



# Quantum Rules!

## Instructies spectrometer

### De spectrometer

De spectrometer bestaat uit twee delen, eigenlijk twee afzonderlijke spectroscopen. Eén voor het zichtbare licht en het nabije infrarood van 350 nm tot 1000 nm. De andere voor infrarode straling met van 950 nm tot 1800 nm. Het licht wordt via een flexibele glasvezelkabel de spectroscopie in geleid. In de kabel zit een splitser die iedere deelspectrometer een gedeelte van het opvallende licht toebedeelt.

Beide spectrometers werken volgens hetzelfde principe. Het licht wordt afgebeeld op een tralie en het spectrum wordt afgebeeld op een een-dimensionaal array van fotosensoren. In fig. 1 staat een opengewerkt model, meer uitleg op de site van Avantes<sup>1</sup>.

Het apparaat is geijkt zodat bij iedere pixel bij een golflengte hoort, en uit de stroomsterkte die een pixel levert wordt de stralingsintensiteit bepaald. Doordat de pixels niet even gevoelig zijn voor elke golflengte én omdat er bij het transport van het licht niet voor iedere kleur evenveel licht verloren gaat is het niet eenvoudig de exacte de stralingsintensiteit te bepalen. Echter geldt wel steeds: meer licht= meer signaal (stroom).

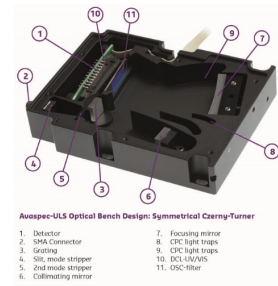
De spectrometer moet daarom geijkt worden met licht waarvan de intensiteitsverdeling over de verschillende golflengtes bekend is. Hiervoor wordt bij ons experiment de halogeenlamp gebruikt, op 12,00 V aangesloten. De gloeidraad beschouwen we als een zwarte straler. De verdeling over de golflengtes wordt bepaald door de stralingswet van Planck. De stralingsintensiteit per oppervlakte-eenheid en per golflengtegebiedje  $d\lambda$  is een functie van de golflengte  $\lambda$  en de temperatuur  $T$  wordt gegeven door de functie:

$$B_{\lambda,T} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} d\lambda$$

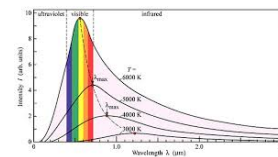
In fig. 2 zie je aan grafische weergave van de stralingsintensiteit bij enkele temperaturen. Laat je niet afschrikken door de ingewikkelde formule! In de formule staan een aantal natuurconstanten, en de golflengte waarbij de meeste energie wordt uitgestraald blijkt alleen afhankelijk van de temperatuur.<sup>2</sup> Het maximum van het spectrum, d.w.z. de golflengte waarbij het meeste licht wordt geproduceerd hangt af van de temperatuur van het voorwerp dat licht uitstraalt.

<sup>1</sup><http://www.avantes.com/> ('products/' 'spectrometers/' 'introduction' en 'how does a spectrometer work')

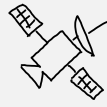
<sup>2</sup>Zie de applet op: internet <http://phet.colorado.edu/en/simulation/blackbody-spectrum>



**Fig. 1:** Het inwendige van de spectrometer: de optische bank.



**Fig. 2:** planckkrommen bij verschillende temperaturen.



# Quantum Rules!



## IJking van de spectrometers

1. Start het programma Avasoft.
2. Zet de halogeenlamp aan. Stel de spanning op 12,00 V.
3. Een glasfiber transporteert het licht van de bron naar de spectroscopen. De fiber mag niet in een scherpe bocht liggen. **Gedurende de hele ijking en de meting daarna mag de fiber absoluut niet aangeraakt worden, anders verloopt de ijking.**
4. Druk op **SCOPE S** in op het lint van het binnenste venster, waar de spectroscopmetingen zullen verschijnen. Druk op **start** . Je ziet nu een rode en een blauwe grafiek op het scherm verschijnen. Dit zijn de metingen van de twee spectroscopen, maar je ziet nog geen spectra, omdat de gevoeligheid van de spectroscopen naar de randen van hun golflengtegebied afneemt.
5. De signaalsterkte mag niet te groot zijn, want dan raken de sensoren verzadigd maar ook niet te klein, want dan worden de sensoren niet optimaal benut. De optimale gevoeligheid van de sensoren kan nu ingesteld worden op de lichtsterkte van het lampje met **Auto Configure All** in het bovenste menu-lint. Wacht even tot er een rode en een blauwe grafiek (bobbels) verschijnen (zie fig. 3). De spectroscop stelt nu de optimale belichtingstijd en aantal middelingen in.
6. Vervolgens schakel je de spanningsbron even uit om het donkerspectrum te meten. Het donkerspectrum wordt later van alle spectra afgetrokken. Druk nu op **Save Dark All** om het donkerspectrum vast te leggen. De icoontjes in de vensters met spectrometerinformatie aan de linkerkant worden nu groen om aan te geven dat het donkerspectrum is bewaard.
7. Zet de lamp nu weer aan. Stel de spanning op 12,00 V. De spectroscop weet dat hij de meetwaarden voor elke golflengte moet vermenigvuldigen met een factor om een Planckkromme te krijgen. Door op **Save reference all** te drukken legt hij deze factoren vast. (de reference icoontjes worden groen).
8. Druk nu op **spectrum-dark** . De spectrumgrafiek gaat nu iets omlaag, en vervolgens op **Relative Irradiance** <sup>RI</sup>. Je krijgt dan het spectrum van de gloeilamp op het scherm: een nette Planckkromme met een top in de buurt van de 1000 nm (zie fig. 4). Dit is niet verwonderlijk want de software zorgt ervoor dat de vermenigvuldigingsfactoren zo zijn dat een ideale Planckkromme ontstaat en dat de top ergens bij 100% ligt.
9. Je bent nu klaar om te meten.

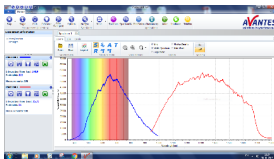


Fig. 3: ruwe data

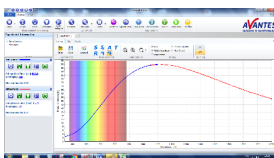


Fig. 4: spectrum