

Citation:

E.J.W. Verwey, Levensbericht P.J.W. Debye, in:
Jaarboek, 1966-1967, Amsterdam, pp. 341-348

Herdenking van

P. J. W. DEBYE

(24 maart 1884—2 november 1966)

DOOR

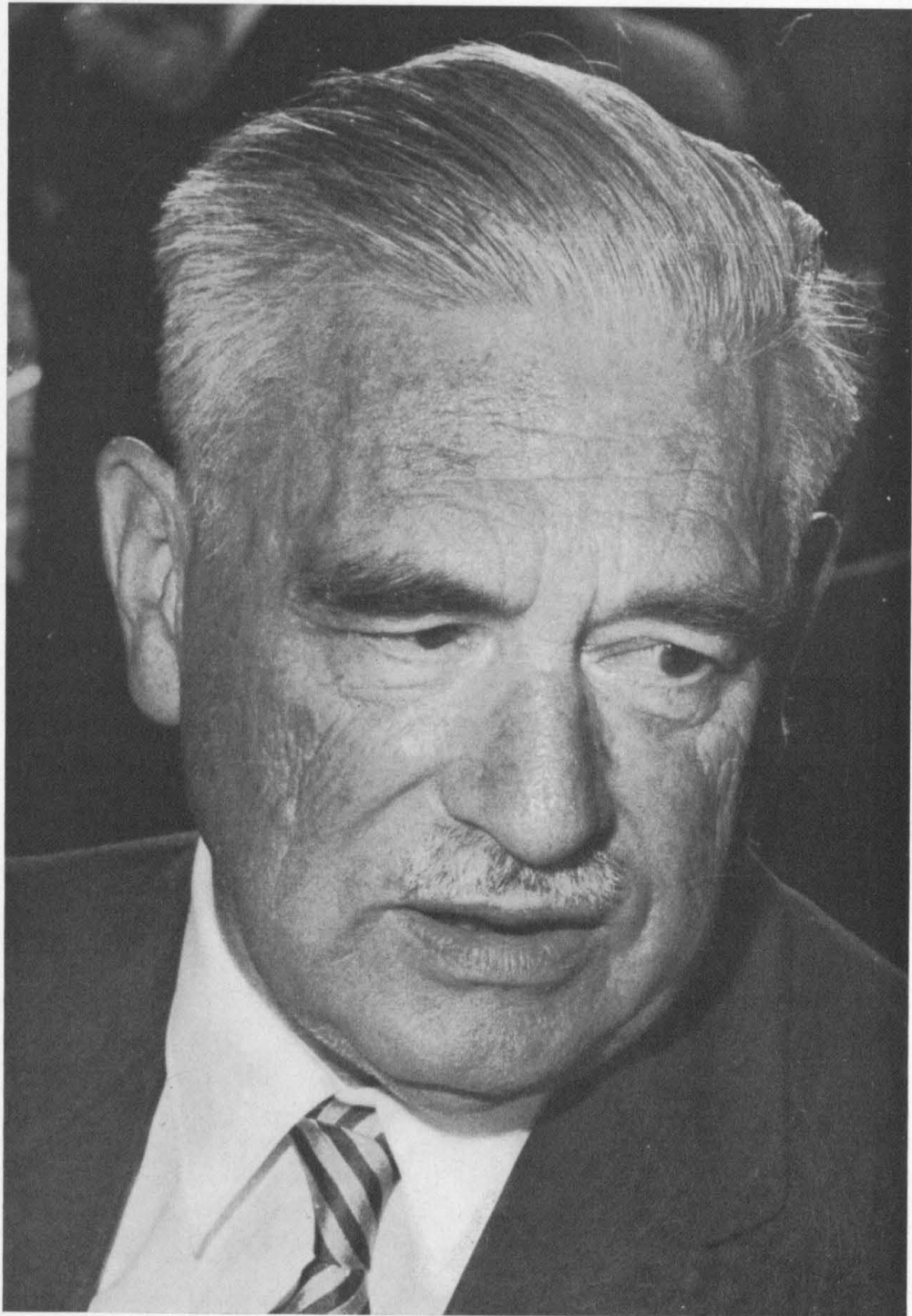
E. J. W. VERWEY

Op 2 nov. 1966 overleed, op een leeftijd van bijna 83 jaar, ons corresponderend lid Peter Debye.

Daarmee kwam een einde aan een lang leven van grote wetenschappelijke vruchtbaarheid. Debye's naam zal verbonden blijven aan vele belangrijke ontwikkelingen op het gebied van de wiskunde, de natuurkunde en de scheikunde. Op het brede terrein van de klassieke fysika en de fysische chemie (anders gezegd, dat van de molekuulwetenschappen, inclusief de vaste stof) is er, geloof ik, niemand te noemen, die zo sterk zijn stempel op de wetenschappelijke ontwikkeling van de laatste zestig jaar heeft gezet als Debye.

Het beeld, dat ik mij gevormd heb over de mens Debye berust hoofdzakelijk op enkele persoonlijke kontakten na de tweede wereldoorlog. Het is dus onvolledig. Maar overheersend was toch wel de indruk, dat Debye een begenadigd mens was, niet alleen door zijn snelle intelligentie en zijn bijzonder grote vitaliteit, maar ook door een oer-sterk gestel, dat hem in staat stelde tot op hoge leeftijd zijn intensieve wetenschappelijke activiteit vol te houden. Hij is, kan men zeggen, in het harnas gestorven. De eerste waarschuwing, dat ook de zeer sterke eens de grenzen van het leven nadert, kreeg hij in april 1966, toen hij onderweg was naar Rome, waar hij de leiding zou nemen van een studieweek (symposium met een beperkt aantal deelnemers) over intermoleculaire krachten, door hemzelf in het kader van de activiteiten van de Pontifikale Akademie georganiseerd. Daarna zou hij nog naar Praag gaan om een ere-doctoraat aan zijn lange lijst toe te voegen, naar München en natuurlijk naar Maastricht, zijn geboorteplaats, waar zijn hart en oude familiebanden hem telkens weer naar toe dreven.

Maar, ongeduldig geworden over de trage gang van zaken bij het transport van de bagage op een uit dien hoofde beruchte Amerikaanse vlieghaven, ging hij ertoe over zelf zijn koffers te dragen en werd hij onwel. Het verder reizen werd hem medisch verboden. Een half jaar later, juist toen hij klaar stond om weer full speed te beginnen en nadat hij genoemd ere-doctoraat in Washington in ontvangst had genomen, trof hem een tweede hartaanval, die een einde aan zijn leven maakte. Ook dat: te denken, dat je op je twee-en-tachtigste jaar nog de grootste vermoeienissen aankunt, was karakteristiek voor de Debye, die tot op



Copyright Foto F. LAHAYE, Maastricht

P. J. W. DEBYE
(24 maart 1884—2 november 1966)

het laatst nog zeer veel reisde, consultant was van verscheidene ondernemingen en industrie-laboratoria, moeilijk uitnodigingen voor congressen en voordrachten kon afslaan en ondanks zijn emeritaat (in 1952) wetenschappelijk actief bleef en leiding bleef geven aan een aantal jonge medewerkers.

Petrus Josephus Wilhelmus Debye werd op 24 maart 1884 in Maastricht geboren, als zoon van ouders uit een eenvoudig ambachtelijk milieu. Zijn vader was smid, zijn moeder was cassière van de Stadschouwburg. Dat deze ouders besloten hun zoon te laten „leren”, is een opmerkelijk feit, en voor die tijd een zeldzaamheid. Na het doorlopen van de H.B.S. (1901) volgde hij de electrotechnische opleiding aan de nabijgelegen Technische Hochschule te Aken, waar hij in 1904 assistent werd en in 1905 de graad van Diplomingenieur verwierf. Het was Sommerfeld, die hem daar „ontdekte” en hem ertoe bracht zijn studie in de fysica voort te zetten. In 1906 volgde hij Sommerfeld naar München („Debye, wir haben einen Ruf nach München”, moet Sommerfeld gezegd hebben, toen hij het Berufungsschreiben ontving), waar hij in 1908 promoveerde.

In 1910 volgde zijn benoeming tot Privatdozent aldaar. In 1911 werd hij buitenbewoon hoogleraar in de theoretische fysica aan de Zürichse universiteit, in 1912 gewoon hoogleraar in de mathematische fysica en theoretische mechanica aan de Rijksuniversiteit te Utrecht, maar reeds in 1913 nam hij de benoeming aan tot hoogleraar in de theoretische en experimentele fysica te Göttingen.

Zeven jaar later (1920) werd hij hoogleraar in de experimentele fysica aan de Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich. Opnieuw zeven jaar later (1927) trok hij in dezelfde functie naar Leipzig om tenslotte in 1934 over te gaan naar het Kaiser Wilhelm Institut (thans Max Planck Institut) te Berlin-Dahlem, waar hij directeur werd. In 1939 emigreerde hij naar de Verenigde Staten, waar hij in 1940 professor of chemistry en head of department werd aan Cornell University, Ithaca (NY.). In 1950 trok hij zich uit de laatste functie terug, in 1952 volgde zijn emeritaat.

Deze opsomming van functies reflecteert in de eerste plaats, hoe Debye drie gebieden van wetenschap heeft doorlopen. Daarnaast valt het op, hoe hij, na een typisch Duitse carrière in de hoogtijdagen van de Duitse wetenschap, nog een tweede leven begon in de Verenigde Staten.

Over zijn Utrechtse periode enkele historische gegevens. In zijn oratie (30 sept. 1912) behandelt hij „de kinetische theorie der materie en haar moderne ontwikkeling”. Hij spreekt als zijn overtuiging uit, dat „wetenschappelijke natuurkunde in de eerste plaats natuurkunde is en onmogelijk zonder proefondervindelijk onderzoek kan bestaan” en verheugt zich erover, dat hij met zijn collega W. H. Julius „in deze opvatting samengaat”.

„Met de komst van Debye deed de moderne physica haar intrede te Utrecht. Van de levendige voordracht van den jongen docent ging een groote roep uit; ook verscheidene niet-Utrechtsche studenten kwamen onder zijn gehoor. Zijn veel oudere collega Julius, die een zoo mogelijk dagelijksch contact zocht met den drager van nieuwe ideeën, richtte een kamer in zijn laboratorium voor den theoreticus in. Tezamen stelden zij een colloquium in, waar afwisselend experimentele en theoretische onderwerpen aan de orde kwamen.” (W. J. H. Moll in „De Utrechtsche Universiteit 1636—1936” Deel II).

De Utrechtsche periode heeft maar kort geduurd. Reeds in 1913 kreeg hij een aanbieding uit Göttingen, dat wat wetenschappelijke omgeving betreft (daar werkten toen o.a. Max Born, E. Madelung, Th. von Kármán, R. Zsigmondy, E. Runge, F. Klein, D. Hilbert en R. Courant) heel wat meer te bieden had dan Utrecht, en hem ook meteen de zo gewenste uitbreiding naar de experimentele fysica bood. Uit de overdrachtsrede van 20 september 1941 van de rectormagnificus Prof. Snellen citeer ik:

„Reeds aan het begin van den cursus waren wij in het onzekere of wij collega Debye nog tot onzen Senaat konden rekenen dan wel of hij voorgoed naar Göttingen was vertrokken. De pogingen, in het werk gesteld om hem voor onze Universiteit te behouden, hebben helaas gefaald. Göttingen schijnt nu eenmaal voor de mathematische natuurkunde het land van belofte te zijn, terwijl Utrecht hoogstens een dorre collegekamer, maar verder, voorloopig althans, geen hulpmiddelen of laboratorium kan bieden.”

Het heeft weinig zin ons nu nog af te vragen, of een aktiever beleid van de universiteit de voortvarende Debye van zijn vertrek naar het Göttinger Mekka had kunnen weerhouden. In ieder geval waren zijn banden met Duitsland zeer sterk: de Duitse opleiding, de jaren bij Sommerfeld, en tenslotte ook het feit, dat hij op 4 oktober 1913 in het huwelijk trad met Matilde Alberer, geboren te Flacholanden, Duitsland, in 1887.

Uit deze Utrechtsche periode valt tenslotte nog te melden, dat hij bij Koninklijke bekrachtiging van 11 mei 1914 benoemd werd tot lid van onze Akademie. Deze benoeming, op 30-jarige leeftijd, viel waarschijnlijk juist in de tijd van zijn definitieve vertrek uit Utrecht. Hij is dus praktisch meteen corresponderend lid geworden, en is dat gedurende meer dan 52 jaren geweest.

Debye's sterke binding aan Duitsland, en misschien nog meer een merkwaardig gebrek aan politieke interesse, zijn hem bijna noodlottig geworden. Na 1933, het jaar waarin Niels Bohr de Duitse Universiteiten afreisde om te zien, wat hij voor de bedreigde (Joodse) physici kon doen, heeft Debye, die als gelovig Rooms-Katholiek en als rondborstig Limburger niets van het nationaal-socialisme moest hebben, niet dadelijk begrepen, dat er voor hem geen plaats meer was in de Duitse physica.

Na het uitbreken van de oorlog heeft hij nog aan een anders onhoudbaar geworden situatie kunnen ontkomen.

Zijn eerste grote bijdragen liggen op het terrein van de mathematische fysica. Zijn roem in de toegepaste wiskunde heeft Debye daarbij verworven door twee dingen:

asymptotische ontwikkelingen van Besselfuncties voor grote waarden van het argument en uniform in de orde, en hulppotentialen voor de berekening van electromagnetische golven rond een bol.

Een en ander kwam voort uit zijn werk bij Sommerfeld — eerst in Aken en later in München — bij wie hij ook is gepromoveerd. Een uittreksel uit zijn dissertatie vindt men in *Ann. Physik* 30 (1909): *Der Lichtdruck auf Kugeln von beliebigem Material*. Hij interesseerde zich toen voor de theorie van de regenboog en van de buigingsverschijnselen rond bolvormige deeltjes. Het buigingsveld wordt beschreven met behulp van twee scalaire golffuncties, die sindsdien de naam van Debye-potentialen dragen. Voor numerieke berekeningen was het nodig geheel nieuwe benaderingsformules af te leiden voor Besselfuncties. Deze bijdrage tot de wiskunde staat bekend als de methode van de zadelpunten en van de „steepest descent”.

Hoewel Debye zich in deze periode een grootmeester in de wiskunde betoond heeft en het mathematisch handwerk voortreffelijk beheerste, is de wiskunde in zijn latere ontwikkeling nooit meer dan een nuttig gereedschap geweest. Toen was het volledig begrijpen van de fysische (en chemische) feiten bij hem primair, het vinden van een eenvoudig model was daarbij zijn kracht. Het mathematisch formuleren was dan kinderspel.

Reeds in de Münchener periode, maar ook in Göttingen, neemt Debye een actief aandeel in de ontwikkeling van de fysica, waar toen de quantentheorie en de roostertheorie der kristallen in het middelpunt van de belangstelling stonden. Om slechts enige punten te noemen: Debye gaf als eerste de verklaring van de thermische uitzetting op grond van de asymmetrische vorm van de potentiaalkromme van een atoom in het veld van een ander. Een bekende afleiding van de stralingsformule van Planck is van hem afkomstig. Grote bekendheid heeft hij verworven door zijn theorie van de soortelijke warmte van de vaste stof (1912), waarin hij de problematiek, gesteld door de quantentheorie van Planck door de keuze van een eenvoudig model ondervangt. Hij vat de vaste stof niet op als een verzameling oscillatoren, maar als een continuum, waardoor elastische golven lopen en beperkt deze door af te snijden bij een grensfrequentie, zodat het totaal aantal mogelijke trillingen gelijk is aan $3N$, waar N het aantal atomen is. Uit de theorie volgt in de eerste plaats de T^3 wet van Debye voor zeer lage temperaturen, in de tweede plaats een voor elke stof karakteristieke Debye temperatuur θ , die de vorm van de kromme als $f(T)$ bepaalt, en samenhangt met de elastische eigenschappen. Deze laatste grootheid heeft ook

later een belangrijke rol gespeeld in de theorie van de vaste stof in het bijzonder bij lage temperaturen (o.a. supergeleiding).

Bekende bijdragen tot de fysica, waaraan zijn naam verbonden zal blijven, zijn voorts de door hem (tegelijk met Giaouque) gesuggereerde methode van de adiabatiscbe demagnetisatie voor het bereiken van lage temperaturen, met succes toegepast door de Haas en Wiersma, en door Giaouque zelf, en de eveneens naar hem genoemde term van de Van der Waals attractiekrachten, berustend op de polarisatie door een dipool-molekuul van een tweede molekuul, als aanvulling op de eerder door Keesom beschouwde dipool-dipool interactie.

Dit laatste punt is slechts een klein onderdeel van zijn reeds vroeg geboren belangstelling voor het gebied van de molekuulwetenschappen in engere zin, waarbij wij in het bijzonder denken aan het verband, dat Debye gelegd heeft tussen dielectrische eigenschappen en molekuul-structuur. Dit werk begon in 1912 met een pionierende verhandeling over de temperatuurafhankelijkheid van de dielectrische polarisatie, waarin voor het eerst de permanente elektrische momenten van molekulen werden ingevoerd. Een prachtige samenvatting vindt men in zijn boek „Polare Molekeln” (1929), eerder in kortere vorm in het Engels verschenen, dat een enorme invloed gehad heeft op het denken van fysici en chemici, die zich op enigerlei wijze met de molekuulwetenschap bezig hielden. Ook hier is zijn naam vastgelegd door het algemene gebruik de eenheid van dipoolmoment de debye te noemen.

In de Züricher tijd valt ook een ander symptoom van zijn toenemende interesse in problemen op het grensgebied van fysica en chemie, nl. zijn voor de ontwikkeling van de elektrochemie zo uiterst belangrijke theorie der sterke elektrolyten (1923). Ik herinner me zeer goed, dat Debye over dit onderwerp sprak in een avondvoordracht voor de Studentenvereniging Natuurfilosofische Fakulteit te Amsterdam.

Wat mij daarvan vooral is bijgebleven, is hoe zijn hele betoog een demonstratie was van de intuïtieve manier, waarop hij het fysische probleem van de elektrostatische wisselwerking tussen de ionen van een volledig gedissocieerd electrolyt tot een oplossing had gebracht. Geconfronteerd met de theorie van Ghosh, die een zekere structuur in de oplossing aannam als in een kristalrooster, maar die tot een verkeerde concentratie-afhankelijkheid van de aktiviteitscoëfficiënt leidde, ging Debye „een beetje met zijn gevoel werken”. Zo was hij gekomen (in zijn bekende publikaties met E. Hückel) tot het even simpele als geniale model van de ionenatmosfeer, waarin hij de overmaat van één tegengesteld geladen ion in de omgeving van ieder beschouwd ion, als gevolg van de temperatuurbeweging, zag „uitgesmeerd”. Met een zeker plezier vertelde hij ook, dat zij bij de uitwerking van de geleidingstheorie er niet aan gedacht hadden, dat een beschouwd ion niet als een „dikke man” door de menigte dringt, maar zelf ook aan temperatuur-beweging onderhevig is. Pas veel later hoorde ik het verhaal, dat Debye graag

vertelde, hoe dat precies gegaan was. Op een dag drong er in Debye's hoogleraarskamer in Zürich onaangediend een verlegen grijnzende jongeman binnen, die zich over zijn bureau boog en tenslotte eruit stootte: „Wissen Sie, dass Ihre Elektrolyttheorie falsch ist?" Dat was Onsager.

Volgens de overlevering moet Debye geantwoord hebben met het voorstel allebei een goede sigaar op te steken. In ieder geval was dit gesprek het begin van een goede samenwerking, die niet alleen leidde tot de „korrektie van Onsager" op de elektrolyttheorie van Debye en Hückel, maar ook, vele jaren later, tot Onsager's verfijning van de theorie van het inwendige veld in een medium, dat polaire molekulen bevat.

De theorie der diëlectriciteit in polaire media en de daarmee samenhangende bepaling van de dipoolmomenten is uiteraard een machtig hulpmiddel geworden in de studie van de configuratie en de ladingsverdeling in molekulen, vooral in de organische chemie, en daarmee ook van de intermoleculaire krachten. Van grote fysische interesse is ook de daarop aansluitende theorie van de relaxatiespectra en het gedrag van diëlectrica bij hogere frequentie, ook voor de electrotechniek. Anderzijds hebben ook de methoden van Debye en Hückel voor de berekening van thermodynamische eigenschappen van ionen in electrolytische systemen elders belangrijke toepassing gevonden, b.v. in de theorie van de polyelectrolyten en in de theoretische kolloïdchemie, alsmede in de theorie voor het plasma. Ook hier is de naam van Debye gefixeerd in de naar hem genoemde karakteristieke lengte $1/\kappa$, die een maat is voor de uitgebreidheid van de dubbellaag in electrolytische systemen of aan grensvlakken van halfgeleiders.

Grote bekendheid heeft Debye verkregen door zijn werk over de diffractie van Röntgen- en elektronenstralen. Na von Laue's ontdekking van de Röntgenbuiging aan kristallen gaf Debye (1913) de theorie voor dit verschijnsel met inachtneming van de temperatuurbeweging van de atomen, en berekende o.a. hoe de intensiteiten van de interferentiemaxima van de temperatuur en van de afbuigingshoek afhangen. Zeer bekend is de door Debye en Scherrer in 1916 (ongeveer tegelijk met de Amerikaan A. W. Hull) aangegeven methode voor het Röntgenonderzoek van mikrokristallijne en poedervormige stoffen. Deze techniek heeft de Röntgendiffractie als hulpmiddel voor routine-onderzoek op grote schaal (voor analytische doeleinden, identifikatie, fasenonderzoek, enz.) mogelijk gemaakt.

Rondom 1930 heeft Debye zich uitvoerig bezig gehouden met de diffractie van Röntgen- en elektronenstralen in vloeistoffen en gassen. Voortbouwend op werk van Zernike en Prins heeft hij daarbij in eerste instantie bijgedragen tot de studie van de interferentie-verschijnselen tussen de atomen of molekulen onderling, wat dus informatie levert over de radiale dichtheidsfunctie resp. over de „structuur" van vloeistoffen. Daarnaast heeft Debye (evenals Ehrenfest) laten zien, hoe men

uit de diffractie aan afzonderlijke molekulen interatomaire afstanden kan afleiden, en in een reeks onderzoeken over Röntgen- en elektronendiffractie van gassen (waar de intermoleculaire interferenties wegvallen) interatomaire afstanden en molekuulstructuur van allerlei molekulen bepaald.

Geheel passend in het vlak van zijn belangstelling was ook het onderzoek van de optische buiging aan ultra-sonore golven in vloeistoffen (Debye-Searseffect).

In 1936 werd hem de Nobelprijs voor chemie verleend „voor zijn bijdragen tot onze kennis van de molekuulstructuur door zijn onderzoeken over dipoolmomenten en over de diffractie van röntgenstralen en elektronen in gassen”. In zijn geboorte-provincie maakte dit zo'n indruk, dat men de grote Limburger op velerlei wijzen eerde. De Société Céramique gaf zelfs een groot aardewerk bord uit met zijn portret. Een exemplaar daarvan siert mijn werkkamer.

Volledige vermelding van hem in de loop van zijn leven te beurt gevallen eerbewijzen (lidmaatschappen van akademies, medailles, eredoctoraten, enz.) moet achterwege blijven; dit zou enige bladzijden in beslag nemen. Een uitzondering mag gemaakt worden voor de Lorentz-medaille, die onze Akademie hem in 1935 uitreikte.

Na zijn vestiging in de Verenigde Staten werd Debye spoedig betrokken in het aldaar, met het oog op de dreigende oorlogssituatie, van overheidswege krachtig gestimuleerde onderzoek naar synthetische rubber. De daarbij gebruikte emulsie-polymerisatie was een ideaal objekt voor de studie met behulp van lichtverstrooiing, en zijn oude ervaring op dit gebied is van grote waarde geweest voor dit onderzoek. Daarmee kwam Debye in aanraking met de problematiek van de oplossingen van hoogpolymere molekulen, en van de kritische micelvormingsconcentratie en micelgrootte in zeepoplossingen. Zowel theoretisch als experimenteel toonde hij aan, dat lichtverstrooiingsmetingen aan polymeeroplossingen het gewichtsgemiddeld molekuulgewicht opleveren (1943). Ook leerde hij, hoe men langs deze weg informatie krijgt over de vorm van gedispergeerde deeltjes of molekulen. Bekend is ook zijn theorie voor zeepmicellen, gebaseerd op het sandwich-model, waarbij hij het evenwicht tussen van der Waals-London attractie-krachten en elektrische krachten berekende, dat de micelvorming bepaalt (1949). In de naoorlogse periode heeft hij met een groot aantal medewerkers (waaronder zijn zoon P. P. Debye) zowel over de apparatuur als over experimenten en verfijningen van de lichtverstrooiings-techniek en -theorie vele publikaties doen verschijnen en zowel lichtverstrooiing als Röntgenverstrooiing bij kleine hoeken op een veelheid van verschijnselen en stoffen toegepast (oppervlakteverschijnselen, katalysatoren, adsorbtielagen, enz.). Bijzondere aandacht gaf Debye daarbij aan de verschijnselen vlakbij de kritische ontmengingstemperatuur van mengsels van allerlei soort, wat

een methode oplevert voor de bepaling van de interactieradius van (al of niet hoogpolymere) molekulen in gasmengsels en oplossingen.

Enige jaren geleden (1962) heeft Debye nog een overzicht gegeven van veel werk uit deze laatste periode in een voordracht, getiteld „Het meten van molekulen”, ter gelegenheid van de uitreiking van de Edm. Hustinxprijzen te Maastricht.

Een voordracht van Debye was altijd iets heel bijzonders. Hij sprak met grote gemakkelijheid, meestal zonder een enkele aantekening, en met een levendigheid, helderheid en beperking tot het essentiële, die aan zijn toehoorders een eenvoudig inzicht in de moeilijkste problemen verschafte. Deze Maastrichtse voordracht van Debye, de laatste, die ik van hem meemaakte, was tegelijk de merkwaardigste voordracht, die ik ooit gehoord heb. Merkwaardig door de omgeving en door de spreker. Debye sprak in de geheel gevulde zaal van de Maastrichtse Stadschouwburg. Vreemder contrast dan tussen de typische sfeer van deze ouderwetse schouwburgzaal en de gemoedelijk keuvelende Debye (naast een primitief projektiescherm) op de rand van het toneel kan men zich niet denken. Zoals hij daar kans zag, met zijn bekende wat hoge stem, voor dit gemengde publiek zijn verhaal letterlijk over het voetlicht te brengen, zichzelf inleidend in een verrukkelijk Nederlands met enige vreemde (waaronder Limburgse) accenten, was meer dan een unieke beleving. Daar stond ook de mens Debye ten voeten uit, die ook deze voordracht niet had kunnen weigeren, omdat het Maastricht was, maar ook omdat hij graag hartelijk wilde zijn en zich verheugde in elk wetenschappelijk contact, in elke gelegenheid om het vak, waarvoor hij leefde, te delen met anderen.

