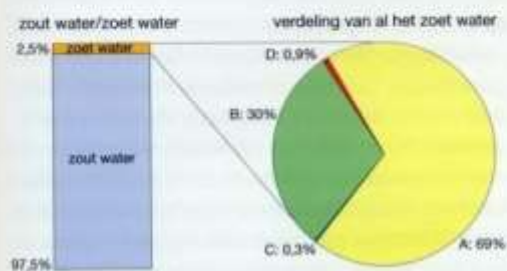


2.1 Watervoorziening

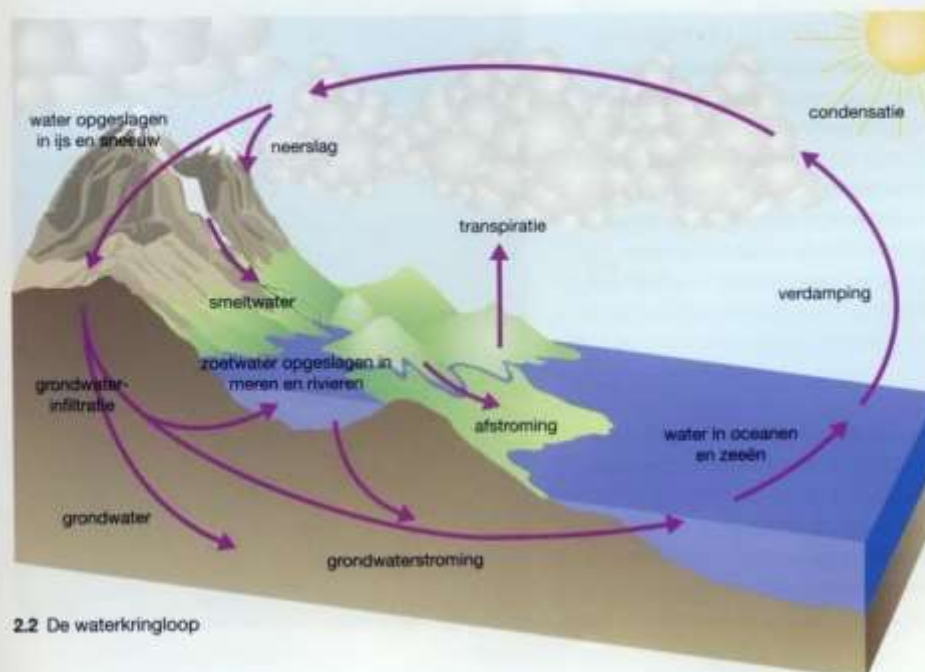
►Aardolie noemden we in het vorige hoofdstuk zwart goud. Water is nog veel kostbaarder: het is onmisbaar voor het in stand houden van leven, gezondheid en welvaart. Op dit moment bevat de aarde evenveel water als toen ze werd gevormd. Het water dat uit jouw kraan komt, zou wel eens moleculen kunnen bevatten die zijn gedronken door een Neanderthaler.

Onder invloed van de klimaatsveranderingen komt er door het smelten van de ijskappen steeds meer vloeibaar water. Toch wordt kraanwater duurder. Hoe komt dat?



- A: 69% gletsjers en permanente sneeuwlagen (124 060 000 km³)
- B: 30% zoet grondwater (10 530 000 km³)
- C: 0,3% zoet water in meren en rivieren (93 000 km³)
- D: 0,9% overig zoet water, zoals bodemvocht, landijs/permafrost en moerassen (342 000 km³)

2.1 Het water op aarde



2.2 De waterkringloop

Hoeveelheid water

Water is de meest voorkomende vloeistof op aarde. Je kunt het niet alleen aan het oppervlak vinden, maar ook in de grond en in de lucht. Het is, naast zwavel tijdens een vulkaaneruptie, de enige stof die in drie fasen op aarde voorkomt, vast (ijs), vloeibaar (water) en gasvormig (waterdamp). De schattingen van de totaal aanwezige hoeveelheid water op aarde lopen sterk uiteen, maar meestal gaat men uit van 1,4 miljard kubieke kilometer. Dat is een aantal liters dat je schrijft als het getal 14 met daarachter twintig nullen!

Dat is een enorme hoeveelheid, maar daarvan is 'maar' 2,5 procent zoet water. En zelfs die 2,5% kunnen we niet helemaal gebruiken. De verdeling van water op aarde is weergegeven in figuur 2.1. Zoals je ziet is het grootste gedeelte van het zoete water aan het aardoppervlak permanent bevroren!

Beschikbaar water

De hoeveelheid water op aarde verandert niet, maar het water verandert wel voortdurend van plaats. Dat kun je zien in figuur 2.2, waarin de waterkringloop is getekend.

Per jaar valt wereldwijd 113 000 km³ water als regen of sneeuw op het land. Een deel daarvan verdampst en meer dan de helft stroomt ongebruikt via rivieren terug naar de oceaan. Bovendien valt ongeveer een achtste deel op plaatsen die voor de mens moeilijk zijn te bereiken. Daardoor is er maximaal tussen de 9000 en de 14 000 km³ zoet water per jaar echt beschikbaar

Snelheid van de waterkringloop

In figuur 2.2 zie je de vijf onderdelen van de waterkringloop: verdamping, condensatie, neerslag, infiltratie en afstroming. Maar hoe snel verlopen deze processen eigenlijk? De volgende gegevens helpen je om je daarvan een voorstelling te vormen:

- Over een periode van honderd jaar bevindt een watermolecuul zich 98 jaar in de oceaan, twintig maanden in ijs, twee weken in meren en rivieren en minder dan een week in de waterdamp in de atmosfeer;
- Een watermolecuul in grondwater kan er een heel mensenleven over doen om zich één kilometer te verplaatsen.

voor dieren, planten en de mens. Hoe meer mensen er zijn, des te minder water is er per persoon beschikbaar. Tussen 1974 en nu is de wereldbevolking zo snel gegroeid dat er vergeleken met 1974 nu nog maar de helft van de hoeveelheid water per persoon beschikbaar is.

Waterbeheer

Een vijfde deel van de wereldbevolking beschikt nu al over te weinig schoon water om in zijn behoefte te kunnen voorzien. De totale wereldbevolking gebruikt nu vier keer zoveel water als vijftig jaar geleden. Dat komt zowel door de bevolkingsgroei als door de toename van het watergebruik per persoon. Deze eeuw wordt water waarschijnlijk de meest schaarse natuurlijke hulpbron voor voedselproductie en menselijke consumptie. Ongeveer 80% van ons watergebruik is bestemd voor de landbouw, de industrie en de energieproductie. Dat gebeurt vaak heel inefficiënt, waardoor minder dan de helft van het water nuttig wordt gebruikt! De ontwikkeling van nieuwe technieken waarmee het waterverbruik kan worden beperkt is daarom heel hard nodig. Als we niets doen is de verwachting dat in 2025 bijna een derde deel van de wereldbevolking geen toegang tot schoon water zal hebben!

Water in vroegere culturen

In de oudheid gebruikten de Romeinen onder andere door hun uitgebreide badcultuur tamelijk veel water. Voor hun watervoorziening bouwden ze door heel Europa uitgebreide waterwerken. Het water haalden ze bij voorkeur uit een bron en daarna vervoerden ze het via bruggen en aquaducten over grote afstanden naar hun steden. Die aquaducten kun je op veel plaatsen in Europa nog zien.



2.3 Een aquaduct

We moeten er dus voor zorgen dat in de toekomst meer water beschikbaar komt, met name voor mensen in de derde wereld die nu al te vaak een groot gebrek aan water hebben.

Er zijn wel manieren om de watervoorraad in een bepaald gebied beter te benutten of te vergroten.

- De allereerste stap is zuiniger met water omgaan. We kunnen vaak met veel minder water toe door bijvoorbeeld landbouwgronden efficiënter te bevoeien.
- We kunnen dammen aanleggen en reservoirs bouwen om het regenwater op te slaan. Daarvoor is veel geld en technische kennis nodig, maar er zijn ook nogal wat milieubezwaren.
- Oppervlaktewater kunnen we vanuit een ander gebied halen, maar de kosten voor het transport zijn erg hoog.
- Grondwater kan worden opgepompt, maar dan kan na verloop van tijd de bodem uitdrogen doordat het grondwaterpeil te veel daalt.
- Ten slotte stelt de chemie ons in staat om zout water te veranderen in zoet water (ontzouten). Er is immers genoeg zout water op de wereld. Een nadeel is dat de kosten van de techniek om te ontzouten erg hoog zijn. Het proces kost bovendien veel energie en dat brengt vaak meer koolstofdioxide in de lucht.

Conflicten

De bevolking en de beschikbaarheid van zoet water zijn erg ongelijk over de wereld verdeeld. Dit geeft aanleiding tot conflicten. Dat kunnen conflicten tussen mensen zijn, maar ook tussen landen. Als een rivier door meerdere landen stroomt en stroomopwaarts wordt veel water onttrokken, dan blijft er te weinig water over voor de landen die meer stroomafwaarts liggen. Rivieren houden zich niet aan grenzen. Als er vervuiling van de rivier optreedt, hebben alle landen die stroomafwaarts liggen daar last van. Door slecht waterbeheer kunnen naburige landen veel overlast ondervinden. Het is niet denkbeeldig dat hierdoor oorlogen gaan ontstaan.

Water als grondstof

De hoeveelheid water die nodig is voor het maken van:

- 1 een vat bier: 5680 liter
- 2 een ei: 450 liter
- 3 een blik fruit of groente: 35 liter
- 4 een kop koffie: 140 liter
- 5 een boterham: 40 liter
- 6 een vat benzine: 7000 liter
- 7 een auto: 148 000 liter

Opdrachten

B 1

- a Maak een schatting van de hoeveelheid water die we in Nederland gemiddeld per persoon per dag gebruiken.
- b Is deze hoeveelheid water de laatste jaren toegenomen of juist afgenomen? Geef enkele factoren die daarbij een rol kunnen hebben gespeeld.

Controleer daarna je antwoorden met informatie die je op internet kunt vinden. Zoek ook de antwoorden op de volgende vragen:

- c Wat verstaan we onder virtueel water?
- d Hoeveel water is nodig voor het maken van een katoenen T-shirt (met korte mouw)? En hoeveel water is nodig voor een reep chocola? En voor 100 gram rundvlees?
- e Hoeveel virtueel water gebruiken we in Nederland gemiddeld per persoon per dag?
- f Welke grondstoffen zijn afkomstig van 'dorstige gewassen'?
- g Wat kunnen we doen om het gebruik van virtueel water terug te dringen en waarom is dat belangrijk?

C 3

Glaciers en permanente sneeuwlagen op aarde hebben samen een volume van ruim 124 miljoen km³. Daarvan is 11,3 miljoen km³ te vinden in ijskappen op de polen. Als we het water in de ijskappen op de polen zouden laten smelten en uitschenken in glazen, hoeveel glazen met een inhoud van 250 mL zouden we dan met dit water kunnen vullen?

B 4

Op 2 december 1882 werd het aquarium in Artis feestelijk geopend. Het was toen het grootste aquarium ter wereld, maar het bleek niet gemakkelijk te onderhouden. De dierentuin moest speciale waterschuiten huren om water uit de Noordzee op te halen. Later werd er wegens vervuiling van de Noordzee zelfs zeewater uit de Golf van Biskaje gehaald. Het aquarium was wél van hoge kwaliteit: Artis kon als eerste dierentuin ooit zelfs haring in leven houden.

Maak bij deze opdracht gebruik van internet.

- Geef de samenstelling van zeewater.
- Welke Nederlandse dierentuinen hebben tegenwoordig een zoutwateraquarium?
- Hoe zorgen de grotere Nederlandse dierentuinen ervoor dat de vissen in de zoutwateraquaria een goed leefklimaat hebben? Welke stoffen gebruiken ze daarbij?
- Zijn er nog dierentuinen in Nederland die haringen houden? Licht je antwoord toe.

C 5

In figuur 2.4 zie je de namen van de acht atoomsoorten die het meest voorkomen in de aardkorst. Je kunt een soortgelijke tabel samenstellen voor zeewater.

- Wat zijn de vier meest voorkomende atoomsoorten in zeewater? Licht je antwoord toe.

In zeewater komen van nature tientallen verschillende atoomsoorten voor. De atoomsoort die in de laagste concentratie in zeewater voorkomt, is goud. Er zit 4 kilogram van de atoomsoort goud in een km^3 zeewater, dat zijn $1 \cdot 10^{13}$ goudatomen in 1 liter zeewater.

- Waarom zijn er geen bedrijven die dat goud uit het zeewater halen?

atoomsoort	massapercentage
zuurstof	46,6
silicium	27,7
aluminium	8,0
ijzer	5,0
calcium	3,6
natrium	2,8
kalium	2,6
magnesium	2,1

2.4 De samenstelling van de aardkorst

2.2 De bijzondere stof water

Water beïnvloedt ons klimaat en de temperatuur op aarde. Daarom is water onmisbaar voor het in leven houden van planten, dieren en onszelf. Ook onze industriële productieprocessen en onze landbouw zijn afhankelijk van water. Maar water kan ook overlast geven: af en toe treden rivieren buiten hun oevers (figuur 2.5). Kun je de verschillende klimaten beter begrijpen met behulp van de eigenschappen van water? Kunnen we de eigenschappen van water verklaren door naar de bouw van de watermoleculen te kijken?

Eigenschappen van water

Water is een unieke stof. Hieronder vind je vier eigenschappen van water waarmee je kunt begrijpen waarom water zo bijzonder is.

1 Dichtheid

In de vloeibare fase hebben de moleculen geen vaste plaats meer. Daardoor kunnen ze vrij bewegen. De afstand tussen de moleculen is dan meestal iets groter dan in de vaste fase. Eén liter vloeistof bevat

dan minder moleculen dan één liter vaste stof. Eén liter vloeistof heeft dus een kleinere massa dan één liter vaste stof. Je kunt ook zeggen dat van de meeste stoffen de **dichtheid** van de vloeistof kleiner is dan de dichtheid van de vaste stof.

Bij water en ijs is dat anders! Kijk maar eens naar figuur 2.6. De watermoleculen in ijs zitten verder van elkaar dan in water. Daardoor weegt één liter ijs minder dan één liter water. De dichtheid van ijs is dus kleiner dan de dichtheid van water. Daardoor drijft ijs altijd op water. En dat is maar goed ook, want onder het ijs kunnen vissen in leven blijven!

De massa van één liter ijs is kleiner dan de massa van één liter water. Daardoor is de dichtheid van ijs kleiner dan de dichtheid van water, zodat ijs op water drijft.



2.5 Hoe lang houdt de dijk het nog?

Ijs is ook water

In het dagelijks leven noemen we de vloeistof die uit de kraan komt water. Daarnaast ken je ijs, sneeuw, hagel, rijp, waterdamp, enzovoort. In de omgangstaal noemen we water alleen water als het vloeibaar is. In de scheikunde is dat anders. Daar gaat het om de stof water en dat kan ook ijs of waterdamp zijn. Ijs noteer je in de scheikunde als water (s), damp als water (g) en ons bekende water noteer je als water (l).



2.6 De dichtheid van ijs is kleiner dan de dichtheid van water.

2 Soortelijke warmte

Water heeft een grote **soortelijke warmte**. Dat betekent dat er veel warmte nodig is om één kilogram water een graad warmer te maken. Als het water afkoelt, komt deze warmte weer vrij. Daardoor stijgt in de zomer de temperatuur van het oppervlaktewater maar heel langzaam en koelt het in de winter maar heel langzaam af. Die eigenschap van water zorgt ervoor dat er geen al te grote temperatuurschommelingen voorkomen in gebieden met veel water, zoals Nederland.

3 Hoog kookpunt

We vergelijken het kookpunt van water met dat van methaan omdat de moleculen van die twee stoffen ongeveer even zwaar zijn. Het kookpunt van water is 373 K. Dat is in verhouding erg hoog als je het vergelijkt met methaan (aardgas), dat een kookpunt van 112 K heeft (figuur 1.22). Je kunt dat begrijpen als je kijkt naar de aantrekkingskrachten tussen de moleculen. In methaan werken er alleen vanderwaalskrachten tussen de moleculen.

Watermoleculen hebben een kleine positieve **elektrische lading** aan de ene kant van het molecuul en een kleine negatieve elektrische lading aan de andere kant. Je weet dat een positieve en een negatieve lading elkaar aantrekken. Dan zal de positieve kant van het ene watermolecuul dus ook de negatieve kant van het andere molecuul aantrekken. Deze elektrische krachten tussen de moleculen zijn veel sterker dan de vanderwaalskrachten die je in het vorige hoofdstuk hebt geleerd. Bij het koken moeten de watermoleculen elkaar loslaten. Bij water is daar dus meer energie, warmte, voor nodig dan bij methaan. Daardoor is het kookpunt van water hoog.

4 Groot oplosvermogen

Water is een heel goed oplosmiddel voor veel verschillende soorten stoffen. Water heeft dan ook een groot **oplosvermogen**. Bloed bestaat voornamelijk uit water. In bloed kunnen dus allerlei stoffen oplossen. Die worden dan naar alle delen van je lichaam vervoerd. Zo vindt er transport van brandstof plaats naar je spieren, terwijl afvalstoffen naar je nieren worden vervoerd. Zonder het goede oplosvermogen van water zou er geen leven zijn zoals wij dat kennen.

Is er leven op Mars?

Water is een van de voorwaarden voor het ontstaan van leven. Vandaar dat er op Mars druk naar water wordt gezocht (figuur 2.7), want als er water is, is er ook leven mogelijk. Net onder de oppervlakte van Mars, vlakbij de evenaar, bevindt zich vermoedelijk een grote, bevroren zee. In toekomstige Marsexpedities wil men onderzoeken of er in de Marsbodem primitieve levensvormen voorkomen.

2.7 De Pathfinder op zoek naar water



Opdrachten

A 6

Leg uit wat wordt bedoeld met de zin: 'Water heeft een grote soortelijke warmte'.

B 7

Door al het water ontstaan er klimaatverschillen tussen gebieden bij een oceaan en gebieden die verder van een oceaan liggen.

- Vergelijk Kopenhagen en Moskou met elkaar. Kopenhagen heeft een zeeklimaat, Moskou een landklimaat. Zoek op internet op hoe groot de gemiddelde temperatuur in deze twee steden in de zomer is.
- Zoek ook de gemiddelde temperaturen in de winter op.
- Welke conclusie kun je uit deze gegevens trekken?
- Wat is een landklimaat?
- Wat is een zeeklimaat?

B 8

Ga naar de site van het KNMI.

- Zoek op hoeveel millimeter regen er de vorige maand in De Bilt is gevallen.
- Vergelijk deze hoeveelheid met de gemiddelde waarde voor deze maand. Is de hoeveelheid regen deze maand hoger of lager?
- Maak een print van de geraadpleegde regengrafiek en plak deze in je schrift.

B 9

In rivierwater zit opgelost zout. De rivieren stromen al vele eeuwen uit in zee en oceanen. Dat zeewater is veel zouter dan het rivierwater. Hoe komt dat?

B 10

Het water van de Dode Zee bevat zoveel opgeloste zouten dat je er vanzelf in blijft drijven.

- Hoe verandert de dichtheid van water als je er een grote hoeveelheid zout in oplost?
- Zoek op waar de Dode Zee ligt. Probeer dan te verklaren waardoor het zoutgehalte van de Dode Zee zoveel hoger is dan dat van bijvoorbeeld de Noordzee.

B 11

Leg uit waarom waterdruppels steviger zijn dan druppels van veel andere vloeistoffen.

2.3 Water als oplosmiddel

► Heb je wel eens een chemische tuin gezien? Die kun je vrij eenvoudig maken. Op de bodem van een aquarium breng je een laag wit zand aan. Hierop strooi je kristallen van metaalzouten. Vervolgens schenk je heel voorzichtig verdunde natriumsilicaatoplossing in het aquarium. Vrij snel zie je de eerste uitlopers groeien en na een uurtje staat je chemische tuin in volle bloei, zie figuur 2.8. Is zo'n chemische tuin een voorbeeld van oplossen? Of juist niet? Je kunt in experiment 2.2 deze tuin maken.

Wat gebeurt er bij het oplossen van een stof?

Moleculen blijven bij elkaar doordat ze elkaar aantrekken. Dat heeft tot gevolg dat er bindingen tussen moleculen ontstaan. Die bindingen worden verbroken als een stof sublimeert of verdampt. Maar ook als een stof oplost in een oplosmiddel. Dan worden niet alleen de bindingen tussen de moleculen van de stof verbroken, maar ook bindingen tussen de moleculen van het oplosmiddel. Er ontstaan tijdens het oplossen



2.8 Een 'chemische tuin'

nieuwe bindingen tussen moleculen van de stof en het oplosmiddel. Naast water kunnen we ook andere vloeistoffen gebruiken om iets in op te lossen. Bekende voorbeelden zijn wasbenzine en alcohol. Op de site kun je een animatie over het oplossen van een vaste stof in water bekijken.

Oplossingen en suspensies

Een **oplossing** is een mengsel dat altijd helder is. Je mag ook zeggen dat het doorzichtig is. Een oplossing kan kleurloos zijn of gekleurd. Dat kun je zien in experiment 2.1. In dat experiment is de sodaoplossing kleurloos en de oplossing van jood in wasbenzine paars. Een **suspensie** is een mengsel dat altijd troebel is. Je mag ook zeggen dat het ondoorzichtig is. Dat komt doordat de vaste stof niet is opgelost. Die zweeft in de vorm van kleine korreltjes in de vloeistof. Een suspensie kan wit zijn, of gekleurd. Op de site kun je een animatie bekijken over oplosbaarheid.

Een oplossing is een mengsel van vloeistoffen en andere stoffen waarvan de moleculen door elkaar zijn gehusseld. Een oplossing is altijd helder of doorzichtig.

Een suspensie bestaat uit korreltjes van een vaste stof die zweven in een vloeistof. Een suspensie is altijd troebel of ondoorzichtig.

Oplosbaarheid

Onder de **oplosbaarheid** van een stof verstaan we het maximale aantal grammen van die stof dat je kunt oplossen in een kilogram van een bepaald oplosmiddel. Dat betekent dat de oplosbaarheid dus afhangt van het oplosmiddel. Je kunt meer suiker oplossen in een kilogram water dan in een kilogram olie.

stof	oplosbaarheid g/kg
citroenzuur	∞
calciumcarbonaat	< 1
glucose	∞
natriumchloride	359
kamfer	< 1
ammoniumchloride	393
jood	< 1
natriumcarbonaat	295

2.9 De oplosbaarheid van een aantal stoffen in water bij 298 K

In figuur 2.9 zie je dat er voor citroenzuur en glucose een oneindig grote oplosbaarheid is opgegeven (∞). Als je van die stoffen een zeer grote hoeveelheid per kilogram water oplost, merk je dat de oplossing stroperig wordt. Bij glucose noem je dat dan glucosestroop.

Ook gassen zijn oplosbaar in een vloeistof, al zal de oplosbaarheid meestal klein zijn. Vissen bijvoorbeeld leven van de zuurstof die in het water is opgelost.

Oplosbaarheid en temperatuur

Voor **vaste stoffen** geldt: hoe hoger de temperatuur van de vloeistof, des te groter is de oplosbaarheid.

Voor **gassen** geldt: hoe hoger de temperatuur van de vloeistof, des te kleiner is de oplosbaarheid.

In figuur 2.10 zie je welke invloed de temperatuur heeft op de oplosbaarheid van het gas zuurstof in water.

Hondenneus

Je denkt waarschijnlijk dat een oplossing van keukenzout (natriumchloride) in water geen geur heeft? Mis, dat ligt aan onze neus! Een hondenneus is zo goed, dat een hond het verschil ruikt tussen een bak water en een bak water met een theelepeltje zout erin.

temperatuur °C	oplosbaarheid mg/kg
0	14,6
10	11,4
20	9,3
25	8,4
30	7,8
40	6,9

2.10 De oplosbaarheid van zuurstof in water bij verschillende temperaturen, gemeten bij een luchtdruk van 1 bar

2.4 Waterkwaliteit

De Verenigde Arabische Emiraten zijn rijk aan olie en aardgas. Meer dan voldoende zwart goud dus. Maar zoet water komt er bijna niet voor en het is in de verre omtrek niet te vinden. Toch wordt er in dat land per hoofd van de bevolking veel zoet water gebruikt, en de verwachting is dat dit waterverbruik alleen nog maar zal toenemen. Dit probleem lost men op door het zout uit het zeewater te halen. Tot voor kort was het winnen van zoet water uit zeewater technisch nauwelijks haalbaar en erg duur, maar door het gebruik van moderne ontziltinginstallaties kan voldoende drinkwater worden geproduceerd.

Drinkwater uit zeewater

Het proces om drinkwater te maken uit zeewater, noemen we **ontzilting** of **desalinatie**. We kunnen zoet water maken met behulp van een **ontziltinginstallatie**. Dit kan op verschillende manieren: door destillatie of door membraanfiltratie.

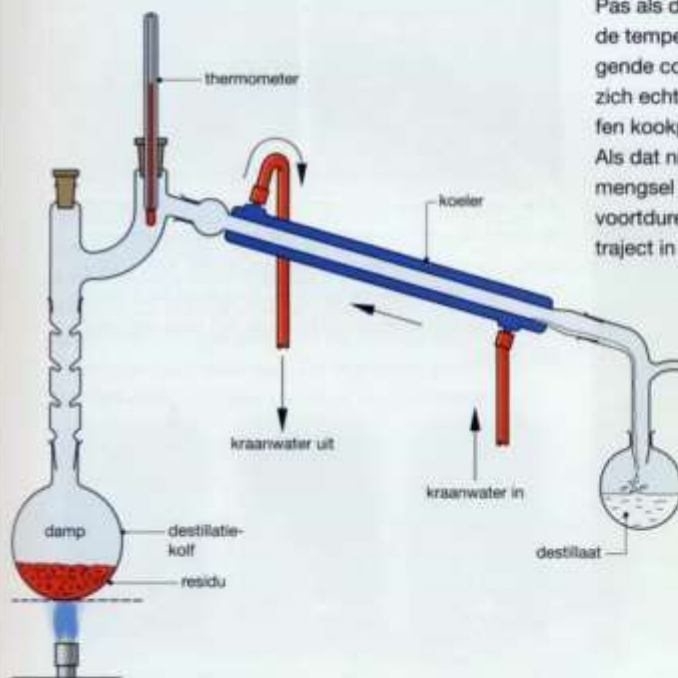
Destillatie

Je verwarmt het zeewater en daarbij verdampt het water. Het zout blijft achter. Daarna laat je de waterdamp weer condenseren tot zoet water. Het verdampen gevolgd door condenseren noemen we **destillatie**. Het energiegebruik ervan is erg hoog, zelfs als de gebruikte energie zoveel mogelijk wordt teruggewonnen.

Mengsels van vloeistoffen en opgeloste vaste stoffen of mengsels van vloeistoffen kun je vaak scheiden door middel van destillatie. Dat is een scheidingsmethode die berust op het verschil in **kookpunt** van de componenten van een mengsel. De damp wordt daarna opgevangen en afgekoeld. Hierdoor condenseert de damp, waarna je de vloeistof kunt opvangen. Het deel van het mengsel dat niet verdampt, noemen we het **residu**. De opgevangen vloeistof heet het **destillaat**. In figuur 2.12 vind je een schematische tekening van een **destillatieopstelling**.

Ook een mengsel van meer dan twee stoffen kun je door destilleren scheiden. Tijdens het destilleren van de laagstkokende stof blijft de temperatuur constant. Pas als deze stof uit het mengsel is verdwenen, loopt de temperatuur verder op tot het kookpunt van de volgende component is bereikt. Deze ideale situatie doet zich echter alleen voor als de verschillende vloeistoffen kookpunten hebben die vrij ver uit elkaar liggen. Als dat niet zo is, komt er geen zuivere stof maar een mengsel uit de koeler. Ook zie je dat de temperatuur voortdurend oploopt; je meet dan namelijk een kooktraject in plaats van een kookpunt.

Een mengsel van vloeistoffen of een mengsel van een vloeistof en opgeloste vaste stoffen kun je scheiden door het te destilleren. Destilleren is een scheidingsmethode die berust op verschil in kookpunt van de componenten van een mengsel.



2.12 Een destillatieopstelling

Adsorptie

Destillatie is geen ideale manier om te ontzilten. Er komen in het destillaat nog allerlei opgeloste kleur-, geur- en smaakstoffen voor. Daarom is een nabehandeling nodig. Daarvoor gebruik je fijn verdeelde koolstof. Dat wordt ook wel Norit of actieve kool genoemd. In figuur 2.14 zie je dat de korrels van actieve koolstof een heel groot oppervlak hebben. Dat komt doordat er veel holtes in de korrels zitten. De moleculen van de opgeloste kleur-, geur-, en smaakstoffen hechten zich aan het oppervlak. Ze verhuizen dan vanuit het water naar de koolstof. Daardoor wordt het water schoon. We noemen deze scheidingmethode **adsorptie**. De koolstof noemen we het **adsorptiemiddel**.

Adsorberen is een scheidingmethode waarmee je opgeloste geur-, kleur- en smaakstoffen uit water kunt halen. Als adsorptiemiddel gebruik je koolstof, ook wel Norit genoemd.

E Membraanfiltratie

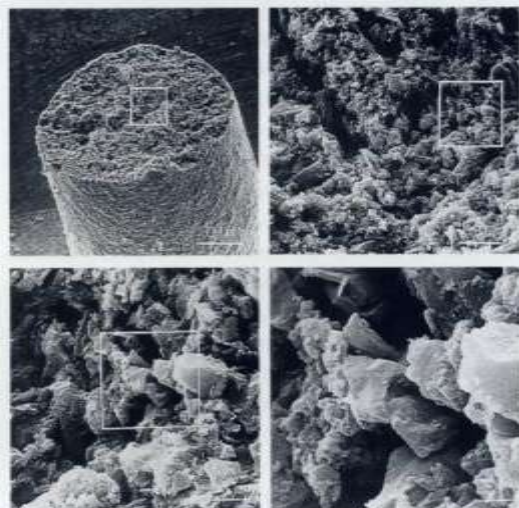
In hoofdstuk 1 heb je geleerd hoe je kunt filtreren met behulp van een trechter en een papieren filter. In het filterpapier zitten gaatjes waar wel het water doorheen kan, maar niet een stof met grotere deeltjes, zoals zand of krijt.

Als je een vlies maakt met gaatjes erin die nog veel kleiner zijn, noemen we dat vlies een **membraan**. Die gaatjes kunnen zo klein zijn dat vrijwel alleen watermoleculen er nog doorheen kunnen en bijna alle andere deeltjes niet. Dit is een zich heel snel ontwikkelende scheidingstechniek die het grote voordeel heeft dat het energiegebruik laag is.

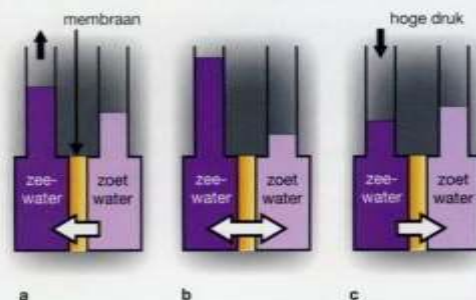


2.13 Je gebruikt een Noritfilter om het water helder en schoon te houden.

Als het membraan zich tussen een ruimte met zee-water en een andere ruimte met zoet water bevindt, willen de watermoleculen uit het zoete water door het membraan naar het zoute water gaan (figuur 2.15a). Maar er gaan ook watermoleculen uit het zoute water weer terug naar het zoete water, alleen veel minder moleculen. Na enige tijd gaan er per seconde evenveel watermoleculen van het zoete water naar het zoute water als omgekeerd. Het lijkt dan alsof er niets meer gebeurt. Deze toestand noemen we de evenwichtstoestand (figuur 2.15b). Als er evenwicht is, zet je een hoge druk aan de kant van het zeewater. Dan dwing je watermoleculen uit het zoute water om te verhuizen naar het zoete water. Zo komt er steeds meer zoet water en het zoute water wordt steeds zouter (figuur 2.15c).



2.14 Norit heeft een groot oppervlak. Je kunt dat goed zien op deze foto's die zijn gemaakt met een elektronenmicroscoop. De vergrotingen die je hier ziet zijn 50, 350, 1500 en 3500 maal. Het oppervlak van 5 gram koolstof komt overeen met dat van een voetbalveld. Hierdoor kan Norit erg goed adsorberen.



2.15 Membraanfiltratie

Water is soms gratis

Veel overheden verhogen de prijs om het watergebruik te verminderen. In islamitische landen kan dit niet. Volgens de koran is water voor iedereen gratis beschikbaar. Een land als Egypte betaalt per jaar tot 10 miljard dollar voor waterprojecten voor zijn landbouw. Daarbij is Egypte erg afhankelijk van het water van de Nijl. Als landen ten zuiden van Egypte veel water van de Nijl aftappen, is dat een bedreiging voor Egypte. Dat kan zelfs tot oorlog leiden.

E Drinkwater uit grond- en oppervlaktewater

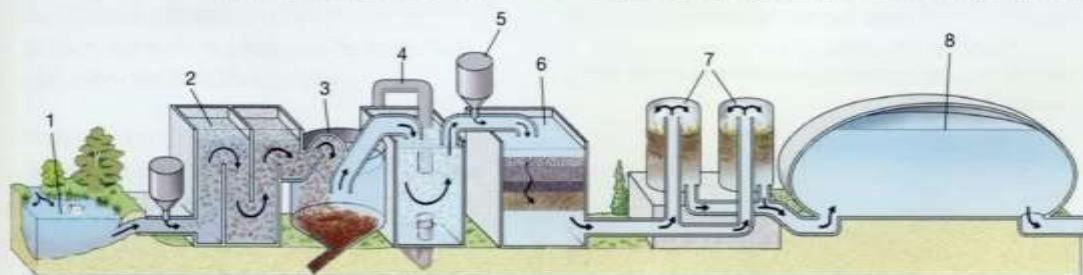
Vroeger was het rivierwater schoon genoeg om te gebruiken voor de was. Grondwater werd bij de mensen thuis opgepompt en diende als drinkwater. Tegenwoordig moet **drinkwater** aan strenge kwaliteitseisen voldoen. Je kunt deze eisen nazoeken op de site.

Water heeft een **zelfreinigend vermogen** dat we **biologische reiniging** noemen. Er leven kleine organismen in het water die dode dieren en planten opeten die in het water terechtkomen. Ook bacteriën en schimmels kunnen dit soort vuil opruimen en verwerken tot organisch afval. Om hun werk goed te kunnen doen hebben deze organismen allemaal zuurstof nodig. In water zit zuurstof opgelost, maar dat is niet veel. Als het water te vuil is of er zit te weinig zuurstof in, dan verliest het water zijn zelfreinigend vermogen.

Vanaf 1850 groeide het aantal fabrieken, die voor aan- en afvoer van hun producten rivieren gebruikten. Het afval van deze fabrieken kwam in het rivierwater terecht. Bovendien werden de steden groter, waardoor er steeds meer mensen hun afval in de rivieren loosden. De biologische reiniging die tot dan toe voldoende was geweest, kon de enorme toevoer van afvalstoffen niet meer aan. De afgelopen jaren is de kwaliteit van het rivierwater sterk verbeterd door het

terugbrengen van de vervuiling door fabrieken en door grootschalige rioolwaterzuivering. Toch moet het rivierwater eerst gezuiverd worden voordat het geschikt is als drinkwater. We noemen dit **drinkwaterbereiding**. In figuur 2.16 kun je zien hoe dit zuiveringsproces in zijn werk gaat.

- 1 In de Biesbosch wordt water opgepompt uit de Maas en voor een half jaar opgeslagen in een open waterreservoir. Tijdens deze periode kunnen allerlei vaste bestanddelen bezinken en vindt er een natuurlijke voorzuivering van het water plaats.
- 2 Na deze voorzuivering wordt het water naar het eigenlijke zuiveringsbedrijf in Rotterdam gevoerd. Hier voegt men een stof aan het water toe (ijzersulfaat), die de bijzondere eigenschap heeft kleine vlokken te vormen, waarin allerlei zwevende verontreinigingen als het ware worden ingekapseld.
- 3 De gevormde vlokken laat men **bezinken**. Het bezinksel wordt weggehaald.
- 4 Nu de zwevende verontreinigingen grotendeels zijn verwijderd, worden de opgeloste afvalstoffen aangepakt. Dit gebeurt door ozon in het water te blazen. Dit gas reageert met de afvalstoffen waardoor ze worden afgebroken. Ook doodt ozon de nog in het water aanwezige bacteriën en andere ziektekiemen.
- 5 Omdat tijdens de behandeling met ozon weer nieuwe zwevende bestanddelen in het water kunnen ontstaan, wordt het toevoegen van het vlokmiddel ijzersulfaat herhaald.
- 6 Daarna wordt het water **gefiltreerd** met behulp van filterbedden die bestaan uit lagen grint, zand en antraciet.
- 7 Eventueel aanwezige opgeloste kleur-, geur- en smaakstoffen worden verwijderd door behandeling van het water met het **adsorptiemiddel** Norit.
- 8 Vervolgens wordt nog een klein beetje chloorbleekmiddel toegevoegd om besmetting van het water te voorkomen. Hierna kan het water, na een tussenstop in een opslagtank, het drinkwaterleidingnet in.



2.16 Het verloop van het waterzuiveringsproces in het drinkwaterleidingbedrijf te Rotterdam Kralingen

Kwaliteitscontrole en ADI-waarde

Drinkwater is geen zuivere stof. Er komen opgeloste stoffen in voor. Voor een deel zijn die van nature aanwezig en voor een deel zijn die er ook door menselijk handelen in terechtgekomen. Deze stoffen vormen geen gevaar voor onze gezondheid omdat er heel weinig in zit. Van veel stoffen is wettelijk vastgelegd hoeveel er maximaal in een liter drinkwater aanwezig mag zijn. Kijk maar eens in figuur 2.17.

In het laboratorium van het drinkwaterleidingbedrijf wordt voortdurend gecontroleerd of de **concentratie** van schadelijke stoffen niet te hoog is. In principe bestaat er voor elke stof een gevarengrens. Deze wordt aangeduid met de **ADI-waarde**. Dit staat voor 'aanvaardbare dagelijkse inname'. Zo heeft kalk een veel grotere ADI-waarde dan bijvoorbeeld kwik. Als er van een bepaalde stof meer aanwezig is dan wettelijk is toegestaan, wordt onmiddellijk actie ondernomen. De klant kan zo verzekerd zijn van gezond drinkwater.

De ADI-waarde geeft aan hoeveel milligram van een stof iemand per dag per kilogram lichaamsgewicht maximaal mag binnenkrijgen.

Overlevingstocht

Als je op een overlevingstocht water uit een beek of plas wilt drinken, moet je het altijd eerst koken. Je kunt ook desinfecterende tabletten gebruiken uit een buitensportwinkel. Die helpen tegen bacteriën, virussen en dergelijke, maar niet tegen vervuiling met vergiften.

stoffen	hoeveelheid in drinkwater in mg per liter
arseen	0,050
cadmium	0,005
chromium	0,050
kwik	0,001
nikkel	0,050
lood	0,050

2.17 Maximale toegestane gehalten van stoffen in drinkwater

Hardheid van water

In leidingwater komt altijd een hoeveelheid opgeloste kalk voor. Water waar veel opgeloste kalk in zit, heet **hard water**.

Kalk is voor ons een belangrijke stof. Het bevat de atoomsoort calcium en die stof is nodig voor het goed regelen van de hartslag en het regelt mede de bloedstolling. Het helpt bij de werking van de schildklier en zorgt voor een betere geleiding van signalen door de zenuwen. Bovendien is kalk, naast fosfaat, onmisbaar voor de vorming van botten en tanden.

In het dagelijks leven veroorzaakt de opgeloste kalk soms problemen. Als je hard leidingwater kookt, komt de kalk als een vaste stof tevoorschijn. Bijvoorbeeld als een witte laag op het verwarmingselement in een waterkoker of een koffiezetapparaat. Of als een witte vaste stof die de gaatjes van een stoomstrijkijzer verstopt.

Als je hard leidingwater laat opdrogen, verdampt alleen het water. De kalk blijft achter. Dat veroorzaakt een witte aanslag op de tegels van de douchecel, de kranen, het bad en de wastafel.

De hoeveelheid opgeloste kalk per liter water bepaalt de hardheid. De hardheid van water wordt uitgedrukt in D°. Dat staat voor **Duitse hardheidsgraden**. Eén Duitse hardheidsgraad komt overeen met 7,1 mg opgeloste kalk per liter water.

Hard water is water waarin opgeloste kalk zit. Hoe meer kalk aanwezig is in een liter water, des te harder is het water.

Opdrachten

A 19

Hoe kun je zoet water winnen uit zeewater?

B 20 E

Je kunt met behulp van een membraan zoet water maken uit zeewater.

- Wat is een membraan?
- Hoe heet de scheidingsmethode waarbij je een membraan gebruikt?
- Op welk verschil in stoffeigenschappen berust de scheidingsmethode bij vraag b?

Bij deze vorm van drinkwaterbereiding ontstaat een geconcentreerde zoutoplossing als afvalproduct.

- Kun je deze oplossing zonder problemen in zee lozen? Licht je antwoord toe.

B 22

Maud heeft een mengsel dat voor de helft bestaat uit alcohol en voor de helft uit water. Zij wil dit scheiden in de twee aparte vloeistoffen. Maud redeneert: 'Ik steek het mengsel aan. De alcohol uit het mengsel is immers brandbaar. Het gas vang ik op en laat ik afkoelen. Dan heb ik zuivere alcohol gekregen. Het water blijft gewoon achter, want water is niet brandbaar. Zo heb ik de alcohol gescheiden van het water.'

- Geef commentaar op de werkwijze van Maud.
- Hoe kan Maud dit mengsel wel scheiden?

A 23

Waarom is Norit zo'n uitstekend adsorptiemiddel?

2.5 Cosmetica

Al in de oudheid werd gebruikgemaakt van cosmetica. Romeinse schonen gebruikten crèmes om hun huid bleker te laten lijken en ze maakten hun ogen al op. Tegenwoordig komen er nog elke dag nieuwe cosmeticaproducten op de markt. Ze worden eerst grondig getest voor ze in de winkels worden verkocht. Deze producten mogen geen schade toebrengen aan je huid en geen allergische reactie veroorzaken.

Mengen van vloeistoffen

Cosmetica zijn mengsels van water en olie. Afhankelijk van het product worden er andere stoffen aan toegevoegd. In paragraaf 2.3 heb je een aantal mengsels onderzocht van vaste stoffen en water. In experiment 2.7 maak je mengsels van vloeistoffen. Daar blijkt dat niet alle vloeistoffen goed mengen. Voor cosmetica is het een probleem dat olie en water slecht mengen. Dat probleem wordt opgelost door een hulpstof toe te voegen.

In experiment 2.8 zie je twee soorten mengsels, **emulsies** en **oplossingen**. Wat een oplossing is, heb je al geleerd in paragraaf 2.3. Een emulsie is een mengsel van twee vloeistoffen, die eigenlijk niet goed mengbaar zijn. Een emulsie kan wit of gekleurd zijn. Een emulsie is altijd troebel. Dat komt doordat kleine druppeltjes van de ene vloeistof zweven in de andere vloeistof.



2.19 Olie en water mengen slecht. Bij olierampen heeft dat vaak grote gevolgen voor het milieu en voor dieren.

Een emulsie zal vrij snel weer ontmengen. Door het verschil in dichtheid zie je dan twee vloeistoffen boven elkaar. We noemen dat een **tweelagensysteem**. Toch kun je ervoor zorgen dat een emulsie niet ontmengt. Daar heb je een hulpstof voor nodig. Een hulpstof die een emulsie in stand kan houden, noem je een **emulgator**. In figuur 2.20 is een emulgatormolecuul getekend.

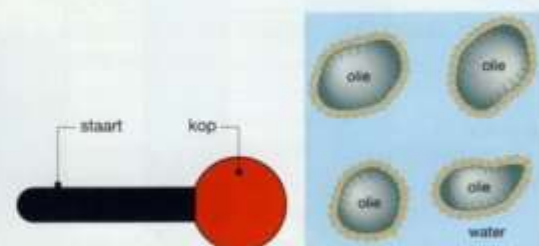
Een emulgatormolecuul heeft een vrij lange 'staart' die uit C- en H-atomen bestaat, en een kleine 'kop' waarin O-atomen voorkomen. Hierdoor ontstaat er een molecuul waarvan de kop goed oplosbaar is in water. We noemen de kop **hydrofiel**. De staart lost niet op in water, maar is wel goed oplosbaar in stoffen zoals olie en vet. Deze staart noemen we **hydrofoob**.

In figuur 2.21 zie je hoe een emulgator ervoor zorgt dat een emulsie niet ontmengt. De kleine oliedruppeltjes worden omgeven door emulgatormoleculen. De staarten van de emulgatormoleculen steken in de oliedruppeltjes. De koppen bevinden zich allemaal in het water. De oliedruppeltjes zijn nu 'verstopt' in bolletjes die blijven zweven in het water. Je spreekt dan van een **olie-in-water-emulsie**. Dat wil zeggen dat het mengsel veel water en weinig olie bevat.

Ook in het dagelijks leven kom je veel emulsies tegen. Zo kun je op de verpakkingen van veel cosmetica zien dat er emulgatoren in aanwezig zijn. Ook in levensmiddelen zie je op de etiketten vaak emulgatoren staan, zoals bijvoorbeeld bij melk, mayonaise of sauzen.

Een emulsie bestaat uit kleine druppels van een vloeistof die zweven in een andere vloeistof. Een emulsie is altijd troebel.

Een emulgator zorgt ervoor dat een emulsie niet ontmengt.



2.20 Schematische voorstelling van een emulgatormolecuul

2.21 Een olie-in-water-emulsie

Ziek van verf

Verf is ook een emulsie. Schilders gebruikten vroeger alleen maar verf met terpentine als oplosmiddel. Ze werkten de hele dag in die terpentinelucht. Inmiddels weten we dat je daar de schildersziekte van krijgt. Geheugenstoornissen, depressiviteit, kortom schade aan de hersenen. In opdracht van de overheid is die verf voor beroepsschilders nu vervangen door verf met water als oplosmiddel.

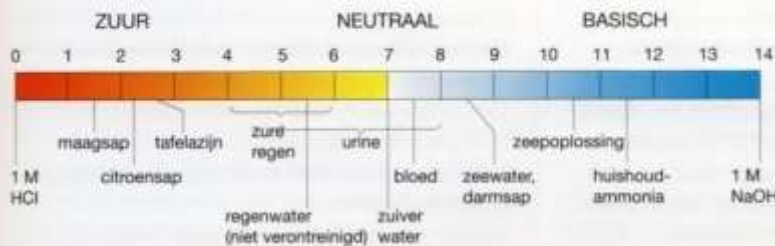
De zuurgraad of pH

Je huid heeft een bepaalde **zuurgraad** of **pH** en die ligt tussen de 5 en de 6. Ook cosmetica hebben een bepaalde zuurgraad. Omdat veel verzorgende en verfrainende cosmetica in contact met de huid komen, mag deze zuurgraad niet te veel verschillen van die van de huid.

Elke oplossing heeft een bepaalde pH. Dat is een getal dat meestal tussen 0 en 14 ligt. In figuur 2.23 is de pH van een aantal oplossingen weergegeven.

Een zure oplossing is een mengsel van water en een stof die we een **zuur** noemen. De pH van zure oplossingen ligt tussen de waarden 0 en 7. Hoe zuurder een oplossing, des te lager is de pH. Als een oplossing zuurder is, is deze ook agressiever. Je moet er dan ook voorzigtiger mee omgaan. Geconcentreerd zoutzuur bijvoorbeeld is veel zuurder dan azijn. Zoutzuur is ook veel agressiever dan azijn. Met geconcentreerd zoutzuur kun je cement van een tegelvloer verwijderen. Met azijn lukt dat niet. Maar azijn is wel zuur genoeg om een koffiezetapparaat te ontkalken.

Een basische oplossing is een mengsel van water en een stof die we een **base** noemen. Basische oplossingen hebben een pH die tussen 7 en 14 ligt. Hoe basischer een oplossing, des te hoger is de pH. Als een oplossing basischer is, is deze ook agressiever. Ook hiermee moet je voorzichtig omgaan. Ammonia is veel basischer dan een zeepoplossing. Ammonia is daardoor beter geschikt om een voorwerp te ontvetten dan een zeepoplossing. Je zou een base kunnen beschouwen als een 'antizuur'.



2.23 Een 'pH-balk'



2.22 Zonnebrandolie is een water-in-olie-emulsie. Die spoelt niet zo gemakkelijk van je huid.

Als een oplossing geen zuur of base bevat, noem je zo'n oplossing neutraal. **Neutrale oplossingen** hebben een pH die 7 is.

In de volgende paragraaf zoeken we uit wat de zuurgraad van verschillende oplossingen is.

Voor zure oplossingen geldt: $\text{pH} < 7$.

Voor neutrale oplossingen geldt: $\text{pH} = 7$.

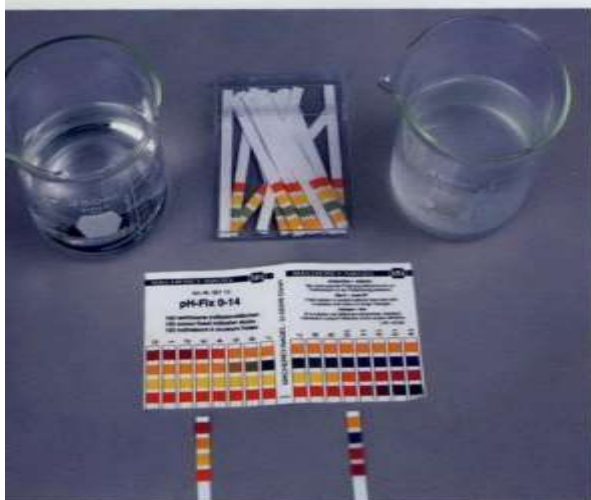
Voor basische oplossingen geldt: $\text{pH} > 7$.

Zure regen

Omdat CO_2 oplost in het regenwater is de pH van gewone regen niet 7, maar 5 à 6. Een aantal jaren geleden daalde de pH van regen van 6 naar 4. Dat kwam doordat er door luchtvervuiling ook allerlei andere stoffen in het regenwater oplossen. De luchtkwaliteit in West-Europa is de laatste jaren aanzienlijk verbeterd. Daardoor is de pH van regenwater ook weer gestegen.

Universeel indicatorpapier

Je kunt de pH van een oplossing meten met een strookje **universeel indicatorpapier**. Zo'n strookje doop je in de oplossing en dan neemt het een bepaalde kleur aan. Die kleur vergelijk je met de kleuren die op het doosje van het indicatorpapier staan. Je leest het getal af dat bij de kleur staat die het strookje heeft aangenomen. Dat is de pH van de oplossing. In figuur 2.24 zie je universeel indicatorpapier.



2.24 Universeel pH-papier. De pH van de linkeroplossing is ongeveer 3, die van de rechteroplossing ongeveer 10.

Opdrachten

A 38

John mengt suiker met water. Brian mengt krijt met water. Angelien mengt olijfolie met water. Daarna schudden deze drie leerlingen de reageerbuis waarin hun mengsel zit.

Geef bij elke leerling aan of hij/zij een oplossing, een emulsie of een suspensie heeft gemaakt. Licht je antwoord toe.