

Quantum Rules!

De verschuivingswet van Wien

Inleiding

Elk voorwerp zendt straling uit. De golflengte waarbij de meeste stralingsenergie wordt uitgezonden hangt samen met de temperatuur van het voorwerp. De verschuivingswet van Wien legt een verband tussen deze golflengte (λ_{\max}) en de absolute temperatuur (T) van het voorwerp in K. In formulevorm luidt deze wet:

$$\lambda_{\max} \cdot T = k_W$$

met k_W de constante van Wien: $k_W = 2,8977 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}$. De golflengte λ_{\max} is dus omgekeerd evenredig met de temperatuur.

N.B. De wet van Wien geldt strikt genomen alleen voor zogenaamde zwarte stralers. De gloeidraad waarmee je in deze proef werkt is geen zwarte straler. Omdat bij benadering de uitgezonden stralingsenergie bij alle golflengtes steeds $\approx 35\%$ is van de energie uitgezonden door een zwarte straler, is de wet van Wien ook bij de gloeidraad van toepassing. Afwijkingen van de waarde van k_W die je bij de proef vindt zijn gedeeltelijk een gevolg van deze benadering.

Bij deze proef onderzoeken we het spectrum van het licht dat door een halogeenlamp wordt uitgezonden bij verschillende temperaturen van de gloeidraad. De golflengte λ_{\max} lees je af uit het spectrum. De temperatuur bepalen we uit het elektrisch vermogen en de wet van Stefan-Boltzmann.

Temperatuurbepaling met de wet van Stefan-Boltzmann

Volgens deze wet is het totaal uitgestraalde vermogen P evenredig met de vierde macht van de temperatuur:

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Hierin is

- A de oppervlakte van het voorwerp (hier: de gloeidraad);
- σ de constante van Stefan-Boltzmann en
- T de absolute temperatuur in K

Alle toegevoerde elektrische energie wordt bij benadering* volledig omgezet in stralingsenergie. Er geldt dus ook:

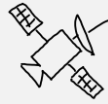
$$P_{\text{elektrisch}} = P_{\text{straling}} \Leftrightarrow U \cdot I = \sigma \cdot A \cdot T^4 \Leftrightarrow \frac{U \cdot I}{T^4} = \sigma \cdot A = \text{constant}$$

$$\text{en dus: } \frac{U_2 \cdot I_2}{T_2^4} = \frac{U_1 \cdot I_1}{T_1^4} \Leftrightarrow T_2^4 = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot I_1} \cdot T_1^4$$

(*Voor meer details, zie het QR! experiment Stefan-Boltzmann.)

Je hebt nodig:

- 2x spectrometer
- gesplitste glasfiber
- halogeenlampje
- voedingskast
- meetsnoeren



Quantum Rules!



De meetopstelling

De lamp

De temperatuur van de gloeidraad van de halogeenlamp verandert dus als we de spanning over de lamp variëren. De lamp is ontworpen om optimaal te werken bij een spanning van 12,0 V. De spanning mag beslist niet boven de 12,0 V opgevoerd worden! De fabrikant van de lamp die je gebruikt geeft aan dat de temperatuur van de gloeidraad bij 12,0 V gelijk is aan $T_1 = 2800$ K. Van dit gegeven maken we gebruik om de gloeidraadtemperatuur te bepalen bij lampspanningen lager dan 12,0 V:

$$T_2^4 = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot I_1} \cdot T_1^4$$

De waardes in kolom $T(K)$ in het Excel bestand QR_wien-werkblad.xlsx worden zo berekend.

De voedingskast

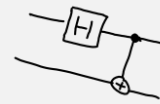
Gebruik de zwarte (-) en (+) rode ingangen van de voedingsbron. Voordat je met de metingen begint kun je ervoor zorgen dat je niet per ongeluk de spanning over de lamp te hoog maakt.

1. Draai de FINE en COURSE knoppen onder VOLTAGE terug naar 0 V door ze tegen de klok in te draaien.
2. Draai eerst de CURRENT-knop op zijn maximum (met de klok mee).
3. Voer met de COARSE knop onder VOLTAGE de spanning voorzichtig op maar 12,1 V (net geen 12,2).
4. Draai vervolgens de stroombegrenzing met de CURRENT knop omlaag. Op een gegeven moment gaat het rode lampje branden: de stroombegrenzing gaat werken en de geleverde spanning daalt.

Laat de spanning met de CURRENT-knop dalen tot 12,0V en laat de CURRENT knop zo staan. Draai tijdens het experiment alleen aan de VOLTAGE knoppen.

De spectrometers

5. Bestudeer de achtergrond en theorie over spectrometers in het QR_wien-spectrometer-theorie.pdf bestand en volg daarna de instructies om de spectrometers te ijken.



Quantum Rules!

De meting

Als je de spectrometers goed geijkt hebt, dan heb je nu een mooi spectrum bij 2800 K op het scherm (zie fig. 1).

6. Verlaag de spanning stapsgewijs omlaag tot ongeveer 5,0 V. Zorg dat je minimaal bij 8 verschillende spanningen een meting doet.
7. Open het bestand het Excel bestand QR_wien-werkblad.xlsx (op de desktop en <https://www.quantumrules.nl/downloads>)
8. Noteer de stroomsterkte I en de golflengte λ_{\max} waar de curve maximaal is in kolommen 2 en 3 van de tabel. De andere kolommen worden automatisch ingevuld.
9. Maak een spreidingsdiagram van T tegen $1/\lambda_{\max}$ door de waardes in de 5^e en 6^e kolom tegen elkaar uit te zetten.
10. Het Excel sheet berekent de door jou gemeten k_W als de helling van je diagram en toont de afwijking van de literatuurwaarde.

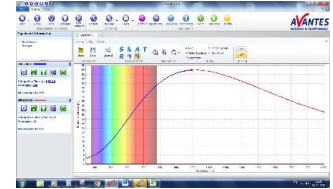


Fig 1: spectrum van een halogeenvlamp bij $T = 2800$ K