

---

# CHEMISCHE BINDING : NIET VAN GISTEREN

---

Doorheen gans de geschiedenis zochten natuurwetenschappers en filosofen naar wat de bouwstenen van de materie waren en naar de krachten die deze bouwstenen samenhiielden. In wat nu volgt zullen wij in een snelle fietstocht deze zoektocht trachten te reconstrueren. Let wel het is doortrappen geblazen en wij hebben onderweg geen tijd om af te stappen bij het café van het phlogiston of om de standbeelden der pneumatici te bewonderen. Goede reis.

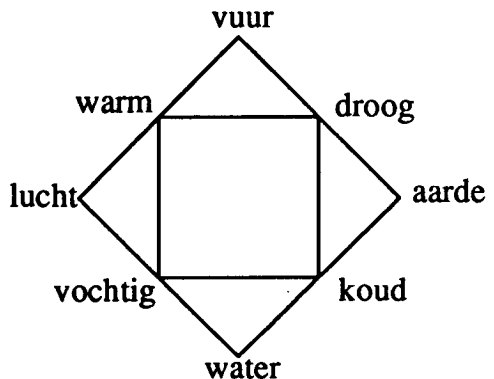
## Oudheid

Volgens Empedocles (495-435 v.C.) vormen de vier elementen vuur, lucht, aarde en water de basis van alle dingen. Ze zijn opgebouwd uit zeer kleine maar niet oneindig kleine deeltjes, die voortdurend in beweging zijn en die voor de vier elementen enkel in kwantitatief opzicht verschillend zijn. Deze deeltjes worden samengehouden of gescheiden door krachten van liefde en haat (aanrekening en afstoting). Opgemerkt kan worden dat in dezelfde periode zowel in India als in China analoge elementen en principes naar voor werden geschoven.

Plato (427-347 v.C.) stelde dat alles wordt gevormd uit een primaire vormeloze materie (atomen), die dan bepaalde vormen is gaan aannemen. Elk element heeft zo

zijn eigen vorm : vuur een tetraëder, lucht een octaëder, water een icsaëder en aarde een kubus. Materie wordt samengehouden of ontleed naargelang de stapeling van deze vormen.

Ook Aristoteles (384-322 v.C.) aanvaardde de vier elementen maar beschouwde ze niet als primair (Hij wijst dus het atoombegrip af). Fundamenteel zijn volgens hem wel de eigenschappen van de materie : koud, vochtig, warm en droog.



De elementen kunnen wel in elkaar omgezet worden. Neemt men bijvoorbeeld uit lucht het vochtige weg dan krijgt men vuur. Hiermee legde hij de voedingsbodem voor de transmutatiegedachte bij de alchemisten.

Zosimos van Panopolis (ca 300 v.C.) was de vermoedelijke auteur van een der eerste scheikundige encyclopedische werken, welke vele recepten, beschrijvingen en illustraties van chemische apparatuur bevatte. Hij maakte een onderscheid tussen 'lichamen' (tastbaar, bv. metalen) en 'geesten' (onzichtbaar, bv. dampen). Deze laatste kunnen door affiniteit met de lichamen gebonden worden en via de juiste processen terug vrijgemaakt worden.

## Alchemie

De Romeinse periode was voor de scheikunde een statische bedoening waarin vooral het Griekse archief literair gereproduceerd werd. In de Byzantijnse periode werd wel al volop alchemie bedreven, maar dat leverde noch praktisch noch theoretisch enige wetenschappelijke vooruitgang op.

De kloof met de Griekse wereld werd overbrugd door de Arabische alchemisten, die -naast eigen belangrijke bijdragen- ook de Hellenistische erfenis heropvisten en deze aanvulden met Perzische en Syrische standpunten.

Via de Moorse aanwezigheid in Spanje werd ook de Europese alchemie geactiveerd. Albertus Magnus (1193-1280) gebruikt als eerste het woord 'affinitas' als oorzaak voor chemische binding tussen zilver en zwavel.

## De iatrochemie

De iatrochemici (Grieks *iatros* = geneesheer) wensten de medici van betere geneesmiddelen te voorzien en zij hielden zich bezig met een primitieve vorm van wat nu de fysiologische chemie van de mens zou genoemd worden.

De grondlegger van de iatrochemie, Paracelsus (Theophrastus Bombastus von Hohenheim, 1493-1541), beschouwde Mer-

curius (Hg), Sulfur (S) en Sal (aarde of geïdealiseerd zout) als de bouwstenen van alle stoffen en noemde hen de *Tria Prima*. Alles en dus ook de gezondheidstoestand kwam neer op de verhouding van deze *Tria Prima* en werd bepaald door de stand van de planeten.

Francis Bacon (1561-1626) geloofde in emoties van stoffen. De aantrekking van goud door kwik gebeurde volgens hem door het uitstralen van een lichamelijke sympathie voor elkaar.

Johan Rudolph Glauber (1604-1670) was een iatrochemist die oog had voor de technische chemie en o.a. zijn naam gegeven heeft aan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (glauberzout). Zijn onderzoek naar zoutvorming deed hem besluiten dat als *sal ammoniacum* verwarmd wordt met zinkoxide, deze laatste zich verbindt met het (zout)zuur door zijn grotere affiniteit hiervoor, en het ammoniak ontsnapt.

Nicolas Lemery (1645-1715) was een van de laatste iatrochemisten hoewel hij reeds volop gebruikt maakte van Descartes' corpusculaire theorie welke inhield dat de eigenschappen van stoffen grotendeels bepaald worden door de vorm van hun deeltjes. Zuren bv. hebben scherpe deeltjes die in de tong prikken. In neerslagreacties zullen de punten van een zuurdeeltje dan afbreken in de holtes van metaaldeeltjes (in basen) en neerslaan.

## De atomistische periode

De definitieve doodsteek voor de alchemie werd gegeven door Robert Boyle (1627-1691), die experimenteel bewees dat zowel de elementen van Aristoteles als de *Tria Prima* van de iatrochemisten helemaal geen fundamentele elementen of principes waren, aangezien geen van hen uit metaal (goud) kon geëxtraheerd worden. Boyle definieert daarentegen elementen als onvergankelijke atomen, met voor elk element een eigen atoomsoort en verschillend van vorm, grootte en bewegings-

toestand. Over hoe deze elementaire deeltjes chemisch gebonden zijn en reageren zegt hij : "There are Clusters wherein the Particles stick not so close together, but that they may meet with Corpuscles of another Denomination, which are disposed to be more closely United with some of them, than they were among themselves."

Isaac Newton (1642-1727), die een aanhanger was van de denkbeelden van Boyle, bewees in zijn werk 'Opticks' (1704) zijn grote interesse voor de scheikunde. Hij suggereerde : "Have not the small Particles of Bodies certain Powers, Virtues or Forces, by which they act at a distance ... but also upon one another for producing a great Part of the Phenomena of Nature ? For it's well known, that Bodies act one upon another by the Attractions of Gravity, Magnetism and Electricity; and these Instances shew the Tenor and Course of Nature, and make it not improbable but that there may be more Attractive Powers than these."

Roger Joseph Boscovich (1711-1787) definieerde in 1763 onveranderlijke fundamentele deeltjes die hij puntatomen noemde. Wanneer deze elkaar naderen tot op zeer kleine afstanden, konden zij een systeem vormen in stabiel evenwicht, waarbij aan elkaar klevende primaire deeltjes ontstaan. Uit een gelijkaardig in evenwicht verkerend systeem van elkaar bijeenhoudende krachten tussen deze primaire deeltjes kunnen tevens minder stabiele deeltjes van een hogere complexiteit ontstaan. Chemische binding is dan mogelijk als de krachtvelden van zulke complexe deeltjes samensmelten. Zijn voorstellen werden echter te abstract bevonden om algemeen aanvaard te worden.

## De affiniteitstabellen

In tegenstelling tot de filosofische natuurwetenschappers die de scheikunde als denkspeeltuin beschouwden om theoretische

problemen op een nogal abstracte manier op te lossen, bestond toen ook een klasse wetenschappelijke denkers die in de eerste plaats scheikundige experimentatoren waren.

Etienne François Geoffroy (1672-1731) was zo'n experimentator. Op basis van de stelling dat "Wanneer twee stoffen, die enige neiging hebben zich te verenigen, de een met de ander, samen worden verenigd, en een derde, welke meer affiniteit heeft voor een van de twee wordt toegevoegd, dan zal de derde zich met een van beide verenigen, deze scheidend van de ander" stelde hij zijn affiniteitstabel op.

De volgorde van de elementen is zodanig dat "degene die het dichtst bij (de bovenste stof) staat de grootste affiniteit voor die stof heeft en niet kan worden verdrongen door een van de stoffen er beneden, maar dat het iedere van de lagere kan verwijderen wanneer ze gebonden zijn aan de stof" (zie figuur 1).

Dit soort tabellen, gebaseerd op verdringingsreacties, hadden een aantrekkelijk voorspellend vermogen, maar de theoretische fundering ervan bleef speculatief.

Een zeer interessante speculatie over de chemische binding tussen "deeltjes" werd in 1789 gegeven door William Higgins (1766-1825). Hij gebruikte diagrammen om de verbindingen tussen stikstof en zuurstof weer te geven (figuur 2).

Stel dat de kracht tussen een deeltje zuurstof en een deeltje stikstof de waarde 6 heeft. Deze waarde wordt dan evenredig verdeeld tussen de twee deeltjes. Indien twee deeltjes zuurstof gebonden worden met een stikstof zal de kracht van het stikstofdeeltje gedeeld worden in twee krachten van 1,5, zo dat de kracht die elke zuurstof bij stikstof houdt 4,5 is. Op deze manier kunnen de krachten berekend worden om drie, vier of vijf zuurstofdeeltjes aan een stikstof toe te voegen. De kracht welke optreedt bij additie van zes zuurstofdeeltjes wordt te klein om hen bij stikstof te houden. Higgins hield bij deze redenering geen rekening met de relatieve gewichten van de deeltjes.

Figuur 1 : De Affiniteitstabel van Geoffroy in de Nederlandse vertaling van "Elemens de Chimie Theorie" door P. J. Macquer (1773).

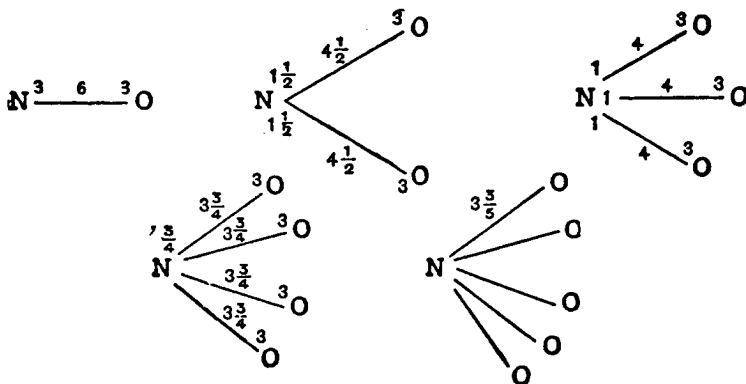
**GEOFFROIS TAFEL van de VERSCHILLENDE BETREKKINGEN,**  
in de onderscheidene zelfstandigheden waargenomen.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.	XVI.
↪	⊖	⊕	⊖	▽	⊕	⊖	MS	♁	♀	h	♀	☾	♂	☉	▽
⊕	2	♂	♁	⊖	⊖	⊖	⊖	⊕	☉	☾	♀	h	☉	♂	▽
⊖	☉	♀	⊕	⊖	⊖	⊖	⊖	♂	☾	♀	LC	♀	h	♀	⊕
▽	♀	h	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	♀	h						
MS	☾	♀	▽		⊕		⊕	h	♀						
	♀	☾	♂		♁			☾	Z						
			♀					☉	☉						
	☉		☾					♀	☉						

**Verklaring der Teekenen.**

<ul style="list-style-type: none"> <li>↪ Zure Geesten.</li> <li>⊖ Zee-zoutzuur.</li> <li>⊕ Salpeter-zuur.</li> <li>⊕ Vitriool-zuur.</li> <li>⊕ Vast Alkalisch Zout.</li> <li>⊕ Vlugtig Alkalisch Zout.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▽ Oporlurpande Aerde.</li> <li>MS Metaalstoffen.</li> <li>♀ Mercurius.</li> <li>⊕ Spiegelkoningken.</li> <li>☉ Grondt.</li> <li>☾ Zilver.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>♀ Koper.</li> <li>♂ Yzer.</li> <li>h Loodt.</li> <li>2 Tin.</li> <li>Z Zink.</li> <li>LC Kalamintsteen.</li> <li>♀ Zwavel.</li> <li>♁ Brandstof.</li> <li>⊕ Azyngeest.</li> <li>▽ Water.</li> <li>⊕ Zout.</li> <li>▽ Wyngest en Brandende geesten.</li> </ul>
---	---	--

Figuur 2.



In 1791 nam Jeremias Benjamin Richter (1762-1807) waar dat als oplossingen van calciumacetaat en kaliumtartraat worden gemengd, er calciumtartraat neerslaat en

kaliumacetaat in oplossing blijft. Deze experimentele vaststelling geldt voor alle chemische ontbindingen door "dubbele affiniteit", als tenminste de te ontbinden

verbindingen neutraal zijn. Rekening houdend met de massaverhoudingen zou hij hiermee de stoichiometrie lanceren.

## Dalton

De begrippen atoom en chemische binding werden pas echt bruikbaar als basis en ter verklaring van chemische verschijnselen na het bekend worden van de atoomtheorie van John Dalton (1766-1844) in 1803. Deze theorie houdt in dat :

- 1) Chemische elementen samengesteld zijn uit zeer kleine, ondeelbare deeltjes materie, atomen genaamd, welke hun eigenheid behouden bij chemische veranderingen.
- 2) Alle atomen van eenzelfde element in alle opzichten gelijk zijn en in het bijzonder wat hun gewicht betreft. Elk element wordt dus gekarakteriseerd door het gewicht van zijn atoom.

Dit moet zo zijn omdat de elementairanalyse van een gegeven stof steeds dezelfde massaverhoudingen oplevert.

- 3) Chemische bindingen ontstaan door unie van atomen van elementen volgens eenvoudige numerieke verhoudingen.

## Aankomst

Het lijkt wel of de opeenvolging van de geschiedkundige feiten een continue functie is die rustig voortkabbelt naar de asymptoot van onze hedendaagse waarheid over chemische bindingen. Niets is minder waar. Bijna elke geciteerde stap werd niet aanvaard in zijn tijdsgeest, omdat het voorgestelde principe te nieuw, te abstract was of te hard inging tegen de heersende theorieën. We houden hier, op de top van de Daltonberg, onze aankomst. De volgende ritten starten alle hier, op dit referentiepunt.

---

## Bibliografie

- T.H. Levere : 'Affinity and Matter. Elements of chemical Philosophy 1800-1865, Clarendon Press, Oxford (1971).
- J.R. Partington : 'A short History of Chemistry', Dover, New York (1937/1989).
- H.M. Leicester : 'The Historical Background of Chemistry', Dover New York (1956).
- H.A.M. Snelders : 'Hoofdstukken uit de geschiedenis van de scheikunde', Rodopi, Amsterdam (1979).
- C.J. Van Nieuwenburg : 'Korte geschiedenis van de chemie', De Branding, Antwerpen (1961).

---

Ludwig Plaum  
Assistent Departement Scheikunde RUCA  
Werkgroep Historiek van de scheikunde KVCV



**JOHN DALTON (1766-1844)**

Dalton begon zijn loopbaan als onderwijzer in particuliere scholen te Kendal. In 1793 werd hij professor in de wiskunde en in de natuurlijke filosofie aan het nieuw college te Manchester, hij stond er bekend vanwege zijn belangrijke meteorologische waarnemingen. Na overbrenging van dit college naar York, in 1799, werd hij "Public and private teacher in mathematics and chemistry".

Daltons grootste verdienste ligt in zijn vermaarde atoomtheorie, die de grondslag vormt van heel de moderne chemie.

Benevens dit, is de naam van Dalton nog verbonden aan verscheidene ontdekkingen, o.m. aan die van kleurenblindheid (daltonisme).