

A qu. 325. VII

.25 .

N^o 325 VII, 25

Rede Groningen

TWEE
RICHTINGEN DER SCHEIKUNDE

MET ELKANDER VERGELEKEN.

INWIJDINGSREDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN HET HOOGLEERAARSAMBT IN DE FACULTEIT

DER WIS- EN NATUURKUNDE AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE GRONINGEN.

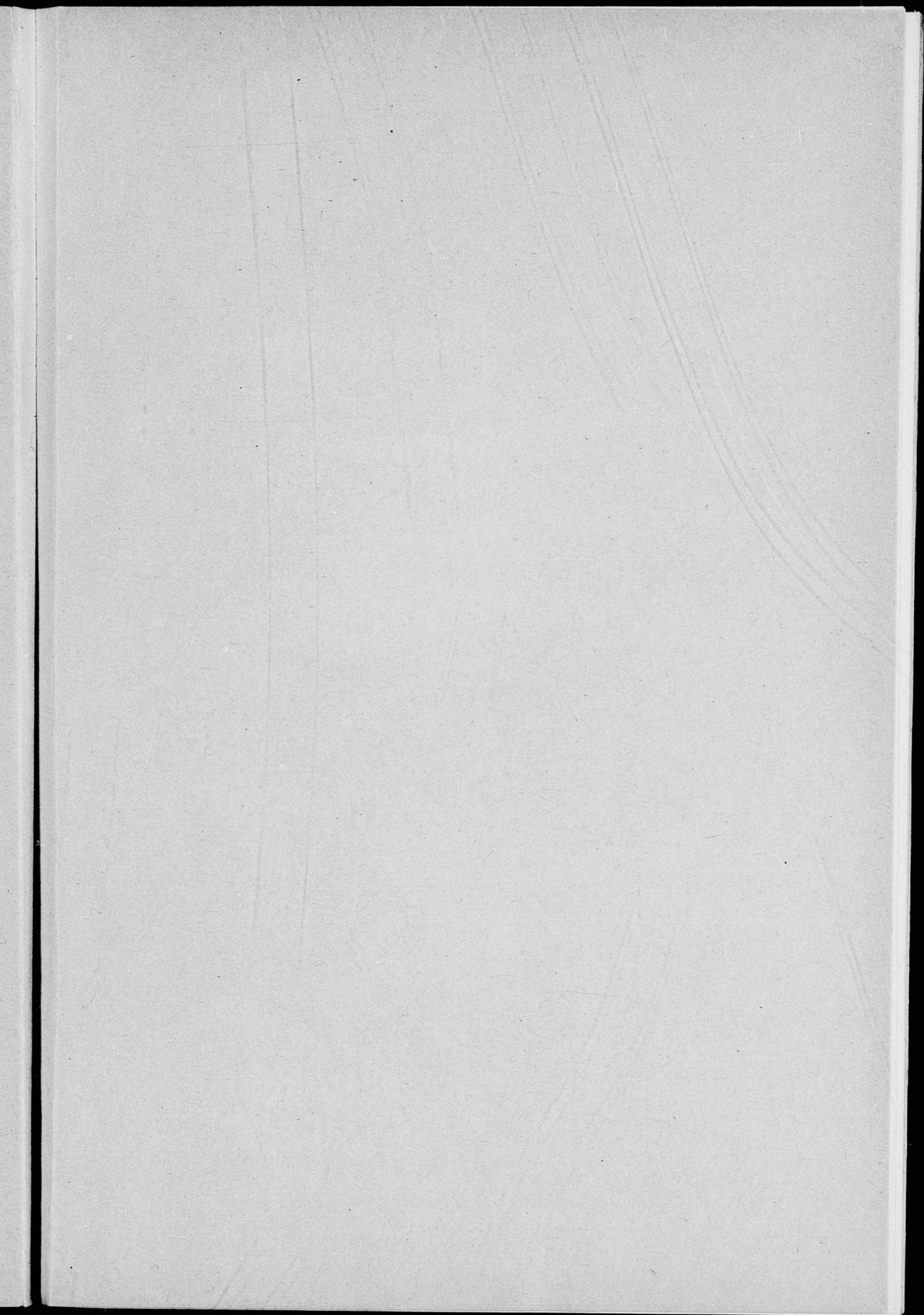
OP DEN 21^{en} OCTOBER 1893.

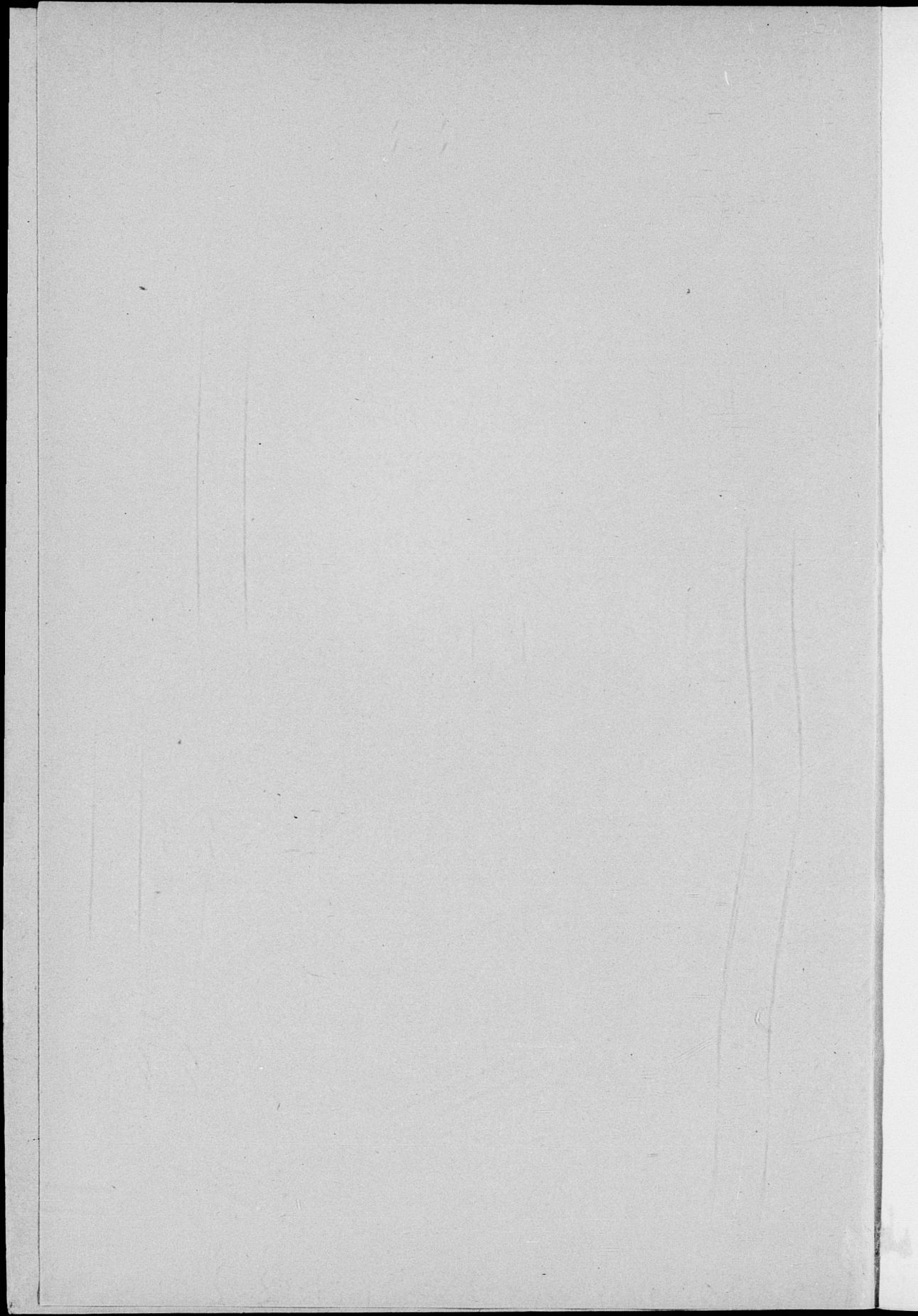
DOOR

DR. A. F. HOLLEMAN.



TE GRONINGEN BIJ J. B. WOLTERS, 1893.





TWEE RICHTINGEN DER SCHEIKUNDE

MET ELKANDER VERGELEKEN.

RIJKSUNIVERSITEIT UTRECHT



0331 2000

Ag. 325. VII, 25

TWEE

RICHTINGEN DER SCHEIKUNDE

MET ELKANDER VERGELEKEN.

INWIJDINGSREDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN HET HOOGLEERAARSAMBT IN DE FACULTEIT

DER WIS- EN NATUURKUNDE AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE GRONINGEN,

OP DEN 21^{en} OCTOBER 1893,

DOOR

DR. A. F. HOLLEMAN.

TE GRONINGEN BIJ J. B. WOLTERS, 1893.

Stoomdrukkerij van J. E. Wolters.

EDEL GROOT-ACHTBARE HEEREN CURATOREN DEZER HOOGESCHOOL!
WELEDEL GESTRENGE HEER SECRETARIS VAN HET COLLEGE VAN
CURATOREN!

HOOGGELEERDE HEER RECTOR MAGNIFICUS, HOOGGELEERDE HEEREN
PROFESSOREN, ZEER GEACHTE AMBTGENOOTEN!

ZEER GELEERDE HEEREN LECTOREN, PRIVAAT-DOCENTEN EN DOC-
TOREN IN DE VERSCHILLENDE FACULTEITEN!

WELEDELE HEEREN STUDENTEN, EN VOORTS GELIJK ALLEN, LEDEN
DEZER AANZIENLIJKE VERGADERING!

Hooggeachte Toehoorders!

De ontwikkeling der scheikunde in den loop der eeuwen is eene zeer langzame geweest. Van af het begin der beschaving, toen alle kennis in eenen godsdienstigen en mystieken vorm gekleed was, tot op het geheel rationalistisch standpunt, waarop thans de natuurwetenschappen staan, heeft zij, in tegenstelling van sommige andere deelen der natuurwetenschap, eene zeer langdurige periode van halfslachtingheid doorgemaakt, toen weliswaar reeds een aantal exacte waarnemingen werden gedaan, maar het mysticisme nog den grondtoon van dezen tak van menschelijke kennis uitmaakte. Het is het tijdperk der alchemie, hetgeen aldus beschouwd, een noodzakelijken overgang tusschen de beide uitersten, mysticisme en rationalisme vormt, en uit een cultuurhistorisch oogpunt ten zeerste de belangstelling verdient, die er heden weder op nieuw voor is ontstaan.

De alchemie trachtte voornamelijk — het is overbekend — onedele metalen in edele te veranderen. In het begin der zestiende eeuw ontstond naast deze richting der scheikunde

eene andere, weldra de eerste overheerschende, de zoogenaamde iatrochemie, die voornamelijk trachtte de scheikunde in dienst der geneeskunde te stellen; het ontdekken van chemische praeparaten, die op bepaalde wijze op het menschelijk lichaam inwerken werd als het eigenlijke streven der chemie beschouwd. Eerst in de tweede helft van de zeventiende eeuw — voornamelijk door BOYLE — werd zich de scheikunde van haar waarachtig doel bewust, de studie der elementen en van hunne verbindingen. Wel verre echter van zich van toen af aan geleidelijk tot op heden te ontwikkelen, is zij ook daarna, als wellicht geen andere wetenschap, het tooneel geweest van vele omwentelingen, nu eens zich openbarende in den val van theoriën die de geheele wetenschap beheerschten, dan weder in eene geheele verandering van richting waarin zich het onderzoek hoofdzakelijk bewoog.

Van af BOYLE tot LAVOISIER waren de scheikundige onderzoekingen hoofdzakelijk van kwalitatieven en praeparatieven aard geweest. De enkele quantitative onderzoekingen die gedaan waren, werden als van weinig beteekenis beschouwd. Bekend was b.v. dat metaalkalken bij hunne reductie tot metalen in gewicht afnemen; toch belette deze kennis niet den bloei der phlogistontheorie, die juist leerde dat de metaalkalken door *opname* van phlogiston tot metalen worden.

Met LAVOISIER begint in de tweede helft der achttiende eeuw voor goed het tijdperk van het quantitative onderzoek. De phlogistontheorie, die enkel de kwalitatieve zijde der oxydatieverschijnselen kon verklaren, viel en werd vervangen door de verbrandingstheorie van LAVOISIER. In het begin dezer eeuw voerde DALTON de atoomtheorie in en BERZELIUS voornamelijk was het, die door veelomvattende onderzoekingen hare juistheid boven allen twijfel verhieft; de basis van onze nog thans geldende beschouwingen was hierdoor gelegd.

Het scheikundig onderzoek had zich in de eerste twintig tot dertig jaar dezer eeuw hoofdzakelijk op het gebied der anorganische natuur bewogen. Met LIEBIG's optreden in Duitschland en met dat van DUMAS in Frankrijk komt hierin verandering. Aangetrokken door LIEBIG's machtige persoonlijkheid stroomden leerlingen uit alle deelen der aarde naar het nederige Giessen; en zoo, omstuwd door eenen staf van jeugdige bekwame chemici, werd door hem het nog bijna onontgonnen terrein der organische scheikunde als het ware stormerderhand in bezit genomen. Van nu af aan is deze het geliefdskoosde veld van onderzoek geworden — en gebleven tot op den huidige dag. Maar ook in dit enger begrensde gebied heeft het niet aan wisselingen ontbroken: de dualistische opvatting der organische verbindingen — naar analogie der anorganische — ten val gebracht door de onderzoekingen van DUMAS; de typentheorie van GERHARDT, verdrongen door de denkbeelden van KEKULÉ; eindelijk de theoriën van VAN 'T HOFF, aanvankelijk door sommigen, zelfs van de bekwaamsten, bijna met verontwaardiging begroet, thans algemeen aangenomen; ziedaar alleen met name enkele der voornaamste fasen in de ontwikkeling der organische chemie aangeduid.

Thans, aan het einde der negentiende eeuw, die reeds zooveel op chemisch gebied heeft zien gebeuren, beleven wij eene nieuwe en uiterst gewichtige verandering in de richting waarin zich de scheikunde gaat ontwikkelen. Door LAVOISIER werd aan het einde der *vorige* eeuw het beginsel van de onvergankelijkheid der stof in onze wetenschap ingevoerd; aan den naam van VAN 'T HOFF zal aan het einde *dezer* eeuw verbonden blijven de invoering in de scheikunde van het beginsel der onvernietigbaarheid van de energie, den grondslag voor de wetten der thermodynamica.

De gewichtige gevolgen van de invoering van het eerste der genoemde beginselen zijn bekend; de uiterst omvang-

rijke ontwikkeling der scheikunde in deze eeuw heeft geheel haren oorsprong daarin te zoeken; eene ontwikkeling in zulk eene mate dat niet geheel ten onrechte door sommigen het begin eener eigenlijk wetenschappelijke chemie eerst van af het werken van LAVOISIER wordt gerekend.

Dat de invoering van het tweede beginsel niet minder gewichtige gevolgen zal hebben, laat zich met zekerheid voorzien. De daardoor ontstane nieuwe, physisch-mathematische richting, al lang als degene aangeduid die de scheikunde zal moeten nemen, is sinds ongeveer tien jaren voor goed ingeslagen. Reeds nu kan NERNST met recht beweren in de voorrede van zijne uitmuntende theoretische Chemie: „Ich „glaube überhaupt, dass gegenwartig eine Epoche der ru- „higen, aber erfolgreichen Ausarbeitung für die physikalisch- „chemischen Forscher gekommen ist; die Ideen sind nicht „nur vorhanden, sondern auch bis zu einem gewissen Ab- „schlusse gereift.“ De nieuwe richting beschikt over een eigen tijdschrift, het Zeitschrift für physikalische Chemie, uitgegeven door VAN 'T HOFF en OSTWALD; in verscheidene laboratorien, met name in die van de beide genoemden wordt het nieuwe gebied ijverig bewerkt; het geniale drietal VAN 'T HOFF, OSTWALD, ARRHENIUS is bezig voor de physische scheikunde tot stand te brengen, hetgeen LIEBIG, WÖHLER en DUMAS voor de organische chemie hebben gedaan.

Vergunt mij, zeer gewenschte toehoorders, in het verdere verloop dezer rede eenigszins nader het kenmerkende der bestaande en van deze nieuwe richting in het licht te stellen, waaruit dan van zelf de verhouding zal blijken waarin beide richtingen tot elkander staan.

Reeds werd er op gewezen, dat sedert het begin van LIEBIG's werkzaamheid de studie der organische scheikunde hoe langer hoe meer op den voorgrond is gekomen. Aanvankelijk — zooals trouwens niet anders kon — hare methoden van onderzoek ontleenende aan de anorganische

scheikunde, heeft zij weldra de voor hare vruchtbare beoefening eigenaardige werkwijzen geschapen en naarmate zij vorderingen maakte, verbeterd en uitgebreid. Omgekeerd werden deze op het gebied der minerale scheikunde toegepast, en niet alleen dit; de nieuwe denkbeelden die zich door de beoefening der koolstofchemie ontwikkelden, ja zelfs het doel waarnaar zij streefde — de bepaling der chemische structuur — werden op anorganisch gebied overgebracht, zoodat dit geheel door de organische scheikunde beheerscht werd en wordt. Ik ontleen hieraan het recht deze richting der scheikunde als de *organische* aan te duiden. Het opsporen van nieuwe verbindingen; het bestudeeren der ontledingen en omzettingen die de lichamen ondergaan door de inwerking der verschillende, ten dienste staande hulpmiddelen; de reacties tusschen de verschillende verbindingen, alles dienende ter bereiking van het hoofddoel: het opsporen der structuur van de chemische individuen, dat is het zoeken naar de wijze, waarop men zich de atomen van een molecule onderling gebonden moet voorstellen; ziedaar hetgeen de organische richting der scheikunde voornamelijk tracht te bereiken. Inderdaad heeft zij het hierin tot eene bewonderenswaardige hoogte gebracht. „Ich weiss nicht — zoo sprach DU BOIS-RAYMOND LANDOLT in 1882 toe — „ich weiss nicht, ob es ein staunenswertheres Erzeugniss des menschlichen Geistes giebt als die Structurchemie. „Aus dem, was den unbefangenen fünf Sinnen als Qualität „und Wandlung des Stoffes erscheint, Schritt für Schritt „eine Lehre zu entwickeln, wie die von den Isomerieverhältnissen der Kohlenwasserstoffe, war wohl kaum leichter „als die Mechanik des Planetensystems aus der Bewegung „leuchtender Punkte zu erschliessen.“ Hoeveel te meer gelden deze woorden thans, nu er in de laatste jaren met glansrijk gevolg naar gestreefd is om de onderlinge ligging in de ruimte van de atomen die eene molecule samenstellen, te vinden.

Vraagt men naar den weg, waarlangs dit bereikt geworden is, dan laat zich deze aldus in grove omtrekken aanduiden hetgeen tevens tot nadere kenmerking der organische richting diene. Bepalen wij ons hierbij tot het gebied der koolstofchemie, waarin tot heden bijna uitsluitend de leer der chemische structuur is ontwikkeld geworden.

Het beginsel der vierwaardigheid van het koolstofatoom, door de onderzoekingen en de scherpzinnige denkbeelden van KOLBE voorbereid, werd in 1858 door KEKULÉ uitgesproken. Tevens werd door hem in het licht gesteld, dat de koolstofatomen zich ook met elkander moeten kunnen verbinden; zij zijn in de moleculen op zeer bepaalde wijze tot een keten aaneengeschakeld te denken. Deze twee beginselen waren en zijn van de verst strekkende beteekenis voor het vraagstuk van de bindingswijze der atomen in een molecule; voor wat men op voorstel van BUTLEROW noemt de „structuur” van het molecule. In enkele eenvoudige gevallen zijn zij zelfs voldoende om die geheel op te helderen. Beschouwen we b.v. het aethaan, een gas welks moleculen zijn samengesteld uit twee atomen koolstof en zes atomen waterstof. Geleid door de genoemde beginselen laat zich de structuur dezer verbinding niet anders opvatten dan zoo, dat de twee koolstofatomen onderling verbonden, en deze ieder met drie waterstofatomen beladen zijn, daar de waterstofatomen eenwaardig zijn en zij derhalve niet als schakel ter verbinding der koolstofatomen kunnen dienen.

Anders is het geval met eene verbinding wier molecule ook bestaat uit twee atomen koolstof en zes atomen waterstof, maar die daarenboven nog een atoom zuurstof bevat. Geleid door de beide beginselen zijn er thans twee structuurformules te construeeren; een waarin de twee koolstofatomen ieder verbonden zijn met drie waterstofatomen en deze twee atoomgroepen verbonden door het tweewaardige zuurstof-

atoom; of wel de twee koolstofatomen direct met elkander verbonden, terwijl verder het eene drie atomen waterstof draagt, het andere twee en eene atoomgroep, bestaande uit een atoom zuurstof en één atoom waterstof, hydroxyl genaamd. De scheikunde kent werkelijk twee lichamen wier structuur door die beide formules wordt uitgedrukt. De eerste dezer verbindingen is de methylaether, de tweede de gewone alcohol, het aethanol zooals thans zijn wetenschappelijke naam is. Hoe nu te beslissen welke der beide mogelijke structuurformules aan den methylaether en welke aan den alcohol toekomt? Men gaat daartoe de inwerking van verschillende stoffen op beide verbindingen bestudeeren. Het blijkt dan dat telkens als de tweewaardige zuurstof der beide verbindingen vervangen wordt door twee eenwaardige atomen — hoe dit geschiedt blijve hier buiten beschouwing — de methylaether in lichamen overgaat, die slechts één koolstofatoom bevatten, terwijl uit den alcohol slechts verbindingen verkregen worden met twee koolstofatomen in hun molecule. Men besluit hieruit, dat in den methylaether de koolstofatomen niet direct, maar door het zuurstofatoom verbonden zijn, en in den alcohol de beide koolstofatomen zich direct met elkander in verbinding bevinden; dat dus de methylaether de eerste, de alcohol de tweede der boven aangeduide structuurformules heeft.

Het voorgaande moge eenigszins duidelijk hebben gemaakt, hoe men, met behulp van de beide beginselen en door de studie der omzettingen die eene verbinding op verschillende wijzen ondergaat, hare structuurformule kan vaststellen. Voor talloze verbindingen is dit dan ook volkomen gelukt. Het feit dat er verbindingen bestaan, isomeren genaamd, wier moleculen uit dezelfde en uit hetzelfde aantal atomen van ieder zijn opgebouwd, en die toch geheel verschillende eigenschappen hebben — zooals de twee boven genoemde — een feit dat LIEBIG bij den aanvang zijner werkzaamheid

volkomen raadselachtig voorkwam, vond eene bevredigende verklaring door het bewijs, dat hunne atomen onderling verschillend gebonden zijn.

De beteekenis dezer beide beginselen bepaalt zich echter niet alleen tot de verklaring der structuur van bestaande verbindingen. Men kan door hen ook voorspellen, welke verbindingen mogelijk zullen zijn. In duizenden gevallen zijn lichamen, wier bestaan men aldus voorzien had, ook verkregen. In andere echter bleek het langs geen en weg mogelijk te zijn stoffen te bereiden die toch a priori door de theorie worden aangegeven. Zoo is het in het algemeen niet gelukt, lichamen te verkrijgen die twee der boven genoemde hydroxylgroepen aan één koolstofatoom gebonden bevatten. Maar juist daardoor werden de wetten en regels gevonden, die het bestaan en de vorming van de organische verbindingen beheerschen, zoodat thans met vrij groote mate van zekerheid in vele gevallen kan aangegeven worden of eene nog onbekende stof, wier structuur door de theorie wordt gegeven, zal kunnen bestaan en welke in het algemeen hare eigenschappen zullen zijn. Een gewichtig hulpmiddel hiervoor zijn de door SCHIEL in 1842 ontdekte homologe reeksen, bestaande uit verbindingen wier moleculen van elkander enkel verschillen door een meer of minder van een zeker aantal koolstofatomen en het dubbele aantal waterstofatomen. Niettegenstaande deze verschillen in samenstelling hebben de stoffen eener zoodanige reeks over het geheel genomen dezelfde eigenschappen.

Zie daar nu eene ontdekking der organische scheikunde, die ook voor de anorganische van groot belang geweest is. Uit verschillende plaatsen zijner beroemde verhandeling over het periodieke systeem der elementen blijkt, dat MENDELEJEFF bij de opstelling er van, aan de homologe reeksen der organische chemie heeft gedacht. Zoowel bij de elementen als in genoemde reeksen keeren nagenoeg dezelfde

eigenschappen der stof terug na eene bepaalde stijging van het atoom- resp. moleculairgewicht; door beide is het bestaan en zijn de eigenschappen van bepaalde verbindingen resp. elementen voorspeld en ook voor deze laatste door de waarneming schitterend bevestigd, zooals nog voor weinige jaren bleek toen WINKLER het Germanium ontdekte en er geheel de eigenschappen aan vond, zoowel physische als chemische die MENDELEJEFF had voorgezgd van een element met dit atoomgewicht.

Men mag zich wellicht weinige jaren er in verheugd hebben, in de twee meergenoemde beginselen den sleutel in handen te hebben tot ontraadseling van alle isomerien. Er waren zonder twijfel moeilijke gevallen; reeds waren b.v. de vier wijnsteenzuren bekend, alsmede het fumaar- en het maleinezuur, waarvan het niet gelukte, isomerie aan te toonen. De pogingen daartoe aangewend, hadden tot het resultaat geleid, dat in die wijnsteenzuren, in dat fumaar- en maleinezuur de atomen op dezelfde wijze gebonden moeten worden aangenomen. Intusschen hoopte men door voortgezet onderzoek te kunnen bewijzen, dat er in die binding bij de verschillende stoffen toch eenig onderscheid bestaat. Niets mocht echter baten; naar welke richting men ook het onderzoek leidde, steeds werd onverbiddelijk dezelfde uitkomst verkregen: de wijnsteenzuren hebben onderling dezelfde structuur, en eveneens het fumaar- en het maleinezuur. Het aantal van dergelijke gevallen vermeerderde langzamerhand; eene verklaring kon door de bestaande theorie niet meer gegeven worden; invoering van een nieuw beginsel was noodzakelijk geworden, van een beginsel, hetwelk kon verklaren dat verbindingen wier koolstofatomen op dezelfde wijze onderling in hun molecule aaneengeschaakeld zijn en ieder dezelfde elementen of atoomgroepen dragen, toch niet identiek behoeven te zijn. „Das Verdienst, zegt WISLICENUS, „diesen Schritt in ganz bestimmter und

„höchst glücklicher Weise gethan zu haben, gebührt VAN 'T HOFF. Die Fundamentalidee seiner Theorie liegt in dem „Nachweise, dass die Verbindungen eines Kohlenstoffatomes „mit vier verschiedenen einfachen oder zusammengesetzten „Radicalen je zwei Fälle räumlicher Isomerie bieten müssen.“ Inderdaad, door het invoeren van voorstellingen omtrent de ligging der atomen in de ruimte gelukte het de vroeger onverklaarbare isomerien op te helderen. De vier bindings-eenheden van het koolstofatoom denkt VAN 'T HOFF zich gericht naar de vier hoekpunten van een tetraeder in welks midden zich genoemd atoom bevindt. Alleen wanneer aan deze bindingseenheden vier verschillende atoomgroepen of elementen gebonden zijn, is hunne rangschikking rondom het koolstofatoom op twee wijzen denkbaar, die zich tot elkander verhouden als beeld tot spiegelbeeld, en die wegens het ontbreken van een symmetrievlak niet met elkander tot dekking kunnen gebracht worden. VAN 'T HOFF toonde nu aan, dat alle verbindingen die in oplossing of in vloeibaren toestand het trillingsvlak van eenen gepolariseerden lichtstraal uit zijn oorspronkelijken stand vermogen te draaien, een of meer zoodanige koolstofatomen bevatten, asymmetrische koolstofatomen, zooals hij deze noemde. Voor het geval der wijnsteenzuren b.v. wordt daardoor de verklaring der vier isomeren aldus. Zij bevatten twee zulke asymmetrische koolstofatomen. De moleculen van het linksdraaiende en het rechtsdraaiende zuur zijn spiegelbeelden van elkander. Het eene draait het polarisatievlak nauwkeurig even sterk naar rechts, als het andere naar links. Door verbinding van beide ontstaat een zuur, hetgeen in oplossing geene werking op het polarisatievlak uitoefent. Daarmede zijn dus drie der isomeren verklaard; het vierde eindelijk daardoor, dat van de twee asymmetrische koolstofatomen die dit isomeer bevat, het eene naar links, het andere evenveel naar rechts het polarisatievlak doet afwijken, en dus weder eene optisch

inactieve stof ontstaat. Men heeft dus twee optisch inactieve zuren, die evenwel niet identiek zijn, zooals daaruit blijkt, dat het eerste weer te splitsen is in een links- en een rechtsdraaiend zuur, het tweede niet.

Deze zelfde conceptie, dat de bindingseenheden der koolstof gericht zijn naar de hoekpunten van een viervlak is nu ook voldoende om isomeren als van het fumaar- en het maleinezuur te verklaren. In deze stoffen zijn twee koolstofatomen dubbel gebonden, d. w. z. twee bindings-eenheden van elk der atomen staan met elkander in verband. Er blijven dus aan ieder dezer atomen nog twee bindingseenheden over die met andere elementen of groepen beladen zijn. In het geval der twee genoemde zuren zijn deze waterstof en de carboxylgroep, eene atoomgroep die de oorzaak der zure eigenschappen is en die uit één koolstof-, twee zuurstof- en één waterstofatoom bestaat. Ieder der beide dubbel gebonden koolstofatomen is gebonden aan één waterstofatoom en aan ééne carboxylgroep. Uit een model blijkt nu terstond, dat er twee verschillende ruimtegroeperingen dezer vier, twee aan twee gelijke groepen mogelijk zijn; een waarin de carboxylgroepen onderling en evenzoo de waterstofatomen in elkanders nabijheid liggen; de tweede waarin de carboxylgroepen zoo dicht mogelijk bij de waterstofatomen staan dus zoowel de carboxylgroepen als de waterstofatomen zoo ver mogelijk uit elkander liggen. Men besluit uit het feit, dat in het maleinezuur deze carboxylgroepen gemakkelijk op elkander inwerken, dit daarentegen bij het fumaarzuur in geen deele het geval is, dat in het eerste zuur zich genoemde groepen in elkanders nabijheid bevinden, in het tweede niet. Dit besluit wordt door tal van andere waarnemingen gesteund.

In het voorbeeld der wijnsteenzuren zagen wij, hoe de aanwezigheid van twee asymmetrische koolstofatomen reeds aanleiding geeft tot het bestaan van vier stereoisomeren.

Wordt het aantal van zulke atomen, in ééne molecule aanwezig, grooter dan neemt het getal der volgens de theorie mogelijke isomeren snel toe. Deze theorie zal te meer zekerheid verkrijgen, indien zij ook voor zulke samengestelde gevallen blijkt met de waarneming overeen te stemmen.

Dit nu is feitelijk het geval, getuige de schitterende onderzoekingen van EMIL FISCHER over de suikersoorten. Vele dier verbindingen bevatten zes koolstofatomen, die daarom hexosen genaamd worden. Van deze zes, zijn er vier asymmetrisch. Uit deze hexosen zijn andere verbindingen afgeleid, één- en tweebasische zuren, alcoholen enz., allen eveneens met vier asymmetrische koolstofatomen. Van ieder dezer afgeleide verbindingen bestaan stereo-isomeren. Het aantal stoffen die zich van deze suikers afleiden is dus zeer groot. De theorie van VAN 'T HOFF is nu niet alleen volkomen in staat geweest, van al deze isomeren rekenschap te geven; maar zij heeft ook tal van sterische isomeren doen voorzien, die voor een goed deel werkelijk zijn verkregen. Zij is een vaste leiddraad geweest in dit vroeger onontwarbare labyrinth.

„Vor zehn Jahren — aldus schrijven V. MEYER en JACOBSON in hun voortreffelijk leerboek der organische chemie — „noch ein Wirrsal zahlloser einzelner Beobachtungen, „für die uns der einigende Band fehlte, bietet sich uns somit „heute die Gruppe der Zuckerarten als ein wohlgeordnetes „Gebiet dar, in dem wir ohne Mühe die Gliederung über- „sehen und die Beziehungen der einzelnen Theile zu einander „unschwer erkennen. Er liegt nahe, diese Periode unserer „Wissenschaft, welche am Ende des Jahrhunderts über eine „der wichtigsten Gruppen natürlicher Stoffe Klarheit verbreitete, in Parallele zu setzen mit der Zeit, als zu Beginn „unseres Jahrhunderts CHEVREUL durch die chemische Erkennt- „niss der Fette eine ähnlich folgenreiche Grossthat in derselben „Arbeitsrichtung vollbrachte. Gehören doch Fette, Kohlen-

„hydrate und Eiweisskörper als „Baustoffe der pflanzlichen „Organe“ und als Nahrungsstoffe des Menschen enge zusammen; wann wird das Dunkel gelichtet werden, das nuu „noch die dritte der genannten Gruppen einhüllt?“

Het zou mij te ver voeren, indien ik wilde trachten, hier ter plaatse nog aan te geven, hoe hetzelfde beginsel van de opvatting der structuurformules als ruimtebeelden, zich door de onderzoekingen en de theoretische beschouwingen van HANTZSCH en WERNER vruchtbaar heeft bewezen voor de verklaring der isomerie van stikstofhoudende verbindingen; hoe hunne beschouwingen de overwinning hebben behaald op die van V. MELJER die van de stereoisomerie dezer lichamen eene andere opvatting had; het wordt meer dan tijd om, evenals in het voorgaande het streven en de methoden der organische richting zijn toegelicht, dit thans te doen voor de physisch-mathematische.

Men kan zich de verhouding, waarin de beoefenaars van de twee richtingen tot elkander staan, ongeveer voorstellen als die van den militair, die zijn kanon laadt en richt om een bepaald punt te treffen, tot den beoefenaar der theoretische mechanica, die de baan van het projectiel bestudeert. De organische scheikundige voegt twee of meer stoffen samen, brengt hen onder de voorwaarden waarbij zij op elkander inwerken, en onderzoekt welke nieuwe verbindingen hierdoor ontstaan. Het begin en het einde van het verschijnsel worden door hem nagegaan. Uit zulke waarnemingen bouwt hij zijn geheele systeem der scheikunde op. Wel is waar merkt hij de verschijnselen op, die zich gedurende het verloop der reactie voordoen; b.v. of de inwerking langzaam of snel plaats heeft; of er temperatuursverhooging of verlaging optreedt; of de reactie geheel afloopt of wel slechts tot eene bepaalde grens is te brengen; maar dit alles zijn vragen die voor hem in de meeste gevallen van ondergeschikt belang zijn, en hoogstens in-

vloed op zijne wijze van werken uitoefenen. Daarentegen zijn het juist deze die de physische scheikundige bestudeert. Hij stelt zich er niet mede te vrede te weten, dat er bij eene reactie temperatuursverandering optreedt, maar tracht die nauwkeurig te meten; dat de inwerking langzaam of snel plaats heeft: hij wendt pogingen aan om die snelheid der reactie in cijfers uit te drukken, en zoo zij eene grens heeft, te bepalen waar die grens onder verschillende omstandigheden ligt. Hij tracht de vage uitdrukking dat een zuur of eene base A sterker is dan een zuur of eene base B onder cijfers te brengen; kortom hij beproeft al dergelijke verschijnselen, die zich bij chemische inwerkingen voordoen nauwkeurig te meten en daardoor quantitatief uit te drukken, hetgeen zijn vakgenoot slechts kwalitatief bepaalde.

Ziehier thans, door een paar voorbeelden eenigszins nader aangeduid, hoe men dergelijke vraagstukken heeft behandeld.

Men mengte aequivalente hoeveelheden watervrij azijnzuur en absoluten (d. i. watervrijen) alcohol. Zij verbinden zich tot den om zijn aangenamen reuk welbekenden azijnaether, hoofdbestanddeel van het „vinaigre de toilette” der parfumerie; tevens ontstaat daarbij water. De inwerking der beide stoffen gaat slechts langzaam; maar men bereikt ten slotte — bij lage temperatuur eerst na vele dagen — een toestand van het mengsel, waarbij de hoeveelheid azijnaether niet meer toeneemt, hoewel er nog aanzienlijke hoeveelheden azijnzuur en alcohol onverbonden zijn gebleven. Men mengte nu aequivalente hoeveelheden azijnaether en water; omgekeerd wordt thans een gedeelte van den aether ontleed onder vorming van alcohol en azijnzuur; en men neemt waar, dat ook hier de ontleding van den azijnaether niet volledig plaats heeft, maar dat er ten slotte nauwkeurig evenveel azijnaether overblijft, als er in de vorige proef is gevormd. Of men dus uitgaat van het eene systeem alco-

hol + zuur, of van het andere, aether + water, de eindtoestand is dezelfde. In beide gevallen wordt ten slotte een mengsel verkregen hetgeen bepaalde hoeveelheden alcohol en zuur, aether en water bevat, in welke verder geene verandering komt. Men noemt daarom dergelijke reacties omkeerbare.

Ter verklaring van dit verschijnsel kan men twee onderstellingen maken. Vooreerst dat er bij dien eindtoestand inderdaad geene verdere inwerking meer plaats heeft; ten tweede dat deze wel bestaat, maar dat er enkel daarom in de verhouding waarin de stoffen in het mengsel voorkomen geene wijziging komt, omdat er in denzelfden tijd evenveel azijnaether gevormd wordt, als er zich omgekeerd ontleedt. Deze laatste verklaringswijze is degene, die moet aangenomen worden. De moleculen van het meergenoemde mengsel toch, moet men zich voorstellen, als zijnde in voortdurende beweging. Zij verplaatsen zich en door het samentreffen van moleculen alcohol en zuur, alsmede van moleculen water en aether, komt inwerking in de eene of in de andere richting tot stand. Dit samentreffen zal evenzeer moeten plaats hebben wanneer de eindtoestand reeds bereikt is, als voor dien tijd. Geen rust dus in den eindtoestand, maar omzetting naar beide richtingen in gelijke hoeveelheid. Van daar ook de uitdrukking „evenwichtstoestand” voor dien waarin het mengsel ten laatste komt; de beide systemen alcohol en zuur eenerzijds, aether en water anderzijds zijn met elkander in evenwicht.

Eene reactie zal natuurlijk des te sneller verloopenen, naarmate zich in een gegeven tijd eene grootere hoeveelheid reactieproduct vormt. Het ligt voor de hand om de hoeveelheid reactieproduct die zich in de tijdseenheid vormt, te beschouwen als maat voor de snelheid der reactie. Den evenwichtstoestand kan men dan definieeren als dengene, waarbij de snelheid der twee tegengestelde omzettingen gelijk geworden is. Is er geen evenwicht, dan is de snel-

heid der eene reactie grooter dan die der andere. Uit talrijke onderzoekingen bleek, dat — ook voor dezelfde stoffen — deze snelheid eene wijziging ondergaat, indien men in plaats van aequivalente, andere hoeveelheden samenbracht; ook de eindtoestand — in casu de gevormde hoeveelheid aether — was daarvan afhankelijk.

De vraag rees om deze verschijnselen onder een gemeenschappelijk theoretisch gezichtspunt te brengen. Dit is geheel gelukt door de zoogenaamde „wet der massawerking.”

Door eene beschouwing over de beweging der moleculen laat zich gemakkelijk een denkbeeld geven van hetgeen deze wet uitdrukt. Blijven wij daartoe weder bij het voorbeeld van de werking van azijnzuur op alcohol. De reactie van beide zal enkel dan kunnen plaats hebben — wij merken het reeds op — wanneer een molecule alcohol en een molecule zuur samentreffen. Denken we ons één molecule zuur gebracht in b.v. één liter eener vloeistof die een groot aantal alcoholmoleculen bevat. Er zal dan een zeke ren — hoewel zeer korten — tijd verlopen, alvorens dit molecule zoo dicht bij een molecule alcohol is gekomen, dat het er mede in werking zou kunnen treden. De tijdsduur, die er verloopt, voordat zij werkelijk op elkander reageeren zal echter aanzienlijk langer zijn, daar niet *elk* samentreffen eene reactie tusschen de twee moleculen ten gevolge zal hebben. Daartoe zullen zij in het oogenblik van aanraking een zeer bepaalden, hoewel ons onbekenden, stand moeten innemen om de omwisseling der atomen mogelijk te maken. Gemiddeld zal er onder b.v. duizend botsingen slechts éene zijn, waarbij reactie tot stand komt. Deze zal echter des te spoediger intreden, naarmate er meer alcoholmoleculen aanwezig zijn; zijn er b.v. in dezelfde ruimte tweemaal zooveel dier moleculen, dan zal de tijd die er verloopt vóór het molecule azijnzuur in azijnaether is overgegaan, nog maar de helft bedragen van dien welken

er in het eerste geval voor noodig was: de snelheid waarmede het molecule azijnzuur gebonden wordt dus dubbel zoo groot zijn. Er bestaat derhalve evenredigheid tusschen deze snelheid en het aantal alcoholmoleculen.

Brengen wij nu niet één, maar een groot aantal moleculen zuur met alcohol samen; dan zal voor ieder dezer moleculen hetzelfde gelden als voor het eene; de snelheid waarmede zich de azijnaether vormt zal dus juist zooveel malen grooter moeten zijn als het aantal moleculen zuur bedraagt. Die snelheid wordt daardoor ten slotte evenredig aan het product van het aantal moleculen zuur en alcohol die op ieder oogenblik aanwezig zijn.

Aan de uitdrukking voor de snelheid der reactie ontbreekt nu enkel nog een constante coëfficiënt — de snelheidcoëfficiënt genaamd — die als het ware in rekening brengt hoeveel malen gemiddeld een molecule alcohol met een molecule zuur moet in aanraking komen om de reactie tot stand te brengen; de noodzakelijkheid daarvan blijkt o. a. hieruit dat wanneer men het zelfde aantal moleculen van een ander zuur en van een anderen alcohol samenbrengt, de snelheid der reactie in het algemeen eene andere zal zijn omdat dan het aantal botsingen die noodig zijn om reactie te doen intreden grooter of kleiner is. Daarmede is dan een volledige uitdrukking voor de snelheid eener reactie gevonden.

Het bleek nu inderdaad in de meest verschillende gevallen, dat deze wet het verloop van chemische reacties juist uitdrukt. Hare beteekenis is, naar mij voorkomt, volkomen terecht door NERNST aldus omschreven: „Die neuere Entwicklung der theoretischen Chemie führt immer überzeugender zu der Erkenntniss, dass wir in der Formulirung „der chemischen Massenwirkung den Ausdruck eines der „bedeutungsvollsten Naturgesetze zu erblicken haben, welches „dazu berufen ist, das Fundament für den weiteren Ausbau „der Verwandtschaftslehre zu liefern.”

De wet der massawerking was reeds gevonden door GULDBERG en WAAGE, verscheidene jaren voor dat de thermodynamica meer consequent toegepast werd op de scheikunde. In twee opzichten is die wetenschap echter van invloed op genoemde wet geweest. Vooreerst is zij door thermodynamische beschouwingen streng bewezen geworden. Maar ten tweede heeft zij eene belangrijke uitbreiding daardoor verkregen; het was nl. gebleken, dat de snelheid eener reactie in hooge mate afhankelijk van de temperatuur is; de snelheidscoëfficiënt verandert daarmede dus zeer belangrijk. De thermodynamica nu heeft een verband geleerd tusschen de verhouding der twee snelheidscoëfficiënten van omkeerbare reacties en de temperatuur; zij drukt die uit in eene differentiaalvergelijking waarin ook de warmte, die bij den overgang van het eene systeem in het andere ontwikkeld of opgenomen wordt, fungeert. De evenwichtstoestand van twee systemen was daardoor volkomen gedefinieerd ten opzichte der werkende massa's en der temperatuur.

Deze beroemde vergelijking, gevonden door VAN 'T HOFF, bleek van ver strekkende beteekenis voor de scheikunde te zijn; zij is de quantitative uitdrukking van eene zeer algemeene natuurwet, die zoowel voor physische als chemische verschijnselen geldt. Het is de wet van het bewegelijk evenwicht, aldus door VAN 'T HOFF geformuleerd: elk evenwicht tusschen twee verschillende toestanden der materie (systemen) verplaatst zich, door eene temperatuursdaling, naar datgene der twee systemen door welks vorming warmte ontwikkeld wordt. Heeft men b.v. bij eene gegeven temperatuur in eene bepaalde ruimte water in aanraking met waterdamp, dan zijn de twee toestanden der materie hier vloeibaar water en damp. Koelt men af, dan vermeerderd de hoeveelheid vloeibaar water ten koste van den damp. Dit is in overeenstemming met het beginsel, want bij condensatie van waterdamp tot vloeistof wordt warmte vrij.

Een voorbeeld uit de scheikunde levert de ontleding van koolzure kalk bij verhitting in koolzuur en in kalk. De twee systemen zijn hier de koolzure kalk eenerzijds en zijne ontledingsproducten anderzijds. Daalt de temperatuur, dan vermeerderd de hoeveelheid van het eerste systeem ten koste van het tweede: de splitsingsproducten vereenigen zich weer. In overeenstemming met het beginsel, gaat deze vereeniging met warmteontwikkeling gepaard.

Door deze zelfde algemeene wet is het beginsel van BERTHELOT tot zijne juiste beteekenis terug gebracht. Op grond zijner zeer veelvuldige metingen der warmtehoeveelheden die zich bij chemische processen ontwikkelen, kwam hij tot een resultaat, hetgeen hij in 1867 aldus formuleerde: „Tout changement chimique, accompli sans „l'intervention d'une énergie étrangère, tend vers la production des corps ou du système qui dégage le plus de chaleur.” Dit beginsel is bekend onder den naam van „principe du travail maximum” en wordt tot op den huidigen dag door BERTHELOT hardnekkig verdedigd, niettegenstaande bijna alle scheikundigen het opgegeven hebben. Het is namelijk volkomen afdoende gebleken, dat niet *alle* chemische processen zoo verlopen dat het maximum van warmte daarbij ontwikkeld wordt. In verschillende gevallen is geconstateerd dat bij een ander verloop van het proces eene grootere warmtehoeveeldheid zou ontwikkeld worden als bij het werkelijke verloop er van ontstaat; ja zelfs dat chemische processen onder warmteabsorptie plaats hebben hetgeen in lijnrechten strijd is met het beginsel. Al dergelijke gevallen worden door BERTHELOT verklaard door de tussenkomst der vreemde energie, waarvan in het „principe” sprake is; „seulement — zegt VAN 'T HOFF in zijne études de dynamique chimique — „seulement la nature de cette dernière „me paraît se déterminer plus ou moins d'après la nécessité „de son intervention. Aussi cette défense [du principe] semble

„plutôt indisposer les esprits que faire naître en eux une „conviction.” Krasser nog uit NERNST zijne meening over de wijze, waarop BERTHOLET van deze tusschenkomst eener vreemde energie gebruik maakt: „auf die arg misslungen „Versuchen, jeden unter Wärmeabsorption verlaufenden „Vorgang auf einen Eingriff einer fremdartigen (nicht chemischen) Energie zurückzuführen, welche in BERTHELOTS „Entwickelungen häufig die Rolle eines deus ex machina spielt, soll hier nicht näher eingegangen werden.” Aan duidelijkheid laat deze uitspraak zeker niets te wenschen over.

Hoewel de juistheid van beide uitspraken boven bedenking verheven is, blijkt toch het „principe du travail maximum” in zeer talrijke gevallen juist te zijn; en het beginsel van het bewegelijk evenwicht verklaart dit. Immers, door daling van temperatuur verplaatst zich het evenwicht van twee chemische systemen zoodanig, dat daarbij warmte ontwikkeld wordt. Is nu de temperatuur laag, waarbij zich een scheikundig proces afspeelt, (dat dikwijls als eene verplaatsing van het evenwicht tusschen twee systemen kan beschouwd worden) dan zal in de meeste gevallen de reactie onder warmteontwikkeling moeten plaats hebben. Die gevallen zullen des te talrijker zijn, naarmate de temperatuur lager is. Bij het absolute nulpunt eindelijk, zullen *alle* chemische processen onder warmteontwikkeling moeten verlopen. Enkel dan geldt volkomen BERTHELOTS principe. Was daarentegen de temperatuur zeer hoog, dan zal het chemische evenwicht in de meeste gevallen verplaatst worden naar die zijde der systemen die zich onder warmteabsorptie vormen. Nu verlopen de meeste reacties bij de gewone temperatuur of een weinig hooger; bij eene temperatuur dus, die van het absolute nulpunt ongeveer 300° verwijderd is. Kenden wij geene andere reacties, dan die bij 2000° b.v. of hooger verlopen, dan zou BERTHELOT niet een

principe du travail *maximum*, maar een principe du travail *minimum* hebben moeten opstellen.

De tijd die mij hier ten dienste staat, is beperkt; ik moet het mij dus onzeggen, verder op de belangrijke gevolgen en toepassingen van dit beginsel van het bewegelijk evenwicht in te gaan, om Uwe welwillende belangstelling nog eenige oogenblikken te vragen voor eene niet minder belangrijke ontdekking der physische scheikunde, der zogenaaemde *electrolytische dissociatie*.

Sommige vliezen bezitten de merkwaardige eigenschap van wel water door te laten, maar niet de stoffen die in dat water zijn opgelost. Zij zijn wel eens vergeleken met „moleculezeven”, waardoor de watermoleculen van die der opgeloste stof kunnen afgezeefd worden. Indien men nu tegen den wand van een poreuzen pot zulk een vlies aanbrengt — enkel om deze zeer fijne membranen te steunen die anders allicht zouden scheuren —, daarin van boven luchtdicht eene buis bevestigt, in den pot eene zoutoplossing brengt en dit zoo voorbereide toestel in een bak met zuiver water aldus plaatst dat de pot geheel ondergedompeld is, dan ziet men het vloeistofniveau in de buis langzaam stijgen totdat het bij constante temperatuur eene constante hoogte bereikt. De drukking die de vloeistofzuil in de buis uitoefent, wordt de osmotische drukking der zoutoplossing genoemd. Door VAN 'T HOFF is langs theoretischen, door PFEFFER, DE VRIES en anderen langs experimenteelen weg aangetoond, dat deze osmotische drukking, in zijne afhankelijkheid van volume en temperatuur, geheel dezelfde wetten volgt als de gasdruk; dus de wetten van BOYLE en GAY-LUSSAC; zelfs is die osmotische drukking numeriek gelijk aan de gewone gasdrukking. Bij voorbeeld is de osmotische drukking, die eene oplossing van alcohol uitoefent, gelijk aan de gasdrukking die de alcohol uitoefenen zoude, indien diezelfde hoeveelheid bij dezelfde temperatuur in dezelfde ruimte in damp-

vorm aanwezig was. Hierdoor was dus eene zeer diepgaande overeenkomst gevonden tusschen den toestand der materie in gasvorm en in oplossing. Intusschen bleek, vooral door de onderzoeken van *RAOULT*, dat in waterige oplossing vele stoffen niet aan deze wetten gehoorzamen. De osmotische drukking, die zich uit zijn metingen liet afleiden was aanzienlijk grooter, soms dubbel en meermalen zoo groot dan men verwachtte. Bij de gassen was een dergelijk verschijnsel bekend; sommigen oefenen onder bepaalde omstandigheden ook eene grootere drukking uit, dan men theoretisch berrekende. Het verschijnsel hier was echter geheel verklaard; de moleculen van zulke gassen splitsen zich — dissocieeren zich is de gebruikelijke term — onder bedoelde omstandigheden, en daar de drukking die een gas uitoefent evenredig is aan het getal zich vrij bewegende moleculen, die in eene gegeven ruimte aanwezig zijn, was daarmede deze afwijking opgehelderd.

Eene dergelijke verklaring te geven voor de afwijkingen in den osmotischen druk bood aanvankelijk vele moeilijkheden. Eene verdunde oplossing van chloorkalium b.v. oefent een osmotischen druk uit die ongeveer het dubbele van den berekenden is. Men had nu de keuze om aan te nemen of dat dit chloorkalium nagenoeg geheel gesplitst is in zoutzuur en kali, of in atomen kalium en chloor. Beide onderstellingen schenen even onwaarschijnlijk. Al het feit op zichzelf, dat men van eene verbinding, van ouds als zoo standvastig bekend als het chloorkalium, eene verbinding die onder groote warmteontwikkeling uit zijne elementen zich vormt, en door zeer hooge temperatuur niet ontleed wordt; dat men van zulk eene stof eene splitsing in zijne koude waterige oplossing moet aannemen, wil men zich aan de wetten van de osmotische drukking vasthouden, deed menigeen aan de juistheid van zoodanige wetten twijfelen.

Tegen de aanname eener bijna geheele splitsing in basis

en zuur bestaan dan ook gewichtige bedenkingen. Zoo b.v. dat het absoluut niet gelukt is, deze twee stoffen, die dan naast elkander in de oplossing moeten aanwezig zijn, door diffusie te scheiden. Maar voornamelijk ook deze bedenking, dat het zoutzuur zelf in verdunde waterige oplossing bijna den dubbelen osmotischen druk uitoefent die er van verwacht werd. De andere aanname echter scheen eenvoudig absurd. Immers, men zou dan moeten aannemen dat er in het water vrije atomen kalium rondrijven, kalium hetwelk water met de grootste heftigheid ontleedt. Er zouden vrije atomen chloor aanwezig moeten zijn, maar de oplossing is niet groen, zooals eene van chloorwater.

En toch is deze opvatting van het verschijnsel thans, men mag wel zeggen, algemeen aangenomen. Zonder twijfel bestaan er nog enkele moeilijkheden; maar de aanname eener dergelijke splitsing is op zoo velerlei wijze gerechtvaardigd geworden; heeft zoovele verschijnselen, die vroeger volkomen onverklaard waren opgehelderd en met elkander in verband gebracht, dat zij zonder twijfel de meest vruchtbare hypothese is, die in de laatste jaren in de scheikunde is ingevoerd en reeds daardoor voor deze wetenschap van het grootste belang is geworden; terwijl hare waarschijnlijkheid nog steeds klimt.

ARRHENIUS had, ter verklaring van de verschijnselen, die zich bij de geleiding van den electrischen stroom door electrolyten voordoen, de onderstelling geuit, dat slechts een deel der moleculen van den electrolyt de electriciteit door de vloeistof heen overbrengt, en dat deze moleculen gesplitst zijn in ionen, dus b.v. weer voor chloorkalium in de ionen kalium en chloor, sterk geladen, het eerste met positieve, het tweede met negatieve electriciteit; het bedrag dier splitsing klimt met de verdunning. Het gelukte hem te bepalen, hoe groot het gedeelte der moleculen was, die aldus bij eene gegeven verdunning gesplitst zijn.

Nu bleek aan den anderen kant, dat enkel bij electrolyten — dus bij zouten, zuren en bases in waterige oplossing — de osmotische drukking grooter is, dan de berekende; voor stoffen als suiker, wier waterige oplossing de electriciteit niet geleidt, kwam de waarneming met de berekening overeen. En merkwaardigerwijze, wanneer men aannam dat b.v. in zulk een chloorkaliumoplossing zooveel moleculen aanwezig zijn als er volgens ARRHENIUS ongesplitst in zijn, en zooveel moleculestukken als hij er in onderstelt, dus te zamen een *groot* aantal vrij zich bewegende deeltjes dan in het geval dat er geene splitsing had plaats gehad, dan kwam de osmotische drukking, berekend naar dit grootere aantal, volkomen overeen met de waarneming. De aanname dezer splitsing in electrisch tegengesteld geladen moleculestukken, van deze electrolytische dissociatie, kreeg door deze overeenstemming een hechten steun. De moeielijkheid, dat de kaliumatomen in water vrij zwevende moeten aangenomen worden, kreeg hierdoor al dadelijk eene oplossing: hunne sterke electrische lading belet hun, op het water ontledend te werken, evenals een stuk zink, hetgeen in gewonen toestand door verdund zoutzuur hevig wordt aangetast, deze eigenschap volkomen verliest als men het met den positieven pool van eene behoorlijk krachtige electrische batterij verbindt.

Ook het kleurloos zijn der chloorkaliumoplossing is bij nader inzien niet ongerijmd. Immers, de *moleculen* chloor (bestaande uit twee atomen) hebben wel eene groene kleur; maar in de genoemde oplossing zijn *atomen* chloor aan te nemen. Tegen de aanname dat deze atomen kleurloos zijn, kunnen geene bedenkingen bestaan, daar tal van gevallen bekend zijn van kleurlooze stoffen, die zich tot gekleurde verbindingen vereenigen.

Het gold echter, de hypothese dezer electrolytische dissociatie nader te bevestigen. Is hier werkelijk eene dissociatie

aanwezig en is de toestand der opgeloste moleculen eener verdunde oplossing te vergelijken met den gastoestand, dan moet die dissociatie aan dezelfde wetten onderworpen zijn die de thermodynamica voor de gasdissociatie heeft gegeven; zoo b.v. aan de wet die het verband aangeeft tusschen den omvang der dissociatie en de verdunning. Was reeds vroeger het rijke materiaal der organische scheikunde gebruikt om de gelijkheid van den osmotischen en den gasdruk te bewijzen, thans werd aan talrijke organische zuren deze verdunningswet getoetst en bevestigd gevonden.

Onder de verschijnselen, die door deze hypothese der electrolytische dissociatie eene verklaring gevonden hebben, mogen de volgende ten slotte vermeld worden.

Het was reeds lang bekend, dat wanneer verdunde oplossingen van aequivalente hoeveelheden zuren en bases vermengd worden, de hoeveelheid warmte die daarbij vrij wordt voor de meest verschillende combinaties van zuren en bases, steeds dezelfde is. Zoolang men aannam dat hierbij het metaal der basis zich met het zuurradicaal vereenigde, scheen dat feit onbegrijpelijk. De splitsing der bases en zuren in ionen verklaart het geheel. De basis is nl. in de verdunde oplossing nagenoeg geheel gesplitst in metaal- en hydroxylion, het zuur in zuurradicaal- en waterstofion. Bij de vermenging der oplossingen blijven de twee ionen van het zout, metaal en zuurradicaal onverbonden; enkel het waterstof- en het hydroxylion vereenigen zich tot water. De eenige reactie die dus bij de vermenging der verdunde oplossingen van bases en zuren plaats heeft, is de vorming van water; de warmteontwikkeling moet derhalve ook steeds even groot zijn.

In sommige dubbelzouten zijn een of meer der daarin aanwezige elementen niet direct op de gewone wijze aan te toonen. Zoo b.v. in het gele bloedloogzout het ijzer. De hypothese der electrolytische dissociatie verklaart dit daar-

door, dat zulke elementen, niet als ionen in de oplossing aanwezig zijn; zooals inderdaad kan bewezen worden door weerstandsbepalingen der verdunde oplossingen van zulke dubbelzouten. De gewone reacties der analytische scheikunde moeten derhalve als ionenreacties worden beschouwd.

OSTWALD had reeds vóór de opstelling van de meerge-noemde hypothese pogingen gedaan, om de sterkte van zuren in cijfers uit te drukken. Hij liet daartoe verschillende zuren in verdunde oplossing op esters en op amiden inwerken, en bepaalde de snelheid waarmede deze ontleed worden; eveneens op suikeroplossingen waarbij de snelheid der inversie gemeten werd. Het bleek, dat in deze en in nog meerdere andere gevallen, een zekere constante, door OSTWALD de affiniteitscoëfficiënt genaamd de werking van het zuur kan uitdrukken. Deze coëfficiënten correspondeerden met het bedrag der in ionen gesplitste moleculen. Hoe grooter dit bedrag, des te sterker was de werking van het zuur.

Inderdaad is door vele andere onderzoekingen deze uitkomst bevestigd, en kan de algemeene regel worden opgesteld: een zuur werkt slechts door zijne waterstofionen, eene basis enkel door zijne hydroxylionen.

De physische en de organische richting der scheikunde mogen door het voorgaande eenigszins gekenmerkt zijn. Ieder heeft zijne eigen vraagstukken, maar beide kunnen elkander bij de oplossing daarvan onschatbare diensten bewijzen. Hoe meer de beoefenaars van beide richtingen dit in het oog houden; hoe meer er van weerszijden waardeering voor ieders streven bestaat, met des te zekerder gang zal de scheikunde vooruitgaan. Moge deze samenwerking ook in ons land steeds blijven bestaan, en zoo mogelijk nog toenemen.

Aanzienlijke mannen, curatoren dezer Hoogeschool!

Door het vertrouwen hetgeen Gij in mij steltet, toen Gij mij bij de Hooge Regeering als opvolger voordroegt van

den bescheiden man, den veelzijdigen geleerde, die hier voor mij het hoogleeraarsambt in de scheikunde bekleedde, gevoel ik mij ten zeerste vereerd. Zwaar is wel de taak, die mij hier te vervullen staat: immers de scheikunde wordt aan alle andere Nederlandsche hoogeschole door twee hoogleeraren onderwezen. Ik hoop U echter de overtuiging te kunnen geven dat ik met den meesten ernst er naar streef, aan Uwe verwachtingen te beantwoorden. Wilt mij in dit streven Uwerzijds tegemoetkomen door mij Uwen zoo hoog noodigen steun te verleen.

Hooggeachte ambtgenooten!

Gedurende mijn vierjarig verblijf hier ter stede was het mij vergund met velen Uwer reeds in aanraking te komen, ja enkelen onder U verleenden mij zelfs een niet genoeg te waardeeren hulp bij wetenschappelijke onderzoekingen. Waar gij mij tot heden steeds welwillend tegemoet kwaamt, is het mij eene vreugde te meer, thans in Uwen kring opgenomen te zijn. Wilt mij ook voor het vervolg Uwen bijstand niet onthouden, dien ik gevoel zoozeer noodig te zullen hebben.

Hooggeleerde heeren FRANCHIMONT, VAN 'T HOFF en GUNNING!

Het is mij eene behoefte des harten ieder Uwer in dit plechtige oogenblik te gedenken.

Gij toch, zeer geachte FRANCHIMONT, leidet mijne eerste wankelende schreden op het onafzienbare gebied der organische scheikunde. Uwe groote ervaring steltet Gij steeds met de meeste welwillendheid te mijnen dienste; maar vooral zal mij den tijd onvergetelijk blijven, dien ik in Uw laboratorium doorbracht. Het voorbeeld van Uwen ijzeren wil heeft mij meermalen de kracht gegeven om voort te gaan op het dikwijls zoo doornige pad der experimenteele scheikunde.

Slechts korten tijd, hooggeschatte VAN 'T HOFF, was het mij vergund Uw assistent te zijn. Uwe reusachtige feitenkennis, en Uwe geheel buitengemeene scherpte van denken hebben mij zoowel toen als later met de diepste bewondering vervuld. Ik reken mij gelukkig menigmaal de ondubbelzinnige blijken van Uwe vriendschappelijke belangstelling te hebben mogen ontvangen. Het vertrouwen, dat ik ook in het vervolg op Uwe voorlichting zal kunnen rekenen doet mij met meer moed de taak aanvaarden, die mij van nu af aan is opgedragen.

Zeër waarde GUNNING, de vier jaren gedurende welke ik aan het hoofd van het Rijkslandbouwproefstation hier ter stede stond, hebben mij ruimschoots gelegenheid gegeven U, toen Voorzitter der Commissie van Toezicht op die Stations, te leeren waardeeren als man van wetenschap en hoogachten als man van karakter en gemoed. Heb dank voor den krachtigen steun dien ik in mijn vorig ambt van U, niet het minst in moeilijke omstandigheden, mocht ondervinden; en wil mij toestaan, U als een vaderlijken vriend te blijven beschouwen, nu ik Uw ambtgenoot ben.

Geachte HUIZINGA van Middelstum!

In Uwe hoedanigheid van voorzitter der proefveldencommissie, had ik het voorrecht menigmaal met U samen te werken; mijne kennis van landbouwzaken in het algemeen, en van den Groningschen landbouw in het bijzonder werd daardoor zonder twijfel aanzienlijk vermeerderd.

Neem de verzekering aan, dat ook in mijn nieuwen werkring mijne belangstelling in den landbouw zal blijven voortduren en dat het mij steeds aangenaam zal zijn, hiervan blijk te kunnen geven.

Weledele heeren Studenten aan deze hoogeschool!

In deze rede had ik gelegenheid U te wijzen op twee richtingen die thans in de wetenschappelijke scheikunde

bestaan. Maar de chemie is niet enkel van belang als zuivere wetenschap; hare toepassingen op de praktijk worden met den dag menigvuldiger. Het is natuurlijk onmogelijk om U gedurende Uwen studietijd ook maar eenigszins vertrouwd te maken met al die talrijke toepassingen, hoe gewenscht een zeker inzicht daarin ook dan reeds zijn moge. Maar dit is, naar mijne bescheiden meening ook niet noodig; wel daarentegen, dat Gij tijdens Uw verblijf aan de Hoogeschool eene zoo breed mogelijke basis van zuiver wetenschappelijke kennis U eigen maakt. Hebt Gij deze verkregen, dan zal het U, welke richting Gij later ook zult inslaan niet moeilijk vallen, de daarvoor speciaal geëischte kundigheden te verwerven.

De scheikunde stelt thans wel hooge eischen aan hare beoefenaren; zij kan reeds thans in haren ganschen omvang niet meer met vrucht bestudeerd worden zonder aanzienlijke kennis van de physica en van sommige deelen der hoogere wiskunde, en die kennis zal hoe langer hoe meer noodzakelijk worden; maar bovenal is zij een vak, dat in het laboratorium moet aangeleerd worden. Het zorgvuldig waarnemen van een chemisch verschijnsel laat zich onmogelijk uit boeken leeren; de een bezit er ongetwijfeld meer gave voor dan de ander, maar voor allen is langdurige oefening daarin, onontbeerlijk.

Moeielijk en lang is bijna altijd de weg, die tot uitkomsten voert; moge het *Uwerzijds* niet aan ijver en stalen volharding ontbreken; moge het *mij* gegeven zijn, bij U geestdrift te wekken voor het vak, waaraan ik mijn leven gewijd heb; dan zal men zoowel van U als van mij kunnen getuigen, dat wij naar onze beste krachten tot den bloei der chemische wetenschap aan deze Hoogeschool hebben medegewerkt.

Ik heb gezegd.

