

# Werken aan scheikunde

*24 memoires van hen die de  
Nederlandse Chemie  
deze eeuw groot hebben gemaakt*

Uitgegeven door Delftse Universitaire Pers in 1993.  
(Copyright 1993 by Delft University Pers).

Met toestemming van IOS Press, Amsterdam  
op de KNCV/CHG website geplaatst.

Hoofdstuk

*Prof.dr. H. Gerdink*  
Onderwijs en wetenschap aan de Universiteit van Amsterdam  
(Oorspronkelijke pagina's: p. 1-17).

# Onderwijs en wetenschap aan de Universiteit van Amsterdam

*H. Gerding*



*10 september 1899 geboren te Amsterdam*

*1912-1917 3<sup>e</sup> HBS met 5 j.c. Mauritskade Amsterdam*

*1917-1922 studie Scheikunde met bijvak Natuurkunde, Universiteit van Amsterdam*

*1922-1924 assistent Laboratorium voor Fysische Chemie bij Prof. Dr. A. Smits*

*1924-1936 leraar Natuur- en Scheikunde Gemeentelijke Kweekschool voor  
Onderwijzers Amsterdam, naast assistentschap*

*1930 promotie tot Doctor in de Wis- en Natuurkunde*

*1933 toegelaten als Privaat-docent Fotochemie*

*1936-1949 conservator Laboratorium voor Fysische Chemie bij Prof. Dr. A. Smits,  
vanaf 1941 bij Prof. Dr. J.A.A. Ketelaar*

*1949-1953 lector Analytische Chemie*

*1952-1953 Parijs, voorbereiding CERN*

*1953-1956 hoogleraar (buitengewoon) Propaedeutische Chemie*

*1956-1970 hoogleraar (gewoon) Anorganische Chemie, Universiteit van  
Amsterdam*

*1956-1958 voorzitter KNCV*

*1960-1970 docent opleiding Natuur- en Scheikunde MOA*

*1960-1970 voorzitter Curatorium Gemeentelijke Lycea*

*9-5-1991 overleden te Nunspeet*

*Werkterrein: Fysische Chemie en Raman Spectroscopie*

Ik kan me nog heel goed herinneren de situatie in januari 1917. Er is oorlog in Europa. Gelukkig niet in Nederland, maar de uitvloeisels van de oorlogsomstandigheden in Europa waren in ons land toch zeer merkbaar. Een krap algemeen distributiesysteem voor de dagelijkse levensmiddelen; een nijpend gebrek aan brandstof. Ik zie nog heel duidelijk voor me de lange rijen van allerhande voertuigen van mensen die na uren wachten enige brandstof op de Oostergasfabriek in de Linnaeusstraat verkregen. En dan kwam er een koude-inval in het midden van de maand januari. Er volgde een weliswaar niet zeer strenge winter, maar de winter was wel van lange duur. Onafgebroken tot en met eind februari bleef het vriezen. Ook voor het Middelbaar Onderwijs wordt de brandstoffensituatie precair. De gemeente Amsterdam besluit in verband hiermede om tijdens de koude periode de schooltijden voor het Middelbaar Onderwijs met de helft te bekorten, zodanig dat door twee scholen van één verwarmd gebouw kan worden gebruik gemaakt. Voor onze school werden alleen lessen gegeven van des ochtends 9 uur tot des namiddags half één; in de namiddag bevolkten de leerlingen van een nabijgelegen HBS met driejarige cursus onze leslokalen. Deze oplossing werkte niet ten voordele van de leerlingen van de vijfde klassen, die immers in juni hun eindexamen zouden moeten doen. Wij leerlingen van de vijfde klassen tilden echter niet zo zwaar aan de beperkingen van het onderwijs. Integendeel aangezien wij des namiddags vrij hadden konden wij genieten van het mooie ijs dat toen overal om Amsterdam aanwezig was. Doordat het eerste vriezen plaats had bij stil weer en er heel weinig sneeuw was gevallen, was de conditie van het ijs van uitstekende kwaliteit en konden tochten worden georganiseerd. Waaraan een groot deel van de klasgenoten van harte deelnam.

Voor onze vijfde klassen was deze periode een onbezorgde, waarin veel van het schaatsen werd genoten. Zorg om het komende eindexamen kwam daarbij nauwelijks aan de orde. Als jongen uit een ambtenarengezin waar in de wederzijdse families geen universitaire tradities bestonden, keek je met spanning uit naar het eindexamen en naar de daarop volgende periode waarop je hoopte de studie in de exacte vakken aan de Universiteit van Amsterdam te kunnen aanvangen. Maar er lag in januari nog een heel grote hinderpaal op de weg naar de realisatie van het genoemde voornemen. Wat was immers het geval? Degenen die een met goed gevolg afgelegd eindexamen Gymnasium B achter de rug hadden, konden zonder meer met de studie in één der vakken van de faculteit van wis- en natuurkunde aanvangen en daarin de examens afleggen. Degenen die het eindexamen van een vijfjarige HBS met goed gevolg hadden afgelegd en die examens wensten af te leggen aan de faculteit van wis- en natuurkunde moesten eerst een aanvullende studie in Latijn en Grieks met goed gevolg hebben verricht, alvorens ook zij tot de Universitaire Examens in de gewenste faculteit werden toegelaten. Een dergelijke aanvullende studie in Grieks en Latijn kostte zonder meer een volledig jaar van hard studeren, zoals ik van ouderejaars, die deze aanvullende studie hadden gedaan, vernam. Er lag dus nog een aanzienlijk hinderpaal op de weg van mijn voornemens. Maar er was inmiddels wel enige beweging in deze kwestie gekomen. Van verschillende kanten, ook in de Tweede Kamer van de Staten-Generaal, werd twijfel uitgesproken over de juistheid van de eerder genoemde bepaling dat na het behalen van een HBS-diploma een aanvullende studie in Grieks en Latijns moest worden verricht, wilde men de Academische examens in de faculteit van

Wis- en Natuurkunde met vrucht kunnen afleggen.

In de loop van 1917 werd in de Tweede Kamer een wetsontwerp ingediend, dat afschaffing van de verplichting voor aspirant studenten met HBS-diploma om een applicatie-cursus Latijn en Grieks te volgen, inhield. In de Tweede Kamer werd de initiatiefwet-Limburg, genoemd naar de indiener ervan, met grote meerderheid aangenomen, waarvan het uiteindelijk gevolg was, dat met ingang van 1 september 1917 geen belemmeringen meer bestonden voor oud-leerlingen van vijfjarige Hoger Burgerscholen om in één der vakken van de Faculteit van Wis- en Natuurkunde te gaan studeren. Een geweldige opluchting voor mij en voor velen met mij. Het lag voor de hand om te veronderstellen dat de aanneming van de wet-Limburg een versterkte toeloop tot de faculteiten van Wis- en Natuurkunde zou bewerkstelligen.

Voor de scheikunde studie aan de Universiteit van Amsterdam was dit zeer zeker het geval. Waren er in de jaren voor 1917 in het algemeen zes à zeven studenten die zich voor de studie in de chemie lieten inschrijven, in 1917 meldden zich in Amsterdam niet minder dan 27 eerste jaars studenten in de scheikunde aan. Waaronder zeven oud-leerlingen van onze HBS, die allen (op één na die na korte tijd omzwaaide naar wiskunde, waarin hij later hoogleraar werd) de studie in Amsterdam volledig afmaakten, tot en met een promotie als bekroning. Onze zeer strenge leraar op onze HBS, Dr. H.C. Bijl, was een voortreffelijk docent en het relatief grote aantal oud-leerlingen dat scheikunde ging studeren was zeer zeker voor een niet onbelangrijk gedeelte aan hem toe te schrijven. En zo werd ik dan in September 1917, tot mijn grote genoegen, ingeschreven als student in de Wis- en Natuurkunde met als hoofdvak scheikunde, aan de Universiteit van Amsterdam en begon voor mij een lange periode waarin ik als student, assistent, 1<sup>e</sup> assistent en tenslotte als hoogleraar bij de studie in de scheikunde aan de Universiteit van Amsterdam was betrokken.

Alle scheikundecolleges en de chemische practica vonden plaats in het thans, na een brand afgebroken gebouw dat voor J.H. van 't Hoff, de Nobelprijswinnaar, was gebouwd en dat zich bevond aan de Nieuwe Prinsengracht 126. In dit gebouw bevond zich naast de hoofdafdelingen fysische en organische chemie ook een kleine afdeling voor mineralogie en geologie, waar Prof. Dubois (de ontdekker van de Pithecanthropus Erectus) en zijn Assistent, Mej. Schreuder resideerden. En waar wij ons voorbereiden konden op ons blokjestentamen en onze kennis van mineralen konden aanscherpen. Veel indruk maakte op mij als eerstejaars het College inleiding in de algemene chemie gegeven door Prof.dr. A. Smits. Een college met veel interessante en vaak gedurfde experimenten. Het college organische chemie, door Prof.dr. A.F. Holleman, werd eveneens toegelicht en opgeluisterd door vele experimenten, verricht door de zeer bekwame amanuensis Korthals. Bij het college Organische Chemie begon men als student in de eerste colleges ijverig met het maken van dictaat, totdat men al heel gauw doorhad dat Holleman precies zijn boek volgde in zijn colleges. Hetgeen hij vertelde was dus zonder meer in het door hem geschreven boek over organische chemie te vinden.

Uit mijn eerste studiejaar herinner ik mij nog zeer goed de natuurkunde colleges van Prof. Sissingh, toegelicht met fraaie experimenten vooral op het gebied van de optica, verzorgd en gedemonstreerd door de hoofdassistent Dr. Lakeman. De studie voor het

kandidaatsexamen scheikunde was zodanig ingericht, dat het mogelijk was om het kandidaatsexamen bij geregeld volgen van praktica en colleges, in twee jaar af te leggen. Intussen hadden de zeer toegenomen aantallen eerstejaars studenten in de scheikunde, na het totstandkomen van de Wet-Limburg, wel gevolgen voor het onderwijs. Plaatsgebrek was een gevolg. In 1919 werd op de punt van het Roeterseiland een houten hulpgebouw gefabriceerd, waarin de voorkandidaatspraktika in de Anorganische Chemie plaats hadden onder leiding van de in 1919 benoemde lector in de Anorganische Scheikunde Dr. E.H. Büchner.

De studie na het kandidaatsexamen in de scheikunde was al meer ingeperkt en gericht op de hoofdvakken. Enerzijds fysische en anorganische chemie (Prof.dr. A. Smits), anderzijds de organische chemie (Prof.dr. A.F. Holleman). Er waren dus geen natuurkundige praktika meer. Degenen die naast scheikunde als hoofdvak de natuurkunde als bijvak bij het doctoraalexamen wensten (dit veelal in verband met het verkrijgen van een leraarsbevoegdheid in natuurkunde) moesten de colleges theoretische natuurkunde volgen bij Prof.dr. J.D. van der Waals en eveneens tentamen afleggen bij Prof.dr. P. Zeeman over het Onderwerp: Optiek van Kristallen. Voor iedereen verplicht was het volgen van de colleges in de thermodynamica, gegeven door Prof.dr. Ph. Kohnstamm. Dit waren zeer stimulerende colleges waar gerespondeerd werd en waar tijdens het College ook vragen mochten worden gesteld.

Het doctoraalexamen scheikunde werd in het algemeen in 2,5 à 3 jaar afgelegd. en zo kon ik door het afleggen van het doctoraalexamen scheikunde met hoofdvak fysische chemie voor de vakantie van 1922 me gaan voorbereiden op een voortgezette studie die, naar in mijn voornemen lag, tot een promotie in de scheikunde zou leiden. Met ingang van het nieuwe studiejaar, 15 september 1922, werd ik benoemd tot assistent aan het laboratorium voor fysische chemie. Ik moge hier nog vermelden dat ik inmiddels al sinds 1 maart 1920 een viertal lessen in de praktische scheikunde gaf op mijn oude school, de derde HBS met vijfjarige cursus op de Mauritskade in Amsterdam.

In mijn assistentschap had ik naast de zorg voor het financieel en boekhoudkundig reilen en zeilen van het laboratorium voor fysische chemie, de gelegenheid om wetenschappelijk werk te verrichten, eventueel als voorbereiding voor een promotie-onderzoek. Zo verrichtte ik eerst een groot aantal elektrochemische metingen voor mijn voorganger, Drs. C.J. de Gruyter, die door zijn benoeming in een volledige leraarsbetrekking niet de gelegenheid had om het door hem aangevangen onderzoek af te ronden. Een onderzoek waarmee de Gruyter juist was begonnen maar dat nog geheel in een beginstadium verkeerde, had betrekking op de elektrochemische gedragingen van aluminium en aluminiumamalgamen in een organische vloeistof, namelijk in acetylaceton. Ikzelf heb dit onderzoek als onderdeel van mijn promotie uitgebreid ter hand genomen. Aluminium is aan de lucht inert en reageert niet met water. Wordt aluminium met daaraan toegevoegd enige tienden procenten kwik in een glazen buis van hoog smeltpunt verhit (ca 650°C), dan ontstaat een amalgaam dat na afkoeling op kamertemperatuur zeer actief is. Het oxideert onmiddellijk aan de lucht en reageert ook heftig met water. Alliage van aluminium en kwik met een kwikgehalte (in atoomprocenten) van 0,25 tot 0,35 % zijn bijzonder actief.

Brengt men een dergelijk actief aluminium amalgaam onder voorzorgen van zoveel mogelijk uitsluiting van lucht en vocht in enige malen gedestilleerd acetylaceton dan vindt eerst geen enkele reactie plaats. Het potentiaal verschil tussen de elektrode en een standaard kalomel-elektrode is slechts klein. Na enige dagen valt een langzame reactie tussen het amalgaam en het acetylaceton te bespeuren, waarbij enige gasballetjes ontstaan en de potentiaal van het amalgaam ten opzichte van de kalomel-elektrode wat negatiever wordt. Laat men het geheel zo staan (uitsluiting van vocht is niet geheel te realiseren, omdat de elektrode in papier gewikkeld aan de bovenzijde in het reactievat is aangebracht, wat geen absolute uitsluiting van lucht en vocht betekent), dan treedt langzamerhand enige gasontwikkeling op en na enige dagen verder staan, blijkt dat de gasontwikkeling toeneemt en dat de potentiaal van de elektrode negatiever wordt totdat uiteindelijk de amalgaamelektrode in het acetylaceton oplost, waarbij zich vast, wit aluminiumacetylacetaat vormt, een zeer stabiele vaste stof. Vergeleken met de aanvangssituatie is de amalgaamelektrode ongeveer één Volt negatiever geworden.

Voor een vrij groot aantal amalgamen, steeds met betrekkelijk weinig kwik (tot 0,6% toe) werd de verkregen eindpotentiaal bepaald en kon op deze wijze een potentiaal-kwikconcentratie diagram worden gemaakt.

Toen dit onderzoek was afgesloten wilde ik nog gaarne trachten om als aanvulling op dit promotieonderzoek - dieper door te dringen in het merkwaardige gedrag dat kleine hoeveelheden kwik hebben op de eigenschappen van aluminium. Mijn gedachten gingen daarbij uit naar het bestuderen van het foto-elektrisch effect van zuiver aluminium en van enige amalgamen. Om bijvoorbeeld te bestuderen in hoeverre de arbeid die nodig is om een elektron uit het amalgaam te verwijderen bij belichting, merkbaar verschilt van de arbeid die nodig is om een elektron vrij te maken uit het aluminium zelve. Prof. Smits kon geheel instemmen met het voortzetten van het onderzoek in deze richting. Een grote moeilijkheid bestond echter in het ontbreken van de apparatuur, benodigd voor een dergelijk onderzoek. Men zou in elk geval moeten beschikken over een kwartsmonochromator en over een instrument een Lindemann elektrometer - waarmede zeer kleine stromen kunnen worden gemeten. Ook over een goede kwiklamp zou men moeten beschikken. En dan bleven er nog verschillende onderdelen die in het laboratorium zouden kunnen worden vervaardigd, maar wier realisatie toch de nodige tijd zou vergen. Dat het noodzakelijk zou zijn om de te onderzoeken oppervlakken van aluminium en van enige amalgamen in vacuüm tijdens de metingen te vernieuwen voegde een extra dimensie toe aan de te vervaardigen apparatuur.

Dankzij de voortreffelijke hulp die mij ter beschikking stond op het laboratorium, namelijk door de meester-instrumentenmaker J.C. Pater en de meester-glasblazer J. Gunter, konden tal van problemen in eigen beheer worden opgelost, maar enige eerder genoemde instrumenten moesten worden aangeschaft. Ook hier dus weer het probleem hoe men aan voldoende geld zou kunnen komen voor de aanschaffing van enige van firma's te betrekken apparaten. De kredieten die het laboratorium ter beschikking stonden waren niet hoog, maar voldoende voor het runnen van het laboratorium als geheel. Zodra aanschaffingen moesten plaatshebben die de draagkracht van het gewone krediet verre te boven gingen, dan werd het moeilijk. Men had nog geen SON!. Aangezien het voor mij

niet zeker was dat mijn plannen - niettegenstaande de steun van Smits - zouden kunnen worden gerealiseerd en het in elk geval geruime tijd zou kunnen duren voor ik mij onderzoeken zou kunnen voortzetten, besloot ik om ontslag te nemen als Assistent en te solliciteren naar een bijna volledig betrekking (twintig uur) als leraar in natuurkunde (en scheikunde), aan de Gemeentelijke Kweekschool voor Onderwijs etc. te Amsterdam. Het was daarbij mijn bedoeling om tijd die ik naast het leraarschap zou overhouden, vooral te besteden aan het ontwerpen en realiseren van kleinere apparatuur, nodig voor de voortgang van het onderzoek. Apparatuur die in de glasblazerij en in de instrumentmakerij in eigen beheer zou kunnen worden vervaardigd.

Intussen gelukte mijn sollicitatie en op 1 september 1924 ving ik deze baan van twintig lessen per week met enthousiasme aan. Met mijn onderzoek kon ik - voor zover mijn leraarsfunctie dit toeliet - in 1927/1928 beginnen, nadat het dus gelukt was om de benodigde apparatuur aan te schaffen door giften die Prof. Smits van verschillende zijde had ontvangen.

Mijn onderzoeken (fig.1) waren in principe gereed in het begin van 1929, zodat ik in april 1930 kon promoveren op het onderzoek van het elektrochemische en foto-elektrische gedrag van aluminium en amalgamen van aluminium.

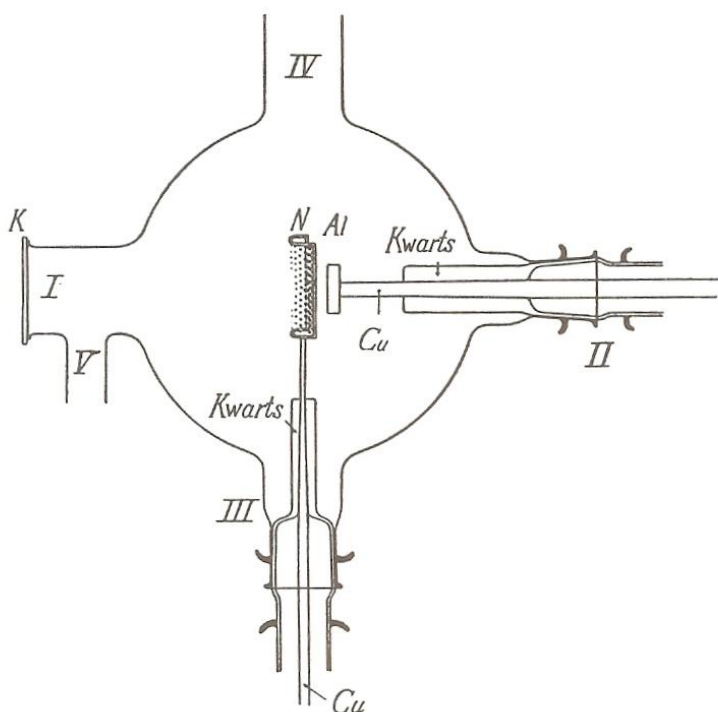


Fig. 1. Het apparaat waarmee ik werkte

Inmiddels was mijn situatie weer gewijzigd. Met instemming van Curatoren van de Universiteit en van de afdeling Onderwijs van de Gemeente Amsterdam werd op mijn verzoek het aantal lessen dat ik gaf aan de eerdergenoemde school teruggebracht van twintig tot acht uur (N.B. Ik gaf dan vier lessen op Woensdagochtend en vier op Zaterdagochtend van 9 uur tot half één) dat alles in verband met mijn benoeming tot eerste Assistent aan het laboratorium voor fysische chemie, als opvolger van Dr. J.M. Bijvoet, die tot lector was benoemd.

Ik heb deze gecombineerde Onderwijs en Universitaire functies vervuld tot januari 1936 toen ik werd benoemd tot conservator in vaste dienst aan het laboratorium voor fysische chemie, waarbij dus de leraarsfunctie verviel. Inmiddels was ik in april 1933 toegelaten als privaat-docent in de fotochemie. Onder mijn opdracht viel het geven van twee colleges per week in modern fysisch-chemisch onderzoek en bestemd voor kandidaten in de scheikunde. Deze colleges omvatten enerzijds de ultraviolet en zichtbaar licht spectroscopie van in het bijzonder twee atomige moleculen en de fotochemie van meeratomige moleculen. In een volgend collegejaar werden dan onder anderen het Ramaneffect (interpretatie van Ramanspectra) en infrarood absorptie onderzoek besproken van dipoolmomentbepalingen van moleculen (theorie van Debye, etc.). Na het afsluiten van mijn promotie-onderzoek en het publiceren van de resultaten in wetenschappelijke tijdschriften, wilde ik gaarne mijn aandacht besteden aan een nieuw veld van onderzoek, namelijk de toepassing van studie van het in 1928 door Raman ontdekte en naar hem genoemde effect op de bepaling van de structuur van in het bijzonder anorganische verbindingen. Een onderzoek dat ik zo mogelijk wilde combineren met gelijktijdige onderzoeken van het infrarood absorptie-spectrum van dezelfde stoffen. In principe stemde Prof. Smits in met mijn plannen om het genoemde gebied als veld van onderzoek in Amsterdam ter hand te nemen.

Het hoeft nauwelijks een betoog, ook hier gingen financiële kwesties weer een helaas belangrijke rol spelen. Voor het Ramanonderzoek moest men in elk geval kunnen beschikken over kwiklampen of andere lampen met een discontinu spectrum van behoorlijke lichtsterkte. Voor het opnemen van spectra moest men de beschikking hebben over een spectrograaf van behoorlijke lichtsterkte en met een voldoende dispersie. En voor het uitmeten van de spectra moest kunnen worden beschikt over een komparateur, waarmede de spectra konden worden uitgemeten en omgerekend in golflengtes en frequenties, zodat de Raman verschil frequenties konden worden bepaald.

Gelukkig kon Prof. Smits nog over enige kredieten de beschikking krijgen zodat met de opbouw van het instrumentarium kon worden begonnen. Daarbij had ik het geluk dat ik van het Organisch Chemisch Laboratorium een daar op dat moment niet meer in gebruik zijnde kwartsspectrograaf van Hilger kon lenen. Deze spectrograaf die voor mijn onderzoeken vooral in het zichtbare deel van het spectrum zou worden gebruikt, gaf in dat spectrale gedeelte toch nog een behoorlijke dispersie. Aangezien de brekingsindex van kwarts vrij gevoelig is voor veranderingen in de temperatuur van de omgeving, was het noodzakelijk om de gehele spectrograaf in te bouwen in een houten kast, waarvan de temperatuur met behulp van een relais-systeem met bijbehorende verwarming zeer constant werd gehouden. Gezien de vrij lange belichtingstijden die voor het verkrijgen



van Ramanspectra noodzakelijk waren was een dergelijke inbouw een absolute vereiste voor het verkrijgen van scherpe spectra. Verder waren inmiddels als instrumentarium beschikbaar gekomen: een Zeiss drie prisma spectrograaf (glasprisma's) en de comparateur: zodat met de opnames kon worden begonnen.

Intussen was Prof. Smits na zijn experimenten met de 'loodlamp' begonnen met onderzoeken over de invloed van kleine hoeveelheden vocht op het reactievermogen van bepaalde stoffen. Dit vooral naar aanleiding van onderzoeken van H. Brereton Baker uit Engeland (London), die had aangetoond dat bepaalde chemische reacties in hun snelheid konden worden beperkt wanneer de concentratie aan waterdamp in de apparatuur zeer merkbaar wordt verlaagd. Smits was van mening dat deze waarnemingen van belang konden zijn voor zijn opvattingen over de allotropie van de stoffen, waarbij dus verschillende soorten moleculen in de stof voorkomen die met elkaar in evenwicht zijn. Smits werkte hierbij met geheel glazen apparaturen (vermijding van kranen en van kranenvet), waarbij stoffen met elkaar kunnen reageren nadat een dunne glazen scheidingswand, in een buis aangebracht, met behulp van een magnetisch bediende breker is verbroken. Deze technisch zeer fraaie onderzoeken van Smits en medewerkers hebben helaas niet veel opgeleverd. De onderzoeken van Baker werden nauwelijks of niet bevestigd en het eigen onderzoek leverde ook geen saillante bevindingen op. Het bekendste voorbeeld van Baker was de reactie tussen  $\text{NH}_3$  en  $\text{HCl}$ . Droging vermindert de snelheid waarmee de beide componenten zich met elkaar verbinden tot  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , een resultaat dat door Smits c.s. werd bevestigd. Maar een algehele afwezigheid van reactie tussen beide componenten werd niet gevonden. Smits, met zijn romantische inslag was sterk gegrepen door Baker's onderzoeken. In de gang op de eerste verdieping van het laboratorium werden in opdracht van Smits twee prentjes geschilderd van moleculen  $\text{NH}_3$  en  $\text{HCl}$  die op het ene plaatje sip naar elkaar zaten te kijken omdat door de extreme droging der stoffen zij niet met elkaar reageren tot  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; terwijl het andere plaatje  $\text{NH}_3$  en  $\text{HCl}$  laat zien, die door vocht aanwezigheid wel met elkaar samengaan tot  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en vrolijk rond dansen.

In afwachting van het beschikbaar komen van de apparatuur voor het Ramanonderzoek onderzocht ik nog samen met Vermast dilatometrisch - met een sterk verbeterde apparatuur - de overgang tussen de ferromagnetische en para-magnetische toestand van het mangaan arsenide  $\text{MnAs}$ .

Omdat het bij het onderzoek van de structuurbevestiging van moleculen met behulp van het Raman-effect van grote betekenis is om de zogenaamde polarisatietoestand van de Ramanlijnen van het verstrooiende molecule te kennen, was het noodzakelijk om over een apparatuur te beschikken, waarmee de polarisatietoestand van de Ramanlijnen kan worden bepaald. Op deze wijze is het mogelijk om aan te geven welke Ramanlijnen behoren tot symmetrische trillingen (de depolarisatiegraad ligt tussen 0 en  $6/7$ ) en welke tot antisymmetrische of ontaarde trillingen, waarvoor de depolarisatiegraad gelijk is aan  $6/7$ .

Dank zij de zeer gewaardeerde medewerking van de directie van het Zeemanlaboratorium van de Universiteit was het mogelijk om in de kelder van dit laboratorium een opstelling op te bouwen waarmee de polarisatiegraad van de Ramanlijnen van een molecule goed

konden worden bepaald. De benodigde apparatuur werd door het Zeemanlaboratorium aan mij ter beschikking gesteld. Vele jaren heb ik van deze opstelling gebruik kunnen maken tot na de oorlog, toen de opstelling was afgebroken. Heel gelukkig was ik dat in voorkomende gevallen gebruik kon maken van de fraaie opstelling voor het opnemen van infraroodspectra, zoals die door mijn vriend Jean Lecomte in het natuurkundig laboratorium van de Sorbonne was opgebouwd. Voor het uitbreken van de oorlog heb ik in dat laboratorium door mij medegebrachte verbindingen (o.a. in 1938) op hun infraroodspectrum kunnen onderzoeken. In sommige gevallen worden deze infraroodspectra van belang om definitieve conclusies over de structuur van sommige moleculen te kunnen trekken.

Als groter onderzoek naar de structuur van bepaalde moleculen wil ik gaarne een ogenblik aandacht vragen van het onderzoek naar de Ramanspectra van vloeibaar zwaveltrioxyde bij verschillende temperaturen (15°C, 30°C, 52°C en 70°C) en op dat naar de Ramanspectra van vloeibare mengsels van zwaveltrioxyde en zwaveldioxide met moleculaire mengverhoudingen van 25% SO<sub>3</sub>-75% SO<sub>2</sub>; 50% SO<sub>3</sub> en 50% SO<sub>2</sub> en tenslotte 75% SO<sub>3</sub> en 25% SO<sub>2</sub>. De voornaamste conclusies die uit deze onderzoeken konden worden getrokken zijn de volgende:

Terwijl het vlakke molecuul SO<sub>3</sub> slechts drie actieve Ramanfrequenties bezit treft men in vloeibaar SO<sub>3</sub> een groot aantal Ramanlijnen aan, hetgeen er op wijst dat men aldaar te maken heeft met een naast elkaar aanwezig zijn van enkelvoudige moleculen SO<sub>3</sub> naast polymere moleculen, in alle waarschijnlijkheid (SO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> moleculen, zoals uit verder onderzoek valt af te leiden. Bij temperatuurverhoging verschuift het evenwicht tussen beide molecuulsoorten naar dat van het enkelvoudige molecuul zoals de intensiteiten van de Ramanlijnen dit laten zien.  $x \text{ SO}_3 \leftrightarrow (\text{SO}_3)_x$  waarbij bij hogere temperatuur het (SO<sub>3</sub>)<sub>x</sub> molecuul in concentratie afneemt, evenals dat het geval is bij een verdunning van het vloeibare SO<sub>3</sub> met SO<sub>2</sub>. Dezelfde lijnen die bij hogere temperatuur in intensiteit toenemen worden ook relatief sterker bij een voortgaande verdunning van het SO<sub>3</sub> met SO<sub>2</sub> (fig.2).

Het Ramanspectrum van de ijsachtige vorm van vast zwaveltrioxyde komt overeen met het Ramanspectrum van de moleculen (SO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>. Een kristallografisch-röntgenanalytisch-onderzoek van deze vaste ijsachtige modificaties van SO<sub>3</sub>, uitgevoerd door Prof.dr. C.H. Mac Gillavry heeft aangetoond dat de ijsachtige modificatie van het zwaveltrioxyde is opgebouwd uit niet vlakke zeshoekige moleculen (SO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, waarvan het ringskelet dus wordt gevormd door drie zwavel- en drie zuurstofatomen. In het evenwicht  $x\text{SO}_3 \leftrightarrow (\text{SO}_3)_x$  is dus x gelijk aan 3. Vermelding verdient dat de onderzoeken over zwaveltrioxyde in verschillende omstandigheden werd uitgevoerd in nauwe samenwerking met Dr. W.J. Nijveld, die in 1939 op deze onderzoeken aan zwaveltrioxyde promoveerde.

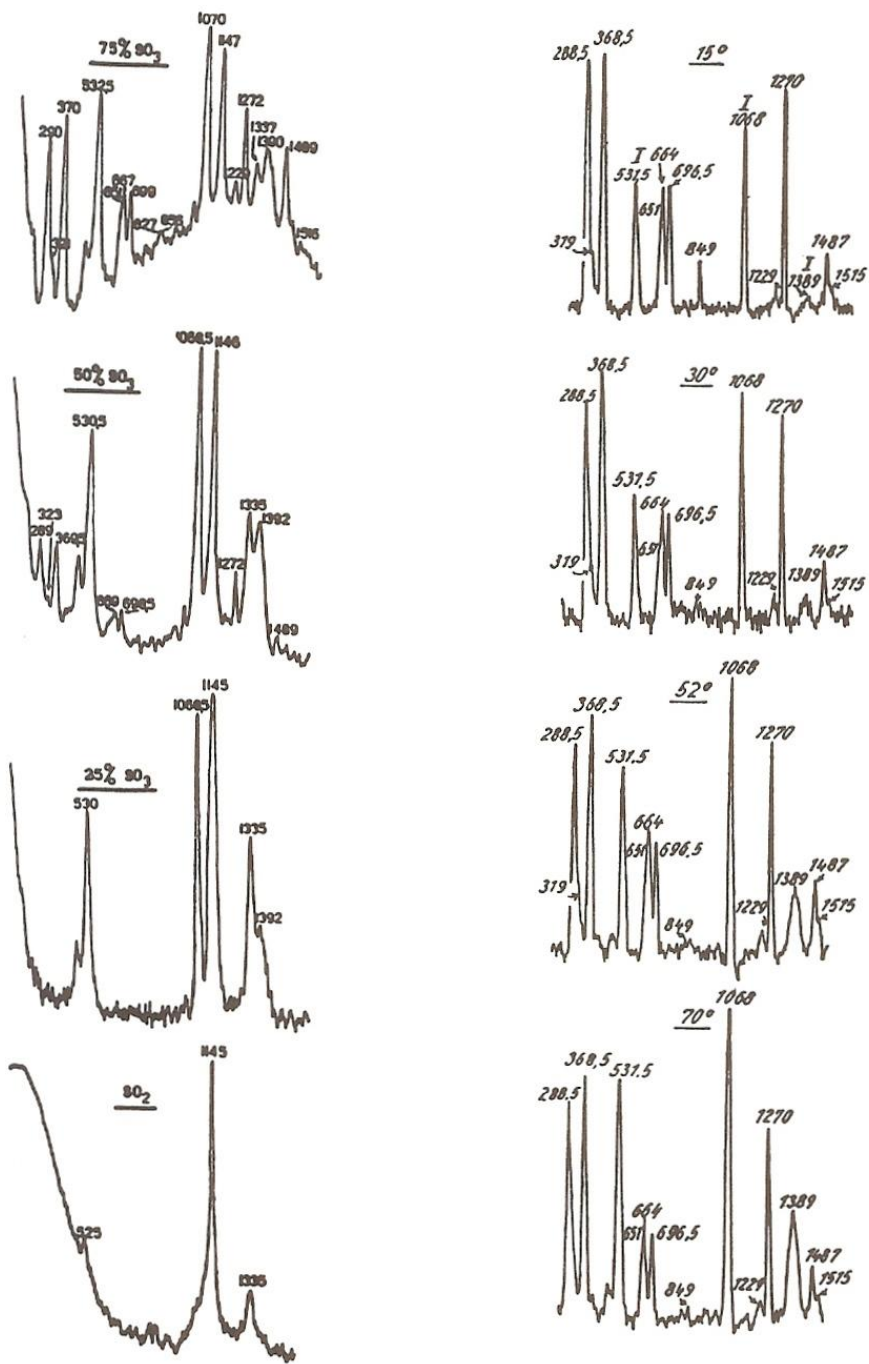


Fig. 2. Pagina uit mijn dissertatie

Zoals het voor het onderzoek van zwaveltrioxyde onder verschillende omstandigheden noodzakelijk was om te werken onder zorgvuldige uitsluiting van vocht in geheel gladde apparaten, waar door verbreekbare scheidingswanden ingesmolten in een verbindingsbuis, twee stoffen met elkaar in contact en in reactie worden gebracht, zo was het dit ook bij het onderzoek door Houtgraaf van verbindingen als  $\text{NaCl} \cdot \text{AlCl}_3$ ,  $\text{NOCl} \cdot \text{AlCl}_3$ ,  $\text{TeCl}_4 \cdot \text{AlCl}_3$  en  $\text{SeCl}_4 \cdot \text{AlCl}_3$  (fig. 3).

In de dissertatie van Houtgraaf zijn details van de op deze wijze gevolgde syntheses in detail aangegeven.

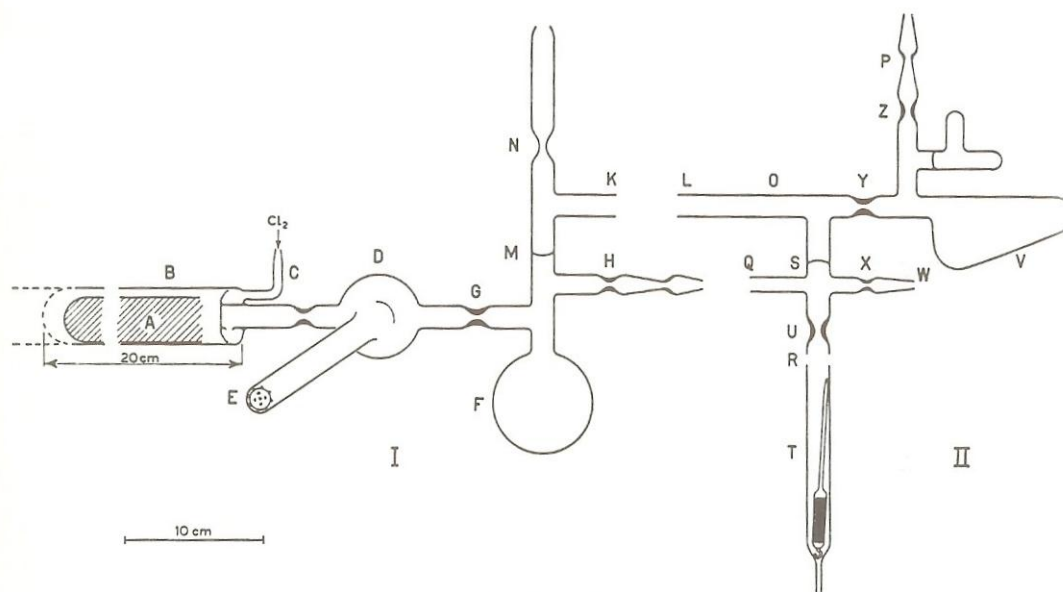


Fig. 3. Pagina uit de dissertatie van Houtgraaf

Eind augustus 1939 werd ik als gevolg van een afgekondigde algehele mobilisatie als reservist opgeroepen om het vaderland te dienen. Deze periode duurde tot na de capitulatie van het Nederlandse leger op 15 mei 1940. In juni 1940 kon de draad van mijn onderzoekingen weer worden opgenomen. Tot ongeveer twee jaar na de capitulatie kon nog redelijk worden doorgewerkt aan het werk op het laboratorium. Ik herinner me dat ik deze eerste twee jaren nog college gaf aan kandidaten, maar dat ik er daarna mee stopte. Duidelijk werd het wel dat het daarna steeds moeilijker werd om over chemicaliën en fotografische platen van voldoende gevoeligheid te kunnen beschikken. Dat het wetenschappelijk onderzoek hierdoor in ernstige mate werd getroffen, is zonder meer duidelijk. Dat tevens de dagelijkse zorgen om het bestaan, vooral indien men over een vrij uitgebreide familie beschikte, hun aandacht in steeds meerdere mate vroegen, staat zonder meer vast. Veel jonge medewerkers moesten intussen hun studie afbreken in verband met de door de Duitsers verordondeerde 'Arbeitseinsatz'. Het wetenschappelijk werk kreeg steeds meer met de steeds ernstiger wordende omstandigheden van het dagelijks leven te

maken en kwam uiteindelijk vrijwel tot stilstand. Gelukkig hoefde ik in de loop van 1943 niet als oud-militair naar Duitsland omdat ik boven de gestelde leeftijd viel, zodat ik nog het een en ander kon doen. In juni 1944 riep de burgemeester van Amsterdam, benoemd door de Duitse bezettingsmacht, de heer Voûte, een aantal leidinggevende functionarissen van diverse laboratoria bijeen, waarin hij hun mededeelde dat het zijn inziens verstandig zou zijn - dit in verband met de te verwachten ontwikkelingen in de oorlogssituatie - om de kostbaarste instrumenten die zich in de diverse laboratoria bevonden, buiten het laboratorium onder te brengen. Zo kreeg ik in mijn huis in bewaring de comparateur en een der spectrografen. Bij andere leden van het personeel werden weer andere niet gemakkelijk te vervangen apparaten ondergebracht, tot na de capitulatie van het Duitse leger in mei 1945, toen de instrumenten weer langzamerhand naar de laboratoria werden teruggebracht. Na de oorlog was het niet gemakkelijk om het wetenschappelijk werk weer volop op gang te brengen. Er waren bovendien nog zeer veel hindernissen van materiële aard. Eerst in de loop van enige jaren kon meer worden beschikt over het beste fotografische materiaal, enz. Het eerste jaar na afloop van de oorlog heb ik in belangrijke mate besteed aan het geven van colleges op divers fysisch-chemisch gebied en op het organiseren van werk. Colleges voor de na 1 september 1945 in groten getale aangekomen eerstejaars in scheikunde, waarvan sommige twee of meer jaren hadden moeten onderduiken na hun eindexamen in verband met de verplichte tewerkstelling in Duitsland. En die dus gaarne iets van hun verloren tijd wilden inhalen.

In deze jaren direct na de oorlog werden de opstellingen die in de laatste oorlogsjaren waren afgebroken, weer opgebouwd, en kon dus op bescheiden wijze het wetenschappelijk werk - vooral op het gebied van de Ramanspectra - worden hervat. Met Houtgraaf werd gewerkt aan een aantal verbindingen die het negatieve ion  $\text{AlCl}_4^-$  bevatten. Allereerst werden voor  $\text{NaCl} \cdot \text{AlCl}_3$  waarvan Röntgenografisch de structuur  $\text{Na}^+ \text{AlCl}_4^-$  was vastgesteld, de frequenties van het  $\text{AlCl}_4^-$  ion bepaald. Met behulp van de aldus verkregen waarden van de vibraties van het  $\text{AlCl}_4^-$  ion kon gemakkelijk worden aangetoond dat in vast  $\text{TeCl}_4 \cdot \text{AlCl}_3$  en  $\text{SeCl}_4 \cdot \text{AlCl}_3$  en eveneens in  $\text{NOCl} \cdot \text{AlCl}_3$  zich  $\text{AlCl}_4^-$  ionen bevinden. Dit betekent dat de positieve ionen in het rooster resp.  $\text{TeCl}_3^+$  en  $\text{SeCl}_3^+$  (en  $\text{NO}^+$ ) zijn. Een vergelijking van de frequenties van bijvoorbeeld  $\text{TeCl}_3^+$  met die van vast  $\text{SbCl}_3$  laten een duidelijke verwantschap zien, waarbij de  $\text{TeCl}_3^+$  frequenties wat hoger uitvallen dan die van  $\text{SbCl}_3$ .

Inmiddels was ook omstreeks 1949 een onderzoek gestart naar het Ramanefekt van een aantal verbindingen die het  $\text{NO}_2^+$  ion (het nitronium-ion) bevatten als positief ion.

Dit onderzoek werd sterk gestimuleerd door de resultaten van een Raman onderzoek uitgevoerd door J. Chédin in Parijs, die aantoonde dat vast stikstofpentoxyde,  $\text{N}_2\text{O}_5$  is opgebouwd uit ionogene bestanddelen, namelijk het  $\text{NO}_2^+$  ion als positief ion en  $\text{NO}_3^-$  ion als negatief ion bestanddeel. Het  $\text{NO}_2^+$  ion, lineair als het isoelektronische molecuule  $\text{CO}_2$ , heeft slechts één Ramanactieve trillingsfrequentie ten bedrage van  $1400 \text{ cm}^{-1}$ . Het  $\text{NO}_3^-$  ion in vast  $\text{N}_2\text{O}_5$  is gekenmerkt door een frequentie bij ongeveer  $1050 \text{ cm}^{-1}$ . Door het onderzoek van Ramanspectra van o.a. mengsels van  $\text{HNO}_3$  en  $\text{SO}_3^-$  verricht in samenwerking met Steeman - blijkt dat in de genoemde mengsels zich in aantoonbare hoeveelheden de ionen  $\text{NO}_2^+$  en  $\text{HSO}_4^-$  bevinden. In vaste verbindingen zoals  $\text{N}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{SO}_3$ ,

door Eriks bestudeerd, hebben we in belangrijke mate te doen met  $\text{NO}_2^+$  ionen en negatieve ionen zoals  $\text{S}_3\text{O}_{10}^-$ . Voor deze verbinding werd door middel van Röntgenografisch onderzoek de structuur  $(\text{NO}_2^+)_2 \text{S}_3\text{O}_{10}^-$  voor het  $\text{N}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{SO}_3$  bevestigd. Intussen was ik per 1 september 1949 benoemd tot lector in de analytische chemie. Ik moest dus mijn werkplek op het laboratorium voor fysische chemie verruilen voor een nieuwe op het laboratorium voor analytische chemie, dat na het aftreden van Prof. Dr. A.H.W. Aten Sr. in Prof. Dr. W. van Tongeren een nieuwe hoogleraar in de analytische chemie gekregen had.

Enkele medewerkers, zoals onder andere H. Houtgraaf konden gebruik blijven maken van de op fysische chemie ontwikkelde apparatuur voor het onderzoek van Raman spectra.

In mijn nieuwe functie als lector analytische chemie heb ik mij in het bijzonder bezig gehouden met de opbouw van de analytische praktika voor chemici en farmaceuten en met het daaraan aansluitend geven van colleges, het afnemen van mondelinge tentamens enz. Op 1 september 1952 kreeg ik van de Universiteit een jaar verlof om me te voegen in een klein team gevestigd in Parijs in het Unesco-gebouw, dat zich bezig zou houden met de praktische realisering van het - door een groot aantal Europese Staten opgerichte - verbond voor het totstandkomen van een Europees laboratorium voor het onderzoek van vooral hoge energie en deeltjesfysica. De overeenkomst gesloten door alle West-Europese Staten moest uiteindelijk leiden tot een groot Europees laboratorium waar fundamentele onderzoekingen in de hoge energie fysica zullen worden verricht. De naam van het te stichten laboratorium is: Centre Européen de la Recherche Nucleaire, afgekort CERN. Na een zorgvuldige analyse van de voorstellen die door afzonderlijke landen waren gedaan ten aanzien van de vestiging van het laboratorium werd uiteindelijk als plek van vestiging een groot stuk grond aangewezen niet ver gelegen van Genève, op Zwitsers grondgebied niet ver van de grens tussen Frankrijk en Zwitserland. Met nog de mogelijkheden voor verdere gronduitbreiding, mochten de resultaten van de onderzoekingen in het in gebruik genomen laboratorium dit later wenselijk maken.

In september 1953 keerde ik naar Amsterdam terug in verband met mijn benoeming tot buitengewoon hoogleraar in de chemische propedeuse. Een functie die in september 1956 werd omgezet in een gewoon hoogleraarschap met als opdracht Anorganische Chemie. In september 1953 ben ik begonnen met de inrichting van het laboratorium voor propedeutische Anorganische Chemie, zoals dat in september 1950 door mijn voorganger Prof. dr. E.H. Büchner was achtergelaten. De hoofdrichting van het onderzoek onder mijn voorganger behelsde voornamelijk de colloïdchemie. Aangezien veel colloïdchemisch onderzoek kan worden uitgevoerd met betrekkelijk eenvoudige hulpmiddelen is het duidelijk, dat toen ik mijn functie aanvaardde, ik in zekere zin met een voor mijn doel leeg laboratorium werd geconfronteerd. En dat ik zou moeten trachten om met behulp van extra aan te trekken gelden een apparatuur op te bouwen, die het mij mogelijk zou maken om mijn werk op het gebied van Ramanspectroscopie en infrarood onderzoek voort te zetten. Dit alles was niet gemakkelijk. Immers de schaarste aan geldmiddelen voor het Universitair Onderzoek was in 1953 nog zeer evident. Toch ben ik er in geslaagd om in de loop van een drietal jaren, dank zij ook de medewerking die ik van het toenmalige College van Bestuur mocht ondervinden om een redelijk instrumentarium op te bouwen.

Toen aan het eind van de jaren 1950 en begin 1960 de financiële middelen plotseling ruimer begonnen te vloeien was het mogelijk om allerlei leemtes in de apparatuur voor het Ramanspectroscopisch onderzoek aan te vullen, waarbij het tevens mogelijk werd om goede apparatuur voor het infrarode onderzoek aan te schaffen. Waarmede de leider van het infraroodonderzoek, de latere lector Dr. J.C. Duinker en ikzelf zeer waren ingenomen. In de periode tot mijn emeritaat op 1 september 1970 hebben mijn medewerkers en ik vooral uitvoerig onderzoek verricht aan een zeer groot aantal zogenaamde additieverbindingen uit twee afzonderlijke moleculen opgebouwd. Zeer vele van deze anorganische additieverbindingen, welke vaak al lang in de chemische literatuur bekend waren, bleken in feite uit twee tegengesteld geladen complexen te bestaan. Zo vindt men bijvoorbeeld in verbindingen als  $\text{PCl}_5 \cdot \text{InCl}_3$ ,  $\text{PCl}_5 \cdot \text{SbCl}_5$  etc. het positieve ion  $\text{PCl}_4^+$ , verbonden met het negatieve ion  $\text{InCl}_4^-$ , c.q.  $\text{SbCl}_6^-$ .

Voor de uitvoerige resultaten van deze onderzoekingen moge verwezen worden naar de oorspronkelijke publicatie en de resultaten vastgelegd in dissertaties. Eén uitzondering wil ik maken voor het fraaie onderzoek van mijn medewerker Dr. D.J. Stufkens, die in niet aflatende, moeizame werkzaamheid, zeer goede Ramanspectra van vaste verbindingen wist te verkrijgen.

Ik wil tenslotte nog enige aandacht wijden aan zaken het onderwijs betreffende die mijn bijzondere belangstelling hadden. Zoals al eerder in dit artikel werd vermeld had ik toen ik nog jong was, een aantal jaren les gegeven in natuurkunde aan de Kweekschool voor Onderwijzers etc. te Amsterdam. Ik had daar al geëxperimenteerd met praktisch onderwijs in de natuurkunde naast het gewone klassikale onderwijs. Ook toen ik weer terugging naar de Universiteit behield ik mijn belangstelling voor het Middelbaar Onderwijs. Aan het einde van de jaren vijftig gingen op het Departement van Onderwijs in Den Haag stemmen op om de opleiding voor de Middelbare Acte Natuur- en Scheikunde A te moderniseren. Men dacht daarbij aan het inschakelen van de Universiteiten bij het organiseren van deze nieuwe opleidingen. Collega Ketelaar en ik hadden over deze kwestie indertijd een bespreking met de inspecteur belast met het toezicht op de MO-examens. Het resultaat was dat getracht zou worden om de opleidingen in het Universitaire Onderwijsschema te integreren. Deze plannen werden door de faculteit van wis- en natuurkunde in principe goedgekeurd. En mij werd verzocht om deze kwestie nader uit te werken. Ik heb daarbij tot mijn grote vreugde ervaren dat de positieve bereidheid van verschillende betrokken docenten bij mij pogingen de opleiding van de grond te krijgen groot was. En zo kon een avondopleiding voor de opleiding tot de Middelbare Acte Natuur- en Scheikunde A worden gerealiseerd, welke in 1960 van start ging. De administratie etc. werd geheel verzorgd onder auspiciën van het Nutsseminarium voor de Pedagogiek aan de Universiteit van Amsterdam. Alle kwesties: de colleges en de practica en de vorderingen van de cursisten betreffende werden verwerkt door de Commissie - uit universitaire docenten bestaande - welke ook uiteindelijk dat Middelbare Examen afnam.

In 1960 kon met de cursus worden gestart. Ik heb tot mijn emeritaat in 1970 met veel genoeg de algehele leiding van de cursus gehad, waarnaast ik nog twee uren college gaf

(in de avond) over fysische chemie. Talloze cursisten hebben met min of meer succes aan deze opleiding gestudeerd en hun chemische kennis versterkt. Voor niet weinigen was deze cursus een voortzetting van een eerdere afgebroken studie, voor anderen een studie waarmee een betrekking in dagtaak kon worden gecombineerd. Velen hebben in de loop der jaren het MO-A-examen voor de Universitaire Commissies afgelegd en hebben daarna voor een vervolgstudie in scheikunde, c.q. natuurkunde gekozen. Deze opleiding bestaat ook nu nog en wat ik ervan vernam is dat de opleiding nog altijd in een grote behoefte voorziet.

Mag ik bij deze onderwijs beschouwingen nog vermelden dat ik meer dan tien jaren voorzitter ben geweest van de curatoria van de scholen voor vijfjarige Middelbaar Onderwijs in Amsterdam het Lelylyceum, het Van der Waals-lyceum en later het nieuwe Leeghwaterlyceum aan de overkant van het Y in Amsterdam-Noord.

Als een bijzondere gebeurtenis in de periode dat ik als bestuurslid, vice-voorzitter en voorzitter van het Dagelijks Bestuur van de KNCV actief was, beschouw ik de overkomst in 1956 van een grote groep Engelse Academische onderzoekers verenigd in de Faraday Society naar Nederland, waar samen met de KNCV een groot congres over actuele chemische onderwerpen plaatsvond en wel in Amsterdam. De lezingen werden gehouden in het Instituut voor de Tropen. Een bezoek aan ons land dat in het bijzonder was voorbereid door Prof.dr. C.J.F. Böttcher en door mijn voorganger als voorzitter van de KNCV, de helaas te vroeg overleden eminente geleerde, Prof.dr. J.H. de Boer.

Als afsluiting van het Congres en van het bezoek van onze Engelse vrienden werd in het Muiderslot een slotdiner gegeven. Hier waren als bijzondere gasten aanwezig de Engelse ambassadeur in Nederland en zijn echtgenote, de burgemeester van Amsterdam Mr. Van Hall en zijn echtgenote (vertegenwoordigend de Universiteit van Amsterdam), een afgevaardigde van het Departement van Onderwijs en zeer vele chemici, veelal met hun echtgenotes, waarmee uiteraard de besturen van de Faraday Society en de KNCV. Bij de toespraken tijdens het diner haakte burgemeester Van Hall in op de naam Faraday Society. Met een kleine wijziging van de naam Faraday in Faraway Society wees de heer Van Hall op het feit dat vaak chemische verenigingen in verschillende landen ver van elkaar lijken te staan, maar dat - tot onze vreugde - de Faraday Society niet meer als een Faraway Society moest worden beschouwd. Zij waren immers naar Holland overgekomen. Deze grappige vondst werd algemeen zeer gewaardeerd. Pijnlijk werd het wel even toen bleek dat de Vertegenwoordiger van het Ministerie van Onderwijs dezelfde vondst, als burgemeester Van Hall had uitgesproken, had gedaan. Hij was nu gedwongen om op korte termijn een nieuwe speech te bedenken.

Het John van Geunsfonds in Amsterdam. Aan het einde van de jaren vijftig werd de Faculteit benaderd door mr. E.J. Dommering die namens hemzelf en verschillende familieleden mededeelde, dat overwogen werd om aan de Universiteit van Amsterdam een fonds te vormen, waaruit financiële steun zou kunnen worden geput voor doelen op het gebied van de spectroscopie. Dit ter nagedachtenis van de chemicus John Waterloo van Geuns, die in Amsterdam scheikunde had gestudeerd en die na zijn studie naar Indonesië was vertrokken om vooral werkzaam te zijn in de aardolie industrie. De heer van Geuns



had altijd een grote belangstelling gehad voor de spectroscopie en toen zijn huwelijk kinderloos bleef, besloot hij om na zijn overlijden een som geld beschikbaar te stellen, waaruit spectroscopisch wetenschappelijk onderzoek aan de Universiteit van Amsterdam zou kunnen worden gefinancierd. Toen de heer Dommering dit alles aan Ketelaar en mij had verteld, werd onmiddellijk besloten om het zogenaamde John van Geusfonds aan de Universiteit van Amsterdam te verbinden, na goedkeuring door Curatoren van de Universiteit. In de aanvang was het beschikbare geldbedrag nog bescheiden maar na het overlijden van de weduwe van de heer van Geus kwamen ruimere bedragen beschikbaar. In de eerste jaren werd één of twee maal per jaar een prominente chemicus uitgenodigd om een maand in Amsterdam te verblijven. De uitgenodigde gaf dan college voor kandidaten in de scheikunde en was ook beschikbaar voor diegenen die aan een promotieonderwerp werkten. In de jaren tot 1970 werden onder anderen uitgenodigd: Prof. Mulliken (USA), de latere Nobelprijswinnaar; Prof. Ballhausen uit Kopenhagen, Prof. Anatole Abragam uit Parijs, Prof. Brandmüller uit München enz. Later werd aan het John van Geusfonds een bijzondere leerstoel verbonden, welke eerst enige jaren door wijlen Prof.dr. G.J. Hoytink werd bezet en daarna over een langere periode door Prof.dr. J. van der Elsen.

*30 januari 1989.*