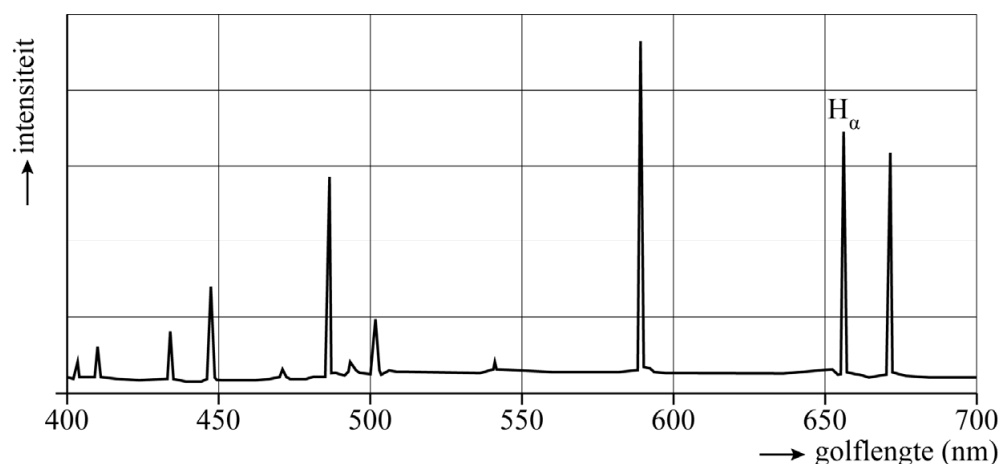


Temperatuurbepaling uit lijnverbreding

In een gasontladingslamp bevindt zich een gas in een afgesloten buis. Als de lamp wordt aangezet, komen de gasatomen in een aangeslagen toestand en zenden vervolgens licht uit.

In figuur 1 staat het spectrum van een gasontladingslamp die gevuld is met een mengsel van waterstofgas en een ander gas.

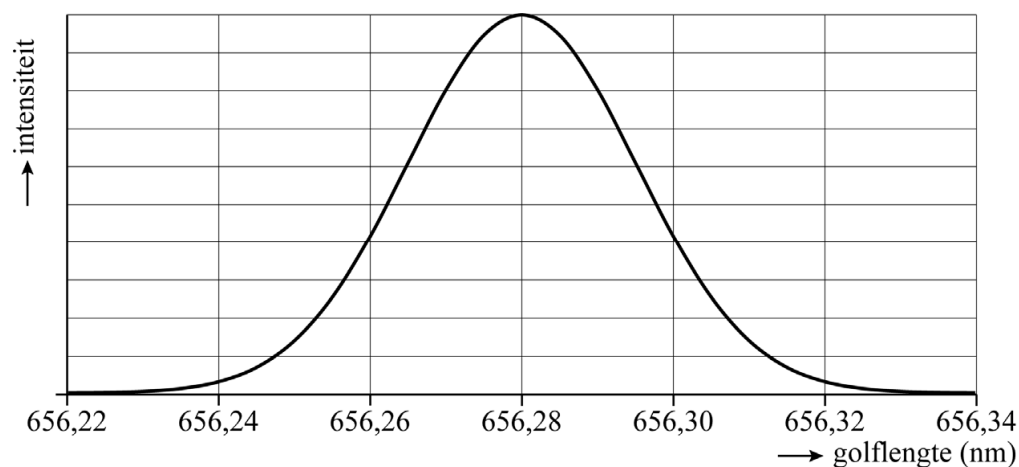
figuur 1



- 1p 19 Geef aan welk ander gas aanwezig is in de lamp. Gebruik tabel 20 uit Binas of tabel 5.1e uit ScienceData.

De emissielijn bij 656 nm wordt uitgezonden door waterstofatomen die terugvallen van de tweede naar de eerste aangeslagen toestand. Deze emissielijn wordt H_{α} genoemd. Figuur 2 toont een nauwkeurige meting van het spectrum rond de H_{α} -lijn.

figuur 2



Uit figuur 2 blijkt dat H_{α} bij 656,28 nm ligt. Om de golflengte van H_{α} ook met deze nauwkeurigheid te berekenen, moeten de energieniveaus (in eV) van het waterstofatoom nauwkeurig bekend zijn. Er geldt:

$$E_n = -\frac{13,5983}{n^2} \quad (1)$$

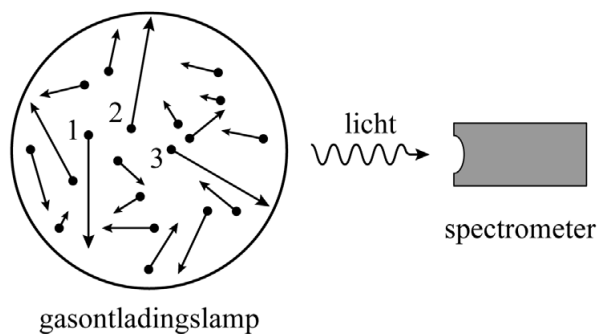
Ook moet er rekening worden gehouden met het feit dat de meting van het spectrum in figuur 2 in lucht is uitgevoerd. In lucht is de lichtsnelheid kleiner dan in vacuüm, namelijk $c_{\text{lucht}} = 2,99706 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

- 4p 20 Toon met bovenstaande gegevens aan dat de golflengte van H_{α} in lucht gelijk is aan 656,28 nm.

In figuur 2 is te zien dat de H_{α} -lijn een breedte heeft. Er worden dus ook fotonen waargenomen met een iets grotere en iets kleinere golflengte dan 656,28 nm. De oorzaak hiervan is het dopplereffect ten gevolge van de beweging van de waterstofatomen in de lamp.

In figuur 3 is een dwarsdoorsnede van de lamp getekend. Hierin is de willekeurige beweging van de waterstofatomen schematisch weergegeven. De pijlen geven de richting en grootte van de snelheid van individuele atomen aan. Het licht dat de atomen uitzenden, wordt waargenomen met een spectrometer die zich aan de rechterkant van de lamp bevindt.

figuur 3

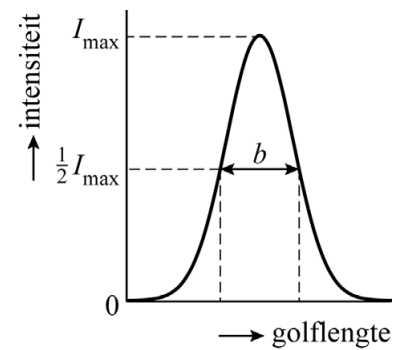


Op de uitwerkbijlage staat figuur 3 met alleen de atomen 1, 2 en 3. Deze drie atomen behoren tot de snelst bewegende waterstofatomen in de lamp. De H_{α} -lijn uit figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage. Er zijn daar vijf verschillende golflengtegebieden A t/m E aangegeven. Het uitgezonden licht van elk van de drie atomen wordt door de spectrometer in een ander golflengtegebied waargenomen.

- 2p 21 Kruis in de tabel op de uitwerkbijlage bij elk atoom het juiste golflengtegebied aan.

Als de temperatuur T van het gas in de lamp hoger wordt, neemt de gemiddelde kinetische energie van de gasatomen toe. Het dopplereffect wordt dan sterker en de emissielijn breder. De breedte b van een emissielijn wordt gemeten op de helft van de maximale intensiteit. Zie figuur 4.

figuur 4



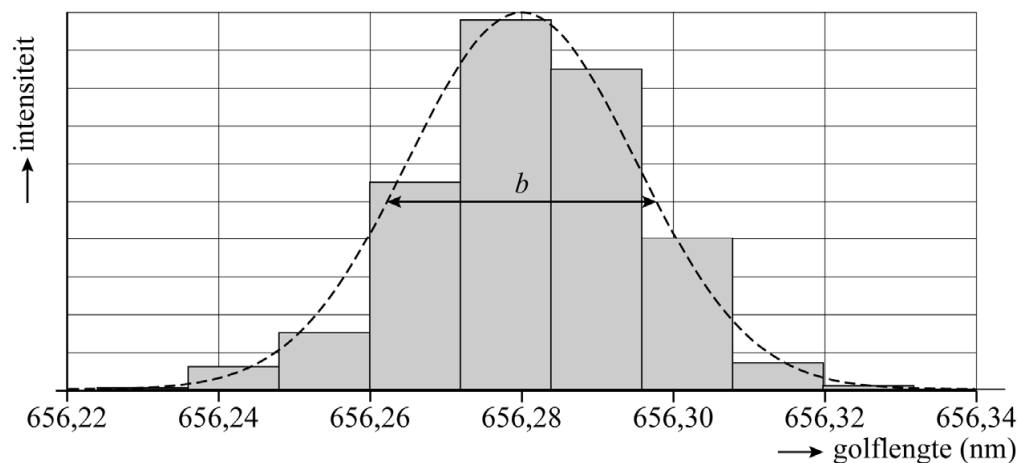
De fotonen die worden waargenomen bij een dopplerverschuiving $\Delta\lambda = \frac{1}{2}b$ zijn uitgezonden door gasatomen die met een kinetische energie $E_{k,x} = \ln 2 \cdot k_B T$ naar de spectrometer toe of van de spectrometer af bewegen. Hieruit volgt het verband tussen de breedte van de emissielijn en de temperatuur van het gas:

$$b \propto \sqrt{T} \quad (2)$$

3p **22** Leid dit verband af.

De spectrale resolutie van een bepaald type spectrometer is 12 pm. Dit betekent dat deze spectrometer één waarde van de intensiteit meet per golflengtebandje van 12 pm breed. Deze golflengtebandjes zijn te zien in de meting van de H_α -lijn in figuur 5. De stippellijn geeft de vorm van de emissielijn die het best past bij de intensiteiten in de golflengtebandjes.

figuur 5



Wetenschappers hebben uit figuur 5 bepaald dat de temperatuur van het waterstofgas gelijk is aan $5,9 \cdot 10^3$ K. Zij willen met dezelfde spectrometer ook meten aan een andere gasontladingslamp, met een temperatuur van ongeveer 500 K.

3p **23** Toon met behulp van formule (2) aan of de temperatuur van deze andere lamp met dezelfde spectrometer gemeten kan worden.