

OVER DEN HISTORISCHEN SAMENHANG TUSSCHEN
DALTON'S ATOOMTHEORIE EN DE WET DER
VEELVOUDIGE EVENREDIGHEDEN

DOOR

R. S. TJADEN MODDERMAN.

De gewone voorstelling, dat DALTON op proefondervindelijken weg eerst de genoemde wet¹ ontdekte en daarover nadenkend tot de conceptie zijner atoomtheorie kwam, berust niet op gepubliceerde mededeelingen van DALTON zelve. Integendeel, als men oplettend het weinige leest wat hij over deze onderwerpen in druk heeft gegeven,² dan krijgt men veeleer den indruk, dat het genetisch verband tusschen theorie en wet juist andersom was en het noodzakelijk bestaan der laatste afgeleid werd uit de eerste.

De belangrijke theoretische beschouwingen van DALTON, die zulk een overwegenden invloed zouden verkrijgen op de ontwikkeling der scheikunde, zijn het eerst algemeen bekend geworden door Dr. THOMSON, die in Augustus 1804 DALTON bezocht had en drie jaar later in zijn *System of Chemistry* de atoomtheorie uiteenzette. Hij zegt daarin, en herhaalt dit 27 jaar later in zijn *History of Chemistry*,

¹ De hoeveelheden van een en dezelfde stof, die met dezelfde hoeveelheid van een andere onderscheidene verbindingen vormen, staan tot elkander als kleine heele getallen.

² Het gewichtigste hiervan is in duitse vertaling bijeengebracht door W. OSTWALD, in zijne bekende *Klassiker der exacten Wissenschaften*, No. 3: »die Grundlagen der Atomtheorie.»

als ook nog in 1845 in een kort levensbericht van DALTON, als volgt.¹

»De heer DALTON deelde mij mede, dat hij het eerst op de atoomtheorie kwam, tijdens zijn onderzoekingen over het oliemakend gas en het koolwaterstofgas, destijds onvolkomen gekend en waarvan »de samenstelling (»constitution») 't eerst door hem geheel ontwikkeld »was. Het was duidelijk uit de door hem daarmede genomene proeven, »dat de bestanddeelen van alle beide kool- en waterstof waren en »niets anders; voorts vond hij dat op een gelijke hoeveelheid koolstof »het koolwaterstofgas nauwkeurig tweemaal zooveel waterstof bevatte »als het oliemakend gas. Dit bracht hem er toe de verhouding dezer »bestanddeelen in getallen uit te drukken en het oliemakend gas te »beschouwen als een verbinding van één atoom koolstof en één atoom »waterstof, en het koolwaterstofgas van één atoom koolstof en twee »atomen waterstof. Het dus opgevatte denkbeeld werd toegepast op »kooloxyde, water, ammonia, enz. en getallen, de atoomgewichten »van zuurstof, stikstof, enz. voorstellende, afgeleid uit de beste ana- »lytische proefnemingen, waarover de chemie toenmaals beschikte.»

Het is op dit bericht van THOMSON, dat de tot voor korten tijd gebruikelijke opvatting over 't ontstaan der atoomtheorie berust en het is begrijpelijk, dat men zich daarvan niet heeft laten afbrengen door de tegenstrijdige mededeelingen, die ik thans ga vermelden, omdat die, op latere tijdstippen gedaan, meer van 't geheugen hunner auteurs eischten en daarin bij gevolg eerder een vergissing mocht worden aangenomen, dan in het oudste bericht door THOMSON slechts 3 jaar na dato gegeven.

Vooreerst bestaat er, curieus genoeg, een tegenstrijdige verklaring van THOMSON zelven in een bericht over WOLLASTON van Nov. 1850, waarin hij zegt: »DALTON grondde zijn theorie op de analyse van twee »gassen, met name het protoxyde en het deutoxyde van de stikstof». Vervolgens zijn er twee aantekeningen betreffende gesprekken met DALTON gehouden van de heeren HENRY. De eerste, van WILLIAM² en gedagteekend 13 Febr. 1830, luidt als volgt: »de heer DALTON is in

¹ Ik vertaal zoo getrouw mogelijk, woordelijk, naar het citaat in het later te vermelden boek van ROSCOE en HARDEN en door dezen ontleend aan THOMSON'S *History of Chemistry*, 1831, vol. II, p. 291.

² Van dezen HENRY, geb. 1775 te Manchester en overleden in 1836, is de bekende wet, volgens welke de hoeveelheid gas, die in een vloeistof oplost, evenredig is aan den druk van het gas.

»Manchester 36 jaar lang gevestigd. Zijn boek over *Meteorology* was »gedrukt, doch niet uitgegeven, vóór dat hij hier kwam. Op p. 132 »en verv. van dat werk, geeft hij duidelijk voorloopers van zijn »beschouwingen (»distinct anticipations”) aangaande het van de overige »luchtgassen gescheiden bestaan van den waterdamp. Destijds was de »theorie van chemische oplossing bijna algemeen aangenomen. Deze »denkbeelden waren de kiemen van zijn atoomtheorie, aangezien zij »hem noopten om de gassen te beschouwen als gevormd uit geïso- »leerde atomen. Dit bevestigt hetgeen hij mij vroeger heeft mee- »gedeeld aangaande den oorsprong zijner bespiegelingen, die hem tot »de leer brachten van eenvoudige veelvouden (»the doctrine of sim- »ple multiples”) en aangaande den invloed van RICHTER'S tabel, die »hem versterkten in zijne denkbeelden.” De tweede aantekening is van CHARLES HENRI, zoon van den voorgaanden en schrijver van: »Life of DALTON”. Deze haalt uit zijn dagboek het volgende aan: »5 Febr. »1824. De bespiegelingen, waaruit de atoomtheorie geboren is, wer- »den in den heer DALTON het eerst te voorschijn geroepen door de »onderzoekingen van RICHTER over de neutrale zouten. Die scheikun- »dige stelde de hoeveelheid van een basis vast, b. v. van potasch, »noodig om 100 gew. dln. zwavelzuur te verzadigen. Vervolgens »bepaalde hij de hoeveelheden, die van verschillende zuren vereischt »werden ter verzadiging van dezelfde hoeveelheid potasch. Daarna »werden de gewichten van andere alkalische basen gezocht, die zich »met 100 gew. dln. zwavelzuur verbinden en die klaarblijkelijk »aequivalent moesten zijn ter verzadiging van de hoeveelheden der »verschillende zuren, vroeger vastgesteld.¹ Naar deze beginselen² »(»principles”) werd een tabel geconstrueerd, die de betrekkelijke »hoeveelheden van de zuren als ook van de alkalische basen aangaf, »die neutrale zouten opleveren. Het was voor den heer DALTON on- »middellijk klaar, dat, als deze zouten uit één atoom zuur en uit »één atoom base bestonden, de getallen in de tabel alsdan de be- »trekkelijke gewichten van de atomen zouden voorstellen. Deze opvat- »tingen verkregen bevestiging en uitbreiding door een nieuwe ont- »dekking van PROUST. Deze beweerde, dat de verbindingen van ijzer »en zuurstof onveranderlijk van samenstelling zijn: m. a. w. dat 100

¹ HENRY is hier in de war: wat hij klaarblijkelijk noemt (»obvious”) is juist het verkregen resultaat, dat vooraf niet bekend was. Ook is de in dezen vorm gegeven voorstelling niet van RICHTER, maar van FISCHER. Doch overigens is de bedoeling duidelijk.

² Juister woord zou hier *gegevens* zijn.

»dln. ijzer zich óf vereenigen met 28, óf met 42 dln. zuurstof, maar »met geen daartusschen gelegen hoeveelheid. Hij ontdekte evenwel »niet het bestaan van veelvoudige evenredigheden. Deze wet is het »eerst ontvouwd door den heer DALTON en droeg er in hooge mate »toe bij om zijn theorie van atomistische evenredigheden vast te stellen »(»to establish”).

Hierbij zou nu ten slotte nog te voegen zijn de uitspraak van ANGUS SMITH, die in zijn »Memoir of DALTON” er op wijst, dat deze langen tijd diep gedacht had over de constitutie van den dampkring, z. a. reeds blijkt uit zijn »Meteorology” van 1793. Dit geliefkoosde onderwerp leidde hem dan tot de studie van gassen in ’t algemeen, enz. Naar men ziet, sluit dit gevoelen zich aan bij dat van w. HENRY, den vader.

Doch het is onnoodig hierop verder in te gaan; want het is nu gebleken, dat van al die elkaar tegensprekende getuigen de twee laatst genoemde het dichtst bij de waarheid waren en niet THOMSON, aan wiens verklaringen van 1807 en 1831 men tot dusverre had vastgehouden. Er is namelijk een nieuwe getuige bijgekomen en wel DALTON zelf en dit niet gehoord na jaar en dag, waarin de juiste toedracht hem mogelijk zelf niet meer klaar was, maar DALTON zich uitende in schriftelijke aanteekeningen, gemaakt van dag tot dag en zich uitstreckende van 1802 tot de laatste jaren van zijn leven, dat in 1844 een eind nam.

Een jaar of zes, zeven geleden toch, heeft men bij toeval in de vertrekken van »the literary and philosophical Society of Manchester” handschriften van DALTON gevonden, in bijna onafgebroken chronologische volgorde zijne laboratorium-aanteekeningen behelzend, betreffende zijn experimenteele onderzoekingen en gehouden lezingen. Ze zijn vervat in twaalf deelen en elk daarvan bestaat uit een aantal bijeen gebonden notitieboeken, waarvan de omslagen zijn afgenomen. Sommigen daarvan zijn, van den boven- en onderkant uit, een eindweegs beschreven, dan een tijdlang blijven liggen en later verder ingevuld en eenige bladen ook tegelijk in gebruik geweest: klaarblijkelijk al naar den voortgang der proeven, die over verschillende onderwerpen tegelijk werden voortgezet.

Behalve deze journalen, is er nog een afzonderlijk notitieboek, gedagteekend 3 Febr. 1810, waarin uitvoerige schetsen opgeteekend zijn van de zes laatste van een cursus van 20 lezingen, door DALTON dien winter in de »Royal Institution” van Londen gehouden.

HENRY E. ROSCOE en ARTHUR HARDEN hebben nu deze papieren nauwkeurig bestudeerd en de uitkomsten van hun onderzoek neergelegd in een afzonderlijk geschrift,¹ dat tot grondslag van dit opstel dient.

Van het vele, dat zij, als vrucht van de lectuur dezer handschriften, aanvoeren ten bewijze dat de samenhang tusschen DALTON'S theorie en wet juist omgekeerd is, als tot dusver ondersteld werd — wil ik hier alleen de hoofdpunten meedeelen.

Vooreerst dan geven R. en H. in haar geheel de 17e der Londensche lezingen, gehouden op 27 Jan. 1810, waarin hij den gedachtengang schetst, die hem tot zijn theorie voerde.

Sedert lang gewend om meteorologische waarnemingen te doen, had hij zich dikwerf afgevraagd, hoe de leer van NEWTON (23ste prop. uit het 2e boek der *Principia*), volgens welke een elastische vloeistof uit kleine partikels of atomen zou bestaan, die elkaar afstooten met een kracht toenemend naarmate de afstand vermindert, thans nog kon toegepast worden op de atmosfeer, waarvan de jongste ontdekkingen geleerd hadden, dat zij uit drie of meer elastische vloeistoffen bestaat van verschillend soortelijk gewicht.

PRIESTLEY was op dezelfde moeilijkheid gestuit en kon niet begrijpen waarom het zwaardere zuurstofgas niet de onderste laag van den dampkring vormde, waarop de lichtere stikstof dreef. De oplossing der moeilijkheid door sommige scheikundigen van het continent gegeven, dat de gassen in de atmosfeer gemengd bleven, door chemische affiniteit elkaar oplossend, terwijl 't aldus verkregen samenstel (»compound») water vermocht optelossen, bevredigde DALTON niet, o. a. omdat men, de gassen mengend, niets waarneemt wat op een gevormde verbinding wijst.

D. zoekt dus naar een andere oplossing van zijn bezwaar en kwam eindelijk in 1801 op 't idee, dat als men veronderstelde, dat alleen de atomen van één en 't zelfde gas elkaar afstooten en niet die van verschillende gassen, het gemengd blijven te rijmen was met NEWTON'S theorema. Na verdere beschouwing over diffusie en warmte, die hij aanziet als de reden voor de afstooting, komt hij tot het besluit, dat van 't zelfde gas de atomen gelijke grootte en gewicht moeten hebben, van verschillende gassen daarentegen verschillende. Dit leidde

¹ »A new View of the origin of DALTON'S Atomic Theory, a contribution to chemical history, together with letters and documents, etc.» London, MACMILLAN, 1896.

voorts tot overleggingen op welke wijze de atomen van verschillende gassen zich verbinden kunnen en in welke verhoudingen, en ten slotte werd die opvatting uitgebreid tot vloeistoffen en vaste lichamen.¹

Men ziet hieruit, dat de grondslagen voor de atoomtheorie reeds in 1801 gelegd waren en ontleend aan uitsluitend physische overwegingen. Wat D. in het 2e hoofdstuk, 1e gedeelte van zijn »New System of Chemical Philosophy» zegt, met name dat men tot dusverre verzuimde de theorie ook op de chemie toe te passen, (uitgave OSTWALD, bladz. 14 en 15), is daarmede geheel in harmonie.

Hoogst belangrijke bladen uit het laboratorium-dagboek zijn die van 6 Sept. 1803; van twee daarvan geven R. en H. in hun boek een fotografischen afdruk. Op de eerste daarvan staat, behalve den datum, het opschrift: »waarnemingen over de kleinste deeltjes (»ultimate particles») der lichamen en hunne verbindingen» en daaronder de bekende figuren door D. voor de atomen van H., O., N., C. en S. aangenomen. Van het tweede blad volgt hier de inhoud onvertaald in zijn geheel:

Ult. at. Hydrogen.....	1	(1)
» » Oxygeen.....	5,66	(8)
» » Azot.....	4	(4 ² /3)
» » Carbon (charcoal).....	4,5	(6)
» » water.....	6,6	(9)
» » ammonia.....	5	(5 ² /3)
» » nitrous gas.....	9,66	(15)
» » nitrous oxyde.....	13,66	(22)
» » nitric acid.....	15,32	(23)
» » sulphur.....	17	(16)
» » sulphureous acid.....	22,66	(32)
» » sulphuric acid.....	28,32	(40)
» » carbonic acid.....	15,8	(22)
» » oxyde of carbone.....	10,2	(14)

De thans gebruikelijke benamingen der hier bedoelde lichamen zijn

¹ DALTON veronderstelt, gelijk uit deze schets mede blijkt, dat gelijke volumina van elementair-gassen evenveel atomen bevatten, doch kon die hypothese (e. a. vele zijner tijdgenooten) niet uitbreiden tot samengestelde gassen, omdat hij geen tweederlei kleine deeltjes (moleculen en atomen) onderscheidt, zooals later AVOGADRO deed, die, naar men weet, de moeilijkheid oploste door de kleinst afzonderlijke deeltjes der elementair-gassen als samengesteld te beschouwen uit twee of meer gelijksoortige atomen.

in onze taal: waterstof, zuurstof, stikstof, koolstof, water, ammonia, stikstofoxyde, stikstofoxydule, stikstofdioxyde, zwavel, zwaveldioxyde, zwaveltrioxyde, kooldioxyde, kooloxyde. De thans geldige moleculairgewichten, gelijk ze naar DALTON's schrijfwijze en opvatting zijn moesten (water = H O , ammonia N H , enz.) heb ik in parenthesi bijgevoegd.

Men ziet dat de cijfers van DALTON, in weerwil dat zij zeer onnauwkeurig zijn, toch aan de wet van de veelvoudige evenredigheden streng voldoen. Dit geldt niet alleen voor de drie verbindingen van stikstof en zuurstof en de twee van dit laatste element met koolstof, maar zelfs voor de twee zwavelverbindingen, in weerwil dat de hoeveelheden zuurstof daarin, op dezelfde hoeveelheid zwavel, gelijk 1 : 2 gesteld worden, terwijl zij als 2 : 3 zijn.¹

De verklaring dezer goede overeenstemming is eenvoudig genoeg. Doch alvorens die te geven, zij opgemerkt, dat in deze oudste atoomgewichtstabel, de koolwaterstoffen ontbreken. Uit het dagboek blijkt dan ook, dat DALTON's eerste proeven over het moerasgas dagteekenen van 6 Aug. 1804, d. i. van 11 maanden later. Hieruit volgt, dat THOMSON in dwaling verkeerde met zijn beweren, dat de wet gegrond was op de analyse van moeras- en oliemakend gas. Wat KOPP en anderen nog versterkt had in de juistheid van THOMSON's uitspraak, is de verkeerde uitlegging van de volgende plaats uit DALTON's »New System»: »Men schijnt zich geen juist begrip van de constitutie van »dit gas (moerasgas) gevormd te hebben vóór de invoering en toe- »passing van de atoomtheorie. Het was in den zomer van 1804, dat »ik op verschillende tijden en plaatsen dit brandbare gas uit vijvers »opzamelde.» Zooals reeds in 1894 DEBUS aantoonde, bedoelde DALTON te zeggen, dat de atoomtheorie geholpen had om de bestaande verwarde denkbeelden over de samenstelling van het licht-koolwaterstof op te helderen, en geenszins dat de analyse van 't gas tot de theorie voerde.²

De vraag is nu: hoe kwam DALTON aan die cijfers in de medegedeelde tabel, die in kennelijke overeenstemming met de wet zijn? Het on-

¹ In »A new System», uitgegeven 1808, wordt het zwavelzuur als bestaande uit 1 at. S. + 3 at. O. ($18 + 3 \times 7 = 34$) opgegeven, doch komt zwaveligzuur niet voor. (OSTWALD, t. a. p. bladz. 19)

² In zijn lezing »over de opslorping der gassen door water», gelezen 21 Oct. 1803 en gedrukt in 1805, heeft DALTON de koolwaterstoffen wél opgenomen (zie: OSTWALD's *Klassiker* no. 3, bladz. 13). Dus moet hij, gebruik makende van zijn proeven in 1804, bij 't nazien der drukproeven de tabel hebben aangevuld.

middellijk voorafgaande blad geeft hierover eenige opheldering, doch wat de atoomgewichten van waterstof, zuurstof, stikstof en de moleculairgewichten der stikstof-zuurstofverbindingen betreft, zoo kort, dat ze zonder uitvoerige toelichtingen niet duidelijk zijn. Doch in verband met andere aantekeningen in het dagboek blijkt, dat het atoomgewicht van de zuurstof uit LAVOISIERS's analyse van het water (85 pct. O, 15 pct. H) berekend is. Het at. gew. waterstof = 1 stellende en voor water de eenvoudigst mogelijke formule aannemende : H O , vindt men daaruit voor de zuurstof $\frac{85}{15} = 5,66$.

Op gelijke wijze wordt het atoomgewicht van de stikstof berekend uit AUSTIN's analyse van ammonia, die in 1788 de samenstelling daarvan vaststelde op ongeveer 80 pct. N tegen 20 pct. H. Alweer de eenvoudigste formule aannemende (N H), vindt DALTON dus het at. gew. der stikstof: $\frac{80}{20} = 4$.

De atoomgewichten van stikstof en zuurstof uit ammonia en water resp. berekend, staan dus tot elkaar, gelijk hij op bedoelde bladzijde aanstipt, als $4 : 5,66 = 1 : 1,42$.

Leerzaam voor de manier waarop DALTON te werk ging is zijn aantekening op 't zelfde blad omtrent de zwavel-zuurstofverbindingen, die letterlijk vertaald aldus luidt:

	Zwavel	Zuurstof	
»CHENEVIX	$61\frac{1}{2}$	$+ 38\frac{1}{2}$	= zwavelzuur.
»Derhalve	$61\frac{1}{2}$	$+ 19\frac{1}{4}$	moet zwaveligzuur zijn.

»Dit geeft kl. deeltje zwavel : zuurstof 3,2 : 1 ongeveer.

	Zwavel	Zuurstof	
»THENART	56	$+ 44$	
		$+ 22$	zwaveligzuur.
»FOURCROY zegt	85	$+ 15$	= zwaveligzuur."

Het atoomgewicht van de zwavel in de medegedeelde tabel (17) is uit de analyse van 't zwavelzuur door CHENEVIX berekend en wel, z. a. door dat »derhalve" wordt aangeduid, met behulp van de veronderstelling dat het uit 1 at. zwavel en 2 at. zuurstof bestaat en de lagere zuurstofverbinding (de helft minder zuurstof op gelijke hoeveelheid zwavel) uit 1 at. S. + 1 at. O. Het blijkt dus dat de wet voor de berekening dient en dat hij zich door de analyse van FOURCROY, die daarmede in strijd is, niet van de wijs laat brengen. Die analyse is

evenwel later bijgevoegd, evenals die van THENART, die hem kort daarna voor de berekening dient en voor het at. gew. zwavel 14,4 geeft. Dit laatste cijfer vindt men in de oudste gedrukte tabel der atoomgewichten.¹

Hoewel DALTON niet op de bovenvermelde bladen uit zijn dagboek aangeeft hoe hij aan 't atoomgewicht der koolstof komt, blijkt toch uit andere plaatsen, dat hij die berekende uit LAVOISIER's analyse van 't koolzuur (28 pct. C en 72 pct. O). Daarbij ging hij weer van de veronderstelling uit dat kooloxyde, de lagere zuurstofverbinding, één atoom van beide elementen bevatte en de hoogere (kooldioxyde) één atoom zuurstof meer. Bij de berekening beging hij evenwel een kleine rekenfout, want $\frac{28 \times 5,66}{36}$ is = 4,4.

Eindelijk blijft nog de vraag over, hoe DALTON aan zijn moleculairgewichten van de drie verbindingen van stikstof en zuurstof kwam, die hij in zijn tabel opnam? Op de bijgevoegde bladen zegt hij niets daarvan. Nu is het bekend dat DALTON over deze verbindingen veel geëxperimenteerd heeft, met name over 't opnemen van zuurstof uit de lucht door stikstofoxyde-gas. En voorts herinnert men zich THOMSON's laatste uitspraak, dat DALTON door de analyse dezer verbindingen tot de wet kwam. R. en H. wijden aan deze quaestie een uitvoerige discussie en komen tot de gevolgtrekking, dat hoewel de juiste toedracht niet geheel is op te helderen, toch zooveel blijkt, dat vooreerst DALTON's experimenteele uitkomsten niet konden leiden tot de formules die hij in de tabel aanneemt, (N_2O , NO en NO_2) en voorts dat hij, blijkens zijn aantekeningen, onzeker was over de verhouding waarin stikstofoxyde-gas en zuurstof zich verbinden, doordien de uitkomsten verschilden, al naarmate hij lucht en stikstofoxyde snel of langzaam met elkander schudde.

In de overtuiging, dat DALTON de wet der veelvoudige evenredigheden niet empyrisch vond, maar deze eenvoudig het gevolg was van de wijzen waarop hij zich dacht, dat twee lichamen zich kunnen verbinden, wordt men nog versterkt door de volgende plaats uit zijn in 1808 verschenen *New System*, waarin de wet ontvouwd wordt:²

„Als A en B twee stoffen zijn, die zich kunnen verbinden, dan

¹ Zie „OSTWALD's *Klassiker*“ Nr. 3, bladz. 13.

² Zie OSTWALD, t. a. p., bladz. 16.

•doen zij dat, met de eenvoudigsten beginnend, in deze volgorde:
 1 atoom van A + 1 atoom van B = 1 atoom van C, binair;
 1 atoom van A + 2 atomen van B = 1 atoom van D, ternair;
 2 atomen van A + 1 atoom van B = 1 atoom van E, ternair;
 1 atoom van A + 3 atomen van B = 1 atoom van F, quaternair;
 3 atomen van A + 1 atoom van B = 1 atoom van G, quaternair, enz.”

Ongetwijfeld, daarin steekt de wet, maar gehuld in een theoretisch kleed en zonder dat zij met name genoemd wordt. Gesteld nu, dat zij proefondervindelijk gevonden was, zou DALTON ze dan niet anders hebben voorgedragen, of althans als grondslag zijner theorie vermeld?

Men kan, naar men ziet, op grond van deze door hem gegevene ontwikkeling, DALTON niet verwijten, dat hij het genetisch verband tusschen theorie en wet verkeerd heeft voorgesteld. De schuld daarvan treft THOMSON en 't eenige, waarover men zich verwonderen kan, is dat hij dezen niet heeft tegengesproken.

Ook uit latere onderzoekingen van DALTON, die beter denker was dan experimentator, is het proefondervindelijk bewijs voor de wet niet te putten. Zooals ROSCOE en HARDEN opmerken, begon hij na 1807 aan kwantitatieve onderzoekingen van zouten, ten einde de atoomgewichten der metalen vasttestellen; doch de uitkomsten daarvan, voorzoover hij ze meedeelt, zijn niet nauwkeurig en staan verre in betrouwbaarheid achter bij die door tijdgenooten verkregen, z. a. KLAPROTH, BERZELIUS, ROSE en PROUST.

Het proefondervindelijk bewijs voor de wet der veelvoudige evenredigheden is dan ook door anderen geleverd. Voor een klein deel door WOLLASTON in 1808, door de analyse van de zuringzure kalizouten, doch uitvoerig door BERZELIUS in de jaren 1811 en 1812. Beider verhandelingen zijn opgenomen in OSTWALD'S *Klassiker*: die van WOLLASTON in nummer 3, achter de verhandelingen van DALTON, en die van BERZELIUS onder nummer 35.

den Haag, Mei 1902.