

# ALGEMEENE THEORIE EN BIZONDERE ERVARING

REDE UITGESPROKEN BIJ DE AAN-  
VAARDING VAN HET AMBT VAN  
BUITENGEWOON HOOGLEERAAR  
AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE  
UTRECHT OP 17 MEI 1916 DOOR

DR H. R. KRUYT

A. H. KRUYT      UITGEVER — AMSTERDAM

MIJNE HEEREN CURATOREN, PROFESSOREN EN LECTOREN, DAMES EN  
HEBREN PRIVAATDOCENTEN, DOCTOREN EN STUDENTEN EN GIJ  
ALLEN, DIE DOOR UW TEGENWOORDIGHEID UW BELANGSTELLING  
TOONT

*Zeer gewaardeerde Toehoorderessen en Toehoorders*

De natuurwetenschappen hebben in de laatste ander-  
euw een ontwikkeling doorgemaakt, waarvan het  
tempo zóó buitengewoon snel is geweest, dat men met  
moeite zal moeten zoeken in de geschiedenis van andere  
takken van wetenschap om er een analogon voor te  
vinden. Van die ontwikkeling heeft de chemie in ruime  
mate haar deel gehad; van een wetenschap, die men  
slechts naast andere beoefende, is zij gegroeid tot een,  
die de geheele wetenschappelijke kracht van haar beoefe-  
naar voor zich eischt; het materiaal, dat zij in de natuur  
gevonden of in het laboratorium bereid heeft, is tot eenige  
honderdduizenden stoffen gegroeid; haar beoefenaars, zoo-  
wel die haar als wetenschap beleven, als die haar in  
techniek en landbouw toepassen, laten zich bij tienduizenden  
tellen, haar literatuur is zoo reusachtig, dat het Chemisches  
Zentrallblatt jaarlijks meer dan elf duizend verhandelingen  
refereert.

Een algemeen overzicht der natuurwetenschappen in  
het algemeen heeft sinds lang niemand meer. De be-  
oefenaar van den eenen tak kent den anderen doorgaans  
slechts in zeer elementairen vorm; een eenigszins diep-  
gaande kennis van den stand der zustervakken en van  
de beteekenis der daar aanhangige vraagstukken is niet

meer vereenigbaar met de kennis, die vereischt wordt om in het eigen vak het terrein te overzien.

Het heeft dan ook geen zin meer om te trachten den student het geheele terrein der natuurwetenschappen te doen overzien. Het algemeene doctoraat in de wis- en natuurkundige wetenschappen behoort al lange jaren tot de geschiedenis en het is een uitzondering, als iemand meer dan één der tegenwoordige doctoraten in deze fakulteit verwerft. Ja, de onoverzichtelijkheid, als gevolg van de reusachtige verbreding van het gezamenlijke weten, gaat zoover, dat ook het eigen vak in zijn geheele uitgestrektheid door niemand meer overzien wordt. Wie leeft nog mee in de vorderingen en de vraagstukken van de chemie over haar geheele gebied, in de anorganische en de organische, in de analytische en de physiologische chemie, in de physische en de technische chemie, in de metallographie en in de mineralogie, in de landbouwscheikunde en de kristallographie? Leerboeken als dat van BERZELIUS, waarin men nog het geheele chemische weten van dien tijd samengevat vindt, door één man geschreven, ze bestaan niet meer, ze missen bestaansrecht en bestaansmogelijkheid. Wie trouwens, met zulk een belangstelling en kennis beladen, zou nog de kracht tot zelfstandige beoefening overhouden?

Voor ieder wordt het dus noodzakelijk zijn aandacht tot een gedeelte te bepalen. De grootte van dat gedeelte wordt door subjektieve omstandigheden bepaald. Geroepen om aan deze Universiteit de physische chemie te doceeren, moet ik bij deze aanvaardingsoratie de bekentenis afleggen dien tak van wetenschap in zijn geheele uitgestrektheid niet te doorzien. Het afleggen van deze bekentenis kost intusschen den beleider geen zelfoverwinning, want zij

wordt hem gemakkelijk gemaakt door de overweging, dat er vermoedelijk niemand is, die werkelijk nog alles, wat tot de physische chemie gerekend wordt, beheerscht. Ook van dit onderdeel verschijnen geen handboeken meer, dan die door samenwerking van velen zijn tot stand gekomen. Van het eerste groote handboek, OSTWALD'S *Algemeine Chemie*, is de tweede druk alreeds onvoltooid gebleven en zijn auteur heeft een kring van medewerkers gezocht om een handboek tot stand te brengen, waarvan de opzet al duidelijk maakt, dat de mentaliteit van één mensch den inhoud niet leveren kan. Wie overziet gelijktijdig de vraagstukken der homogene en heterogene evenwichtsleer, de elektrochemie, de radiochemie en de elektroniek, de thermo- en de photochemie, de spektroskopie en de chemische thermodynamika, al hetgeen betrekking heeft op het verband van konstitutie en physische eigenschappen, de kolloïdchemie en de chemische kinetika?

Zoo heeft dus de ontwikkeling der wetenschap in verband met de begrensde mogelijkheden van het menscheijk kunnen noodwendig het specialiseeren medegebracht, het zoo vaak betreurde en veroordeelde specialiseeren. Maar men kan toch redelijkerwijze niet betreuren, wat noodzakelijk samenhangt met de grootsche ontwikkeling, die men toejuicht en die men bij voortduring verlangt. En men kan evenmin veroordeelen, wat noodzakelijk is. En nochtans, ook al erkent men ten volle deze overwegingen, gevoelt ieder eenige beklemming, als hij de gewenschtheid van specialiseeren erkent. En hij gevoelt dat dubbel, als hij aan specialiseering in de opleiding der studenten denkt. Maar toch opent deze laatste overweging geen nieuw gezichtspunt. Gegeven, dat het voor den geleerde onmogelijk is het geheele vak in alle onderdeelen zoodanig

te overzien, dat men in staat is de momenteel aanhangige vraagstukken in elk dier onderdeelen voldoende te begrijpen om zelve aan hun oplossing deel te nemen, — sluit de eisch van niet gespecialiseerd onderwijs de straf van oppervlakkigheid onverbiddelijk in zich. Wil men dus, in overeenstemming met de bedoeling van hooger onderwijs, vormen en voorbereiden tot zelfstandige beoefening der wetenschap, dan moet men de opleiding zeker niet door overmatige verbreding aan diepte doen verliezen.

En toch is de vrees, die men vaak bij het noemen van het woord specialisatie gevoelt, begrijpelijk. Want er is specialisatie, die tot verdieping, maar ook, die tot versplintering voert. Men kan het bizondere onderdeel beoefenen zóó, dat men slechts oog heeft voor het bizondere en de algemeene vraagstellingen uit het oog verliest, men kan echter ook het diepere onderzoek van het onderdeel zóó beoefenen, dat men juist in dat gebied het verband met de algemeene problemen zoekt. In dit laatste geval brengt het gespecialiseerde onderzoek niet een zich verliezen in details mede, maar stelt het de uitkomsten van het bizondere in dienst van de oplossing der algemeene problemen. Zoo heft het alle gevaar van eenzijdigheid op en ontzeilt tegelijk de klip van oppervlakkige veralgemeening.

Dat geldt ook voor het onderwijs van bizondere hoofdstukken. Om liefde voor een onderzoek te gevoelen, moet men het probleem volkomen begrijpen en de waarde van eventueele resultaten kunnen waardeeren. De ontwikkeling der natuurwetenschap heeft ons vóór alles tot de kennis gebracht, dat geen enkel vraagstuk eenvoudig is, maar dat zijn oplossing steeds het overzien van tal van corre-

late kwesties eischt. Om iets te kunnen bereiken moet men dus goed georiënteerd zijn. Wil de doctorandus met liefde zijn eerste werkstuk uitvoeren en werkelijk zelfstandig iets bereiken, dan moet hij in het betrokken terrein meer dan oppervlakkig ingeleid zijn, hij moet dus al een beetje „gespecialiseerd" hebben. Maar kweekt men zoo geen onbruikbare, eenzijdige menschen, wordt zoo niet een enge wetenschappelijke gezichtskring geopend en schaadt men niet dat andere doel van het hooger onderwijs, het voorbereiden voor maatschappelijke betrekkingen? Het schijnt ons alweer niet noodzakelijk, mits de verbizondering geen versplintering wordt en de samenhang met algemeene gezichtspunten niet moedwillig omhuld wordt. Een goed doorgedacht bijzonder onderzoek moet zich steeds langs algemeen geldige banen bewogen hebben, en daarin liggen groote voordeelen opgesloten. Om iets te kunnen bereiken moet men tot wetenschappelijk begrip gekomen zijn en dat algemeene is aan alle bijzonder onderzoek gemeenschappelijk. Heeft dus de doctorandus zijn bijzonder onderzoek goed doordacht en ten einde gebracht, dan heeft hij door het speciale zich algemeenheden verworven, die hem straks den weg zullen doen vinden in nieuw wetenschappelijk onderzoek of in de vraagstukken, die hij in zijn maatschappelijken werkkring zal ontmoeten.

Ten einde de mogelijke gevaren voor eenzijdigheid te voorkomen, moet het voorbereidend hooger onderwijs waarlijk algemeen ontwikkelend zijn en de opleiding voor het candidaatsexamen den student de algemeene beginselen van het vak doen kennen. Na het candidaatsexamen mag het onderwijs dan eenzijdig worden, of eigenlijk liever „tweezijdig". Bij de ontwikkeling van slechts één ge-

dachtengang wordt het moeilijk voor den student het algemeene en het bijzondere te onderscheiden; preferent is het daarom, dat hij tenminste twee bijzondere hoofdstukken doordenke, opdat hij door het gemeenschappelijke en het speciale in die beide algemeenheid en bijzonderheid leere onderscheiden en waardeeren.

Het spreekt intusschen van zelve, dat het best geordende onderwijs onvruchtbaar blijft voor den student, die niet naar het dieper begrijpen zoekt; die zoo vlug mogelijk de kennis verzamelt om op examenvragen te antwoorden, met liefst zijn dictaatschrift als eenige bron; voor wien het vanzelf sprekend is, dat met het student-zijn de studie op zal houden en wiens levensideaal een baantje is, dat weinig inspanning eischt, zoodat hem veel tijd overblijft voor de vredige genoegens van kunstlooze huisvlucht, een postzegelverzameling en een plattelandsch sociëteit. Maar het is niet de specialisatie in het hooger onderwijs, op wier rekening zulke mislukking te schrijven is. De goedwillende student zal haar methode verwerken, zooals die bedoeld is. Aan het eigen initiatief der studenten moet men toch velerlei overlaten. Ook het eigen vak dient b.v. in hooger verband begrepen te worden, maar het aanvatten van de studie der wijsbegeerte, waarin alle takken van wetenschappelijk denken tot eenheid komen, moet aan de neiging van den student worden overgelaten. Een algemeen filosofisch of logisch propaedeutisch examen zou slechts het aanzijn geven aan een nieuw examen, een nieuw dictaatschrift en een nieuwen repetitor.

Hoezeer nu algemeene gezichtspunten beter begrepen worden door specialiseerende studie, hoop ik U toe te lichten met een voorbeeld uit de physische chemie. De

ervaringen der jongste drie takken dier wetenschap verdiepen nl. op eigenaardige wijze het inzicht in de grondslagen der scheikunde, zooals die in de jaren kort vóór en na de wisseling van 18<sup>e</sup> en 19<sup>e</sup> eeuw zijn gelegd. Ik bedoel de oude stoechiometrische theoriën en de ervaringen in phasenleer, radio- en kolloïdchemie.

Den jeugdigen leerling der H. B. S. wacht bij zijn intreden in de vierde klas een desillusie. Het scheikunde-lokaal met zijn eigenaardigen, mysterieuzen inventaris doet hem uren van genoegelijk kijken naar knallende en vlam-mende proeven verwachten. Maar in plaats daarvan wordt hem in de eerste lessen een niet gemakkelijk te doorzien samenstel van wetten voorgedragen; een uiteen-zetting der stoechiometrie, de leer der verbindingsge-wichten, treedt in de plaats van de verwachte emotioneele gebeurlijkheden der demonstratietafel.

Zooals altijd het geval is, kan het voor den beginneling niet mogelijk zijn deze beginselkwesties te doorzien. Haar beteekenis komt eerst tot volkomen begrip, wanneer men het terrein, waarop ze gelden, heeft leeren kennen. Wij denken daarbij aan de hoofdwetten der stoechiometrie, die leeren, dat, als twee elementen een verbinding vormen, zij dit doen in konstante gewichtsverhouding; en dat, indien zij meerdere verbindingen vormen, de hoeveelheden van het eene element, verbonden met een bepaalde hoe-veelheid van het andere, steeds in de verhouding van eenvoudige, geheele getallen staan. Deze regelmatig-heden verliezen het karakter van toevalligheden als men de atoom- en molekuulvoorstellingen ontwikkelt. Het molekuul der verbinding ontstaat door samenvoeging van atomen der elementen en van het eene element kan zich

slechts één (resp. twee, drie . . .) met één, twee of drie enz. atomen van het andere element verbinden. Deze valentieeler laat zich overigens eerst weer met kennis van de elektrochemie en de elektroniek doorzien.

Hoe moet men nu echter de juistheid der stoichiometrische hoofdwetten verifiëren? Hoewel wij de laatste jaren ontzaglijk veel meer omtrent de molekulen weten, zijn wij toch nog niet zoo ver, dat wij in staat zijn één enkel molekuul te analyseeren. Trouwens in die richting heeft men het ook niet gezocht. Men heeft steeds de afzonderbare vaste stoffen als conglomeraten van één molekuulsoort beschouwd<sup>1)</sup>. Het willekeurige daarvan is sinds de eerste jaren der stoichiometrie gevoeld en BERTHOLLET stelde dan ook in zijn *Mécanique Chimique* van 1803 tegenover PROUST'S wet der konstante proporties de bewering, dat bv. alcohol-water mengsels (let wel: homogeen vloeibare mengsels) verbindingen van variabele samenstelling voorstelden. In de laatste jaren vindt men deze konklusie van BERTHOLLET telkens weer met waardeering gememoreerd in verband met gevallen, die straks ter sprake komen. Dit met instemming citeeren schijnt wel voort te kornen uit een overigens in de natuurwetenschappen weinig gewaardeerde methode, om een betoog te versterken door zich op een oude autoriteit te beroepen; andere waarde is er moeilijk aan te hechten, daar BERTHOLLET'S gedachtengang evident onjuist is. Om de samenstelling eener verbinding te beoordeelen moet men in eerste instantie toch eenige zekerheid bezitten,

<sup>1)</sup> De gefraktioneerde distillatie, waardoor men «zuivere» vloeistoffen tracht te krijgen, blijve onbesproken. Door de konstant kokende mengsels is de methode onzeker en de organikus prefereert voor identifikatie en zuivering gewoonlijk de gekristalliseerde verbinding boven het distillaat.

die verbinding in handen te hebben. Als men nu ziet, dat alcohol en water zich in alle verhoudingen (inbegrepen dus de verhoudingen van mogelijke verbindingen) mengen, dan beseft men toch zijn onbevoegdheid tot oordeelen onder die omstandigheden. Toen men in later onderzoek zulke stelsels bij temperaturen onderzocht, waar de verbindingen zich in vasten toestand afscheidde, bleek de wet van PROUST onveranderd voor die vaste verbindingen geldig.

Men krijgt dus den indruk, dat de onmengbaarheid van de verbinding met haar bestanddeelen in eerste instantie beslissend is voor haar herkenning als zoodanig. In de phasentheoretische behandeling der heterogene evenwichten komt nu dit vraagstuk tot volkomen ontwikkeling.

Terwijl gassen steeds volkomen mengbaar zijn (met mengbaar wordt homogeen mengbaar bedoeld), kan men van vloeistoffen slechts zeggen, dat haar mengbaarheid zeer vaak volkomen, en, zoo niet, dan toch altijd tot zekere grenzen mogelijk is; de gevallen, waarin geenerlei mengbaarheid aantoonbaar is, behooren tot de uitzonderingen.

Voor vaste, d.w.z. voor kristallijne stoffen memoreerden wij reeds, dat men haar onmengbaarheid vroeger eigenlijk als iets vanzelfsprekends voorondersteld had. Wel kent men het verschijnsel der isomorphie al sinds bijna honderd jaren, maar toen LECOCQ DE BOISBAUDRAN in 1866 de isomorphie een „dissolution de certains corps solides les uns dans les autres" noemde, werden zijn verhandelingen in de „Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris" geweigerd „elles contenaient .... quelques hypotheses un peu risquées". Wij kunnen ons wel indenken, dat men er eenigszins huiverig voor was, een mengbaarheid in vasten toestand te aanvaarden, omdat zij toen tot groote moeilijk-

heden moest leiden bij de beschouwing der stoechiometrische grondregels. VAN 'T HOFF heeft later, door ervaringen op ander gebied geleid, uitgemaakt, dat het toch niet te vermijden was om mengbaarheid in vasten toestand te aanvaarden.

Intusschen had BAKHUIS ROOZEBOOM zijn klassieke onderzoeken over de hydraten van eeuwige gassen, van het calciumchloride en het ferrichloride gepubliceerd en men had zodoende, geleid door den phasenregel van GIBBS en daarmede samenhangende thermodynamische beschouwingen van VAN DER WAALS en van LORENTZ leeren inzien, hoe in de heterogene evenwichten kenmerken te vinden waren voor de samenstelling van zich zuiver afscheidende verbindingen. Bij de onderzochte systemen konden die met zekerheid vastgesteld worden, omdat water zich bijna nimmer in vasten toestand met een andere stof mengt, terwijl het er vaak verbindingen in constante proporties mede vormt. Zoo leverde de kennis der smeltlijn scherpe criteria voor de herkenning der chemische verbindingen, ook zonder dat men ze opzettelijk behoefde af te zonderen en te analyseeren. Langs dien weg hebben wij sedert het chemisme in honderden systemen van twee, drie en vier componenten leeren kennen.

Neemt aan het evenwicht meer dan één mengphase deel, dan valt de scherpste van het criterium gewoonlijk weg, maar aanwijzingen blijven bestaan (men denke aan de insnoering der kooklijn) ook voor die toestanden, waar de klassieke stoechiometrie slechts bij volkomen extrapolatie konklusies kan stellen.

Ook de mengkristallen kregen hun plaats, en het voortschrijdend onderzoek leerde hun niet als zeldzame uitzonderingsgevallen kennen, maar integendeel bleek een

zekere mengbaarheid in vasten toestand eer regel dan uitzondering. En de verificatie der stoechiometrische grondwetten dan?

Welnu, die behoeften eigenlijk geen verificatie meer, nadat zij in honderdduizenden gevallen in organische en anorganische chemie getoetst waren, aan systemen met geen of uiterst geringe mengbaarheid in vasten toestand. De mengkristallen van verbindingen met hun bestanddeelen leeren ons alleen, dat de zoeven aangewezen hypothese, als zou de homogene vaste stof steeds uit slechts één molekuulsoort opgebouwd zijn, een grensregel is, die gelukkig een zeer nauwkeurige benaderingsregel geweest is, voor de systemen, die in de eerste helft der negentiende eeuw in het brandpunt der wetenschappelijke belangstelling stonden, voor de waterige oplossingen e. d.

In moeilijkheid kwamen slechts zij, die de stoechiometrie hadden willen losmaken van de voorstelling der molekulen in den zin van de hypothese van AVOGADRO. Zij hadden de stoechiometrische wetten willen toepassen als geldig voor zekere homogene (hylotropen) fasen, onder miskenning van de resultaten der kinetische gastheorie en van de uitkomsten van andere onderzoekingen, die slechts begrijpelijk waren bij aanvaarding der realiteit dier molekulen. Maar gelukkig hebben mikroskoop en ultramikroskoop ons in de laatste jaren de onderzoekingen over de BROWNSche beweging gebracht. Deze onderzoekingen, gevoegd bij een aantal andere, die alle ten doel hadden de z.g. konstante van AVOGADRO te leeren kennen, hebben bewerkt, dat het doctrinaire scepticisme, dat van geen molekulairstellingen wilde weten, thans vrijwel tot de geschiedenis behoort. De stoechiometrische grondwetten zijn feitelijk intramoleculaire wetten en zij gelden slechts

bij benadering voor de molekuulcomplexen, die wij in handen hebben, zij het ook vaak bij zeer scherpe benadering. De vraag of zij zelfs als molekuulwetten absoluut geldig zijn, blijft in dit verband voorloopig onbeantwoord-

De aldus opgevatte stoechiometrische wetten brengen nu inderdaad den algemeenen samenhang van verbindingshoeveelheden tot uitdrukking. Zij geven ook het goede inzicht in die systemen, waarop wij zooeven zinspeelden, in welke verbindingen optreden, die in alle fasen geheel of gedeeltelijk mengbaar zijn met haar dissociatieprodukten. Mengsels van stoechiometrische samenstelling moeten dan het scherpe smeltpunt missen<sup>1)</sup>; het zijn slechts aanwijzingen, die ons hier het bestaan der verbinding kunnen leeren. Gelukkig heeft het onderzoek van verschillende physische eigenschappen (elektrisch geleidingsvermogen, hardheid, thermoelektrische kracht e. a.) het aantal dier aanwijzingen zeer vergroot; ook ter benadering van de samenstelling der betrokken verbindingen zijn die van groot nut, maar het is goed toch steeds in het oog te houden, dat daaromtrent geen volkomen zekerheid te verkrijgen is bij den tegenwoordigen stand onzer kennis.

De Wet van de „eenvoudige geheele getallen" moest door de ontwikkeling der organische chemie al reeds lang met een korrel zout aanvaard worden. Wanneer men b.v. de constitutie voor het molekuul van de kleurstof nachtblauw (om nu niet eens een buitengewoon kompleks voorbeeld te kiezen) ziet aangegeven als samengesteld uit 37 eenheden koolstof tegenover 3 stikstof, 42 water-

<sup>1)</sup> Ook het maximum in de smeltlijn, gevolg van het bestaan eener verbinding, ligt theoretisch niet bij de stoechiometrische samenstelling dier verbinding, als deze eenige mengbaarheid in vasten toestand met haar dissociatie-produkten vertoont.

stof en 1 chloor, dan moet men toch zeer gekompliceerd denken om die verhouding eenvoudig te vinden. De phasentheoretische onderzoeken hebben ons in de anorganische chemie in dezelfde richting geleid: de verhoudingen in een verbinding  $\text{Li}_{19}\text{S}_9\text{NH}_{34}\text{O}_{66}$  zijn toch evenmin als eenvoudig op te vatten. En toch behoudt de wet haar rechtmatigheid als men haar maar niet eng opvat als een schabloon voor chemische konstituties. Want de anorganische verbinding, die ik U noemde, is genetisch op te vatten als bestaande uit een aaneenlegging van 9 molekulen lithiumsulfaat, 27 molekulen water en één molekuul lithiumnitraat; weliswaar zijn ook deze getallen nog niet eenvoudig zonder meer, maar toch zeer verschillend van die der empirische formule. De organische verbinding nachtblauw blijkt eveneens uit bestanddeelen met eenvoudiger atoomverhouding opgebouwd; al klinkt haar systematische naam U waarschijnlijk nu juist niet eenvoudig tolyl-tetraethyl-triamido- $\alpha$ -naphthyl-diphenyl-carbidride-chloorhydraat, hij brengt toch den bouw uit een aantal eenvoudiger bestanddeelen tot uitdrukking.

Wij zagen dus, dat de nieuwe ervaringen omtrent den vasten toestand, zooals het phasentheoretisch onderzoek die opgeleverd heeft, de oude theorieën niet weerlegd, integendeel ze bevestigd hebben, maar tegelijk is de beteekenis, die wij aan die wetten hechten, er door gewijzigd. Een-zelfden invloed moeten wij toekennen aan de uitkomsten van onderzoeken op het gebied der radiochemie.

De ontdekking van het Radium en andere radioactieve elementen en van de onverwachte verschijnsels, die deze elementen vertoornen, heeft in de laatste jaren der 19<sup>e</sup> eeuw groote emotie in de chemische en physische wereld gebracht.

Maar de verbazing en ontroering is in de eerste jaren der 20<sup>e</sup> eeuw nog aanmerkelijk toegenomen, toen het bleek, dat men hier met stoffen te doen had, die om tal van redenen tot de elementen gerekend moesten worden en nochtans in elkander overgingen. De onveranderlijkheid der elementen was juist het principium bij uitnemendheid, dat de moderne scheikunde van de alchemie onderscheidde en dat beginsel werd hier op evidente wijze onjuist bevonden. De meening, dat de grondslagen der chemie wankelden, ja reeds ingestort waren, werd dan ook allereergsten vernomen. Men beschouwt deze zaken nu alreeds wat gemoedelijker en in het kader der besprekingen, die ons thans bezighouden, kunnen wij het overigens buitengewoon interessante vraagstuk van de transmutatie der elementen als zijnde prae-stoichiometrisch ter zijde laten. Immers de stoichiometrie behandelt de bindingsverhoudingen der gegeven elementen en gaat dus om zoo te zeggen feitelijk achter hun ontstaanswijze om. Maar de onderzoekingen op het gebied der radioactieve stoffen in de laatste twee jaren hebben toch uitkomsten geleverd, die weer van groote beteekenis zijn voor de stoichiometrie.

De eenheden, waarmede de stoichiometrie werkt, zijn de atoomgewichten, de getallen, die, voor elk element karakteristiek, de vergelijkingsgrootte in de wet der konstante proporties aangeven. Nauwkeurige kennis daarvan is voor de wetenschap van zeer wezenlijk belang en in den laatsten tijd is dan ook de grootste moeite besteed om de experimenteele techniek voor hun bepaling tot den hoogst bereikbaren graad van verfijning op te voeren. Past men nu deze geraffineerde methoden toe op zekere elementen, die door radioactieve omzettingen ontstaan zijn, en op elementen, zooals wij die tot nog toe kenden, dan vindt

men verschillend atoomgewicht, alhoewel chemisch tusschen die stoffen niet het geringste verschil is aan te toonen en haar mengsels derhalve onscheidbaar zijn. Ja, ook spektrometrisch is het niet gelukt hen te onderscheiden, en dat zegt zeer veel. wanneer men bedenkt, dat de nauwkeurigheid van metingen in de spektroskopie beschouwd wordt als de hoogste, die in eenigen tak der natuurwetenschap is bereikt. Zoo is dan in eenigszins afgeronde getallen voor het lood, dat in uraanhoudende ertsen voorkomt, een atoomgewicht van 206.7 gevonden, voor het lood uit loodglans 207.1; en eveneens is voor het thorium uit een uraanerts 231.5 gevonden, terwijl tot nog toe het atoomgewicht voor dit element op 232,4 gesteld was (hetgeen waarschijnlijk 232.15 moet zijn, maar waarbij dan toch ook een markant verschil overblijft).

Welk fundamenteel principe wordt hier geweld aangedaan? Feit is, dat telkens twee elementen, die physisch en chemisch identiek zijn, met een ander element zich niet in konstante verhouding verbinden. Zullen wij nu ons chemisch en physisch onderzoek ontoereikend verklaren om het verschil der quasi-identieke elementen aan te toonen? Dan is de theorie gered, maar wij behouden toch het onaangename gevoel de nieuwe ervaring gedeprimeerd te hebben ter wille van de oude theorie. Of zullen wij zeggen, dat het lood van jongen oorsprong uit jeugdige dartelheid zich in een nog onevenwichtelijken toestand bevindt en dat de lading van het ion nog niet door precies  $2 \times 96490$  Coulombs gemeten wordt? Dan laten wij feitelijk het beginsel der wet van de konstante proporties los voor het geval, dat een element uit atomen bestaat, die het innerlijk evenwicht niet hebben bereikt, dat de wet blijkbaar vooronderstelde.

De keuze tusschen deze interpretaties blijft aan het nadere onderzoek voorbehouden. Maar de uitslag, hoe hij ook worde, zal ons niet ontroeren. Hij zal ons slechts weer bevestigen, dat men om te beginnen nimmer het beginsel doorziet, maar dat de doorvoering van zulk beginsel ons tot juister begrip voert, welke vooronderstellingen de betrekkelijke waarde daarvan beperken. De bijzondere ervaring, als zij de algemeene theorie niet weerlegt, leidt altijd tot een beter begrijpen ervan.

In de derde plaats: stoechiometrie en kolloidchemie. Nog bij den aanvang dezer eeuw zou over een koppeling van deze beide geen verstandig woord te zeggen geweest zijn. De zg. kolloidale oplossingen schenen immers te spotten met alle stoechiometrische wetten, daar ze osmotischen druk noch dampdruk- en vriespuntsdaling tegenover haar „oplosmiddel" vertoonden. En VAN BEMMELEN'S naastige onderzoekingen wezen uit, dat de hydratatie der gelen zich van alle stoechiometrische verhoudingen geëmancipeerd had. Mijn diep betreurde leermeester BAKHUIS ROOZEBOOM maakte dan ook de geestige opmerking, dat de groote verdienste van GRAHAM'S antithese der kolloiden en kristalloiden eigenlijk daarin stak, dat zij lateren onderzoekers de gelegenheid gaf deze kolloide stelsels uit te schakelen, wanneer die systemen een ernstige hinderpaal voor de aannemelijkheid hunner theorieën zouden geworden zijn, „omdat dat nu eenmaal kolloiden waren".

Hoe anders staan wij daar nu tegenover, na vijftien jaren intensief onderzoek op dit gebied. Eerst kwam het ultramikroskoop, dat de mikroheterogeniteit van een aantal kolloide solen boven alle bedenking vaststelde. Daarop volgde een nieuw ontwaakte belangstelling voor de BROWN-

sche beweging, een merkwaardig verschijnsel, waaraan bitter weinig belangstelling gewijd was in de eeuw, die sinds de ontdekking bijkans was verstreken. De theorieën van EINSTEIN en van VON SCHMOLUCHOWSKY waren aanleiding voor de onderzoeken van THE SVEDBERG en van PERRIN. Juist deze disperse systemen, die buiten zoo allen samenhang met de stoechiometrie schenen te staan, leverden het materiaal om de „hypothese van AVOGADRO", grondprincipe der moleculaire stoechiometrie, tot een „wet van AVOGADRO" te maken.

Bij deze theoretische en experimenteele onderzoeken was het duidelijk geworden, dat gedispergeerde deeltjes zich ten opzichte van hun omgeving als enkele molekulen gedragen, ook al waren zij miljoenen maal groter dan de molekulen der stoechiometrie. en dus uit miljoenen dier molekulen opgebouwd. Het was nu duidelijk, waarom noch osmotische druk, noch vriespunts- en dampspanningsverlaging een waarneembare grootte bereikten, de aktieve massa was immers miljoenen maal kleiner dan die, welke men uit het „molekulaire gewicht" der gedispergeerde stof berekende. Ook hier ontstond dus weer harmonie tusschen oude theorie en nieuwe ervaring, mits men de oude theorie modern opvatte.

De moderne kolloidchemie heeft intusschen hernieuwd onderzoek uitgelokt op het gebied der adsorptie en juist daar staan stoechiometrie en ervaring op zeer gespannen voet. En dat is begrijpelijk gebleken. De affiniteit der stoechiometrische werkingen wordt o. a. door de massa der deelnemende kwantiteiten bepaald; voor de mate der adsorptie is het oppervlak der deelnemende complexen maatstaf. Zulk een oppervlakproces nu wordt beheerscht door een wet sui generis. Het woord „adsorptie-verbin-

ding", waarmede men den eindtoestand van het adsorbens wel heeft willen beschrijven, is dan ook eigenlijk een monstrositeit gebleken, wanneer men aan het woord verbinding een chemische beteekenis wil hechten. Waar nu de adsorptie zulk een buitengewoon groote rol in de kolloidchemie speelt, zou men geneigd zijn dus toch de stoechiometrie alle waarde voor het kolloidchemisch onderzoek te ontzeggen. Maar dit zou volkomen onjuist zijn, want telkens duiken in de kolloidchemie de stoechiometrische verhoudingen als kenmerken op. Het zij mij vergund eenige gevallen te noemen.

Wanneer men aan de verdunde oplossing van een zilverzout een eveneens niet te sterke solutie van een halogeenzout langzaam toevoegt, ontstaat weliswaar het onoplosbare zilverhalogenide, maar dit blijft, voorloopig althans, in kolloide verdeling schijnbaar opgelost. Het vlokt echter steeds uit, wanneer de beide zouten in stoechiometrische verhouding zijn samengebracht.

Er bestaan twee soorten van anilinekleurstoffen, die, waarin het kleurgevende gedeelte kation en die, waarin het anion is, de z.g. basische en zure kleurstoffen. Brengt men een oplossing van een basische en een zure kleurstof bijeen, dan vormt zich een z.g. verflak, die gewoonlijk onoplosbaar is. Ook als van de uitgangso oplossingen een of beide kolloide systemen zijn, heeft lakvorming plaats. Als een simpel chemisme volgens stoechiometrische verhouding is het gebeuren hier moeilijk op te vatten, daar een spontaan, zuiver chemisch ageeren door het geheele gedispergeerde deeltje nimmer voorkomt. En toch is gebleken, dat de gevormde lak praecipiteert juist wanneer (of althans in de onmiddellijke nabijheid van de concentratie, waarbij) de reagentia in stoechiometrische verhouding bijeen zijn.

En dan tot slot nog een zeer algemeen voorbeeld: liet is door het jongere onderzoek onbetwifelbaar gebleken, dat het bestaan en het te niet gaan der suspensiekolloïden geheel beheerscht wordt door de adsorptie van ionen. Toen men bepaalde, hoeveel uitvlokkend ion per gram gesuspenderde stof er bij het uitvlokkingsproces werd medegenomen, bleek deze hoeveelheid voor alle elektrolyten aequivalent. Daaruit is gebleken, welk stoichiometrisch chemisme hier schuil gaat. De adsorptie zelve moge in geen rechtstreeksch verband tot de stoichiometrie staan, zij voert de reageerende bestanddeelen naar de grenslaag en hier voltrekken zich processen, die volkomen aan de stoichiometrische wetten onderworpen zijn. Dat is ook het geval bij de zilverhalogenide- en de verflak-systemen. Ook daar beslist de stoichiometrie der grenslaagconcentraties over den toestand van het systeem.

Zoo zien wij dus ook hier harmonie tusschen de oude, algemeene theorie en de nieuwe, bijzondere ervaring, maar toch weer zoo, dat de nieuwe ervaring de oude theorie in een nieuw licht stelt. Dat was gemeenschappelijk aan alle konklusies, die wij gesteld hebben en deze uitkomst bevestigt, dat de bijzondere ervaring niet het algemeene gezichtspunt vervaagt, maar integendeel, dat de kennis van het speciale geval telkens het inzicht in de algemeene vraagstukken verdiept.

MIJNE HEEREN CURATOREN. Ik heb zooeven er aan herinnerd, hoe de enorme ontwikkeling der natuurwetenschappen noodwendig tot gespecialiseerde beoefening voert. Wanneer de Universiteit dus werkelijk het algemeene beeld der wetenschap wil ontwikkelen, dan vraagt zij uit den aard der zaak in de jongere vakken, die de snelle ont-

wikkeling vertoonen, welke de jeugd eigen is, uitbreiding van het docententel. Dat Uw College, dat op zoo voortreffelijke wijze de vele, verschillende belangen der Universiteit verzorgt, ook een open oog heeft voor deze eischen van den nieuwen tijd, het stemt tot bewondering en dankbaarheid; een dankbaarheid, die ik persoonlijk dubbel gevoel, waar Uw College mij heeft willen voordragen aan de Regeering om dezen nieuwen buitengewonen leerstoel te bezetten. Ik hoop dien dank in te kunnen lossen, door, zoover mijn krachten reiken, mede te werken aan het wetenschappelijk onderzoek en het onderwijs, waarvan ik weet, dat de bloei U zoozeer ter harte gaat.

MIJNHEER DE SECRETARIS VAN CURATOREN. Toen ik in 1907 als doctorandus hier te Utrecht kwam, verschafte een aangelegenheid van formeelen aard mij terstond het groote genoegen met U in persoonlijk contact te komen. Toen reeds en later bij mijn toelating als privaatdocent, bij regelingen in verband met mijn tijdelijk lectoraat te Groningen en met mijn lectoraat hier, en nu weer bij deze benoeming heb ik steeds uw hoffelijke medewerking genoten en gewaardeerd. Nu mijn veranderde positie de frekwentie van samensprekingen wellicht vergrooten zal, blijf ik mij voordurend voor Uw hulp en bemiddeling aanbevelen.

Dat Gij, mijn lieve MOEDER, dezen dag mede beleeft, is voor mij een zeer bijzondere vreugde. Ik hoop, dat Gij het geluk, dat voor mij in dezen dag gelegen is, heden gevoelt als de vrucht van de onbegrensde liefde en toewijding, die ik in mijn leven van U ondervonden heb.

MIJNE HEEREN PROFESSOREN. Wanneer heden een jonge

ambtgenoot in Uw rij zijn intrede doet, weet dan, dat hij dat als een bijzondere onderscheiding aanvaardt; dat hem de hoop vervult te mogen genieten van Uw groote kennis, Uw rijke ervaring, en, kan het zijn, van Uw vriendschappelijke omgang. Moge de aanraking met de veelzijdigheid Uwer gezamenlijke wetenschap den jongen beoefenaar van een bepaald terrein behoeden voor bekrompen verbijzondering.

MIJNE HEEREN LEDEN DER FAKULTEIT VAN WIS- EN NATUURKUNDE. Het geheel der wetenschappen moge onoverzichtelijk geworden zijn, de praktijk van het dagelijksch leven brengt ons allen telkens op het terrein van den ander. Vooral de physisch chemische bestudeering der kolloide systemen leidt den onderzoeker nu eens op physisch, dan weer op biologisch terrein; nu eens stuit hij op organisch-chemische, dan weer op analytisch-chemische, straks op mathematische en physische moeilijkheden en eindelijk wenscht hij de konsekwenties zijner uitkomsten op physiologisch terrein te kennen. Hij moet zich daartoe om raad wenden tot geleerden op elk dier gebieden. Ik heb in den loop der jaren nimmer bij een van U tevergeefs om hulp aangeklopt, ik blijf mij voor Uw waardevoller! steun ook in de toekomst aanbevolen houden. Zelve zal ik daarvan ongetwijfeld het meeste profiteeren, maar wellicht kan zulke samenwerking, die zich zoo zuiver aan het universitaire karakter aansluit, vraagstukken van gemeenschappelijk interesse doen kennen en tot oplossing brengen.

MIJNE HEEREN HOOGLEERAREN IN DE SCHEIKUNDE. Een beroep op Uw welwillendheid en steun zou een ondankbaarheid schijnen. Er gaat wel geen week voorbij, waarin ik mij

niet minstens eens tot U wend, hooggeachte VAN ROMBURGH, om te profiteeren van Uw groote kennis en Uw helder oordeel, om Uw altijd zoo bereidwillig verleend advies of Uw daadwerkelijke hulp in te roepen. En hoe vaak profiteer ik van het gelukkige feit, dat U, hooggewaardeerde SCHOORL, tot onzen buurman maakte en begeef ik mij door de verbindingsgang onzer laboratoria om U te gaan raadplegen en zoo mede te genieten van Uw ervaring en Uw oorspronkelijke gedachten op het gebied der analyse. Ik heb van U beiden te veel ontvangen, dan dat een beroep voor de toekomst niet een ondankbare waardeering van het verleden zou lijken.

Maar wat moet ik dan tot U zeggen, hooggeachte COHEN? Zelden toch zal iemand tegenover zijn naasten ambtgenoot staan in een verhouding als waarin ik tot U sta. Formeel mag ik mij niet eens Uw leerling noemen, want ik kwam met een reeds half voltooide dissertatie tot U. Maar al gedenk ik met groote dankbaarheid den leermeester mijner studentenjaren BAKHUIS ROOZEBOOM, Gij hebt evenzeer grooten invloed op mijn vorming gehad. In dagelijksch samenwerken heb ik Uw denkwijze hoog leeren waardeeren, heb ik Uw experimenteele talenten leeren bewonderen en getracht mij iets van Uw wilskrachtige, onverzettelijke, recht op het doel afgaande werkwijze eigen te maken; zoodoende heb ik door U het vreugdevolle van het experimenteren leeren kennen. Gevoelens van groote dankbaarheid en bewondering voor Uw persoon vervullen mij, wanneer ik denk aan allen steun, dien ik van U heb mogen ontvangen. Niets is U ooit te veel geweest, de belangen van een ander gaan bij U altijd vóór by de eigene. Wij hebben nu acht en een half jaar te zamen het VAN 'T HOFF-laboratorium bewoond en in volkomen harmonie ónze

toch zoo vaak uiteenloopende wegen bewandeld, wij hebben ons steeds één gevoeld in de liefde voor onze wetenschap. Ik weet, dat er steeds een groote schuld aan dankbaarheid jegens U voor mij zal overblijven, maar ik weet ook, dat ik die niet meer tot Uw tevredenheid zal kunnen trachten in te lossen, dan door met toewijding en kracht op het gebied der physische chemie voort te werken. Uw steun en aanmoediging zullen mij daarbij, ik weet dat uit ervaring, van onschatbare waarde zijn.

MIJNE HEEREN LECTOREN. Ik neem heden afscheid uit Uw kring en ik houd mij overtuigd, dat Gij het niet als een onhoffelijkheid zult opvatten, wanneer ik zeg, dat mij dit afscheid niet zwaar valt. Immers de aangename persoonlijke verhouding met velen Uwer zal, zoo vertrouwd ik, niet veranderen. Ik verlaat dus slechts het ambt, waarin men (een der collega's heeft het eens geestig en terecht gezegd) eigenlijk het gevoel heeft „groen te loopen voor professor". En zonder al het kwaad, dat van den groentijd gezegd wordt, voor mijn rekening te willen nemen, ieder neemt er toch tot zijn tevredenheid afscheid van. De onderzoekingen, door onze jonge Lectoren-vereening verricht, laten ons in twijfel of wij het lectoraat als een wonderlijk ongeregeld, maar voor verbetering vatbaar instituut, dan wel als een legislatieve vergissing moeten opvatten. In elk geval hoop ik, dat de vereening onder haar krachtige leiding moge voortgaan op den ingeslagen weg tot verbetering en verheffing van het lectoraat. En indien een outsider daarbij van eenig nut kan zijn, dan behoef ik U wel niet mijn bereidwilligheid tot steun te verzekeren.

DAMES EN HEEREN STUDENTEN. Ik zal niet trachten tot U iets nieuws te zeggen, wij kennen elkander uit den dagelijkschen laboratorium omgang, uit de collegezaal en het colloquium. Ik heb in deze oratie voor U niet een bepaald werkprogramma ontwikkeld, want Gij weet de terreinen, waarop ik mij beweeg en waarop ik U gaarne als medereizigers medeneem. Gij weet, wat Ge van mij te verwachten hebt: dat ik gaarne mijn krachten tot Uw beschikking stel, dat ik gaarne mijn enthousiasme voor de bestudeering en het onderzoek van vraagstukken uit phasenleer en kolloidchemie tot U overbreng. Gij weet ook wat ik van U verwacht; de effectus civilis van ons doctoraat is, behalve voor het middelbaar onderwijs, zoo gering, dat men het vak wel om zichzelfswille beoefenen moet. Daarom hoop ik in U steeds te vinden medewerkers, gevoelig voor de bekoring van het onderzoek, jong en sterk om zich niet door moeilijkheden en tegenvallers te laten weerhouden om door te zetten. Ik hoop van U, dat Gij met zelfbeperkende intensiteit U aan het onderzoek zult wijden; niet, dat ik in eenzijdige bekrompen werkezelarij Uw jonge jaren wil zien doorgebracht, integendeel, ik hoop, dat Gij in Uw studentenjaren de waarheid breed tot U zult laten komen, dat Gij U niet afsluit voor het dieper ervaren van religie, wijsbegeerte en kunst, dat het sociale leven van dezen tijd Uw belangstelling hebbe, ja, ik erken ook gaarne Uw recht op den jolijt van het studentenleven. Maar weet Uw tijd! Gij moogt beginnen het breed te zoeken, er moet een tijd komen van zelfbeperkende studie in Uw speciale vak, willen Uw studentenjaren niet ten aanzien van de hoofdzakelijk aan U voorbij gaan. Maar als Gij waarlijk Uw tijd weet, dan zult Gij aan het einde uwer akademie-

jaren niet het einde Uwer studie vinden, maar het begin van een loopbaan, die zich innerlijk aan de voorafgaande jaren aansluit. In dien zin zal ik gaarne helpen U voor te bereiden.

Ik heb gezegd.