

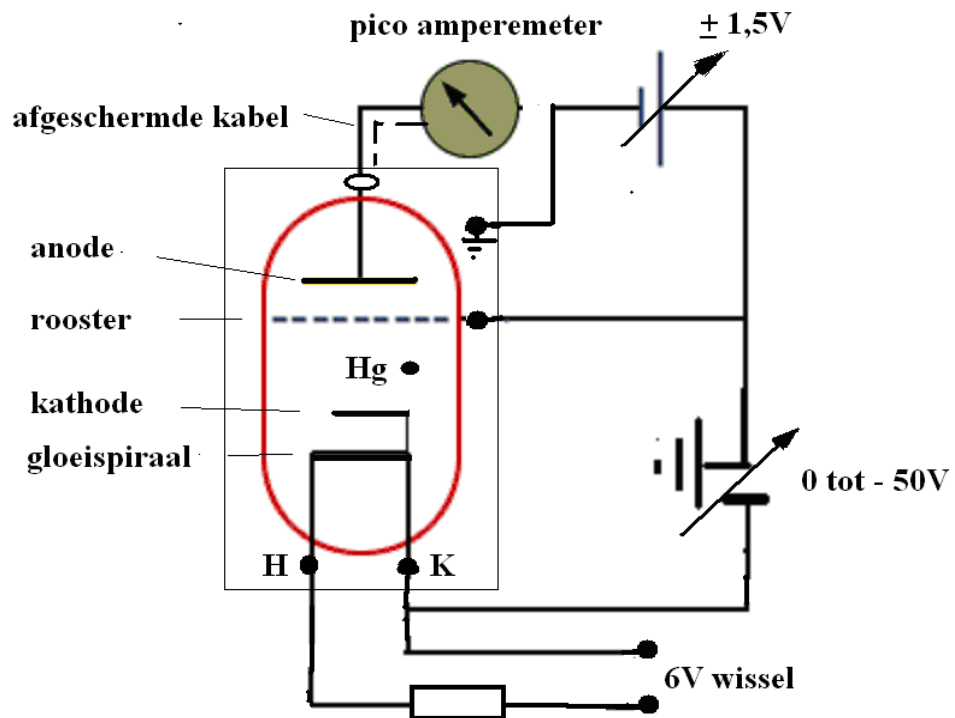
## Franck en Hertz

### Doel:

1. Het bepalen van de anodestroom als functie van de roosterspanning.
2. Een aanslagniveau van kwik bepalen m.b.v. dit  $I_{\text{anode}} - V_{\text{RK}}$  diagram.
3. De golflengte van de uitgezonden straling berekenen wanneer een kwikatoom terugvalt in de grondtoestand

### Inleiding:

In 1914 deden J. Franck en G. Hertz een baanbrekend experiment waarin Bohrs hypothesen op elegante wijze werden getoetst. Zij gebruikten een vacuümbuis gevuld met een druppel kwik en drie elektrodes. Namelijk: de kathode (K), het rooster (R) en de anode (A), zie figuur 1. De buis is in een oven geplaatst. Het kwik gaat verdampen als de buis in de oven wordt verwarmd. De buis wordt op een temperatuur van ongeveer  $180^{\circ}\text{C}$  gebracht.



Figuur 1

De kathode wordt indirect verhit door een gloeispiraal en zendt daardoor elektronen uit (thermische emissie). Het rooster heeft een hogere potentiaal dan de kathode. De uitgezonden elektronen bewegen zich dus versneld naar het rooster.  $V_{\text{AR}} = \pm 1,5\text{V}$ . De elektronen die door het rooster heen schieten worden dus afgeremd. Alleen de elektronen die een grotere kinetische energie hebben dan  $1,5\text{ eV}$  kunnen de anode bereiken. Deze elektronen zorgen voor de anodestroom. De elektronen die bij het passeren van het rooster een kleinere kinetische energie hebben dan  $1,5\text{ eV}$  bereiken de anode niet. Deze elektronen worden ingevangen door het rooster en zorgen voor de roosterstroom. De buis wordt door de oven verwarmd en daardoor

ontstaat er in de buis kwikgas. Elektronen in de buis kunnen tegen de kwikatomen botsen. Deze botsingen kunnen zowel elastisch als inelastisch zijn. Omdat een kwikatoom een veel grotere massa heeft dan een elektron, zal de snelheid van het elektron bij de botsing niet veel veranderen. Als de potentiaal ( $V_{RK}$ ) van het rooster (R) geleidelijk van 0V af wordt opgevoerd, neemt de anodestroom aanvankelijk toe. De elektronen krijgen een energie van  $e \cdot V_{RK}$ . Steeds meer elektronen hebben dus bij het passeren van R een kinetische energie die groter is dan 1,5eV. Bij een bepaalde waarde van  $V_{RK}$  neemt de anodestroom echter af. De botsingen tussen elektronen en kwikatomen zijn niet meer elastisch. Een elektron zal bij een inelastische botsing zijn energie afgeven aan het kwikatoom. Het atoom komt in een aangeslagen toestand. Het elektron heeft te weinig energie om bij de anode te komen en wordt ingevangen door het rooster. Het kwikatoom valt terug in zijn grondtoestand onder het uitzenden van een foton. Franck en Hertz detecteerden deze fotonen door een kwartsvenster in hun buis.

Met de **Einsteinvergelijking** :  $\Delta E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$

Hierin is:  $\Delta E$  = Energie nodig om een kwikatoom in aangeslagen toestand te brengen  
 $h$  = constante van Planck  
 $c$  = lichtsnelheid

kunnen we de golflengte van de uitgezonden straling uitrekenen.. Bij verder opvoeren van  $V_{RK}$  neemt de anodestroom weer toe tot ze bij een bepaalde volgende waarde van  $V_{RK}$  weer afneemt. Zouden we een grafiek maken van de anodestroom als functie van  $V_{RK}$ , dan ontstaat een grafiek met zogenaamde dips. Een doel van deze proef is het verkrijgen van een  $I_{anode} - V_{RK}$  diagram.

**Theorie:**

**Apparatuur:** 1. **Oven met Frank en Hertz buis.**

**Het front** (figuur 1 en 2)

Aan de voorkant van de oven zitten de aansluitingen van de buis. De anode wordt met een afgeschermd kabel aangesloten op de Keithley picoampèremeter. De gloeidraad wordt op de punten H en K Aangesloten op 6V wissel van de voeding. Dit gebeurt in serie met een weerstand van  $8\Omega$ , want dan krijgt de gloeidraad precies de juiste spanning. De remspanning  $V_{REM}$  wordt geleverd door een kleine regelbare gelijkspanningsvoeding. De + van de voeding komt op het rooster (R) , de - komt aan aarde.

**Temperatuurregeling**

De oven is al aan en staat op de juiste temperatuur ingesteld. Wees

dus voorzichtig **de oven is heet.**

**2. Voeding Malmberg DVA 1K** (figuur 2)

Let op: Dit is een voeding die een negatieve spanning levert t.o.v. aarde. De aarde is dus de positieve pool en wordt aangesloten op het rooster (R) en de negatieve pool ( $-50V$ ) op punt K van de oven. Zet ook de schakelaar op stand  $-50V$ .

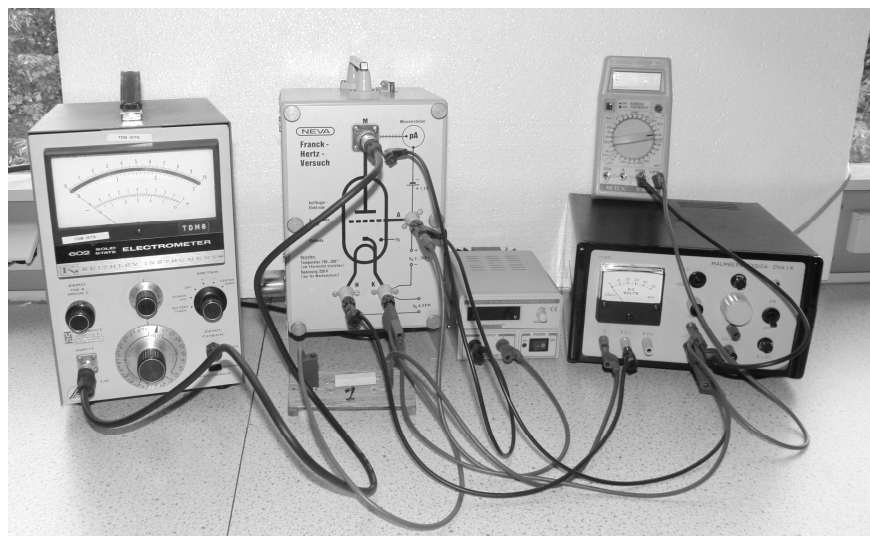
**3. Keithley electrometer type 602** (figuur 2)

Deze meter wordt gebruikt als picoampèremeter. De meter kan stromen meten tot  $10^{-14}$  A. De grote knop staat dan op  $10^{-11}$  A en de kleine vermenigvuldigingsknop (X) op  $\bullet 001$ . De stroompjes bij de Franck en Hertz proef zijn in de orde van  $10^{-12}$  A.. Dus de X knop staat in het begin op  $\bullet 1$  en als de versnelling verhoogd wordt, loopt de anodestroom ook op.. Als de wijzer aan het eind van de schaal komt, zet je X knop op  $\bullet 3$ , komt de wijzer weer aan het eind van de schaal, dan verhoog je weer het bereik (X knop op 1) . Je zet meter aan door de knop METER in de stand  $-$  te draaien.

**Benodigheden:**

Oven met Franck en Hertzbuis en hittebestendig netsnoer  
Keithley 602 electrometer en afgeschermd kabel  
Voeding Malmberg DVA 1K (t.b.v. F en H buis)  
Weerstand  $8\Omega$   
Kleine regelbare voeding (t.b.v. tegenspanning)  
Multimeter  
Meetsnoeren

**Opstelling:**



Figuur 2

**Uitvoering:**

Bouw m.b.v. figuur 1 en figuur 2 de opstelling.

Laat de opstelling controleren.

Zet de apparatuur aan.

**Meet alleen als de verwarming van de oven uit is.** De grote

wisselstroom die door de verwarmingsspiralen gaat verstoort de meting. Verhoog langzaam  $V_{RK}$  en let op  $I_{ANODE}$ . Deze neemt ook toe, maar bij een bepaalde waarde van  $V_{RK}$  neemt  $I_{ANODE}$  af en vertoont een minimum. Noteer de maximale waarde en de minimale waarde van  $I_{ANODE}$ . Noteer tevens bijbehorende waarden van  $V_{RK}$ .

Verhoog nu  $V_{RK}$  verder.  $I_{ANODE}$  neemt weer toe tot een maximale waarde en neemt dan plotseling weer af. Noteer weer deze waarden en de bijbehorende waarden van  $V_{RK}$ .

Je moet minimaal 5 minima van  $I_{ANODE}$  waarnemen.

Zet de gemeten waarden in een tabel

**Opdrachten:**

1. Maak een  $I_{anode} - V_{RK}$  diagram.
2. Bepaal de potentiaalverschillen tussen de minima van  $I_{ANODE}$ . Wat valt je op? Geef een verklaring.
3. Bepaal de energie die nodig is om een kwikatoom in een aangeslagen toestand te brengen.
4. Bereken de golflengte  $\lambda$  van de uitgezonden straling, als in kwikatoom weer terugvalt in de grondtoestand.
5. Zoek het spectrum van kwik op of er een golflengte is die met jouw gevonden golflengte overeenkomt.
6. Waarom is er een tegenspanning van ongeveer 1,5V nodig om het Franck en Hertz waar te nemen?