

DE ELEKTRONEN EN HET VRAAGSTUK VAN DE OERSTOF.

DOOR

Dr. C. H. KETNER.

I. INLEIDING.

Het vraagstuk van de „oerstof”, de ééne stof waaruit alle stoffen zouden zijn opgebouwd, is in de natuurwetenschap herhaaldelijk aan de orde gesteld.

Dit behoeft ons niet te verwonderen, wanneer wij als het kenmerkende van de werkzaamheid van den menschelijken geest erkennen: het zoeken van het algemeene in het bijzondere.

De ervaring leert ons niet „de stof” kennen; wij leiden uit haar eerst af een groot aantal verschillende stoffen met verschillende eigenschappen. Het is echter in overeenstemming met het streven van onzen geest naar eenheid, wanneer wij de mogelijkheid onderstellen, dat al die zoo verschillende stoffen zijn opgebouwd uit slechts ééne grondstof en dat zij van elkander slechts verschillen in de wijze, waarop de kleine, voor ons oog onzichtbare, deeltjes van die grondstof zijn gerangschikt.

Deze onderstelling heeft zich door de geheele ontwikkeling der natuurwetenschap gehandhaafd; zij is aan te wijzen in de geschriften van verschillende Grieksche wijsgeeren, zij is later herhaaldelijk uitgesproken en in de 19^{de} eeuw op verschillende gronden verdedigd; zij heeft in den laatsten tijd een krachtigen steun gekregen door de ontdekking van stofdeeltjes, de elektronen, die naar het schijnt in alle stoffen voorkomen en meer dan duizendmaal kleiner zijn dan de kleinste stofdeeltjes waarmede men tot nu toe rekening gehouden

had : meer dan duizendmaal kleiner dan een atoom waterstof.

Hierdoor is het denkbeeld van de identiteit van alle stof, dat sluimerde in het bewustzijn van welhaast iederen natuuronderzoeker, weer opgeleefd en schijnt het tijd zich opnieuw rekenschap te geven van den stand van het oude vraagstuk van de oerstof.

Een beknopt historisch overzicht moge voorafgaan.

II. DE ONTWIKKELING DER BEGRIPPEN ELEMENT EN ATOOM.

Aanvankelijk scheen het onderzoek het denkbeeld van de oerstof te bevestigen.

Immers, wanneer alle stoffen slechts verschilden in de rangschikking hunner kleinste deeltjes, dan kon men verwachten dat de eene stof veranderd kon worden in eene andere met geheel verschillend uiterlijk en andere eigenschappen.

Dit nu scheen de ervaring te bevestigen, daar men inderdaad uit doffe ertsen schitterende metalen, uit onschuldige zouten hevig bijtende oliën of wel verschillend geaarde „geesten” vermocht te bereiden.

Maar toch heeft de verdere ontwikkeling der wetenschap de oerstof niet aan het licht gebracht. Toen men geleerd had met gassen om te gaan en ze naar hunne eigenschappen te onderscheiden; toen CAVENDISH de waterstof, SCHEELE het chloor en de zuurstof had ontdekt; toen LAVOISIER de verbrandingsverschijnselen verklaard had en de phlogiston-theorie was gevallen — toen vestigde zich onder de scheikundigen de opvatting, dat niet één of enkele, maar een vrij groot aantal grondstoffen de ons bekende stoffen vormen en deze meening vestigde zich te vaster, naarmate de kennis der feiten zich uitbreidde, de omstandigheden waaronder en de gewichtsverhoudingen waarin stoffen op elkaar inwerken nauwkeurig bekend werden en het nochtans niet gelukte een dier vele grondstoffen te ontleden of uit een der andere te maken.

Dientengevolge vestigde zich dus in de wetenschappelijke wereld de overtuiging, dat alle stoffen uit een aantal — thans ongeveer tachtig — grondstoffen of elementen zouden zijn opgebouwd — zoodat, indien het mogelijk ware alle op de aarde, ja waarschijnlijk ook de op de zon en andere sterren voorkomende stoffen te ontleden, men niets over zou houden dan die tachtig elementen.

Daaraan knoopte zich nu vast de andere voorstelling dat, wanneer twee of meer dier grondstoffen te zamen eene nieuwe stof vormen van geheel ander uiterlijk en met geheel andere eigenschappen — zooals natrium en chloor het zout, waterstof en zuurstof het water — dat dan die voor ons zichtbare verandering het gevolg is van eene vereeniging der voor ons onzichtbare kleinste deeltjes van het natrium met die van het chloor, van die der waterstof met die van de zuurstof.

Deze voorstelling, waarbij men als de oorzaak van zichtbare veranderingen in de stoffen aanneemt onzichtbare veranderingen hunner kleinste deeltjes, komt, zooals bekend is, ook reeds bij verschillende Grieksche wijsgeeren voor. Zij werd in de 17^{de} eeuw weder opgevat door GASSENDI en in de 19^{de} eeuw door DALTON; maar in de 19^{de} eeuw kon men aan deze theorie, vroeger eene fantasie, een grondslag van getallen geven.

De studie der gewichtsverhoudingen, waarin de stoffen op elkaar inwerken, had n.l. geleerd dat het hierbij zeer regelmatig toegaat. Bij de verbinding van waterstof en zuurstof tot water, b.v. verbindt zich altijd één gewichtsdeel waterstof met acht gewichtsdeelen zuurstof. ¹ Neemt men meer zuurstof, b.v. op een gram waterstof negen gram zuurstof, dan verbindt het negende gram zich niet met waterstof, maar blijft onveranderd achter.

Zoo is er voor iedere scheikundige verbinding eene bepaalde gewichtsverhouding, waarin de elementen zich met elkaar vereenigen.

Men kan zich eene aanschouwelijke voorstelling maken van dit feit, wanneer men zich voorstelt dat de waterstof bestaat uit kleine, ondeelbare en even zware deeltjes en de zuurstof eveneens; dat ieder zuurstofdeeltje achtmaal zooveel weegt als een waterstofdeeltje en dat de vorming van het water hierin bestaat, dat telkens één zuurstofdeeltje en één waterstofdeeltje zich met elkaar vereenigen.

Nog duidelijker blijkt het nut dezer voorstelling voor het geval, dat twee elementen verschillende verbindingen met elkaar vormen. Zoo bestaan er van stikstof en zuurstof vijf verschillende verbindingen, ieder met hun eigen gewichtsverhouding. Deze verhoudingen zijn de volgende:

¹ Het is iets minder dan acht, naar gemakshalve worden hier ronde cijfers gebruikt.

| | | | | | | | | |
|---|----------------|----------|-----------|------|-----|----|------------|-----------|
| 7 | gewichtsdeelen | stikstof | verbinden | zich | met | 4 | gewichtsd. | zuurstof. |
| 7 | „ | „ | „ | „ | „ | 8 | „ | „ |
| 7 | „ | „ | „ | „ | „ | 12 | „ | „ |
| 7 | „ | „ | „ | „ | „ | 16 | „ | „ |
| 7 | „ | „ | „ | „ | „ | 20 | „ | „ |

Met ziet uit deze cijfers dat, stelt men de hoeveelheid stikstof op zeven, de hoeveelheden zuurstof veelvoudens zijn van vier. Houdt men nu aan de boven gegeven voorstelling vast, dan is deze regelmatigheid gemakkelijk te verklaren. Men stelt zich dan voor dat in het eerste geval één deeltje stikstof zich verbindt met één deeltje zuurstof. In het tweede geval blijkt de stikstof zich met een grootere hoeveelheid zuurstof te kunnen verbinden; daar de zuurstofdeeltjes volgens onze onderstelling ondeelbaar zijn, moet men er minstens twee nemen voor ieder deeltje stikstof, waardoor men op de verhouding 7:8 komt. Op dezelfde wijze worden ook de volgende getallen veelvoudens van vier.

Nemen we dus aan dat de zuurstof bestaat uit ondeelbare deeltjes, dan kunnen we verklaren waarom de bovengenoemde getallen veelvoudens van vier zijn. Laten we die onderstelling los, dan schijnt deze regelmatigheid raadselachtig. En deze regelmatigheid doet zich niet alleen in dit geval voor, maar in alle gevallen waarin twee elementen twee of meer verschillende verbindingen kunnen vormen. Die regelmatigheid is dus eene algemeene wet, die de wet van DALTON genoemd wordt.

Zoo kon men met behulp van de atoomtheorie de wet van DALTON verklaren en daardoor zich eene voorstelling maken, van hetgeen er bij eene scheikundige werking gebeurde. Men kan zich thans moeilijk indenken hoe men zonder deze voorstelling den weg gevonden zou hebben in de vele scheikundige verbindingen, met name in de meer dan honderdduizend koolstofverbindingen.

Hierbij is nog op te merken dat men niet behoeft aan te nemen dat de atomen absoluut ondeelbaar zouden zijn; het is blijkbaar voldoende te veronderstellen dat zij zich bij scheikundige werkingen niet in kleinere deeltjes splitsen.

Door de kennis der verschillende elementen en het aannemen der atoomtheorie was de wetenschappelijke voorstelling omtrent de stof dus deze geworden: er zijn ongeveer tachtig verschillende grondstoffen. Ieder hunner bestaat uit kleine deeltjes, die voor iedere grondstof een bepaald gewicht hebben. Door vereeniging van die

deeltjes in verschillende verhoudingen, kunnen alle ons bekende stoffen gevormd worden.

III. HET OERSTOF-DENKBEELD IN DE 19^{de} EEUW.

Ofschoon men zich door de feiten genoodzaakt zag tachtig verschillende grondstoffen aan te nemen, kon onze neiging om eenheid in de natuur te zoeken daarbij geen vrede hebben. Ofschoon men uiterlijk aan den eredienst der elementen offerde, bleef daarbinnen het geloof aan de ééne oerstof bestaan en, bij sommigen bleef die overtuiging niet in hun binnenste: zij spraken haar uit en trachtten er gronden voor te vinden.

Zoo verscheen reeds in 1815, acht jaar nadat DALTON's atoomtheorie door TH. THOMSON aan de wetenschappelijke wereld was bekend gemaakt, eene verhandeling van PROUT, waarin deze de stelling verkondigde dat alle elementen uit waterstof zouden bestaan. Hij voerde als grond hiervoor aan dat de atoomgewichten der verschillende elementen veelvoudigen waren van dat van waterstof.

Onder de atoomgewichten der elementen verstaat men de getallen, die de gewichten der verschillende atomen uitdrukken in verhouding tot elkaar. Men kan deze verhoudingen afleiden uit de verhoudingen waarin de elementen zich met elkaar verbinden. Ten tijde van PROUT nam men het atoomgewicht van waterstof als eenheid aan.

De redeneering van PROUT kwam dus ongeveer hierop neer:

Stelt men het gewicht van een atoom waterstof op 1, dan is het gewicht van een atoom koolstof juist 12, van een atoom zuurstof 16, van een atoom stikstof 14, enz. Het kan geen toeval zijn dat alle atoomgewichten geheele getallen zijn: het wijst ons er op dat de atomen van alle elementen uit waterstof bestaan.

Nu is het uit nauwkeuriger bepalingen der atoomgewichten gebleken, dat de atoomgewichten geene geheele getallen waren en zoo kon de hypothese van PROUT, door sommigen vurig verdedigd, door anderen heftig aangevallen, niet als wetenschappelijk vruchtbare hypothese worden aanvaard.

Maar een feit bleef het dat vele atoomgewichten opmerkelijk weinig van geheele getallen verschillen, zooals men uit het volgende tabelletje, waarin de elementen met de nauwkeurigst bepaalde atoomgewichten zijn opgenomen, zal zien:

| | Waterstof = 1 | Zuurstof = 16 |
|-----------|---------------|---------------|
| Waterstof | 1.000 | 1.0075 |
| Koolstof | 11.911 | 12.001 |
| Stikstof | 13.940 | 14.045 |
| Zuurstof | 15.880 | 16.000 |
| Natrium | 22.877 | 23.050 |
| Zwavel | 31.824 | 32.065 |
| Chloor | 35.189 | 35.455 |
| Kalium | 38.922 | 39.140 |
| Bromium | 79.355 | 79.955 |

Hierin zijn niet alleen opgenomen de atoomgewichten met dat van waterstof als eenheid, maar ook de thans internationaal gebruikelijke, waarbij men het gewicht van een atoom zuurstof op 16 stelt. Zooals men ziet is de afwijking van een geheel getal bij de meesten dezer getallen zeer gering. De kans, dat dit toeval zou zijn, is volgens eene berekening van R. J. STRUTT slechts $\frac{1}{1000}$. Maar wanneer het geen toeval is, welke wet verschuilt zich dan achter deze getallen?

Een nieuwe steun kreeg het geloof aan de oerstof in 1869 door de publicatie van het periodieke systeem van MENDELEJEFF¹. De betekenis hiervan zal aan vele lezers van dit tijdschrift bekend zijn. MENDELEJEFF rangschikte de elementen volgens hunne atoomgewichten: Waterstof 1, Lithium 7, Beryllium 9, Borium 11, Koolstof 12, enz. en vond dat na eene periode van zeven of ook wel tien elementen, een element terugkeerde met een soortgelijk karakter als het voorafgaande. Een overzicht van deze regelmatigheid verkrijgt men door de tabel op de volgende bladzijde.

Men ziet daar eerst de Waterstof alleen staan (H, 1.008), dan in de bovenste rij acht elementen met opklimmend atoomgewicht; na Fluorium (F, 19) is een nieuwe regel begonnen, zoodat Neon (Ne, 20) onder het verwante Helium (He. 4), en Natrium (Na, 23.05) onder het verwante Lithium (Li, 7.03) komt te staan. Na het Chloor (Cl, 35.45) plaatst men het Argon (A, 40) weer op een nieuwen regel, die ditmaal elf elementen bevat, want daardoor is het mogelijk dat Koper (Cu, 63.6) in dezelfde kolom komt met Lithium, Natrium en Kalium, waarmede het, zooda niet veel, dan toch

¹ Reeds in 1864 hadden L. MEYER en NEWLANDS eene systematiek der elementen volgens de atoomgewichten beproefd, maar minder volledig dan MENDELEJEFF dit deed.

Periodiek Systeem der Elementen.

| | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| H 1,008 | | | | | | | | | | |
| He 4 | Li 7,03 | Be 9,1 | B 11 | C 12,00 | N 14,04 | O 16,00 | F 19 | — | | |
| Ne 20 | Na 23,05 | Mg 24,36 | Al 27,1 | Si 28,4 | P 31,0 | S 32,06 | Cl 35,45 | — | | |
| A 39,9 | K 39,15 | Ca 40,1 | Sc 44,1 | Ti 48,1 | V 51,2 | Cr 52,1 | Mn 55,0 | Fe 55,9 | Ni 58,7 | Co 59,0 |
| — | Cu 63,6 | Zn 65,4 | Ga 70 | Ge 72 | As 75,0 | Se 79,1 | Br 79,96 | — | | |
| Kr 81,8 | Rb 85,4 | Sr 87,6 | Y 89 | Zr 90,7 | Nb 94 | Mo 96,0 | — | Ru 101,7 | Rh 103,0 | Ph 106 |
| — | Ag 107,93 | Cd 112,4 | In 114 | Sn 118,5 | Sb 120 | Te 127,6 | J 126,85 | — | | |
| X 128 | Cs 133 | Ba 137,4 | La 138 | Ce 140 | Pr 140,5 | Nd 143,6 | Sa 150 | — | | |
| — | Gd 156 | — | — | — | Er 166 | — | Tu 171 | — | | |
| — | — | — | Yb 178 | — | Ta 183 | W 184 | — | Os 191 | Ir 193,0 | Pt. 194,8 |
| — | Au 197,2 | Hg 200,3 | Tl 204,1 | Pb 206,9 | Bi 208,5 | — | — | — | | |
| — | — | Ra 225 ? | — | Th 232,5 | — | U 239,5 | — | — | | |

eenige overeenkomst vertoont; en Zink (Zn. 65,4) onder Beryllium, Magnesium en Calcium, waarvan hetzelfde geldt. Nu volgt weer eene rij van acht, dan weer eene van elf. Zijn de elementen op deze wijze gerangschikt, dan komen in vertikale kolommen onder elkaar te staan elementen, die in eigenschappen overeenkomst met elkaar vertoonen, die van dezelfde familie zijn: zoo staan in de 2e kolom de alkalimetalen Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium, Caesium, afgewisseld door Koper, Zilver en Goud, in de 3e kolom de aardalkalimetalen Magnesium, Calcium, Strontium, Barium, Radium,

afgewisseld door Zink, Cadmium en Kwik; in de 8e kolom de halogenen Fluorium, Chloor, Bromium, Jodium met nog drie andere elementen.

Dat er daareven eerst sprake was van rijen van zeven en tien, daarna van acht en elf, vindt zijn reden hierin dat de tabel met verschillende nieuwe elementen is vermeerderd, sedert MENDELEJEFF haar opstelde. Beroemd is zijne voorspelling van Gallium en Germanium (vierde horizontale rij). Toen MENDELEJEFF de tabel opstelde, kwam na het Zink (Zn 65,5) als eerstvolgend element het Arsenicum (As 75,0). Daar echter het verschil in atoomgewicht te groot was, en het Arsenicum volgens zijne eigenschappen onder Phosphorus, Bromium onder Fluorium en Chloor behoorde te staan, liet hij twee plaatsen open en voorspelde dat er nog twee nieuwe elementen gevonden zouden worden, waarvan hij het atoomgewicht en enkele eigenschappen aangaf. Inderdaad werden korten tijd later twee nieuwe elementen ontdekt, die op deze plaatsen thuis behoorden. Verder is de tabel sedert hare opstelling nog aangevuld met Scandium, met de zeldzame aard-metalen van de 7e rij, met de voor enkele jaren ontdekte gasvormige elementen Helium, Neon, Argon, Krypton en Xenon, waardoor een nieuwe kolom aan de tabel is toegevoegd en, ten slotte, met het allernieuwste element¹ Radium, waarvoor in de tabel het atoomgewicht 225 is aangenomen, dat mevr. CURIE opgeeft.

Het merkwaardige van deze tabel is dus, dat er een verband schijnt te bestaan tusschen de elementen; zij zijn niet meer de onafhankelijke grondstoffen; er schijnt eene wet te zijn die ieder hunner een bepaalde plaats in het stelsel aanwijst, zoodat ook nieuw ontdekte elementen er in bleken te passen.

Hierbij moet worden opgemerkt, dat er aan dat passen en die regelmatigheid nog wel iets ontbreekt. Zoo is de familie-verwantschap van Mangaan met de Halogenen waar het tusschen staat; niet heel groot; zoo is het nog altijd bevreemdend de elementen IJzer, Kobalt, Nikkel en de zes anderen daaronder, buiten de gemeenschap der overigen te zien staan, in wat CROOKES noemde het »ziekenhuis voor de ongeneeselijken»; zoo zal men opmerken dat het Argon vóór het Kalium is geplaatst, ofschoon zijn atoomgewicht hooger is; een soortgelijke afwijking vindt men bij Tellurium (Te 127,6) en Jodium (J 126,85).

Maar niettegenstaande deze gebreken, kan men toch de regel-

¹ Althans het allernieuwste waarvan het bestaan algemeen aangenomen wordt.

matigheid die er in het stelsel der elementen is, niet als toeval beschouwen — en is het geen toeval, dan kunnen we weer vragen: wat verschuilt er zich achter?

Opmerking verdient ook, dat althans tusschen de atoomgewichten van de elementen der twee bovenste rijen een nagenoeg standvastig verschil van 16 bestaat. Dit herinnert ons aan de homologe reeksen bij de organische verbindingen, waar tusschen de molekulairgewichten van de verbindingen eener zelfde reeks een standvastig verschil van 14 bestaat. Bij voorbeeld:

| | formule | mol. gew. | | formule | mol. gew. |
|---------|--------------------------------|-----------|---------------|----------------------------------|-----------|
| Mijngas | CH ₄ | 16 | Methylalkohol | CH ₄ O | 32 |
| Aethaan | C ₂ H ₆ | 30 | Aethylalkohol | C ₂ H ₆ O | 46 |
| Propaan | C ₃ H ₈ | 44 | Propylalkohol | C ₃ H ₈ O | 60 |
| Butaan | C ₄ H ₁₀ | 58 | Butylalkohol | C ₄ H ₁₀ O | 74 |
| | enz. | | | enz. | |

In het eerste voorbeeld bestaan de verbindingen alle uit koolstof en waterstof, in het tweede, de reeks der alcoholen, uit koolstof waterstof en zuurstof.

Ook dit verband tusschen de elementen leidt ons weer tot het denkbeeld van een gemeenschappelijke afkomst, van eene oerstof, waaruit de elementen volgens eene ons onbekende wet zouden zijn verdicht, op zoodanige wijze dat de eigenschappen der elementen periodiek zouden veranderen met den graad der verdichting.

Dit denkbeeld is door verschillende natuuronderzoekers nog verder uitgewerkt, o.a. door LOCKYER en CROOKES.

Beiden hebben daarbij veel waarde gehecht aan de *spektra* der elementen. Het zal U bekend zijn dat, wanneer men gewoon zout, natriumchloride, in een donkere gasvlam verhit, deze dan daardoor eene gele kleur krijgt en wanneer men ze door het prisma van een spektroscoop beziet, ziet men in plaats van het kleurenspectrum, waarin dit prisma het witte licht ontleedt, slechts een gele streep¹. Diezelfde gele streep ziet men ook bij de verhitting van andere natriumverbindingen, zoodat men omgekeerd uit de aanwezigheid van die gele streep kan besluiten: daar is eene natriumverbinding aanwezig. Zoo kan men bij het zien van andere bepaalde strepen zeggen: daar

¹ Gebruikt men een spektroskoop met groote dispersie, dan blijkt deze streep te bestaan uit twee, dicht bij elkaar gelegen strepen.

is eene verbinding van kalium, van lithium, van barium, van calcium.

Door het spektrum zoo breed mogelijk te maken en er eene schaalverdeeling bij aan te brengen, kan men de plaats der strepen nauwkeurig bepalen. Men beschouwt het voorkomen der strepen, die aan een bepaald element eigen zijn, als een overtuigend bewijs voor de aanwezigheid van dat element en men kan op deze wijze hoeveelheden van zulk een element aanwijzen, veel kleiner dan de kleinste hoeveelheid, die men zou kunnen wegen. Zoo kan men spektroskopisch nog één driemiljoenste gedeelte van een milligram natrium aantoonen, terwijl de kleinste hoeveelheid die men kan wegen is een tiende, of hoogstens een duizendste van een milligram.

Zeer belangrijk is het dat men, door den spektroskoop te richten op de zon, ook kan onderzoeken welke elementen daar aanwezig zijn en dat men dit ook kan nagaan voor de op onnoemelijke afstanden van ons verwijderde vaste sterren.

Zeer eigenaardig is dat het element helium, waarvan ook later in dit opstel nog sprake zal zijn, het eerst op de zon is „gevonden”; eerst jaren later werd het door RAMSAY en CROOKES op de aarde ontdekt.

Van de spektra der elementen in het algemeen is opmerkelijk, dat zij zoo gekompliceerd zijn. Waterstof heeft slechts enkele lijnen, maar andere elementen hebben er meer; van het ijzer b.v. heeft men meer dan vijfduizend lijnen geteld, die allen voor dat element kenmerkend zijn. Ieder dier strepen heeft zijne vaste plaats, ieder hunner vertegenwoordigt voor den natuurkundige eene trilling met eene bepaalde golflengte. Deze ingewikkelde trillingswijze doet op zichzelf reeds denken aan een samengesteld karakter van de atomen der elementen.

Nu verandert het spektrum eener stof aanmerkelijk naar gelang van de temperatuur, waarop die stof verhit wordt. Bij matige verwarming ziet men dikwijls gekleurde banden; eerst bij hooger temperatuur komen dan de strepen voor den dag, die voor het in de verbinding aanwezige element kenmerkend zijn. Men moet dit hieraan toeschrijven, dat de verbinding bij die hooge temperatuur in zijne elementen ontleed wordt. „Bij de temperatuur eener elektrische vonk” zegt LOCKYER, „is er geen verschil tusschen het spektrum van ijzer en dat eener ijzerverbinding. Wij weten nu door de scheikunde, dat de verbinding bij die hooge temperatuur in zijne elementen

ontleed wordt. Maar wie waarborgt ons dat het ijzer zelf ook niet ontleed wordt? Bij de temperatuur van eene elektrische vonk zijn geene scheikundige proeven genomen."

Verder wijst hij er op dat het spektrum van een element ook bij verhooging van temperatuur verandert en dat er eene volkomen analogie is tusschen de wijze waarop dat gebeurt en die, waarop het spektrum eener verbinding bij verhooging van temperatuur verandert. Nu weten we in het laatste geval dat dit moet worden toegeschreven aan ontleding der verbinding — waarom dan in het andere geval niet aan ontleding van het element. „De spektroskopische verschillen tusschen calcium zelf bij verschillende temperaturen zijn even groot als wanneer wij van de verbindingen van calcium overgaan tot calcium zelf."

Ook in het feit, dat in de spektra van verschillende elementen gelijke lijnen voorkomen, vindt LOCKYER een argument voor het bestaan van eenzelfde oerstof in die elementen.

Eindelijk ontleent hij zijne argumenten ook aan den sterrenhemel. De helderste sterren, die de hoogste temperaturen moeten hebben, bevatten, zooals uit hun spektrum blijkt, slechts enkele elementen, voornamelijk waterstof en magnesium; minder heete, waartoe ook onze zon behoort, hebben meer elementen, maar toch nog alleen die van een middelmatig atoomgewicht; eerst op de nog minder heete sterren vindt men elementen met hoog atoomgewicht, zooals kwikzilver en zilver, terwijl daarentegen de waterstoflijnen verdwijnen; de roode, koude sterren eindelijk vertoonen een bandspektrum, evenals hier op aarde verbindingen doen, die men niet al te sterk verhit heeft.

LOCKYER wil hieruit de gevolgtrekking maken, dat de elementen gaandeweg ontleed worden, zoodat op de sterren met de hoogste temperatuur nog slechts waterstof en magnesium overgebleven zijn.

Ik kom nu tot de lezingen van CROOKES, getiteld: *Het ontstaan der Elementen en Meta-elementen*. CROOKES grondde zijne theorie destijds vooral op de onderzoekingen omtrent de z.g. zeldzame aarden. Hij noemt b.v. een geval, waarbij de oxyden van drie elementen steeds in dezelfde verhouding vermengd in de natuur voorkwamen. Nu is het duidelijk, dat men in zulk een geval, wanneer die oxyden moeilijk van elkaar te scheiden zijn, gevaar loopt dit mengsel voor het oxyde van één element aan te zien. In dit geval is het nu gebleken, dat men met een mengsel te doen had, zegt CROOKES, maar zou

het dan ook niet kunnen zijn, dat de oxyden, die wij nu voor oxyden van één element houden, bij nauwkeuriger ontleding dan ons thans mogelijk is, bleken te bestaan uit mengsels van oxyden; derhalve het vermeende element samengesteld uit andere elementen?

Verder wijst hij, evenals LOCKYER, op de veranderlijkheid van het spektrum bij verhitting. Hijzelf heeft het vermeende element Yttrium gesplitst in vijf verschillende stoffen, die verschillende phosphorescentie-spektra hadden, maar bij de hooge temperatuur van de elektrische vonk eenzelfde spektrum vertoonden. »Stel U voor», zegt hij, »dat het Yttrium een zilverstuk is ter grootte van vijf shillings. Door de scheikundige analyse heb ik het gesplitst in vijf afzonderlijke stukken van één shilling. Maar deze stukken waren niet gelijk, ze waren genummerd 1, 2, 3, 4, 5. Maar nu werp ik ieder stuk in een smeltkroes: door het smelten verdwijnt het nummer en ik krijg vijf gelijke stukken zilver. Zoo ook kan men zich voorstellen dat een verschil in atomische structuur de verschillen veroorzaakt tusschen de vijf componenten van het Yttrium; maar bij de hooge temperatuur van de elektrische vonk wordt deze rangschikking opgeheven, de dan losgemaakte atomen zijn in alle componenten identiek en dientengevolge is het spektrum van allen bij die temperatuur hetzelfde.»

CROOKES veronderstelt verder dat de door ons gevonden atoomgewichten slechts een gemiddelde waarde voorstellen, dat er b.v. calcium-atomen zijn met gewichten van 39,9, 40,0, 40,1, enz., en dat alle atomen ontstaan zijn door de periclicke verdichting eener oerstof, die hij *protyl* noemt. Hij geeft eene schets van het ontstaan der elementen uit die oerstof in verband met het periodiek systeem — maar het zou ons te ver voeren deze spekulaties uitvoerig te bespreken.

Nog twee argumenten, die ten gunste van het oerstof-denkbeeld zijn aangevoerd, wil ik hier even noemen.

Het eene wordt afgeleid uit het bestaan van z.g. „radikalen”, atoomgroepen, die zich gedragen als één enkel atoom. Zoo heeft men de cyaangroep, een combinatie van een atoom koolstof met een atoom stikstof, die zich in verbindingen ongeveer gedraagt als een enkel atoom chloor; en het radikaal ammonium, bestaande uit één stikstofatoom en vier waterstofatomen, dat overeenkomt met een enkel atoom kalium of natrium.

Als zulk een groep van atomen, zoo redeneerde men, zich kan

voordoen als een enkel atoom, dan kunnen die enkele atomen op hun beurt ook wel weer uit nog eenvoudiger deeltjes zijn samengesteld.

Het tweede argument is ontleend aan het feit, dat van een groep verwante elementen, die in de natuur voorkomen, 't zij in vrijen toestand of in verbindingen, er gewoonlijk één is dat in groote hoeveelheid voorkomt en wel een met een laag atoomgewicht; de anderen vergezellen dit, maar in veel kleiner hoeveelheid: het is alsof zij als bijprodukten zijn ontstaan, toen het „hoofd-element” uit de oerstof gevormd werd. Zoo heeft het kalium tot satellieten rubidium en caesium, chloor heeft bromium en jodium, ijzer heeft nikkel, kobalt, ruthenium, rhodium, palladium, osmium, iridium en platina.

Het vermoeden, dat hier een genetisch verband aanwezig zou zijn, is geopperd door prof. TJADEN MODDERMAN in zijn artikel „Platina en verwanten” in dit tijdschrift, jaargang 1903, blz. 296.

Laat ons thans nagaan, welke nieuwe feiten in de laatste jaren in dit geding zijn te berde gebracht.

(Wordt vervolgd).