belastbar und kurzschlussfest.

Experimentieraufbau

Franck-Hertz-Versuch mit Quecksilberfüllung

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Versuchsaufbau zur Durchführung des Franck-Hertz-Versuchs mit Quecksilberfüllung. Dieser besteht aus:

1. Franck-Hertz-Röhre mit Quecksilberfüllung auf Frontplatte
2. Heizofen
3. Betriebsgerät zum Franck-Hertz-Versuch
4. Zweikanaliges Oszilloskop
5. X-Y-Schreiber



Durchführung:

- Verbinden Sie die verschiedenen Geräte gemäß Abbildung. Der Schreiber und das Oszilloskop werden NICHT gleichzeitig verbunden. Zuerst wird das Oszilloskop in Betrieb genommen, um eine klare Kurve einzustellen. Zur Darstellung einer Messkurve auf Papier kommt dann der X-Y-Schreiber zum Einsatz.

Die Verbindungen können anhand der folgenden Tabelle realisiert werden:

Betriebsgerät	Sockel/ Röhre	Oszilloskop	Schreiber (Alternativ)	Voltmeter	Bemerkung
PE	PE				nur für Neon-Füllung
K	K/Kathode			- Eingang	
H	H/Heizung				
A	A/Anode			+ Eingang	
Steuergitter 9 V/10 mA	Steuergitter				nur für Neon-Füllung
M-Signal	BNC (Röhre)				
Franck-Hertz- Signal-Ausgang		CH-1 (Y-Eingang)	Y-Eingang		
$U_B/10$ Ausgang		CH-2 (X-Eingang)	X-Eingang		

Voreinstellungen:

- Stellen Sie den Heizofen auf die gewünschte Temperatur (z.B. 200 °C). Als Anhaltspunkt kann das mit der Röhre gelieferte Messprotokoll dienen.
- Vor dem Einschalten der Geräte drehen Sie die Steller für "Heizung", "Beschleunigung" und "Amplitude" zum linken Anschlag. Der Steller für "Gegenspannung" wird auf Mittelstellung gebracht.
- Mit dem grünen Leuchtschalter (links unten) schalten Sie das Betriebsgerät ein.
- Stellen Sie den Kippschalter "Man, Ramp/50 Hz" auf "Ramp".
- Verbinden Sie am Betriebsgerät den Franck-Hertz-Signal-Ausgang mit dem Y-Eingang (CH-1) und den $U_B/10$ -Ausgang mit dem X-Eingang (CH-2) des Oszilloskops.
- Stellen Sie das Oszilloskop auf X-Y-Betrieb und CH-1 und CH-2 auf eine Verstärkung von 1 V/cm im DC-Modus.
- Schalten Sie das Oszilloskop ein.
- Durch Drehen an den Stellern X-Pos. und Y-Pos. des Oszilloskops bringen Sie den Strahl auf die untere linke Ecke des Bildschirms.

Einstellungen:

- Jetzt wird die Heizspannung behutsam auf einen Wert von ca. 8 V eingestellt.
- Die Beschleunigungsspannung wird auf einen Wert von ca. 40...50 V gebracht.
- Durch Drehen am Steller "Amplitude" wird die Amplitude des Signals erhöht. Wenn der Heizofen seine Solltemperatur erreicht hat, kann man die allmähliche Entstehung der Franck-Hertz-Kurve auf dem Bildschirm des Oszilloskops beobachten.
- Die Gegenspannung wird so verändert, dass eine Kurve mit gut ausgeprägten Minima/Maxima entsteht.

Durch Erhöhung der Beschleunigungsspannung auf einen Wert von ca. 80 V und geringfügige Veränderung der anderen Parameter (u.U. auch der Temperatur des Heizofens) wird auf dem Bildschirm des Oszilloskops eine Franck-Hertz-Kurve beobachtet, die von links unten nach rechts oben verläuft und bis zu 13 ausgeprägte Maxima bzw. Minima zeigt (Abb. 2). Die Beschleunigungsspannung darf jedoch nur so weit erhöht werden, dass in der Röhre keine selbständige Entladung auftritt, denn durch Stoß-ionisation wird die Kurve gestört. Das beschriebene Verfahren ist eine allgemeine Einstellprozedur. Da die Franck-Hertz-Röhren in Handarbeit gefertigt werden, gibt es zwischen den verschiedenen Röhren sehr große Unterschiede der optimalen Parameter. Einen Anhaltspunkt für gute Werte liefert das mit den Röhren gelieferte Messprotokoll.

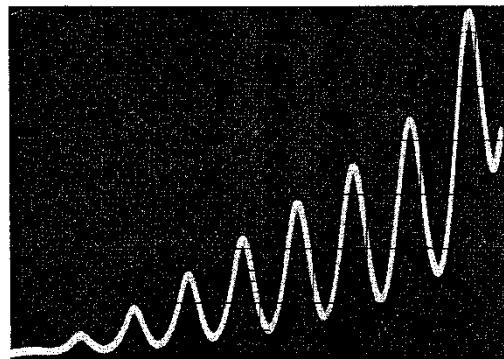


Abb.2 Oszilloskopbild der Franck-Hertz-Kurve

Genaue Auswertung der Franck-Hertz-Kurve:

Für die genaue Auswertung der Franck-Hertz-Kurve wird zusätzlich ein X-Y-Schreiber und ein Digitalvoltmeter verwendet. Hierfür ist es nicht unbedingt notwendig, den absoluten Wert des Elektronenstromes zu bestimmen. Man sollte vorher auf dem Bildschirm des Oszilloskops eine Franck-Hertz-Kurve mit stark ausgeprägten Maxima und Minima einstellen.

Durchführung:

- Schalten Sie den Kippschalter "Man, Ramp/50 Hz" auf die Position "Man" um.
- Drehen Sie den Steller für die Beschleunigungsspannung auf Linksanschlag ($U_B = 0V$).
- Schließen Sie zusätzlich das Digitalvoltmeter an die Buchsen "A" und "K" des Betriebsgerätes an.
- Durch Drehen des Stellers für U_B auf Rechtsanschlag werden Sie am Digitalvoltmeter eine maximale Beschleunigungsspannung von ca. 80 V messen können. Drehen Sie danach U_B wieder auf Linksanschlag zurück.
- Die Messkabel am X- bzw. Y- Eingang des Oszilloskops werden gelöst und durch 4-mm-Kabel ersetzt, die an die entsprechenden Eingänge des X-Y-Schreibers angeschlossen werden.
- Schalten Sie den X-Y-Schreiber ein und stellen Sie beide Achsen des Schreiber auf eine Verstärkung von 1 V/cm.

Anmerkung:

Die Beschleunigungsspannung am Signalausgang (Schreibersignal) ist um den Faktor 10 reduziert. Am Digitalvoltmeter messen Sie jedoch zwischen den Anschlüssen "A" und "K" die volle Beschleunigungsspannung.

- Sie können jetzt die Verstärkung am Schreiber so variieren, dass Sie eine blattfüllende Franck-Hertz-Kurve erhalten.
- Durch langsame und stetige Erhöhung der Beschleunigungsspannung U_B können Sie nun eine Franck-Hertz-Kurve aufnehmen (Abb. 3) und die genauen Positionen der Maxima und Minima mit dem Digitalvoltmeter ermitteln.

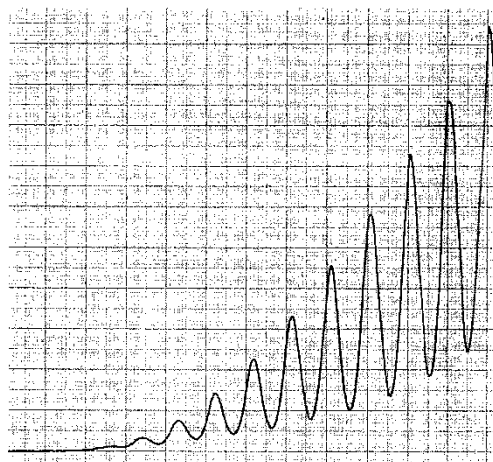


Abb.3 Schreiberbild der Franck-Hertz-Kurve

Franck-Hertz-Versuch mit Neonfüllung

Außer den in Abb. 1 wiedergegebenen Verbindungen ist noch die Steuerelektrode der Neon-Franck-Hertz-Röhre mit der entsprechenden Buchse des Betriebsgerätes zu verbinden. Die Inbetriebnahme erfolgt nach dem gleichen Ablauf wie bei der Quecksilber-Franck-Hertz-Röhre, jedoch sind hier nur 3 Maxima möglich.