

# Kamerlingh Onnes en Einstein

## ‘Uw hulp zal dus veel goeds tot stand kunnen brengen’

DIRK VAN DELFT\* & PETER KES\*\*

### ABSTRACT

#### *Kamerlingh Onnes and Einstein*

In 1901 Albert Einstein unsuccessfully applied for the post of assistant in Heike Kamerlingh Onnes’ cryogenics laboratory. Ten years later the two scientists finally met each other. Einstein was interested in the experimental research taking place in Leiden into critical light scattering, a field to which he had made theoretical contributions himself. Kamerlingh Onnes on his part hoped Einstein might throw light on the unexplained phenomenon of superconductivity and on the influence of quantum effects on Leiden’s key research topic: equation of state.

*Keywords:* Kamerlingh Onnes; Einstein; superconductivity; equation of state

Op 12 april 1901 solliciteerde Albert Einstein, 22 jaar oud, naar een assistentplaats in het Natuurkundig Laboratorium van de Leidse universiteit. De zomer ervoor was hij afgestudeerd aan de Eidgenössische Polytechnische Schule in Zürich.<sup>1</sup> Een studievriend, zo schreef hij aan hoogleraar-directeur Kamerlingh Onnes, had hem op de vacature gewezen. Graag zou hij ervoor in aanmerking komen. Natuurlijk kon hij desgewenst getuigschriften overleggen. Om zijn sollicitatie kracht bij te zetten stuurde Einstein een overdruk mee van zijn eerste artikel, net verschenen in *Annalen der Physik* en handelend over capillaire werking.<sup>2</sup> En om het Kamerlingh Onnes gemakkelijk te maken liet Einstein zijn

\* Museum Boerhaave. E-mail: dirkvandelft@museumboerhaave.nl.

\*\* Leiden Institute of Physics. E-mail: kes@physics.leidenuniv.nl.

1 In 1911, toen het recht werd verkregen doctorstitels te verlenen, werd deze hogeschool omgedoopt tot Eidgenössische Technische Hochschule.

2 Albert Einstein, ‘Folgerungen aus den Capillaritätserscheinungen’, *Annalen der Physik* 4 (1901) 513–523.

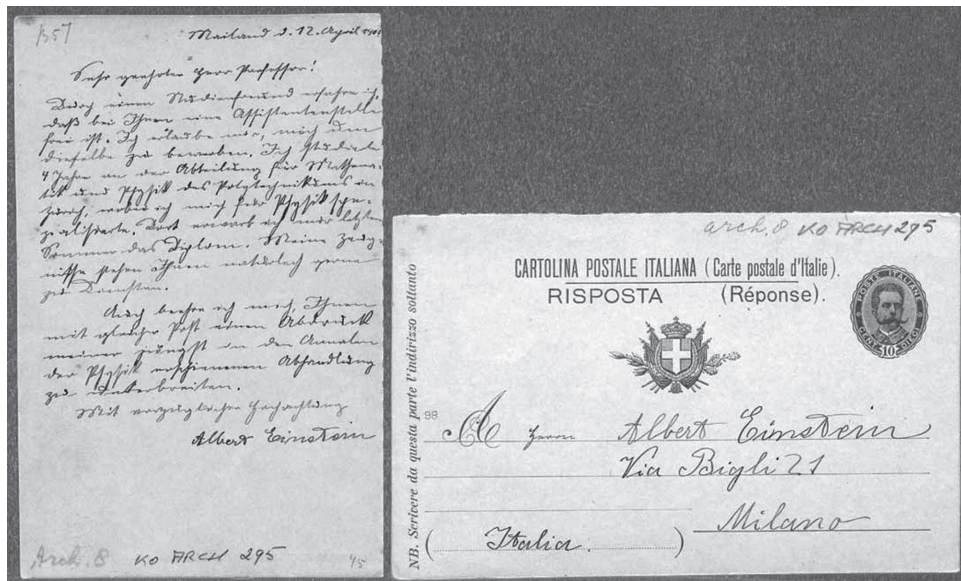


Fig. 1: Sollicitatie brief van Albert Einstein naar een assistentplaats in het Natuurkundig Laboratorium van de Leidse universiteit, 12 april 1901. Met bijgevoegde antwoordkaart. (Museum Boerhaave, Leiden)

brief vergezeld gaan van een gefrankeerde en geadresseerde antwoordbriefkaart: Via Bigli 21 in Milaan (fig. 1).<sup>3</sup>

Waarom deze sollicitatie? Einstein was eind juli 1900 in Zürich afgestudeerd, vastbesloten om na de vakantie op de 'Poly' terug te keren als assistent, ter voorbereiding op een promotie.<sup>4</sup> Dan kon hij aan de slag in de wetenschap en stond niets een huwelijk met zijn studiegenoot Mileva Marić (die voor haar examen was gezakt) in de weg. Maar op de Polytechniek zat men niet op Einstein te wachten. Jean Pernet en Heinrich Friedrich Weber, de hoogleraren natuurkunde, had Einstein tegen zich in het harnas gejaagd door het veelvuldig verzuimen van practica en colleges en het etaleren van minachting voor autoriteit. Toen Einstein in Webers laboratorium de aardbeweging ten opzichte van de ether wilde bepalen, had Weber dat geblokkeerd. Van zijn kant verfoeide Einstein een docent die in zijn colleges de theorie van Maxwell onvermeld liet. Ook bij de wiskunde ving hij bot. De hoogleraar had geen trek in een assistent die hij nooit op college had gezien. Kortom, er diende een alternatief te komen. Einstein solliciteerde bij Otto Wiener en Wilhelm Ostwald – zonder succes; Weber had het gedaan – en schafte zich op 12 april 1901 in wanhoop een stapeltje gefrankeerde antwoordbriefkaarten aan, waarvan er één naar Leiden ging.

Daar werkte Heike Kamerlingh Onnes onvermoeibaar aan de opbouw van een cryogeen laboratorium.<sup>5</sup> Als zoon van een Groningse fabrikant van dakpannen was het ondernemerschap hem met de paplepel ingegoten. Na de hogere burgerschool, een nieuw schooltype met veel aandacht voor exacte vakken en practicum, begon hij in 1870 een studie natuur- en

3 Einstein aan Kamerlingh Onnes, 17 april 1901: Museum Boerhaave, archief Kamerlingh Onnes.

4 Albrecht Fölsing, *Albert Einstein. A biography* (New York 1997).

5 Dirk van Delft, *Heike Kamerlingh Onnes. Een biografie* (Amsterdam 2005).

scheikunde aan de Groningse universiteit. Na zijn propedeutisch examen vertrok hij voor drie semesters naar het internationaal georiënteerde Heidelberg van Robert Bunsen en Gustav Kirchhoff. In 1879 promoveerde Kamerlingh Onnes op een theoretische én experimentele studie naar de slinger van Foucault. Als assistent op de Polytechnische School in Delft (voorloper van de huidige Technische Universiteit) gaf hij het eerste college elektrotechniek. Het beroemde ‘door meten tot weten’ dateert van 11 november 1882, toen hij in Leiden zijn oratie uitsprak als hoogleraar proefondervindelijke natuurkunde.<sup>6</sup>

In die oratie ontvouwde Kamerlingh Onnes zijn onderzoeksprogramma: het experimenteel toetsen van de moleculaire theorieën van zijn vriend en leermeester Johannes Diederik van der Waals.<sup>7</sup> Die had in zijn proefschrift uit 1873 de ‘toestandsvergelijking’ gepubliceerd over het gedrag van gassen en vloeistoffen.<sup>8</sup> Leidse nauwkeurigheidswaarnemingen moesten de universele geldigheid van die wet vaststellen, waarbij de gemeten afwijkingen van de toestandsvergelijking kennis zou opleveren over het wezen van atomen en moleculen. Omdat stoffen met een eenvoudige molecuulstructuur vanuit fysisch oogpunt te prefereren zijn, en edelgassen (helium, neon, argon) of twee-atomige verbindingen (zuurstof, stikstof, waterstof) pas bij extreem lage temperaturen vloeibaar raken, was de consequentie van zijn programma dat Kamerlingh Onnes van de grond af aan een cryogeen laboratorium (*kryos* is Grieks voor koude) moest opbouwen.

Het werd zijn levenswerk. Direct na zijn benoeming startte Kamerlingh Onnes in het Fysisch Kabinet, dat sinds 1859 de rechtervleugel van een universitair verzamelgebouw aan de Leidse Steenschuur bezette, een grootscheepse verbouwing.<sup>9</sup> Het onderwijsinstituut zonder pretenties van zijn voorganger Rijke transformeerde in een bruisend onderzoekslaboratorium van internationale allure. Met visie, flair, lef, leiderschap, doorzettingsvermogen, tact, organisatorisch vernuft en de gave om iedereen die hem vooruit kon helpen voor zijn karretje te spannen, wist Kamerlingh Onnes zijn imperium uit te bouwen. Stap voor stap kreeg zijn koude-laboratorium gestalte, steeds wist hij de curatoren van de Leidse universiteit ervan te overtuigen dat ze hem financiële middelen voor de volgende uitbreiding moesten verschaffen omdat anders al het werk tot dan toe verricht voor niets zou zijn geweest. Het jaarbudget van de Leidse natuurkunde overschreed ruimschoots het bedrag van de opleidingen elders tezamen. Wie aan de Steenschuur poolshoogte ging nemen, en de wirwar van pompen, stoommachines, gasmotoren, leidingen, flessen, gashouders, cryostaten en meetapparatuur in zich opnam, waande zich in een fabriek. Een fabriek met een hoogleraar-directeur die de touwtjes strak in handen had, met een conservator voor de dagelijkse gang van zaken, assistenten die onderzoek verrichtten en een legertje in eigen huis opgeleide technici en leerjongens. Kamerlingh Onnes was een pionier op het gebied van big science.<sup>10</sup>

### Modellaboratorium

Toen Einstein in 1901 bij Kamerlingh Onnes solliciteerde, kon het Leidse cryogeen laboratorium al bogen op brede internationale belangstelling. In 1892 was de installatie voor vloeibare zuurstof gereed gekomen en vier jaar later sprak *Nature* van een ‘cryogeen

6 H. Kamerlingh Onnes, *De beteekenis van het quantitatief onderzoek in de natuurkunde* (Leiden 1882).

7 A.Ya. Kipnis, B.E. Yavelov en J.S. Rowlinson, *Van der Waals and Molecular Science* (Oxford 1996).

8 J.D. van der Waals, *Over de continuïteit van den gas- en vloeistoftoestand* (Leiden 1873).

9 Tegenwoordig locatie van de Leidse Rechtenfaculteit.

10 Dirk van Delft, ‘Een tweesnijdend zwaard. Het Janssenfonds voor vakopleidingbeurzen en het ontstaan van de Leidse Instrumentmakerschool’, *Jaarboek Dirk van Eckstichting* (2011) 167–202.

modellaboratorium',<sup>11</sup> '[O]ne cannot but admire the perseverance and skill which the development of this system reveals'.<sup>12</sup> Vooral de zorg voor veiligheid werd geprezen. 'In short, the place is rich in apparatus of all kinds, and possesses numeral appliances; so much so, that one would rank it amongst the best provided (and, one may add, most productive) research laboratories'.<sup>13</sup> Tot die tijd had Kamerlingh Onnes het onderzoek overgelaten aan zijn assistenten en al zijn energie gestoken in het ontwerpen, bouwen en verbeteren van de cryogene installaties. Kenmerkend is zijn jarenlange inspanning om een in 1884 aangeschafte Cailletet-pomp op inventieve wijze om te bouwen van een industrieel apparaat naar een wetenschappelijk toestel waar je van op aan kon. Acht jaar heeft hij eraan gesleuteld eer de pomp naar tevredenheid functioneerde. Die inspanning betaalde zich dubbel en dwars terug: in 1908 bleek de pomp een essentiële schakel bij het vloeibaar maken van helium.

Het Leidse onderzoek liep langs twee lijnen. Naast experimentele verificatie van de theorieën van Van der Waals (toestandsvergelijking, wet der overeenstemmende toestanden, mengsels), waarbij op de achtergrond het daadwerkelijk bestaan van moleculen speelde, werd ook het theoretisch werk van Lorentz proefondervindelijk getest.<sup>14</sup> Theoretisch fysicus Hendrik Antoon Lorentz en Kamerlingh Onnes waren boezemvrienden en in Leiden naaste collega's. In 1896 bleek Lorentz' elektronentheorie in staat om de splitsing van natriumspectraallijnen in een krachtig magnetisch veld, waargenomen door Kamerlingh Onnes' assistent Pieter Zeeman, te verklaren. In 1902 wonnen Zeeman en Lorentz voor die ontdekking de Nobelprijs voor de Natuurkunde.

Einstein had zijn sollicitatiebrief toen al gestuurd. Wat had theoreticus Einstein bij Kamerlingh Onnes te zoeken? Dreunende pompen, kranenvet en manometers waren niet de wereld die Einstein zich wenste. Kamerlingh Onnes zal verbaasd hebben opgekeken. Wie was in vredesnaam die Einstein? Het meegestuurde artikel over capillaire werking stelde weinig voor, zoals Einstein later zelf erkende. Onduidelijk is of Kamerlingh Onnes bij Weber informatie heeft ingewonnen. Vanwege een chronische bronchitis bracht hij de zomervakantie in Zwitserland door om 'lucht te happen'. Hij was bevriend met Pierre Weiss, aan het Polytechnicum afgestudeerd en na een Frans uitstapje op weg naar een benoeming tot hoogleraar in Zürich in 1902. Mocht Kamerlingh Onnes zich de moeite hebben getroost via dit kanaal naar Einstein te informeren – iets waar de archieven over zwijgen – dan zal hij te horen hebben gekregen dat Einstein een eigenwijs heerschap was, lak had aan autoriteit en zich niets liet gezeggen. Zijn hoogleraar aanspreken met 'Herr Weber', in plaats van 'Herr Professor', zal weinig hebben geholpen. Ook van Pernet was geen aanbeveling te verwachten. Einstein, die het altijd anders wilde aanpakken dan de practicumhandleiding voorschreef, had een explosie veroorzaakt waarbij hij zijn rechterhand ernstig bezeerde.<sup>15</sup> Pernet gaf Einstein het laagst mogelijke cijfer (1) en zorgde dat de directeur van het Polytechnicum zijn ongehoorzame student een reprimande uitdeelde wegens gebrek aan inzet.

Hoe dan ook, Einsteins meegestuurde antwoordbriefkaart verdween bij Kamerlingh Onnes in een map. De vraag dringt zich op of Einstein werkelijk geïnteresseerd was in een assistentschap bij Kamerlingh Onnes. Wilde hij langs die weg in de nabijheid komen

11 'The Physical Laboratory at Leiden (Holland)', *Nature* 54 (13 August 1896) 345–347.

12 Ibidem.

13 Ibidem.

14 J. Levelt Sengers, *How Fluids Unmix. Discoveries by the Schools of Van der Waals and Kamerlingh Onnes* (Amsterdam 2002).

15 Carl Seelig, *Albert Einstein. Eine documentarische Biographie* (Zürich 1954) 34.

van Lorentz, de theoretisch fysicus die hij hoog achtte en bewonderde als ‘schepper en persoonlijkheid’, zoals hij het in een brief ter gelegenheid van Lorentz’ honderdste geboortedag uitdrukte?<sup>16</sup> We weten het niet. Wel weten we dat Einstein in 1901 bij gebrek aan respons op zijn sollicitaties in de academische wereld leraarsbaantjes aannam, bij de universiteit van Zürich een proefschrift inleverde en weer terugtrok, en in juni 1902 in Bern aan de slag ging als expert derde klasse op een octrooibureau. Pas in zijn *annus mirabilis* 1905 zou Einstein alsnog promoveren. Niet op de speciale relativiteitstheorie, de Brownse beweging of de verklaring van het foto-elektrisch effect, maar op een studie naar de afmetingen van moleculen via diffusie in verdunde vloeistoffen. Vier artikelen in nog geen vier maanden die samen de natuurkunde op hun kop zetten.

### *Kritische opalescentie*

In februari 1911, tien jaar na de vergeefse sollicitatie, ontmoetten Einstein en Kamerlingh Onnes elkaar alsnog. Op uitnodiging van studenten was Einstein naar Leiden gereisd om een lezing te geven. Een week lang logeerden Einstein en zijn vrouw Mileva Marić in huize Lorentz aan de Hooigracht. Ook een bezoek aan het cryogeen laboratorium van Kamerlingh Onnes stond op het programma.

In de aanloop naar dat bezoek had Kamerlingh Onnes in december 1910 Einstein twee artikelen toegestuurd die hij samen met zijn assistent (en latere opvolger) Willem Keesom had gepubliceerd.<sup>17</sup> Ze handelden over kritische opalescentie en waren verschenen in de *Communications*, het huistijdschrift van het Leidse Natuurkundig Laboratorium.<sup>18</sup> Opalescentie of lichtverstrooiing aan een gas hangt af van de lichtfrequentie, de temperatuur en de hoek waaronder je kijkt. De blauwe hemel is het gevolg van een sterkere verstrooiing van rood zonlicht dan van blauw. Kamerlingh Onnes en Keesom deden onderzoek aan opalescentie in de buurt van het kritische punt, waar het onderscheid tussen vloeistof en gas wegvalt. Daarbij was het Keesom, conservator van het Leidse laboratorium, die de proeven uitvoerde en ook theoretisch zaken doordacht. Kamerlingh Onnes had het veel te druk met het meten van isothermen van helium in het kader van zijn gevecht met James Dewar om de vloeibaarmaking van het helium.

Einstein was geïnteresseerd in kritische opalescentie: het sloot aan bij zijn werk aan de Brownse beweging. Op 20 december 1910 had hij in *Annalen der Physik* een doorwrocht theoretische artikel over het onderwerp gepubliceerd – volgens biograaf Abraham Pais zijn laatste grote bijdrage op het gebied van de klassieke statistische fysica.<sup>19</sup> In zijn brief van

16 A. Einstein, ‘H.A. Lorentz als Schöpfer und als Persönlichkeit’, *Mededeling van het Rijksmuseum voor de Geschiedenis van de Natuurwetenschappen in Leiden*, nummer 91 (Leiden 1953) 1–8.

17 Dirk van Delft, ‘Een onbekende brief van Einstein’, *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde* 73 (2007) 8–10.

18 H. Kamerlingh Onnes & W.H. Keesom, ‘On the Equation of State of a Substance in the Neighbourhood of the Critical Point Liquid-Gas. I. The Disturbance Function in the Neighbourhood of the Critical State. II. Spectrophotometrical Investigation of the Opalescence of a Substance in the Neighbourhood of the Critical State’, *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen: Proceedings of the section of sciences 10-II* [Communications from the Physical Laboratory at the University of Leiden 104a,b] (februari 1908) 603–610.

19 A. Einstein, ‘Theorie der Opaleszenz von homogenen Flüssigkeiten und Flüssigkeitsgemischen in der Nähe des kritischen Zustandes’, *Annalen der Physik* 33 (1910) 1275–1298. Zie voor een discussie van Einsteins bijdragen op het gebied van kritische opalescentie de editorial note ‘Einstein on critical opalescence’, in: Martin J. Klein, A.J. Kox, Jürgen Renn & Robert Schulmann (eds.), *The Collected Papers of Albert Einstein*, vol. 3 (Boston 1994) 283–285; Abraham Pais, ‘*Subtle is the Lord...*’ (Oxford 1982) 523.

31 december aan Kamerlingh Onnes beloofde Einstein het artikel toe te zenden.<sup>20</sup> Tijdens zijn ontmoeting in het Natuurkundig Laboratorium met Kamerlingh Onnes en Keesom zei Einstein uit te zien naar een experimentele verificatie van de formule die hij in zijn *Annalen*-artikel had afgeleid. Maar Keesom had in 1908 diezelfde formule, op basis van een toen net verschenen artikel over kritische opalescentie van de Poolse theoretisch fysicus Marian von Smoluchowski, in een voetnoot bij *Communication* 104b provisorisch afgeleid.<sup>21</sup> Dus kon Kamerlingh Onnes zijn gast uit Zürich meedelen dat de experimentele test reeds was uitgevoerd. Einstein erkende ruiterlijk de Leidse prioriteit en drong er bij Keesom op aan zijn resultaat in de *Annalen* te publiceren.<sup>22</sup>

Zes weken later kwam Einstein in een brief aan Kamerlingh Onnes op het onderwerp terug.<sup>23</sup> Hij drukte Keesom op het hart zijn stukje met de afleiding van de opalescentieformule snel te schrijven. Op 12 mei 1911 ging het richting *Annalen*.<sup>24</sup> Veel plezier had Keesom er niet van. Einstein had grote bezwaren tegen zijn aanpak en liet dat blijken door zijn positieve opmerking over Keesom ('De opalescentieformule voor homogene stoffen is als eerste door de heer Keesom afgeleid, en wel op zeer elegante wijze') in zijn op schrift gezette bijdragen aan de discussies tijdens de Solvayconferentie van 1911 uit de conceptversie te schrappen.<sup>25</sup> En toen het er eind 1911 om spande wie in Utrecht de jong overleden Cornelis Wind moest opvolgen, en Willem Julius zich tot Einstein wendde met de vraag wie nu de betere fysicus was, Keesom, Debye of Ornstein,<sup>26</sup> antwoordde Einstein vanuit Praag dat Debye hem toch 'de betere theoreticus' leek en dat Keesom in zijn afleiding van zijn opalescentieformule 'een stap had gezet' die door Marian von Smoluchowski 'om goede redenen als ongegrond was bestempeld'.<sup>27</sup> Prompt ging de baan naar Peter Debye – die overigens al na een jaar naar Göttingen vertrok.

### Supergeleiding

Toen Albert Einstein in februari 1911 in Leiden het Natuurkundig Laboratorium bezocht, werd daar volop gebouwd aan een constructie om vloeibaar helium over te hevelen van de liquefactor waarin het was geproduceerd naar een aparte cryostaat: een opvangvat met ruimte voor te onderzoeken preparaten en meetinstrumenten. Een technisch hoogstandje dat Kamerlingh Onnes klaarspeelde met behulp van meester-instrumentmaker Gerrit Jan Flim, tevens chef van het cryogeen laboratorium, en meester-glasblazer Oskar Kesselring. Het waren hun inventiviteit en technisch kunnen die de doorslag gaven bij het realiseren van Kamerlingh Onnes' ontwerpen.

20 Bij die gelegenheid stuurde Einstein ook zijn proefschrift naar Leiden en overdrukken van zijn artikelen, waaronder dat over de speciale relativiteitstheorie uit 1905. Ze bevatten aanpassingen in zwarte inkt, door Einstein zelf aangebracht. Zie: Dirk van Delft, 'Albert Einstein in Leiden', *Physics Today* (April 2006) 57–62.

21 Marian von Smoluchowski, 'Molekular-kinetische Theorie der Opaleszenz von Gasen im kritischen Zustande, sowie einiger verwandter Erscheinungen', *Annalen der Physik* 25 (1908) 205–226.

22 Van Delft, *Kamerlingh Onnes* (n. 5) 406–407.

23 Einstein aan Kamerlingh Onnes, 27 maart 1911: Instituut Lorentz, Leiden, Archief Huygenslaboratorium.

24 W.H. Keesom, 'Spektrophotometrische Untersuchung der Opaleszenz eines einkomponentigen Stoffes in der Nähe des kritische Zustandes', *Annalen der Physik* 35 (1911) 591–598.

25 Klein [e.a.], *Collected Papers Einstein* 3 (n. 17) 509.

26 Julius aan Einstein, 20 november 1911: Utrechts Universiteitsmuseum, Juliusarchief, map 'vacature Wind'. Klein [e.a.], *Collected Papers Einstein* 5 (n. 17) 354–356.

27 Einstein aan Julius, 22 november 1911: Utrechts Universiteitsmuseum, Juliusarchief, map 'vacature Wind'. *Ibidem* 356–358.

Het was James Dewar die in de Londense Royal Institution in 1896 als eerste vloeibaar waterstof wist te produceren. Het jaar ervoor had William Ramsay, ook een Schot, op aarde helium ontdekt, en dus was er nog één gas te gaan. Ook Karol Olszewski uit Krakau was in de race, maar uiteindelijk ging het tussen Londen en Leiden. Daarbij gaf de fabrieksmatige, grootschalige aanpak van Kamerlingh Onnes de doorslag. Terwijl Dewar in de kelder van de Royal Institution ruzie zocht met zijn technicus en de mening was toegedaan dat, als het erop aan komt, assistenten beter kunnen ophoepelen, stond in Leiden Kamerlingh Onnes aan het roer van een omvangrijke, geoliede organisatie. Pas in 1906 had Leiden zijn eigen waterstoffiquefactor, maar die was dan ook ontworpen met het oog op de volgende etappe (vloeibare waterstof als voorcooling van helium) en produceerde vier liter per uur. Dat was voldoende om de aanval op het helium met vertrouwen te kunnen inzetten.

Essentieel was de zuiverheid van het heliumgas. Bevatte dat verontreinigingen, dan vrozen die bij het afkoelen uit, raakten leidingen verstopt en zat er niets anders op dan de installatie te laten opwarmen en overnieuw te beginnen. Kamerlingh Onnes beschikte over een heel legertje chemici dat helium uit monazietzand bevrijdde en grondig reinigde tot het nauwelijks nog verontreinigingen bevatte. En om het helium in zijn kringloop in de liquefactor zuiver te houden, diende zijn met bloed zweet en tranen gemodificeerde Cailletet-pomp. Dewar in Londen ploeterde in zijn eentje met onzuiver heliumgas en kampte voortdurend met vastvriezende kranen en ander onheil. Het was de big science-aanpak welke Kamerlingh Onnes op 10 juli 1908 de overwinning bracht: na een lange dag hard werken had hij 60 milliliter vloeibaar helium geproduceerd (een theekopje) bij een temperatuur van vier graden boven het absolute nulpunt ( $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). ‘Niet alleen de toestellen waren bij deze proef en hare voorbereiding tot het uiterste belast geweest,’ schreef Kamerlingh Onnes in zijn verslag voor de Akademie van Wetenschappen, ‘ook van mijn helpers was het uiterste gevorderd. Zonder hun volharding en bezieldde samenwerking had niet elk deel van het programma zo onberispelijk tot zijn recht kunnen komen als nodig was om deze aanval op het helium te doen slagen.’<sup>28</sup>

Een nieuw temperatuurgebied lag open voor wetenschappelijk onderzoek. En dat alleen in Leiden, dat tot 1923 het monopolie op vloeibaar helium bezat. Toch liet het verkennen van die ‘poolstreken van de fysica’ nog even op zich wachten. Omdat de heliumliquefactor geen ruimte bood aan experimenten, moest er een hevel komen naar een apart opvangvat. Op 12 maart 1910 lukte het om vloeibaar helium over te hevelen naar een lege cryostaat, waarna afpompen van de damp de temperatuur verlaagde tot 1,1 kelvin. Maar vier maanden later, toen in de cryostaat een platina-thermometer was gemonteerd, ging het mis omdat de warmtecapaciteit van het platina het helium wild deed koken zodat het in een mum van tijd verdampte. Het ontwerp van de hevel moest over, wat opnieuw negen maanden in beslag nam. Op 8 april 1911 was de verbeterde hevelconstructie klaar. Hij functioneerde prima en metingen van de elektrische weerstand van de in de cryostaat gemonteerde bevroren kwikdraad (vervat in zeven aaneen geschakelde U-vormige glazen capillairen – een kunststukje van Kesselring) leverden direct een daverende verrassing op: beneden een zekere sprongtemperatuur, bij kwik zo’n 4 kelvin, viel de weerstand plotseling compleet weg. ‘Kwik nagenoeg nul’, noteerde Kamerlingh Onnes: de ontdekking van de supergeleiding was een

<sup>28</sup> H. Kamerlingh Onnes, ‘Het vloeibaarmaken van helium’, *Verslagen der Afdeling Natuurkunde van de Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen* 17 (bijvoegsel juni 1908) 163–179.

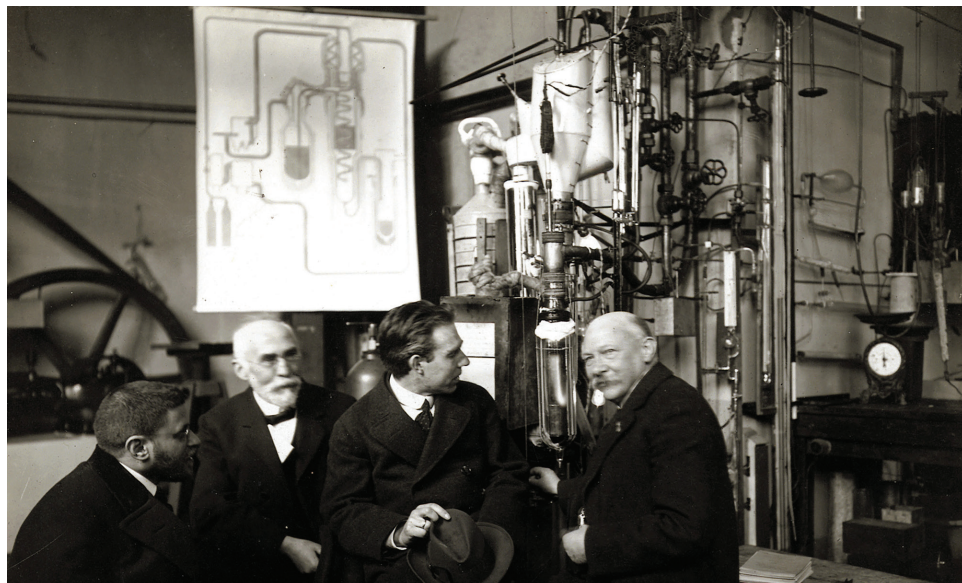


Fig. 2: Paul Ehrenfest, Hendrik Lorentz, Niels Bohr en Heike Kamerlingh Onnes voor de helium-liquefactor in het Natuurkundig Laboratorium te Leiden waarmee supergeleiding tot stand is gebracht. (Museum Boerhaave, Leiden)

feit (fig. 2 en fig. 3).<sup>29</sup> Presentatie van de meetresultaten volgde dat najaar op de eerste Solvay-conferentie in Brussel. De crème de la crème van de internationale natuurkunde brak zich in Hotel Métropole onder voorzitterschap van Lorentz het hoofd over de bizarre quantumwereld en kon met supergeleiding niet uit de voeten. In 1913 kreeg Kamerlingh Onnes voor zijn heliumwerk de Nobelprijs – voor zijn werk aan helium; supergeleiding werd door het Nobelcomité niet vermeld.

### *Gasthoogleraar Einstein*

Weerstandsmetingen aan metalen waren voor Kamerlingh Onnes om twee redenen interessant. Om te beginnen werden platina- en gouddraden vanwege hun temperatuurafhankelijke weerstand ingezet als thermometer. De vraag rees of ze ook in het heliumgebied (beneden 10 kelvin) als zodanig bruikbaar waren. Maar er speelden ook overwegingen van theoretische aard. Wat deed de weerstand van metalen bij nadering van het absolute nulpunt? In 1902 voorspelde Lord Kelvin dat die weerstand aanvankelijk bleef dalen, maar bij het absolute nulpunt tot oneindig zou oplopen omdat de geleidingslektronen in het metaal zouden ‘vastvriezen’. Aan de andere kant hadden soortelijke warmtemetingen in Leiden en Berlijn een daling bij afnemende temperatuur te zien gegeven. Ter verklaring opperde Einstein in 1907 het bestaan van ‘fononen’ of roostertrillingen, aansluitend bij de quantumhypothese van Max Planck. In dat geval zou de weerstand bij dalende temperatuur naar nul gaan. Ook Kamerlingh Onnes speelde met dit ‘vibratoren’-model. De metingen

<sup>29</sup> Rudolf de Bruyn Ouboter, Dirk van Delft en Peter Kes, ‘The Discovery and Early History of Superconductivity’. In Horst Rogalla en Peter H. Kes (eds.) *100 Years of Superconductivity* (London 2012) 1–29.





Fig. 3: Een supergeleidende spoel uit het Natuurkundig Laboratorium te Leiden. (Museum Boerhaave, Leiden)

gaven Kelvin ongelijk, zoveel was zeker. Maar op een daling van de weerstand in één klap naar nul was niemand voorbereid.

Supergeleiding zou nog lang een raadsel blijven – pas in 1957 leverden John Bardeen, Leon Cooper en Robert Schrieffer een theoretische verklaring op microscopisch niveau. Kamerlingh Onnes probeerde van alles maar kwam er niet uit. Zijn laatste troef was Albert Einstein. Als dat genie zich er eens over zou buigen. En dus deed Kamerlingh Onnes in 1919 van harte mee aan pogingen om Einstein als hoogleraar uit Berlijn naar Leiden te halen. Initiatiefnemer was Paul Ehrenfest, in 1912 opvolger van Lorentz (die naar Teylers in Haarlem was vertrokken). Ehrenfest was de hopeloze bureaucratie rond Einsteins toch al spaarzame bezoeken uit Berlijn – resultaat van de Wereldoorlog – beu. Op 2 september 1919 nodigde hij Einstein pontificaal uit zich in Leiden te vestigen. ‘[...] we zijn het er hier *allemaal* over eens dat we in actie moeten komen om je naar Leiden te halen. De zaak is bijzonder simpel: als jij nu gewoon *ja* tegen me zegt is het mogelijk – menselijkerwijs – een en ander zeer snel met inachtneming van je wensen te regelen.’<sup>30</sup> In zijn brief stelde Ehrenfest – die benadrukte dat Kamerlingh Onnes het idee omhelsde – een Leids walhalla in het vooruitzicht: Einstein mocht zelf zijn salaris bepalen (‘Ons *maximum* salaris van 7500 gulden is *jouw minimum*’), onderwijsverplichtingen waren er niet, hij kon vrij reizen naar het buitenland en in Leiden zou hij een stimulerende omgeving treffen van mensen die van hem hielden, onder wie Lorentz, De Sitter, Kamerlingh Onnes, Ehrenfest en Tatiana Afanassjewa, maar ook jonge honden als Gunnar Norström en Niels Bohr. ‘Beste Einstein!’, eindigde Ehrenfest zijn niet-te-missen-uitnodiging. ‘Antwoord me hoe dan ook per omgaande: “Hm, wat je voorstelt is zo gek nog niet”’<sup>31</sup>

Voorwaar een schitterend aanbod, maar had het de steun van de universiteit en de minister? Was er financiële ruimte voor een extra leerstoel theoretische natuurkunde die duur kon uitpakken? Het lijkt hoogst twijfelachtig in een tijd dat bezuinigingen troef waren. In de faculteit is Ehrenfests drieste aanbod niet aan de orde geweest. Dat hoefde ook niet want na vijf weken kwam Einstein met zijn reactie.<sup>32</sup> Die was gericht aan Lorentz. Einstein zei niet op het aanbod van Leids hoogleraarschap te kunnen ingaan. Hij had Max Planck beloofd het berooide Berlijn, dat zich in zware omstandigheden grote offers getrooste hem te behouden, niet de rug te zullen toekeren. Ook de politieke situatie was er niet naar Duitsland te verlaten. Einstein toonde zich loyaal.<sup>33</sup>

30 Ehrenfest aan Einstein, 2 september 1919: Museum Boerhaave, archief Ehrenfest.

31 Ibidem.

32 Einstein aan Lorentz, 5 oktober 1919: Noord-Hollands Archief – hierna NHA, archief Lorentz.

33 Martin J. Klein, *Paul Ehrenfest*, vol. 1: *The making of a physicist* (Amsterdam 1970) 310–323.

In oktober 1919 zocht Einstein zijn Leidse vrienden weer eens op. Net als in 1916 was er veel gedoe rond visa. Om de zaak vlot te trekken zag Kamerlingh Onnes zich genoodzaakt een brandbrief naar het Rijksspaspoortenkantoor te Den Haag te schrijven.<sup>34</sup> Terug in Berlijn toonde Einstein zich geroerd door het welkom dat hem ten deel was gevallen. ‘Van nu af aan blijven we in persoonlijk nauw contact’, liet hij Ehrenfest weten. ‘Dat is voor ons beiden goed. Ieder van ons voelt zich minder ontheemd in deze wereld vanwege de ander.’<sup>35</sup> Het was voor Ehrenfest het sein plan B in werking te zetten: een aanstelling voor Einstein als gasthoogleraar. Zo’n ‘komeetachtig bestaan’, waarbij hij jaarlijks drie à vier weken in Leiden zou verblijven, sprak Einstein aan.

Intussen was Kamerlingh Onnes eveneens met de gedachte van een gasthoogleraarschap aan de gang gegaan. Daarbij maakte hij slim gebruik van de roem die Einstein zojuist ten deel was gevallen. Op 6 november 1919 bracht Arthur Eddington het nieuws naar buiten van de buiging van licht, eerder dat jaar waargenomen tijdens een zonsverduistering. Een triomf voor de algemene relativiteitstheorie; op slag was Einstein wereldberoemd. Kamerlingh Onnes stuurde een telegram naar Berlijn: ‘Hertzliche Glueckwunsch zur glanzenden neuen Bestaetigung Ihrer Theorie’.<sup>36</sup> Maar belangrijker was zijn brief van een dag eerder aan de voorzitter van het Leids Universiteits Fonds. Daarin stelde hij voor ‘de grote Zwitser Einstein’ – kort na de Wereldoorlog geen loze toevoeging – ‘een ster van de eerste grootte’ en ‘iemand van de betekenis van Newton’ aan te stellen als bijzonder hoogleraar. De timing was perfect en Kamerlingh Onnes was zo slim ook de Leidse connectie onder de aandacht te brengen: ‘Zulk een licht aan onze Leidse Alma Mater te verbinden zou haar luister zeer vergroten en dit zou te mooier zijn omdat Einstein tot zijne ontdekkingen geleid werd door op het Leids werk van Lorentz voort te bouwen’.<sup>37</sup>

Het staaltje lobbykunst miste zijn uitwerking niet. In december kon Lorentz namens het Leids Universiteits Fonds Einstein een officieel voorstel doen voor het invullen van de bijzondere leerstoel: naar keuze één à twee keer per jaar in Leiden verblijven; haast geen verplichtingen; een traktement van f 2000,- per jaar.<sup>38</sup> In januari telegrafeerde Einstein naar Lorentz dat hij ‘ganz hertzlich’ akkoord ging.<sup>39</sup> Kamerlingh Onnes toonde zich zeer content met Einsteins aantreden. In december had hij het Leids Universiteits Fonds zijn belang bij Einsteins komst nog eens uiteengezet. Einstein was vooral interessant vanwege zijn relativiteitstheorie, erkende Kamerlingh Onnes, maar ook op ander terrein had hij ‘werk van hoge betekenis’ geleverd. Daarbij doelde hij op de ‘nog immer uiterst geheimzinnige quanten, welke Planck op het spoor is gekomen’.<sup>40</sup> Precies daar lagen kansen voor Leiden. ‘Over vele van de verschijnselen op welke deze leer betrekking heeft is eerst door onderzoekingen bij lage temperatuur licht geworpen en het verder ontraadselen er van blijft werk bij zeer lage temperaturen in ruime mate vorderen. Prof. Einstein stelt dan ook groot belang in het werk van het cryogeen laboratorium en vooral wanneer dit laboratorium als een internationale

34 Ehrenfest aan Lorentz, 5 oktober 1919: NHA, archief Lorentz.

35 Einstein aan Ehrenfest, 9 november 1919: Museum Boerhaave, archief Ehrenfest.

36 Kamerlingh Onnes aan Einstein, 10 november 1919: Museum Boerhaave, archief Kamerlingh Onnes, inv.nr. 71.

37 Kamerlingh Onnes aan Vissering, 9 november 1919: Erfgoed Leiden, archief Leidsch Universiteits Fonds (hierna LUF), inv.nr. 63.

38 Lorentz aan Einstein, 21 december 1919 (Museum Boerhaave, archief 55).

39 Einstein aan Lorentz, 19 januari 1920 (Erfgoed Leiden, archief LUF, inv.nr. 72).

40 Kamerlingh Onnes aan Vissering, 9 november 1919: Erfgoed Leiden, archief LUF, inv.nr. 72.



Fig. 4: Albert Einstein in gesprek met Heike Kamerlingh Onnes. Schets van Harm Kamerlingh Onnes uit 1920. (Museum Boerhaave, Leiden)

instelling voor soortgelijk werk optreedt zal de voorlichting van prof. Einstein daarbij van groot belang zijn'.<sup>41</sup>

Zodra Einstein met zijn kometenbestaan akkoord was, gaf Kamerlingh Onnes aan hoge verwachtingen te koesteren. Omdat Einsteins werk aan quantumtheorie aansloot bij het Leidse lage temperaturen-onderzoek, zo schreef hij naar Berlijn, zou het gasthoogleraarschap de bloei van het cryogeen laboratorium zeer ten goede komen. 'Uw hulp zal dus veel goeds tot stand kunnen brengen', aldus Kamerlingh Onnes. Einsteins komst was voor het cryogeen laboratorium 'net zo'n groot geluk als voor de theoretische fysica' en hij zag ernaar uit samen met zijn nieuwe collega 'plannen uit te werken en problemen te verhelderen' (fig. 4).<sup>42</sup>

Op 27 oktober 1920 hield Einstein zijn inaugurele rede. Eigenlijk had hij dat op 5 mei zullen doen, maar de autoriteiten in Den Haag verwarden Albert Einstein met de revolutionair Carl Einstein.<sup>43</sup> Die leefde in Brussel in zonde met Olga von Hagen, bijgenaamd de 'rode gravin' en al even revolutionair. Het misverstand leidde tot grote consternatie en Einstein kreeg pas een visum toen de voorzitter van het Leids Universiteits Fonds, de jurist Van Vollenhoven, een brief naar Den Haag stuurde: 'Prof. Einstein doet niet aan gravinnen'.<sup>44</sup> In de aanloop naar zijn oratie viel Einstein in Berlijn ten prooi aan antisemitisme en werd hij uitgemaakt voor 'publiciteitsgeile hond', 'plagiator', 'bedrieger' en 'wetenschappelijke dadaïst'. In Leiden, 'dat verrukkelijke plekje grond op deze dorre aarde', kon hij, weg uit het roerige en vijandige Berlijn, tot rust komen – en wachtte hem het debat met intellectuele vrienden die hem scherp hielden en vooruit hielpen.

41 Kamerlingh Onnes aan Vissering, 1 december 1919: Erfgoed Leiden, archief LUF, inv.nr. 204.

42 Kamerlingh Onnes aan Einstein, 8 februari 1920: Museum Boerhaave, archief Kamerlingh Onnes.

43 Jeroen van Dongen, 'Mistaken Identity and Mirror Image: Albert and Carl Einstein, Leiden and Berlin, Relativity and Revolution', *Physics in Perspective* 14 (2012) 126–177.

44 Van Vollenhoven aan De Visser, 27 maart 1920: Nationaal Archief, Den Haag. Geciteerd in: Van Dongen, 'Mistaken Identity and Mirror Image' (n. 43) 139.

Als voorzitter van de wetenschappelijke commissie van het Institut International du Froid greep Kamerlingh Onnes Einsteins oratie van 1920 aan voor het organiseren van een driedaags symposium over magnetisme. Deelnemers waren naast Einstein, Ehrenfest, Keesom en hijzelf, de magnetisme-experts Pierre Weiss en Paul Langevin. Als Einstein in Leiden was, zocht hij altijd Kamerlingh Onnes op, in het laboratorium of in Huize ter Wetering even buiten de stad. Kamerlingh Onnes organiseerde bij hem thuis etentjes ter ere van buitenlandse gasten waarop Einstein onbekommerd hypothesen opwierp, om een half uur later het tegenovergestelde te beweren. Ook supergeleiding had Einsteins aandacht. November 1921 gaf hij er in Leiden college over. In 1922 opperde hij in zijn bijdrage aan het jubileumboek ter ere van Kamerlingh Onnes' veertigjarige professoraat een model van 'ketens met quasi in ganzenpas lopende atoom-elektronen'. Zelfs deed hij drie voorstellen voor experimenten, waarvan er een door Kamerlingh Onnes daadwerkelijk is uitgevoerd. Met negatief resultaat, wat Einstein tot een naschrift bij zijn artikel noopte.<sup>45</sup>

Behalve supergeleiding was ook de toestandsvergelijking in het Natuurkundig Laboratorium altijd dichtbij. Kamerlingh Onnes en Keesom hadden het onderwerp in de *Encyclopädie der mathematische Wissenschaften* uitvoerig behandeld.<sup>46</sup> Hun empirische toestandsvergelijking met 24 constanten vergde massa's meet- en rekentijd. Wat voor invloed had de quantumtheorie op dit alles? Einstein wist zich weinig raad met dit soort vragen. Quantumcorrecties op de toestandsvergelijking en de wet der overeenstemmende toestanden, wat moest je ermee? Kamerlingh Onnes bleef optimistisch. De zomer van 1921 meldde hij vanuit hotel Tibilis Engelberg uit te zien naar Einsteins tweede verblijf als gasthoogleraar: samen de quantuminvloed bespreken. In 1924 kwam Einstein nog met wat quantumspeculaties aanzetten – vage noties op basis van speculatieve redeneringen.<sup>47</sup> Kamerlingh Onnes zag bezwaren. Niettemin hadden ze hem 'kolossale Freude' gebracht en was Einsteins idee een 'Lichtblitz' geweest.<sup>48</sup> Maar hij was toen al voorbij de zeventig en te oud er nog iets mee te doen.

In 1953 vroeg Maria Roosenboom, toen directrice van Museum Boerhaave, Einstein om een karakterschets van Kamerlingh Onnes, ter gelegenheid van zijn honderdste geboortedag. Einstein antwoordde met de opdracht niet goed raad te weten – van Lorentz, ook van 1853, maakte hij een prachtig portret – en herinnerde zich dat wetenschappelijke discussies met Kamerlingh Onnes nogal stroef verliepen. Met zijn intuïtie was helemaal niets mis, aldus Einstein, maar zich trefzeker uitdrukken kon Kamerlingh Onnes niet en ook stond hij weinig open voor de gedachtegang van anderen.<sup>49</sup> Een eigenwijs heerschap, die Kamerlingh Onnes – net als Einstein.

45 A. Einstein, 'Theoretische Bemerkungen zur Supraleitung der Metalle', *Het Natuurkundig Laboratorium der Rijksuniversiteit te Leiden in de jaren 1904–1922* (Leiden 1922) 429–435.

46 H. Kamerlingh Onnes en W.H. Keesom, 'Die Zustandsgleichung', *Encyclopädie der mathematische Wissenschaften* 5 (Leipzig 1903–1921) 615–945.

47 Einstein aan Kamerlingh Onnes, 4 november 1924: Museum Boerhaave, archief Kamerlingh Onnes.

48 Kamerlingh Onnes aan Einstein, 13 november 1924: ibidem.

49 Einstein aan Maria Roosenboom, 27 februari 1953, aangehaald in: *Albert Einstein & Museum Boerhaave* (Leiden 1993) 40–41.