

Les 4: Water, een vreemde chemische stof

Inleiding



Dorst is een normaal verschijnsel als het lichaam behoefte heeft aan vocht ofwel water. Als je dit signaal dat je lichaam niet zou optreden, bestaat de kans dat je lichaam uitdroogt. Zodra het een beetje die kant opgaat, wordt dit door de hersenen gesignaleerd en ontstaat het waarschuwendende dorstgevoel. Water drinken is in dat geval al voldoende en misschien ook wel het beste. Maar veel mensen geven de voorkeur aan water met een smaakje in de vorm van koffie, thee, limonade, wijn of bier. In deze les wordt de stof water beschreven. De stof water is zeer algemeen bekend en toch heel bijzonder. Zonder water kunnen mensen, planten en dieren niet leven. Water is niet zomaar water, het komt in meerdere verschijningsvormen voor.

“Water is het hoofdbestanddeel van het menselijk lichaam maar het percentage schommelt ‘slechts’ rond 55 à 60 procent – bij mannen ligt het iets hoger dan bij vrouwen vanwege het verschil in vetgehalte. Om dezelfde reden neemt het watergehalte gemiddeld ook af met de leeftijd. Een zuigeling bestaat dan weer voor 75 procent uit water; een embryo zelfs voor 80 procent.”

“Het grootste deel van dat water – bij een volwassen man toch al gauw zo’n 45 liter – zit in de cellen van ons lichaam: een cel is eigenlijk een zakje water met daarin verschillende structuren. Niet alle organen zijn overigens even waterrijk: de longen bestaan bijvoorbeeld voor 90 procent uit water; de huid voor 80 procent en de hersenen voor 70 procent. Botten en tanden bevatten toch ook nog respectievelijk 20 en 10 procent.”

Vraag 1: Noem verschillende vormen van water die jij kent.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Soort	Water	Vet	Caseine	Wei eiwit	Lactose	As
Mens	87.1	4.6	0.4	0.7	6.8	0.2
Koe	87.3	4.4	2.8	0.6	4.6	0.7
Buffel	82.2	7.8	3.2	0.6	4.9	0.8
Geit	86.7	4.5	2.6	0.6	4.4	0.8
Schaap	82.0	7.6	3.9	0.7	4.8	0.9
Paard	88.8	1.6	1.3	1.2	6.2	0.4
Rat	79.0	10.3	6.4	2.0	2.6	1.3
Ezel	88.3	1.5	1.0	1.0	7.4	0.5
Rendier	66.7	18.0	8.6	1.5	2.8	1.5
Kameel	86.5	4.0	2.7	0.9	5.4	0.7

Figuur 1: Melk bestaat voor het overgrote deel uit water

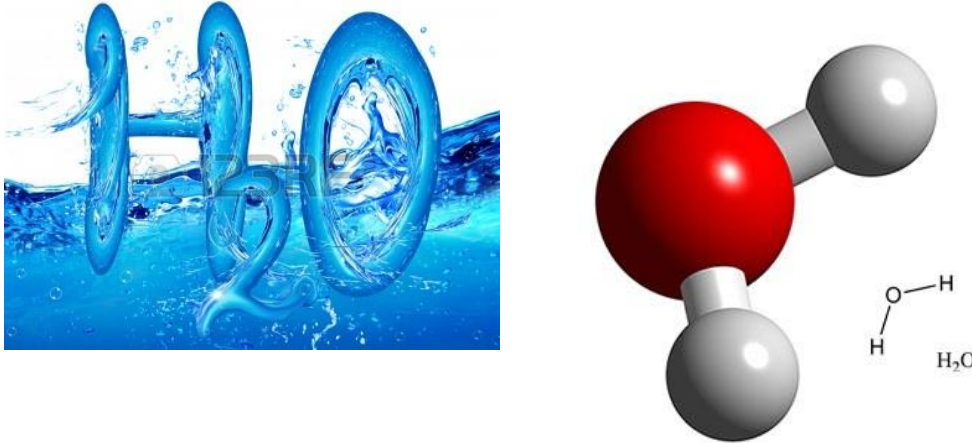
De eigenschappen van water

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 blijkbaar stevig met elkaar verbonden moeten zijn.

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

Wat is water?

Watermoleculen bestaan uit twee waterstofatomen (afgekort: H-atomen) en één zuurstofatoom (afgekort: O-atoom). De scheikundige formule is **H₂O**.



Figuur 2: Water ofwel H₂O

Water is eigenlijk een hele vreemde stof.

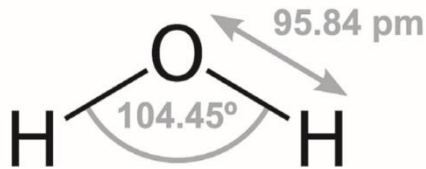
Wanneer je 1 molecuul water zou kunnen wegen op een weegschaal en je zou de massa van een watermolecuul vergelijken met een molecuul kooldioxide (of wel koolzuurgas of CO₂), dan zou je zien dat watermoleculen ruim 2,4 keer zo licht zijn als een CO₂-molecuul. Het vreemde hieraan is dat water, ondanks dat het lichter van gewicht is en een kleiner molecuul is, een vloeistof is en dat het relatief zware kooldioxide gasvormig is.

Om dit te kunnen begrijpen moet je weten dat atomen opgebouwd zijn uit neutrale-, positieve- én negatieve deeltjes. Misschien heb je er wel eens van gehoord:

- Neutronen (neutraal)
- Protonen (positief geladen)
- Elektronen (negatief geladen)

Het aantal positieve- en negatieve deeltjes zijn in een molecuul in balans, waardoor een molecuul dus neutraal is ofwel geen lading heeft.

In het meest rechtse plaatje van figuur 2 zie je dat het (in rood weergegeven) zuurstofatoom aan beide zijden aan een (in wit weergegeven) waterstofatoom verbonden is door middel van een soort 'verbindingsstukje'. Zo'n verbindingsstukje wordt een elektronenpaar genoemd en geeft aan dat twee elektronen in een gezamenlijk baan tussen de atomen gaan bewegen. Maar het zuurstofatoom heeft een sterkere aantrekkingskracht en trekt de negatief geladen elektronen naar zich toe. Hierdoor bevindende elektronen zich daardoor gemiddeld dichter bij het zuurstofatoom dan bij het waterstofatoom. Het gevolg is dat in een watermolecuul het zuurstofatoom net iets meer negatief geladen is en dat de kant waar de 2 waterstofatomen zitten net iets meer negatief geladen is.



Figuur 3: door de hoek binnen de waterstofatomen t.o.v. het zuurstofatoom ontstaat binnen het watermolecuul een licht ladingsverschil

En dit is een interessant gegeven, want door de minuscule ladingsverschillen krijg je dus aantrekkings- of juist afstotingeffecten. Dit is vergelijkbaar met de polen van een magneet; noordpolen en zuidpolen van een magneet stoten elkaar af en een noord- en een zuidpool trekken elkaar juist aan.

Met watermoleculen gebeurt eigenlijk precies hetzelfde. De licht negatieve zijde bij het zuurstofatoom trekt de licht positieve kant van een ander watermolecuul aan (de waterstofzijde). Op deze manier klikken de watermoleculen al een reeks magneetjes in elkaar en ontstaat er een heel compact geheel. Zo compact dat het zelfs een vloeistof is bij kamertemperatuur. Het 'zware' kooldioxide is bij deze temperatuur al gasvormig!

Water heeft een hoog kookpunt

Opvallend aan water is dat het pas bij een relatief hoge temperatuur pas kookt. Dit lijkt in eerste instantie misschien vreemd, maar dit is wel te verklaren.

Moleculen zijn kleine deeltjes die wanneer zij een vloeistof zijn (zoals water dat is) langs elkaar heen bewegen. Hierbij worden deze moleculen door elkaar aangetrokken. Een van deze aantrekkingskrachten wordt de zogenaamde **vanderwaalsbinding** genoemd.

De *vanderwaalsbinding* is een *zwakke binding*. De sterkte van de binding hangt sterk af van het gemak waarmee de 'wolk van elektronen' die zich rond een molecuul bevindt vervormd kan worden. Hoe groter een molecuul des te groter de vanderwaalsbinding

De *sterkte* hangt dus vooral af van de *grootte* van het *molecuul*: moleculen met een *grotere massa* oefenen *sterkere vanderwaalskrachten* op elkaar uit dan met een kleinere massa.

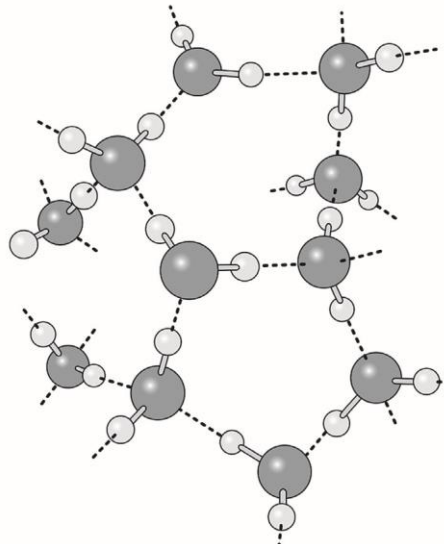
(Deze verbinding is genoemd naar de grote natuurkundige Van der Waals) Deze aantrekkingskracht is vergelijkbaar met de aantrekkingskracht tussen aarde en maan en alle andere voorwerpen die een massa hebben (= de zogenaamde **gravitatiekracht**). Het is

Maar we hadden al geconstateerd dat een watermolecuul klein is en weinig weegt:

- De massa van 1 watermolecuul is **18u (atomaire massa-eenheid)**.
- Aardgas bestaat bijna volledig uit methaangas en de stof methaan heeft een **massa van 16u**.

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. Maar het kookpunt van water is echter 100°C en dat van methaan -161°C!

Dus 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. In figuur 4 op de volgende bladzijde worden de waterstofbruggen tussen de watermoleculen aangegeven met een stippellijn. Bij methaanmoleculen zijn deze ladingverschillen binnen het molecuul waardoor er dus ook geen waterstofbruggen gevormd worden. De moleculen trekken elkaar onderling dus niet aan. Dit verklaart dat water bij kamertemperatuur een vloeistof is en methaan een gas.



Figuur 4: Waterstofbruggen tussen watermoleculen

Vraag 2: De scheikundige notatie voor water is **H₂O**

- a. Uit welke atomen (bouwstenen) is een watermolecuul opgebouwd. Benoem deze atomen in woorden.

.....
.....
.....

- b. Bij de elektrolyse van water zal er aan de beide polen gasvorming ontstaan. Welke gasvormige stoffen denk jij dat dit zijn?

.....
.....
.....

- c. Ga via **'Google'** met zoekterm **wiki** op zoek naar aanvullende informatie over deze reactieproducten. Wat kan je vinden over de chemische eigenschappen?.

.....
.....
.....

- d. Door gebruik te maken van de informatie die je bij je zoektocht op het internet (vraag 2c.) gevonden hebt: Hoe zou je kunnen aantonen dat deze stoffen daadwerkelijk ontstaan?

.....
.....
.....

Practicumproef 1: Elektrolyse van water

Een leuk scheikundig proefje is de elektrolyse van water. Elektrolyse is een methode die gebruikt kan worden om stoffen te scheiden in hun oorspronkelijk bouwstenen. Elektrolyse gebeurt meestal in water waarbij erin opgeloste stoffen worden omgezet in andere stoffen. Je kunt water echter ook zelf laten reageren, en dat gebeurt in deze proef

Wat heb je nodig?

- Water
- Een bekersglas om het water in te doen
- Twee reageerbuizen
- Twee potloden met twee stukjes stroomkabeltjes
- Een stroombron, zoals een accu of flinke batterij

Water, of scheikundig gezegd H_2O is opgebouwd uit waterstof (H) en zuurstof (O). Doormiddel van een elektrische stroom kan het weer in deze 'bouwstenen' opgesplitst worden. Hierbij ontstaan 2 gassen, namelijk waterstofgas (H_2) en zuurstofgas (O_2):



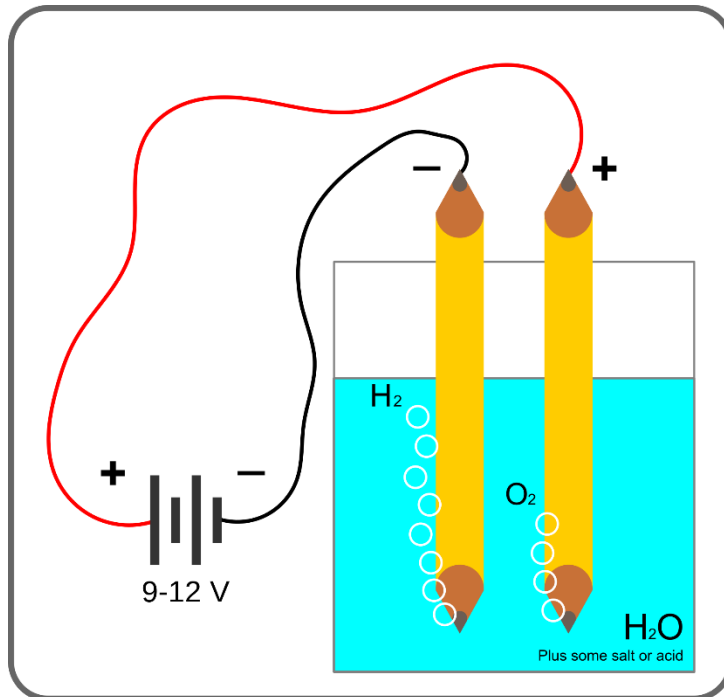
Werkwijze:

Vul het bekersglas met water. Een klein beetje keukenzout toevoegen (slechts enkele korreltjes is al voldoende) verbetert de geleiding.

Maak van 2 potloden elektrodes door aan beide zijden van het potlood het hout weg te snijden zodat er aan allebei de kanten een staafje grafiet uitsteekt.

Steek beide potloden in het water (en controleer hierbij goed dat de grafietstaafjes elkaar niet raken).

Sluit op de andere uiteinden van de potloden met een elektrodenklem een stroomkabeltje aan en verbindt deze met de polen op de accu. Een potlood wordt verbonden met de pluspool en de andere met de minpool.



Figuur 5: Meetopstelling experiment Elektrolyse van water

Vraag 3: Wat neem je waar?

.....

Vul de twee reageerbuisen met water en zet ze op hun kop (zonder dat ze leeglopen) in het bekglas. Houd de reageerbuis op zo'n manier bij de elektroden dat het ontstane gas in de reageerbuis naar boven borrelt. Aan de positieve elektrode ontstaat waterstofgas, aan de negatieve zuurstofgas. Ga net zolang door met gas op te vangen dat je een redelijke hoeveelheid gas (enkele centimeters) in de reageerbuisjes verzameld hebt.

Vraag 4: Hoe toon je aan wat het waterstofgas en wat het zuurstofgas is?
 Overleg met je docent of instructeur voordat je dit daadwerkelijk gaat uitvoeren.
 Beschrijf je werkwijze in woorden:

.....

Ook wanneer je niet precies weet wat de positieve en de negatieve elektrode is, dan is het te zien aan de geproduceerde hoeveelheid gas. In één watermolecuul zitten namelijk twee atomen waterstof, en één atoom zuurstof. Bij het opsplitsen in de oorspronkelijke bouwstenen ontstaat er dus twee keer zoveel waterstof als zuurstof. Bij één elektrode zal dus meer gas opbruisen dan bij de andere.

Hoewel waterstofgas een explosief en gevaarlijk gas is, valt dit in de hoeveelheden die bij dit proefje ontstaan reuze mee. Zolang het niet in contact kan komen met lucht is er niets aan de hand. Een ook al komt het in contact met lucht, dan is het slechts brandbaar en pas onder juiste mengverhoudingen explosief.

Wanneer je in beide reageerbuisen voldoende gas opgevangen hebt, haal je de elektroden los van de accu

(bron: <http://web.archive.org/web/20070120161456/http://www.jeroengoubet.tomaatnet.nl/experimenten/water.html>)

Practicum 2: Oplosbaarheid van stoffen in water

Benodigdheden:

- Natriumchloride (ofwel keukenzout)
- Suiker
- Methanol
- Krijt
- Zonnebloemolie of olijfolie
- Ammoniumchloride (ook bekend onder de naam salmiak)
- Citroenzuur
- Reageerbuisen
- Reageerbuisrek
- Spuitfles gevuld met demiwater
- Watervaste stift

Werkwijze 1:

- Neem de reageerbuisen en zet deze in een reageerbuisrek.
- Nummer elke reageerbuis met behulp van de watervaste stift.
- Vul elke reageerbuis met behulp van de spuitfles met ongeveer 5 cm water.
- Neem in het geval van een vaste stof met een spatel uit elk potje een heel klein beetje van die stof en voeg deze stof toe aan het water van een van de reageerbuisen.
- Neem in het geval van een vloeistof met een druppelpipet uit elk potje een heel klein beetje van die stof en voeg deze stof toe aan het water van een van de reageerbuisen.

- Houd in je logboek goed bij welke stof je toevoegt aan welke reageerbuis.
- Doe een plastic of rubberen dopje op de reageerbuis en schud goed.
- Beschrijf in woorden wat je waarneemt bij de verschillende reageerbuisen.
- Noteer je bevindingen in de tabel op de volgende bladzijde.

Waarnemingen/bevindingen:

Naam van de stof:	Oplosbaar? (Ja/Nee)	Waarnemingen:
Natriumchloride		
Suiker		
Methanol		
Krijt		
Zonnebloemolie of Olijfolie		
Ammonium-chloride		
Citroenzuur		

Werkwijze 2:

1. Vul met behulp van een pipet een schone en droge reageerbuis met milliliter water.
2. Meet met een thermometer wat de temperatuur is van het water en noteer dit in je logboek.
3. Weeg op de analytische balans op een papiertje 0,5 gram keukenzout af.
4. Voeg deze 0,5 gram keukenzout toe aan het water in de reageerbuis.
5. Doe een plastic of rubberen dopje op de reageerbuis en schud goed.
6. Noteer in je logboek wat je waarneemt
7. Wanneer al het zout oplost herhaal je 3 t/m 6 totdat er korreltjes zout op de bodem blijven liggen. Je hebt nu een verzadigde oplossing van keukenzout in water gemaakt
8. Hoeveel gram zout heb je moeten toevoegen om een verzadigde oplossing te maken?
9. Hoeveel gram zou je nodig hebben om 1 liter verzadigde keukenzout-oplossing te maken?

10. Ga in je Binas of op internet op zoek naar informatie over de (maximale) oplosbaarheid van natriumchloride (of keukenzout). Beschrijf welke informatie je hebt gevonden.
11. Let uit wat er volgens jou met de oplosbaarheid van het zout zal gebeuren als je de oplossing zou verwarmen?
12. Als de tijd het nog toelaat, test dit uit! Wat zijn je waarnemingen?

Opruimen:

- Maak de reageerbuizen schoon door ze goed om te spoelen met demiwater.
- Zet de reageerbuizen omgekeerd in het reageerbuisrek en ruim alles netjes op.

Verslaglegging:

Maak een gecombineerd verslagje van twee meetrappen over:

- de elektrolyse van water
- de oplosbaarheid van stoffen in water

Verwerk je bevindingen op een overzichtelijke wijze. Verwerk hierin ook de antwoorden op de vragen 1 t/m4 die in dit voorschrift gesteld worden.

Lever dit verslag in bij je docent.