

Een les scheikunde: de stof water geeft een venster op de hemel (voorbeeldles voortgezet onderwijs)

Han Vuik

Dit materiaal is onderdeel van het compendium christelijk leraarschap dat samengesteld is door het lectoraat Christelijk leraarschap van Driestar hogeschool. Zie ook www.christelijkleraarschap.nl.

Samenvatting	Deze voorbeeldles komt uit het boek 'Venster op de hemel. Christelijk leraarschap in de lespraktijk'. In dit boek wordt geprobeerd om leraren ertoe aan te zetten om vanuit de schoolvakken verbindingen te leggen met het christelijk geloof. Deze les is een les scheikunde die geschikt is voor de onderbouw van het voortgezet onderwijs. De les gaat over de vraag hoe wonderlijk water is.
Bronvermelding	Mackay, E. (2014 Apeldoorn) Venster op de hemel. Christelijk leraarschap in de lespraktijk.
Thema *	Inspiratiebronnen
Gebruik **	Handen
Plaatsingsdatum	2014
Gerelateerde artikelen	n.v.t.
Trefwoorden	Voorbeeldles, venster op de hemel, voortgezet onderwijs, scheikunde

* In het compendium wordt al het materiaal verdeeld over de acht thema's van christelijk leraarschap: *onderwijs, inspiratiebronnen, leraar, leerling, leerstof, didactiek, schoolteam, leidinggevenden*.

** Het materiaal kan gebruikt worden als onderbouwing en visievorming (*hoofd*), bezinning en reflectie (*hart*) of biedt concrete handreikingen en voorbeelden (*handen*).

6. Een les scheikunde: de stof water geeft een venster op de hemel

Han Vuik

1. Inleiding

In deze les, die gegeven wordt in de vierde klas havo/vwo, wordt de stof water beschreven. De stof water is zeer algemeen bekend en toch heel bijzonder. Zij is onmisbaar voor het leven en komt in een veelvoud van verschijningsvormen voor. De stof water kent daardoor verschillende benamingen, zoals ijs, sneeuw, mist, regen, stoom en nevel. Tijdens de les beginnen we op macroniveau en constateren daarbij dat water al deze bijzondere verschijningsvormen heeft. Daarna begeben we ons op het microniveau van moleculen, atomen en elementaire deeltjes. Dit microniveau geeft een verklaring voor een aantal chemische en fysische eigenschappen van water. De praktische gevolgen van deze eigenschappen voor het dagelijks leven worden belicht. Ze bieden ook een blik op de Schepper van het water en vormen aldus een venster op de hemel.

2. Inhoud van de les

a. Eigenschappen van water

De stof water heeft twee bijzondere eigenschappen die goed waarneembaar zijn. Een waterstraal kan worden afgebogen als deze door een elektrisch veld valt, en water heeft een hoger kookpunt dan vergelijkbare andere stoffen. Het feit dat water

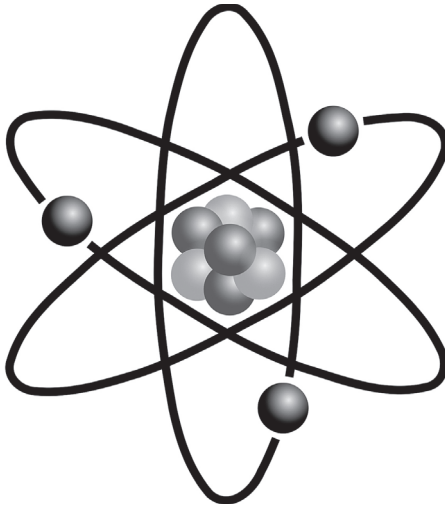
wordt afgebogen in een elektrisch veld geeft aan dat de stof water op de een of andere manier uit elektrisch geladen deeltjes moet bestaan. Het feit dat water een relatief hoog kookpunt heeft, geeft aan dat watermoleculen onderling stevig verbonden moeten zijn.

Deze eigenschappen maken ons nieuwsgierig naar de bouw van een watermolecuul.

b. Theoretisch onderzoek (modellering)

Om iets van de werkelijkheid om ons heen te kunnen begrijpen en theoretisch te kunnen onderzoeken, maken we gebruik van modellen. We moeten steeds voor ogen houden dat modellen een vereenvoudiging van de werkelijkheid zijn. Modellen worden met het toenemen van de wetenschap steeds meer verfijnd, maar de werkelijkheid zelf is altijd nog anders en ingewikkelder. Hoe meer we weten, hoe meer we constateren dat we nog maar een klein deel weten. Hieronder volgt een deel van de modellering van de stof water.

Watermoleculen bestaan uit twee waterstofatomen (afgekort: H-atomen) en één zuurstofatoom (afgekort: O-atoom). De scheikundige formule is H_2O . Een waterstofatoom bestaat uit een proton in de kern, waar een elektron omheen cirkelt. Een proton is een positief geladen deeltje, een elektron is een veel lichter, negatief geladen deeltje. Een zuurstofatoom bestaat uit een kern van 8 protonen en (gewoonlijk) 8 neutronen (ongeladen deeltjes, even zwaar als een proton), en 8 elektronen in een elektronenwolk om de kern. Bij het zuurstofatoom bewegen de elektronen in twee schillen rondom de kern: twee elektronen in een eerste schil en zes elektronen in een tweede schil (zie figuur 1).

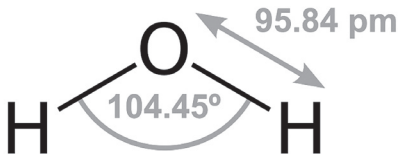


Figuur 1: De bouw van een atoom

c. Ladingsverdeling watermolecuul

Het zuurstofatoom is aan beide zijden aan een waterstofatoom verbonden doordat twee elektronen in een gezamenlijk baan tussen de atomen gaan bewegen. Dit wordt het bindend elektronenpaar genoemd. Het zuurstofatoom heeft een sterkere aantrekkingskracht voor het bindende elektronenpaar dan het waterstofatoom. De negatief geladen elektronen bevinden zich daardoor gemiddeld dichter bij het zuurstofatoom dan bij het waterstofatoom. Het gevolg is dat in een watermolecuul het zuurstofatoom een beetje negatief geladen is en de waterstofatomen een beetje positief geladen zijn. Aangezien een waterstraal afgebogen wordt in een elektrisch veld, kunnen de waterstofatomen en het zuurstofatoom niet in een rechte lijn liggen: $\text{H} - \text{O} - \text{H}$. Het molecuul heeft dan namelijk nog geen positieve en negatieve kant. Blijkbaar zit er dus een knik in

het molecuul, waarbij het zuurstofatoom zich aan de ene kant bevindt en de waterstofatomen aan de andere kant (zie figuur 2). We zeggen dan dat water een polaire stof is: het molecuul heeft twee polen met een verschillende elektrische lading.

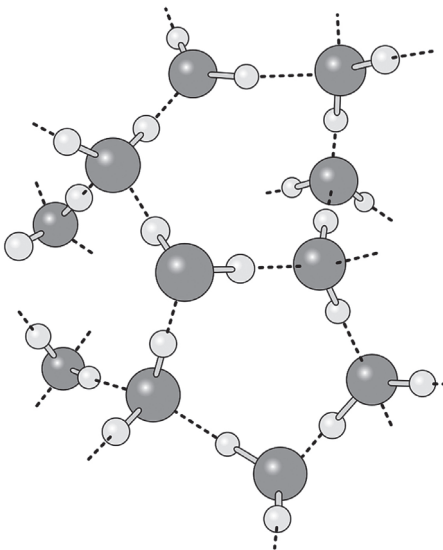


Figuur 2: De bouw van een watermolecuul

d. Hoog kookpunt water

De tweede waarneming, namelijk dat water bij een relatief hoge temperatuur kookt, heeft de volgende verklaring. Moleculen zijn kleine deeltjes die in de vloeibare fase langs elkaar bewegen. De moleculen trekken elkaar aan door de zogenaamde vanderwaalsbinding. (Deze verbinding is genoemd naar de grote christelijke natuurkundige Van der Waals, de vader van de bekende dichteres Jacqueline van der Waals.) Deze aantrekkingskracht is vergelijkbaar met de aantrekkingskracht tussen aarde en maan en alle andere voorwerpen die een massa hebben (gravitatiekracht). Het is bekend dat hoe groter de massa van een voorwerp is, hoe groter de aantrekkingskracht tussen deze deeltjes is. Dit geldt ook voor moleculen. Hoe groter de aantrekkingskracht tussen moleculen is, hoe hoger het kookpunt. Als een stof kookt, wordt namelijk de aantrekkingskracht tussen de moleculen verbroken. De moleculen zweven dan op een relatief grote afstand van elkaar en zonder dat ze elkaar nog aantrekken door de ruimte.

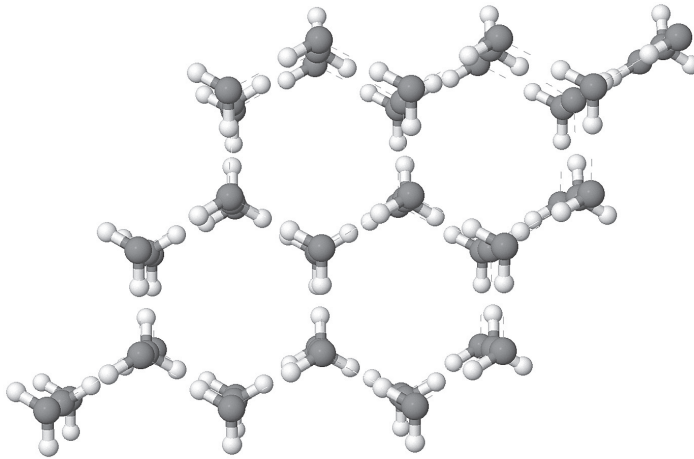
Water heeft een massa van 18 u (atomaire massa-eenheid). De stof methaan (hoofdbestanddeel van aardgas) heeft een massa van 16 u. Op grond van deze massa's zou je verwachten dat de aantrekkingskracht tussen de moleculen (vanderwaalsbinding) bij beide stoffen even groot zou zijn. Ze zouden dus ook een even hoog kookpunt moeten hebben. Het kookpunt van water is echter 100 °C en dat van methaan -161 °C! Met alleen de vanderwaalsbinding kunnen we de aantrekkingskracht tussen moleculen dus niet verklaren. Er moet tussen watermoleculen nog een andere aantrekkingskracht in het spel zijn. Dit is inderdaad het geval en deze kracht noemen we de waterstofbrug. Tussen het enigszins positief geladen waterstofatoom en het enigszins negatief geladen zuurstofatoom van een ander watermolecuul bevindt zich een relatief sterke aantrekkingskracht: de waterstofbrug genoemd, aangegeven met een stippellijn (zie figuur 3).



Figuur 3: Waterstofbruggen tussen watermoleculen

e. Dichtheid water

In de vaste fase (ijs) nemen de watermoleculen dankzij de waterstofbruggen met hun vaste oriëntatie een bijzondere en regelmatige rangschikking aan (regelmatige zeshoek, zie figuur 4). Dit verklaart de prachtige ijs- en sneeuwkrystallen die we in de winter kunnen bewonderen. Door deze rangschikking neemt ijs ook een groter volume in dan vloeibaar water. Dit is heel bijzonder, omdat een stof in het algemeen een kleiner volume inneemt bij een lagere temperatuur. De moleculen bewegen dan namelijk langzamer en nemen minder ruimte in. De dichtheid van vast water (ijs) is, in tegenstelling tot alle andere stoffen, lager dan de dichtheid van vloeibaar water.



Figuur 4: Regelmatige rangschikking van watermoleculen in ijs

f. Praktische gevolgen

Water is vanuit scheikundig perspectief gezien een zeer bijzondere stof. De eigenschappen van water hebben grote gevolgen voor ons dagelijks leven. Dit is ook de reden dat wetenschappers koortsachtig op zoek zijn naar water in de ruimte. Water is namelijk een belangrijke voorwaarde voor leven. We willen een aantal van deze gevolgen de revue laten passeren.

Water is dankzij haar polaire karakter een krachtig oplosmiddel voor heel veel stoffen. Het bloed in ons lichaam bestaat voor een groot deel uit water. Zoals bekend is bloed het transportmiddel voor een veelheid van stoffen in ons lichaam. Dit is mogelijk dankzij de bijzondere bouw van het watermolecuul dat in ons bloed voorkomt.

Vrijwel alle levende wezens, maar ook onze aarde, bestaan voor meer dan de helft uit water. Dit zou nooit zo kunnen zijn als de watermoleculen niet onderling verbonden waren door waterstofbruggen. Zonder de aanwezigheid van waterstofbruggen zou nu alles wat op aarde is en water bevat, staan te 'borrelen'. Het kookpunt van water zou dan namelijk ver onder $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ liggen.

Een laatste voorbeeld betreft de dichtheid van ijs ten opzichte van vloeibaar water. Dankzij de waterstofbruggen heeft ijs een lagere dichtheid dan water. Het gevolg is dat als sloten en meren bevriezen, het ijs op het water gaat drijven. De regelmatige rangschikking van watermoleculen begint al te ontstaan bij een temperatuur van minder dan $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Water van $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ heeft dus de hoogste dichtheid. Ook dit biedt weer een prachtig venster op de hemel, namelijk op de Schepper van water! Als 's winters sloten en meren bevriezen, zakt het ijs niet naar de bodem. Al het leven in sloten en meren zou dan door bevriezing sterven. Bij vorst bevindt zich op de bodem van bevroren sloten en

meren water van 4 °C. Dit is de ideale (koelkast)temperatuur voor onder andere vissen en amfibieën om te overwinteren.

3. Tot slot

In bovenstaande les is iets verteld over het betrekkelijk eenvoudig molecuul water: H₂O. Meetbare en waarneembare (macro) eigenschappen van de stof hebben ons nieuwsgierig gemaakt naar de theoretische verklaring daarvan (microchemie). Met behulp van deze kennis (polariteit van water en de aanwezigheid van waterstofbruggen) konden we een aantal fysische eigenschappen van water goed verklaren. Vanwege deze eigenschappen is water zo'n bijzondere stof is en bestaan de aarde en alle levende wezens voor zo'n belangrijk deel uit water. Zo gaf deze les over water een venster op de hemel. Wij geloven immers dat God de Schepper is van deze zo algemene maar ook bijzondere stof.