

Antieke techniek

15 De kou van Kamerlingh Onnes

Als student noemde Heike K. Onnes, zoon van een dakpannenfabrikant, zich opeens H. Kamerlingh Onnes. In zijn eerste jaar won hij al een prijs; hij bereidde dan ook 's morgens vroeg al de colleges voor. Hij studeerde bij Bunsen en Kirchhoff en haalde zijn doctoraal in Groningen in 1876. Als hoogleraar begon hij zonder enige ervaring aan het experiment om waterstof vloeibaar te maken. En hoe. Volgens zijn leerling Zeeman dreef hij zijn instrumentmakers *als de wind de wolken*.

■ Louis Mathot

Van der Waals bedacht in zijn proefschrift deze algemene wet voor niet-ideale gassen:

$$\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right) \cdot (V - nb) = nRT \quad (1)$$

(a corrigeert voor de cohesie en b voor het eigenvolume van de moleculen) en verklaarde daarmee het optreden van de kritieke temperatuur T_k . De zogenaamde *permanente gassen* die Faraday had ingevoerd, waren gassen met weinig cohesie en dus met een lage T_k . Bovendien drukte Van der Waals p , V en T uit in hun bijbehorende kritieke waarden p_k , V_k en T_k en vond de *wet van de overeenstemmende toestanden*:

$$\left(p_r + \frac{3}{V_r^2}\right) \cdot (3V_r - 1) = 8T_r \quad (2)$$

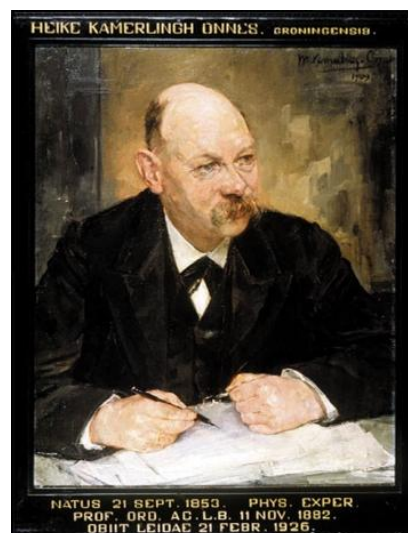
Onnes had de wet op een andere manier ook afgeleid en wilde die controleren. Logisch leek om te beginnen een simpel gas, dus waterstof, maar de T_k daarvan is juist heel laag.

De afkoeling door adiabatiscie expansie vanuit hoge druk volgens Cailletet en de cascade-methode volgens Pictet waren bekend. Ook het Joule-Kelvin effect: bij expansie daalt de temperatuur mits de begintemperatuur laag genoeg is.

Onnes lab stond op de plek waar in 1807 het kruitschip was ontploft, Lodewijk Napoleon kwam toen nog kijken. Werkend met waterstof leek net zo gevaarlijk en Onnes moest in 1895 zelfs stoppen en mocht pas drie jaar later verdergaan.

Dewar

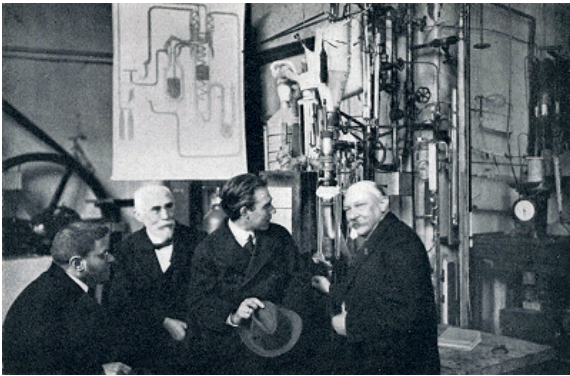
In dat jaar was zijn grootste concurrent Dewar hem voor. Die maakte waterstof vloeibaar en een jaar later zelfs vast bij 12 K. Dewar was een showman die een ruzie niet uit de weg ging.



Zo betwijfelde hij openlijk in *The Times* dat zijn mede-Schot Ramsay – ontdekker van de edelgassen – vloeibaar zuurstof had gezien. Later zou hij de ontstane onmin moeten bekopen omdat hij niet zo goed was als Ramsey in het zuiveren van helium. Daardoor had hij last van bevriezende kranen. Vandaar misschien dat zijn schoonmoeder een rompertje breide voor zijn thermosfles. Onnes richtte zich vastberaden op helium dat in 1895 was ontdekt. En dat terwijl Rijke eigenlijk liever niet nóg een halve theoreticus als opvolger had gewild naast Lorentz. Het meeste helium op aarde ontstaat door alfastraling. Gaskousjes in die tijd bijvoorbeeld bevatten ThO_2 . Met wet (2) kon hij een schatting maken van T_k van helium; hij kwam op 5 K. In februari 1908 namen Onnes en zijn medewerkers een wit wolkje waar en stuurden direct bericht naar Dewar en naar de pers. Helaas bleek het om vast waterstof te gaan. Studenten graptten over de ontdekking van vloeibaar *halvium*.

Leiden, de koudste plek op aarde

In juli 1908 ondernam Onnes een nieuwe poging. Hij stond om 5 uur op en spoedde zich naar lokaal E'. Om 13:30 was de voorraad waterstof tot 20 L aangegroeid en om 15:00 was de temperatuur van het helium 93 K. Zijn bezorgde vrouw Bé bracht hem boterhammen. De heliumgasdruk werd opgevoerd tot 100 bar en adiabatiscie expansie door een poreuze prop werd 20 keer herhaald. Met als gevolg dat de temperatuur daalde tot 5 K, gemeten met een gasthermometer, maar er leek niets te gebeuren. Een buurtende chemicus dacht echter vloeistof te zien. Onnes scheen daarop door de glazen dewar, door vloeibaar stikstof en waterstof heen, schuin van onderen en zag (kapotte) stroomdraadjes van een thermometer door de vloeistof heen prikken. Hij zag de meniscus '*messcherp tegen de glazen wand*'. Het laatste permanente gas was eindelijk vloeibaar gemaakt. En Leiden zou het koudste plekje ter wereld blijven tot 1923 toen dat pas in Canada lukte dankzij Onnes bouwtekeningen.

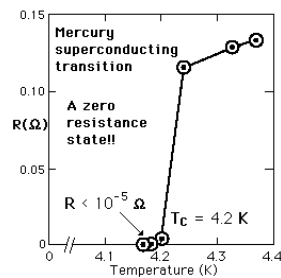


Ehrenfest, Lorentz en Bohr kwamen het feestje meevieren. 'Koude drukte' zou Onnes later zeggen. In 1908 was zijn lezing het hoogtepunt in Parijs; de voorzitter sprak van *le gentleman du zéro absolu*. Leiden was het koudecentrum van de wereld, met als nadeel dat Keesom buitenlanders met hun experimenten tot zijn frustratie steeds vóór moest laten gaan.

Supergeleiding

Onnes onderzocht vervolgens het effect van lage temperaturen op weerstand en soortelijke warmte.

In 1911 vond hij een merkwaardig effect: bij zekere temperatuur daalde de weerstand van een metaal tot nul. Met als gevolg dat een door inductie opgewekte stroom zou *persisteren* zoals hij voorspelde.



Alleen Onnes kon op dat moment het verschijnsel laten zien en hij liet zijn amanuensis Flim met een loden ring in de heliumcryostaat op schoot naar de Royal Institution vliegen om het effect te demonstreren.

Deze tekening toont dat; Onnes is nummer twee. De stroom van 200 A werd met een kompas aangetoond.



In 1913 ontving Onnes de Nobelprijs. Daarna werd helium schaars omdat het gebruikt werd in militaire versperringsballonnen.

Onnes bereikte het 'lambda-punt' van helium bij 2,17 K, zogenoemd omdat de grafiek van de soortelijke warmte tegen de temperatuur de vorm van de letter λ heeft. Hij constateerde een mogelijke discontinuïteit, maar daar bleef het bij, terwijl hij in zijn oratie nog meldde: *juist in de kleine, experimenteel gevonden afwijkingen ...* We weten nu dat een deel van de vloeistof van fase verandert en dat die atomen de nulpunts-energie aannemen. En die is groot want de massa van het heliumatoom is klein.

Zijn zinspreuk: 'Door Meten Tot Weten' wordt door de media steevast verbasterd tot: 'Meten is weten'

Bronnen

H.N. de Lang: *Heike Kamerlingh Onnes*

Dirk van Delft: *Heike Kamerlingh Onnes, een biografie*

Dirk van Delft: *Little cup of helium, big science.*

Physics Today March 2008

Russell J. Donnelly: *The Discovery of Superfluidity*

Physics Today July 1995