

Belgium

esero



UGENT
VOLKSSTERRENWACHT
ARMAND PIEN

Op schoolreis naar de Maan

Lessenreeks 2^{de} & 3^{de} graad lager onderwijs
Lerarengids



DEEL 6 ADEMEN

- Wat weet je over de lucht op Aarde? ●●●●●●●●
- Ken je enkele broeikasgassen? ●●●●●●●●
- Van waar komt onze zuurstof eigenlijk? ●●●●●●●●
- Hoe geraak je op de Maan aan zuurstof om te ademen? ●●

OVER ESERO BELGIUM

ESERO is een scholenprogramma van de Europese Ruimtevaartorganisatie ESA. Het doel van dit programma is leraren van basisonderwijs en middelbaar onderwijs helpen om het populaire thema ruimtevaart in de klas te brengen, binnen hun lesopdracht. Dit doen we op drie manieren: **lesmateriaal** (online), **lerarenvormingen**, en **STEM projecten voor scholen**. Het aanbod is volledig gratis voor leraren in beroep en leraren in opleiding, en is afgestemd op de eindtermen in het onderwijs. Hedendaagse en inspirerende ruimtevaartmissies vormen de context diverse schoolvakken.

WWW.ESERO.BE

Nationale coördinator



KU LEUVEN

Vlaamse coördinator




UGENT
VOLKSSTERRENWACHT
ARMAND PIEN

Frans- en Duitstalige coördinator



ULB
La Scientothèque

ESA Education beheert en coördineert alle ESERO's in Europa. Elke ESERO bestaat dankzij een cofinanciering van ESA en nationale partners. Het federaal wetenschapsbeleid (BELSPO) is de cofinancierende partner voor ESERO Belgium.



Op schoolreis naar de Maan

Deel 6 – ADEMEN

Handleiding voor leraren

Kenmerken

Doelgroep Tweede en derde graad lager onderwijs.

Type Lerarenhandleiding: Lessenreeks met leerlingen-activiteiten in een context van ruimtereizen.

Hoeveel lestijden? Als je alles (alle 7 delen) doorloopt: ongeveer 14 lessen. Of je kiest één of enkele lessen uit.

Benodigdheden

- Een gewoon klaslokaal
- Gewoon huis-, tuin- en keukenmateriaal
- In detail aangegeven per les

Wat de leerlingen gaan leren (deel 1 tot 7)

- Kennis over het Zonnestelsel, planeten, manen
- Kennis over planeet Aarde en de atmosfeer
- Kennis over lucht en luchtdruk, het broeikaseffect
- Water als ijs, vloeistof en damp
- Kenmerken van zuurstof, CO₂ en water
- Wat is zwaartekracht?
- Verschil tussen massa en gewicht
- Waarvoor dient een raket?
- Berekeningen maken
- Een experiment opstellen en uitvoeren
- Resultaten rapporteren en interpreteren
- Communiceren over je werk
- In groep werken

Samenvatting ESA en NASA plannen een bewoonde Maanbasis rond 2032. En we verwachten terug landingen op de Maan door een groep astronauten vanaf 2027.

Deze cursus leidt je leerlingen doorheen een denkbeeldige reis naar de Maan. Ze komen moeilijkheden en vragen tegen die ze één voor één proberen oplossen via onderzoekend leren. Hiervoor worden klasexperimentjes en -oefeningen aangeboden in elke les. Op die manier leren ze over diverse onderwerpen die ook van belang zijn voor ons leven op Aarde.

Colofon

Eerste uitgave Oktober 2018

Tweede uitgave Mei 2019

Derde uitgave September 2022, updates in maart 2025

Gebruik Deze cursus mag gratis gebruikt worden voor educatieve doeleinden. Als je onderdelen eruit kopieert, dan moet dit gebeuren met een verwijzing naar het origineel. De recentste versie van de cursus kan je downloaden op www.esero.be

AUTEURS

ESERO Belgium Cursusinhoud, vormgeving, lerarenvorming (Pieter Mestdagh & Leonie De Clercq).

ESERO Nederland Verschillende klasexperimenten zijn gebaseerd op lespakketten van ESERO Nederland.

Uw mening is belangrijk

ESERO Belgium werkt altijd aan een betere kwaliteit. Gebruikers van onze cursussen worden aangemoedigd om feedback te geven via de contact gegevens op www.esero.be. Wanneer uw reactie bijdraagt aan een belangrijke verbetering van de cursus, dan wordt uw naam opgenomen in de auteurslijst (colofon) in de nieuwe online editie. Op die manier helpen gebruikers de andere, toekomstige gebruikers om beter lesmateriaal te krijgen.

Uw foto's en video's zijn welkom

Als je in je klas deze cursus gebruikt, en je neemt foto's of video's op, dan zijn we geïnteresseerd om deze te ontvangen. Beeldmateriaal dat representatief is en andere leraren helpt om het lesmateriaal te verduidelijken worden gepubliceerd in onze cursus als extra illustratie, met naamsvermelding. Zorg dan wel dat alle personen die in beeld komen hun toestemming gaven om te publiceren.

Op schoolreis naar de Maan:

Publicaties

DEEL 1	INLEIDING	Ons thema: ruimtereizen in onze tijd. Over deze lessenreeks.
DEEL 2	ONS ZONNESTELSEL	Wat vind je in het Zonnestelsel? Reizen in de ruimte: hoe ver is het?
DEEL 3	OPSTIJGEN EN LANDEN	Hoe reis je naar de ruimte? Waarvoor dient een raket? Hoe kan je veilig landen?
DEEL 4	WATER	Is er water op de Maan en op Mars? Water zuiveren.
DEEL 5	ATMOSFEER	Hoe warm of koud is het op de Maan? Het broeikaseffect. Seizoenen op Aarde en Mars. Waarvoor dient een ruimtepak?
DEEL 6	ADEMEN	Wat is lucht? Waarom is er zuurstof op Aarde? Zuurstof maken op de Maan.
DEEL 7	ZWAARTEKRACHT	Waarom is een astronaut gewichtloos? Wat doet zwaartekracht precies? Je gewicht op andere planeten.

Inhoud DEEL 6

Kenmerken	3
Colofon	4
Op schoolreis naar de Maan: Publicaties	5
Ademen	7
1 De lucht op Aarde: inleiding	7
Wat is lucht?	7
Welke stoffen zitten er in de lucht op Aarde?	8
DEMONSTRATIE: DE LUCHT BEVAT ZUURSTOF DIE JE OPGEBRIJKT BIJ ADEMEN OF VERBRANDEN	
2 Ademen op de Maan en op Mars	15
KLASEXPERIMENT: ZUURSTOF MAKEN UIT WATER?	
3 Van waar komt de zuurstof op Aarde?	19
Dieren verbruiken zuurstof door te ademen	19
Planten maken zuurstof: fotosynthese	20
De cyclus van koolstof en zuurstof op Aarde	20
De kringloop van koolstof en zuurstof tijdens ruimtereizen	21

Ademen

① De lucht op Aarde: inleiding

Wat is lucht?

Bij water hebben we gezien dat het op Aarde in verschillende vormen kan bestaan:

- IJs: als het kouder is dan 0°C .
- Vloeibaar water: warmer dan 0°C .
- Damp: alle vloeistof verandert volledig in damp wanneer de temperatuur boven 100°C gaat.

De woorden ijs, vloeibaar water en waterdamp gelden voor water. Maar andere stoffen kunnen ook in verschillende vormen bestaan. De meer algemene woorden, bruikbaar voor alle stoffen, zijn de volgende:

- Vaste stof (ijs is de vaste stof van water)
- Vloeistof (vloeibaar water is de vloeistof van water)
- Gas (waterdamp is het gas van water)

De meeste gassen zijn onzichtbaar voor ons oog, maar ze zijn er wel. Je bent er permanent door omgeven, net zoals je met water omgeven bent wanneer je in het zwembad duikt.

In onze atmosfeer op Aarde zitten er verschillende gassen. Anders gezegd: de lucht op Aarde bestaat uit een mengeling van gassen. Het zijn stoffen die bij normale aardse temperaturen in gas-vorm zijn.

Naast een mengeling van gassen kan je in de lucht op Aarde ook soms andere deeltjes terugvinden, zoals bijvoorbeeld waterdruppeltjes (vloeistof) en allerlei stofkorreltjes (vaste stof).



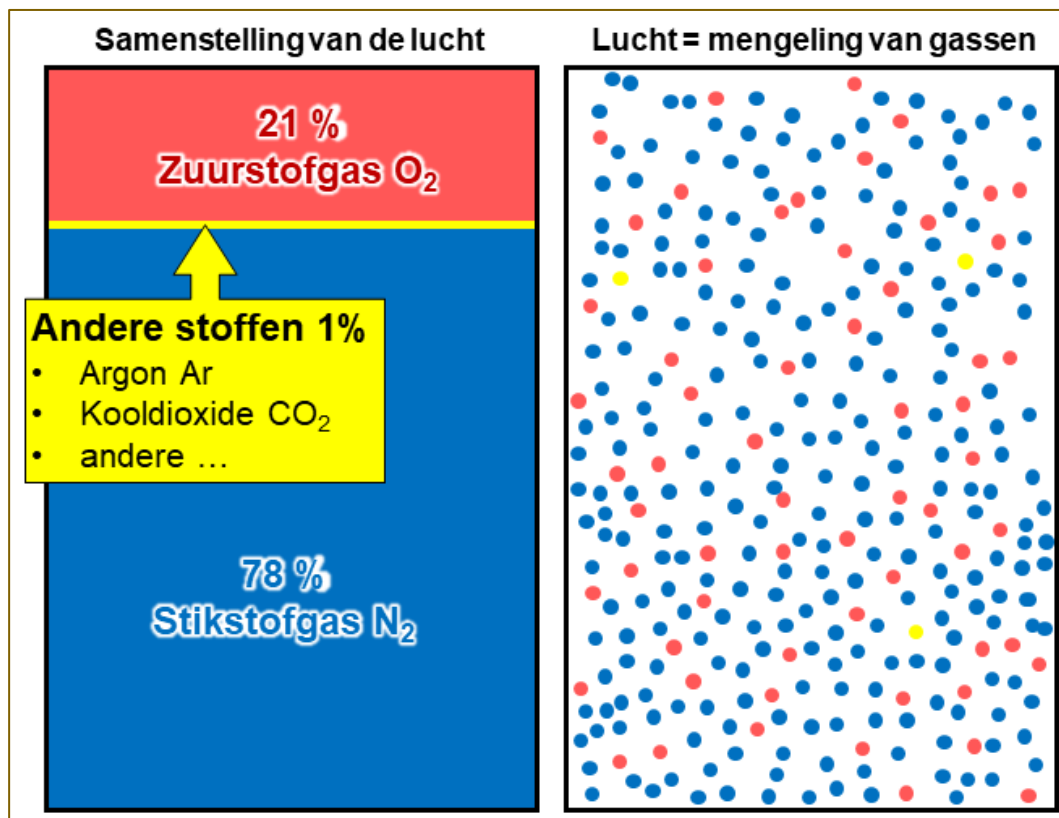
Links: Vanuit de ruimte zien we een laagje lucht (mengeling van gassen) hangen boven de Aarde. De meeste lucht zit dicht bij de grond, want de lucht wordt zoals alle andere stoffen door de zwaartekracht van de Aarde naar de grond getrokken.

Midden: Zeer kleine waterdruppeltjes worden meestal hoog in de lucht gevormd waar het kouder is. Ze zijn zo klein en licht dat ze niet naar beneden vallen. Een grote groep van die druppeltjes vormen samen een wolk. De druppeltjes worden op den duur groter, en vallen naar beneden als regen.

Rechts: Droog woestijnzand uit Marokko waait over de zee naar de Canarische Eilanden. Andere bronnen van stofdeeltjes in de lucht zijn bijvoorbeeld bosbranden, uitstoot van autoverkeer en fabrieken.

Welke stoffen zitten er in de lucht op Aarde?

In onze atmosfeer zitten heel veel verschillende stoffen, maar er zijn er twee die veel meer dan de andere stoffen voorkomen: stikstof (vier vijfden $4/5$) en zuurstof (een vijfde $1/5$). Alle andere stoffen komen veel minder voor in onze lucht.



Rechts: Onze lucht is een mengeling van verschillende gassen. Hoe dichterbij de grond, hoe meer luchtdeeltjes er samen zitten. Maar de mengeling blijft hetzelfde op zeeniveau of op grote hoogte.

Links: Droge lucht bestaat vooral uit stikstofgas en zuurstofgas. Alle andere gassen vormen samen minder dan 1%. Waterdamp is hier niet opgenomen, omdat de hoeveelheid waterdamp op Aarde overal anders is (zie hoofdstuk over luchtvochtigheid).

Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

Stikstof

Het meest voorkomende gas in onze lucht is stikstof, aangeduid met het scheikundig symbool **N**. In het Engels heet het Nitrogen.

Stikstof vormt een gas bij kamertemperatuur, en dan bestaat het uit deeltjes waarbij twee stikstofatomen aan elkaar hangen: **N₂**.

Toen stikstof ontdekt werd, stelde men vast dat proefdieren in zuivere stikstof dood gingen. Ze konden namelijk niet meer ademen, of anders gezegd: ze stikten. Ook de Franse naam voor stikstof 'azote' verwijst daarnaar. Azote betekent 'geen leven'.

Het stikken van proefdieren had echter niets te maken met stikstof zelf, maar wel met de afwezigheid van zuurstof. Stikstofgas zelf is zeker niet giftig.

In het begin werd stikstof soms ook 'verbrande lucht genoemd': de lucht die overblijft wanneer een vlam alle zuurstof heeft opgebruikt.

Zuurstof

Wat is zuurstof?

Zuurstof vormt een vijfde (21%) van alle gas in onze lucht. Het wordt aangeduid met het scheikundig symbool **O**. In het Engels heet het Oxygen, in het Frans Oxygène.

Zuurstof vormt een gas bij kamertemperatuur, en dan bestaat het uit deeltjes waarbij twee zuurstofatomen aan elkaar hangen: **O₂**.

Toen zuurstof ontdekt werd, dacht men dat alle zuren dit element bevatten. Achteraf bleek dat er ook nog veel zuren bestaan zonder zuurstof.

Zuurstof voor ons lichaam

Om vuur te maken heb je brandstof en zuurstof nodig. De zuurstof gaat dan snel reageren met de brandstof, en dan krijg je een nieuwe stof die de “geoxideerde versie” is van de oorspronkelijke brandstof. Je kan de verbranding samenvatten in volgende reactie:

Brandstof + zuurstof (O₂) → energie (warmte & licht) + geoxideerde stof

Ons lichaam doet eigenlijk precies hetzelfde. We eten voedsel (brandstof) en we ademen (zuurstof). In ons lichaam worden deze stoffen samen gebruikt om voedsel te ‘verbranden’ of te ‘oxideren’. Ons voedsel bevat veel koolstof (C), dus je kan de verbrandingsreactie van het lichaam als volgt samenvatten:

Brandstof (voedsel met C) + zuurstof (O₂) → energie + geoxideerde stof (CO₂)

Energie heeft ons lichaam constant nodig voor allerlei functies: bewegen met spieren, hersenwerk, spijsverteringsstoffen maken, hartslagen, ... Wanneer voedseldeeltjes verbrand worden, komt daar geen vuur bij vrij. Maar de energie die eruit komt wordt door onze cellen opgeslagen in speciale “energie-moleculen”. Die kunnen daarna overal in het lichaam gebruikt worden voor alle lichaamsfuncties.

De CO₂ (geoxideerde stof) die bij de verbrandingsreactie vrijkomt moet uit ons lichaam verwijderd worden, want teveel CO₂ is zeer giftig. Ons bloed brengt alle CO₂ naar de longen, zodat wij het weer kunnen uitademen.

Als je niet ademt, valt je hele lichaam dus stil. Daarom kunnen mensen en alle andere dieren niet meer dan enkele minuten zonder zuurstof. De zuurstof die we op gebruiken, moet dus heel de tijd weer aangevuld worden. Dat kan op Aarde, want er wordt hier evenveel zuurstof aangemaakt door planten dan dat er door dieren wordt opgebruikt bij het ademen.

In het volgende proefje zullen we laten zien dat de zuurstof wel wordt opgebruikt wanneer je een hoeveelheid lucht opsluit in een glas. We gaan dat uiteraard niet doen met een ademend diertje, maar wel met een brandende kaars.

DEMONSTRATIE: DE LUCHT BEVAT ZUURSTOF DIE JE OPGEBRIJKT BIJ ADEMEN OF VERBRANDEN

Klasoefening: Samenvatting

We tonen met een kaarsje dat een deel (een vijfde) van onze lucht zuurstof bevat. Nadat je deze zuurstof hebt opgebruikt door iets te verbranden, blijft er lucht over (een mengeling van gassen) zonder zuurstof. De vlam gaat dan uit. Bijkomend wordt in deze proef ook het effect opwarmen en afkoelen van lucht getoond.

Klasexperiment: Opstelling

Verzamel Materialen:

- Een theelichtje
- Een diep bord met water
- Een glas van minstens 10 cm hoog en een diameter iets groter dan het theelichtje
- Een aansteker om het kaarsje aan te steken

Opstelling:

- 1) Zet het bord met water op tafel. Steek het kaarsje aan en laat het drijven op het water.
- 2) Zet het glas omgekeerd over het brandende theelichtje en kijk wat er gebeurt.

Demonstratie: Bespreking

Op onderstaande figuur zie je vier verschillende fasen van het experiment met het theelichtje. We bespreken wat we zien met de kinderen via onderstaande vragen:

Fase 1

Kijk naar de brandende kaars. Wat is hier precies aan het gebeuren?

Op de eerste figuur hieronder zien we een brandende kaars, drijvend op een bord water. Er is zuurstof in de lucht rondom. De kaars bevat brandstof (kaarsvet op basis van koolstof C), en gebruikt deze brandstof samen met de zuurstof uit de lucht (O₂) om het vuur te laten branden. Je krijgt dus energie (licht en warmte) en geoxideerde stoffen (vooral kooldioxide CO₂) als eindproduct.

Samengevat is dit de reactie:

Brandstof + zuurstof (O₂) → energie (warmte en licht) + geoxideerde stof (CO₂)

Fase 2

We zetten een glas omgekeerd op de kaars. Wat zie je precies op het moment dat het glas er juist op geplaatst is?

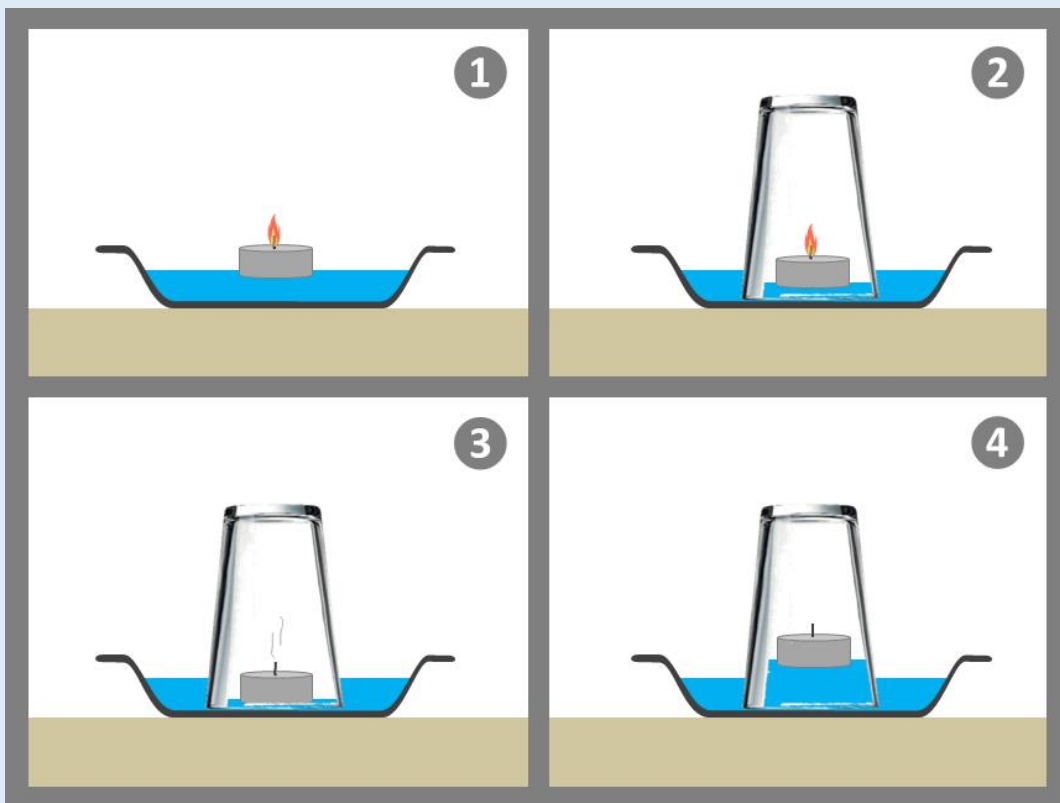
We zien:

- De kaars blijft branden juist nadat het glas erop staat.

- Het waterniveau in het glas is een klein beetje lager dan het water buiten het glas

Uitleg:

- De lucht in het glas bevat zuurstof. De verbranding uit fase 1 kan dus gewoon blijven doorgaan. Het kaarsvet oxideert en de zuurstof in het glas wordt daarbij verbruikt.
- Omdat er al lucht in het glas zat, wordt het water onderaan een beetje weggeduwd naar de buitenrand rond het glas. Hierdoor staat het waterniveau iets lager binnen het glas.



Demonstratie met een drijvend theelichtje en een glas. De vier fasen worden hieronder en hierboven toegelicht. Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

Fase 3

Na een tijdje gaat de kaars uit. Hoe komt dat? Wat zie je ondertussen gebeuren met het water?

We zien:

- Wanneer de kaars nog brandt wordt het water in het glas nog verder naar beneden geduwd.
- Na een tijd gaat de kaars uit, en dan stopt het water ook met dalen.

Uitleg:

Er gebeuren twee dingen tegelijk:

- Omdat het vuur brandt, wordt de zuurstof in de lucht in het glas opgebruikt. Wanneer alle zuurstof in het glas opgebruikt is, dan kan de kaars zijn brandstof (kaarsvet) niet langer blijven oxideren. Daarom dooft het vuur uit. Er

kan geen nieuwe zuurstof binnenkomen onderaan het glas, want het water zit in de weg.

- Omdat het vuur brandt, wordt de lucht in het glas steeds warmer. Warmere lucht neemt meer plaats in dan koudere lucht. De hoeveelheid lucht blijft hetzelfde, maar omdat warmere lucht meer energie heeft kan het als het ware harder van zich af duwen; Daardoor slaagt de warme lucht er in om steeds meer plaats in te nemen. We zeggen: lucht (gassen) zet uit als het warmer wordt. Op die manier wordt het waterlaagje verder naar beneden geduwd. Als de opwarming stopt (vuur gaat uit), dan stopt de lucht ook met uitzetten, en stopt het water in het glas met dalen.

Fase 4

Nadat het vuur gedoofd is, zie je terug effect op het water. Leg uit.

We zien:

- Het water begint terug te stijgen nadat het vuur uit is.

Uitleg:

- De warmere lucht was uitgezet (nam meer plaats in) in fase 3 en had het water naar beneden geduwd. Maar nu de vlam uit is, begint de lucht weer af te koelen. Daarom krimpt de lucht weer terug in. De lagere energie van afkoelende lucht zorgt ervoor dat de luchtdeeltjes niet meer zo hard om zich heen kunnen duwen. Daardoor neemt het water in het glas de plaats in die de afgekoelde lucht terug afgeeft. Het water stijgt dus.

Demonstratie: Besluit

- 1) Een deel van de lucht op Aarde bestaat uit zuurstofgas. Dit gas wordt door de kaarsvlam opgebruikt in een verbrandingsreactie. Wanneer de zuurstof helemaal is opgebruikt door het vuur, stopt het met branden. Dan blijft er in het glas een mengeling van gassen over zonder zuurstof, en met kooldioxide in de plaats (CO_2).
- 2) Lucht zet uit (neemt meer plaats in) wanneer ze warmer wordt, en krimpt in (neemt minder plaats in) als ze kouder wordt.

Andere gassen in onze atmosfeer

Minder dan 1% van de lucht op Aarde bevat andere gassen dan zuurstof en stikstof. Sommige daarvan zijn gassen die heel goed warmte-energie kunnen opslorpen, waardoor de planeet Aarde niet snel afkoelt. De lucht met broeikasgassen in, werkt als een dekentje op de planeet. De vier belangrijkste broeikasgassen zijn:

Koolstofdioxide CO_2

- Dit is een gas dat we uitademen (na 'verbranding' of 'oxidatie' van voedingsstoffen in ons lichaam), net zoals alle andere dieren en veel microben. Ook planten hebben

een ademhaling, en stoten CO_2 uit. Maar planten gaan een groot deel van die CO_2 zelf weer opnemen.

- Bij allerlei verbrandingen (vuur) op Aarde wordt – net zoals in het lichaam – CO_2 uitgestoten. Daarom zorgt het huidige motorverkeer en bedrijvigheid van fabrieken overal op Aarde voor steeds meer CO_2 in onze atmosfeer. Omdat CO_2 een broeikasgas is gaat het klimaat op Aarde hierdoor gemiddeld opwarmen: het broeikas effect.
- CO_2 is zeer giftig als het teveel in de lucht zou zitten (meer dan 1%), maar onze atmosfeer heeft veel lagere concentraties dan dat. Dus zo is het niet giftig.

Waterdamp H_2O

- Waterdamp is op Aarde overal, maar de lucht op Aarde kan veel of weinig waterdamp bevatten (droge of vochtige lucht). Dit is afhankelijk van de temperatuur en de plaats op Aarde : zie hoofdstuk over seizoenen: verschil tussen herfst en lente.
- Merk op dat waterdeeltjes bestaan uit 1 zuurstof atoom (O) en 2 waterstof atomen (H). Dit zijn elementen die erg veel voorkomen in het heelal, en overal in ons zonnestelsel terug te vinden zijn. Ook water zelf (H_2O) vinden we op heel veel plaatsen buiten de Aarde, maar dan wel meestal bevroren (waterijs) of als gas (waterdamp), en zelden als vloeistof.

Ozon O_3

- Ozon vinden we in de aardse atmosfeer vrij gemakkelijk omdat het hoog in onze lucht gevormd wordt wanneer zuurstofgas getroffen wordt door zonnestrallen met voldoende energie. Zuurstofgas is er veel aanwezig : 21%. Ozon wordt meest van al gevormd in een hogere luchtlaag – rond 20-30 km hoogte. Daar is er immers meer zonnestraling met hoge energie. Die laag heet dan ook de ozonlaag.
- Ozon is een broeikasgas. Het slurpt heel wat UV straling van de zon op. Daardoor geraken de gevaarlijkste UV stralen niet tot op de oppervlakte van de Aarde. Gelukkig, want anders zouden wij veel sneller verbranden als we in de Zon lopen. Op Mars bijvoorbeeld vind je geen ozon (en is de lucht veel dunner). Op Mars meten we dan ook veel meer gevaarlijke UV straling dan op Aarde. Het meeste aardse leven zou om die reden snel doodgaan als je het op Mars zou leggen.

Methaan CH_4

- Dieren hebben in hun darmen bacteriën die methaangas maken. De meeste dieren die enkel planten eten (herbivoren), maken meer methaan in hun darmen. Ook in de grond en het water vinden we dergelijke bacteriën. Methaan komt dan ook veel voor op Aarde, en is bijna alleen aangemaakt door levende cellen. Vreemd genoeg wordt methaan ook wel op Mars gevonden. Wetenschappers weten nog niet waarom, maar het zou eventueel ook daar door levende wezens kunnen gemaakt worden – door microben dan wel. Rond 2030 zal een Europese Marsrover – Rosalind Franklin rover – in de grond gaan boren in de hoop te ontdekken waar het methaan op Mars vandaan komt.

2 Ademen op de Maan en op Mars

Zuurstofgas is dus levensnoodzakelijk voor ons, en dus ook voor astronauten. Dat is een **moeilijkheid** die we moeten overwinnen bij elke **ruimtereis**, want:

- Op de Maan is er geen lucht, dus zeker ook geen zuurstofgas.
- Op Mars is er een beetje lucht, maar deze lucht bestaat vooral uit CO₂. Er is geen zuurstofgas in de Marsatmosfeer.
- In de lege ruimte - onderweg naar de Maan bijvoorbeeld – is er uiteraard ook geen lucht, net zoals op de Maan.

Er zijn twee mogelijke **oplossingen**:

- We kunnen **flessen met samengeperste zuurstof** meenemen op een ruimtereis. Maar deze flessen zijn zwaar, en je hebt er zeer veel nodig om alle astronauten altijd te laten ademen. Bovendien moet je er meer meehebben dan strikt noodzakelijk. Als er iets mis gaat met een zuurstoffles, dan moet je reserve hebben. Even zonder zuurstof, en je astronauten zijn dood.
- Water bestaat uit twee elementen: **waterstof en zuurstof**. Je kan het zuurstof er proberen uithalen. Op de Maan en op Mars kunnen we waterijs uit de grond halen. Als we dit water smelten en vervolgens opsplitsen in zuurstof en waterstof, dan kunnen onze astronauten die zuurstof ademen.

In het **Internationaal Ruimtestation (ISS)** waar vandaag astronauten wonen, gebruikt men vooral zuurstof uit meegebrachte flessen. Maar toch wordt ook al geoefend met het opsplitsen van water. Laat ons dit zelf ook eens proberen !

KLASEXPERIMENT: ZUURSTOF MAKEN UIT WATER?

Klasexperiment : Samenvatting

We leren hoe we de samenstellende stoffen van water – zuurstof en waterstof – kunnen uit vloeibaar water halen, en wat we dan met die stoffen kunnen doen.

Klasexperiment : Openingsgesprek

Materialen:

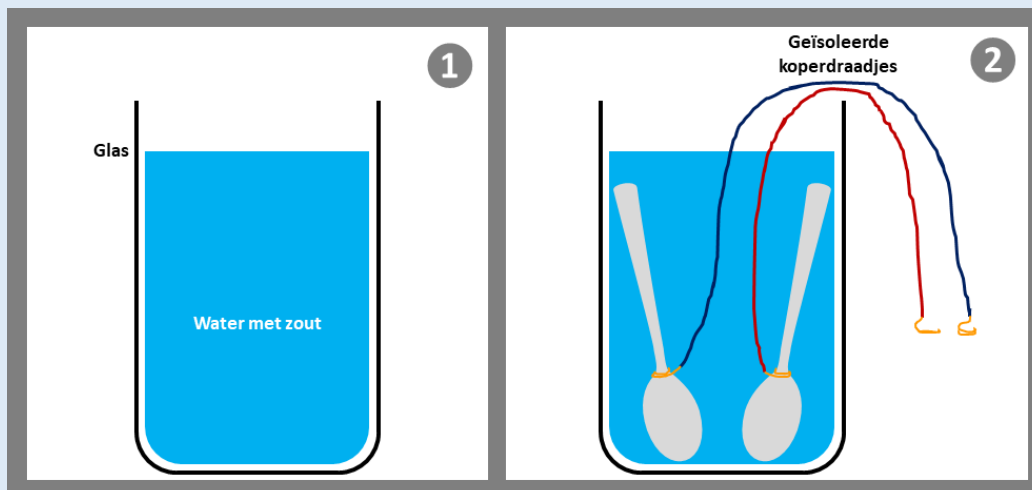
- Twee kleine koffielepeltjes
- Twee proefbuisjes die passen over de steel van de lepeltjes
- Markeerstift (om op de proefbuisjes te schrijven)
- Een batterij van 9 Volt
- Een breed, hoog doorzichtig glas – hoger dan de lengte van de lepeltjes
- Water en zout
- Metalen geïsoleerde draadjes (ijzer of koper) om de batterij te verbinden met de lepeltjes



Materialen die nodig zijn om water te splitsen in zuurstofgas en waterstofgas.

Opstelling:

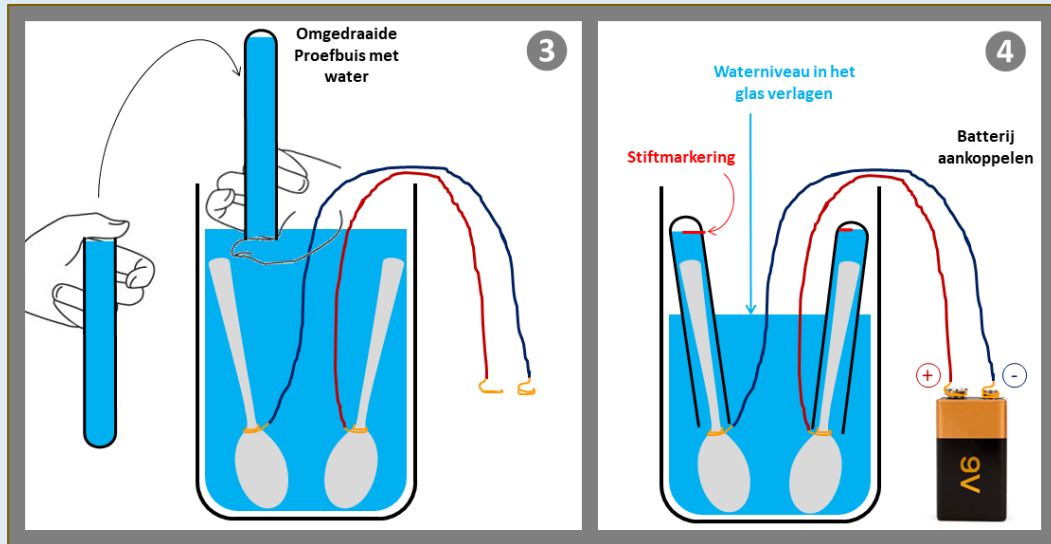
- 1) Neem een breed, hoog glas. Doe er water in tot aan de rand van het glas en voeg een beetje zout toe. Goed roeren totdat het zout opgelost is. Het glas moet iets hoger zijn dan een lepeltje.
- 2) Zet twee metalen lepeltjes rechtop in het glas. Aan de hals van het lepeltje bevestig je een elektrische geleidende draad (koper of ijzer) met isolatie. Zorg dat het koper of ijzer goed genoeg raakt aan het metaal van elk lepeltje. Beide draadjes moeten lang genoeg zijn om over de rand van het glas tot op de tafel te hangen (ze zullen in fase 4 aan de batterij gekoppeld worden).



Opstelling van het klasexperiment “water splitsen in zuurstofgas en waterstofgas”, fase 1 en 2. Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

- 3) Vul een proefbuisje met water tot aan de rand. Zet je duim erop om af te sluiten, en draai het proefbuisje met water om. Duw het zo in het glas met water tot juist boven een lepeltje. Laat nu je duim los, en zet het volle proefbuisje omgekeerd over het lepeltje. Herhaal dit met het tweede proefbuisje en tweede lepeltje.
- 4) Zet een maatstreepje op de proefbuis om aan te duiden waar het waterniveau staat in het begin van de proef. Je kan nu ook een beetje water weghalen uit het glas (wegzuigen met een spuitje of hevel), zodat de proefbuisjes niet de

neiging krijgen om omhoog te drijven wanneer er meer gas in terecht komt. Koppel dan de batterij aan de beide koperdraadjes, zodat de elektrische stroom begint te lopen.

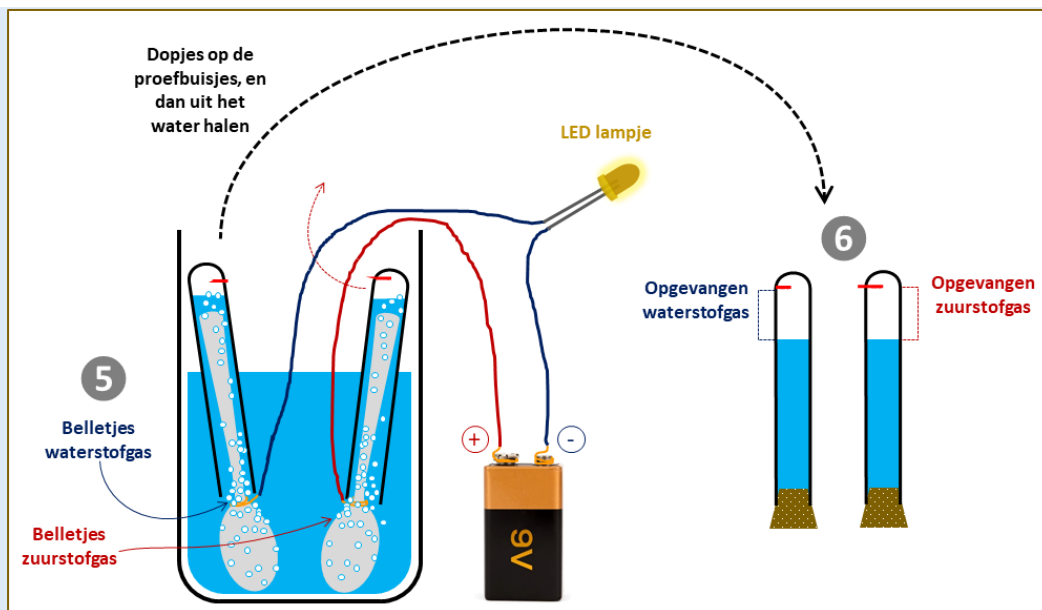


Opstelling van het klasexperiment “water splitsen in zuurstofgas en waterstofgas”, fase 3 en 4. Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

Tip: Je kan een klein lampje tussen de batterij en één van de draadjes zetten, zodat het lichtje aan gaat wanneer de stroom begint te lopen. Zo zien de leerlingen effectief dat er elektrische stroom door het systeem loopt.

Klasexperiment: Resultaten bekijken

- 5) Zodra de batterij aangekoppeld is, begint een lichte stroom te lopen in de hele kring. We zien aan beide lepeltjes luchtbelletjes ontstaan. Dat komt omdat het water splitst in zuurstofgas (aan de positieve pool) en waterstofgas (aan de negatieve pool).
De omgekeerde proefbuisjes vangen deze gassen op, en dus zien we de hoeveelheid gas bovenaan de proefbuis groter worden.
- 6) Wanneer we veel gas verzameld hebben in beide proefbuizen, gaan we onder water een dopje erop zetten. We halen dan beide proefbuisjes uit het water, en de dop blijft er op.



Klasexperiment “water splitsen in zuurstofgas en waterstofgas”, fase 5 en 6: waterstofgas en zuurstofgas oogsten. Merk op dat het LED lichtje brandt zodra de batterij aangeschakeld is: de stroom gaat door het systeem lopen. Maar dit experiment kan ook zonder lampje uitgevoerd worden.

Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

Hoe kunnen we nu controleren of we effectief zuurstofgas en waterstofgas uit water gehaald hebben?

Hou de proefbuisjes rechtop. Het water zit dan onderaan in het buisjes en het opgevangen gas bovenaan. De dop blijft er stevig op, totdat we de testen hieronder uitvoeren.

Zuurstofgas

Herinner u dat vuur altijd brandstof en zuurstof nodig heeft om te blijven branden. Als er in ons buisje zuiver zuurstofgas zit, dan zouden we dat moeten zien aan het vuur want dan kan het branden sneller gaan.

Experiment:

- De leerkracht steekt een lucifer aan of houdt de top van een houten staafje in een vlam.
- Zodra de lucifer uit gaat maar nog nagloeit, houden we het gloeiende houtje tegen de opening van de proefbuis, en we trekken het dopje er af.
- Wanneer de gloeiende lucifer in het zuurstofgas komt zien we het even harder oplichten. Dit gebeurt omdat er in ons proefbuisje veel meer zuurstof zit dan in de lucht rondom ons. Het vuur (gloeit) gaat dus even harder branden.

Waterstofgas

Experiment:

- De leerkracht steekt een lucifer aan.
- We halen het dopje van de proefbuis, en houden onmiddellijk de vlam tegen de opening. Kinderen blijven hierbij veilig uit de buurt.

- Waterstofgas is een brandstof die snel gaat branden als er een aansteekvlam en zuurstofhoudende lucht in de buurt is. Zo snel, dat het eigenlijk een knal maakt. Waterstofgas wordt daarom ook knalgas genoemd. Omdat we hier maar een klein beetje waterstofgas hebben geoogst, zal het ook maar een klein knalletje geven. Het is dus niet gevaarlijk.

Het opgluoiende houtje bewijst dat we in het ene buisje zuurstofgas hadden. Het knalletje bewijst dat we in het andere buisje waterstofgas hadden.

Beide gassen kunnen op de Maan of op Mars nuttig gebruikt worden door astronauten !



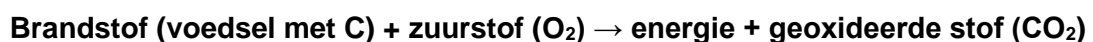
Na splitsing van water: testen of we waterstofgas en zuurstofgas verzameld hebben. Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

3 Van waar komt de zuurstof op Aarde?

Dieren verbruiken zuurstof door te ademen

Hierboven hebben we gezien dat wij zuurstof ademen om ons opgeeten voedsel te 'verbranden' (oxideren met zuurstof). Op die manier kan ons lichaam heel veel energie opslaan, en gebruiken voor de werking van alle lichaamsdelen en organen.

Herinner je dat we heel dat proces kunnen samenvatten in een eenvoudige reactie:



Bijna alle leven dat je tegenkomt op Aarde – van het allerkleinste tot het allergrootste – doet op die manier aan ademhaling en voedselvertering.

De zuurstof in onze lucht (O_2) wordt dus voortdurend verbruikt. Waarom geraakt de zuurstof op Aarde dan niet op? En waar moet al die CO_2 naartoe die uitgedemd wordt?

Sinds de mensen met heel veel zijn op Aarde komt daar ook nog eens bij dat er enorm veel brandstof uit de grond verbrand wordt. Het verbruik van zuurstof en de uitstoot van CO_2 is dus in de laatste 150 jaar vermeerderd !

Planten maken zuurstof: fotosynthese

De planten (en ook ééncellig plantaardig leven) zorgen ervoor dat het zuurstofgas in onze atmosfeer voortdurend weer aangevuld wordt. Planten gaan weliswaar ook ademen en dus zuurstof verbruiken zoals ons. Maar overdag als er zonlicht is, dan gaan ze veel meer zuurstof produceren. Ze doen dit met een proces dat “fotosynthese” heet.

Planten kunnen niet eten zoals dieren. Hun ‘voedsel’ halen ze vooral uit de lucht.

Fotosynthese betekent letterlijk: iets aanmaken (‘synthese’) met behulp van licht (‘foto’). Planten kunnen hun eigen lichaam opbouwen door CO_2 uit de lucht te gebruiken als voedsel en zonlicht te gebruiken als energie. Energie hebben ze nodig omdat ze bij fotosynthese de reactie hierboven (ademhaling en voedselverbranding) exact omgekeerd uitvoeren. Bij de reactie hierboven kwam energie vrij die daarna door ons lichaam wordt gebruikt. Als je de reactie wilt omgekeerd uitvoeren zoals planten doen, moet je dus energie toevoegen.

De fotosynthese kan dus als volgt samengevat worden:

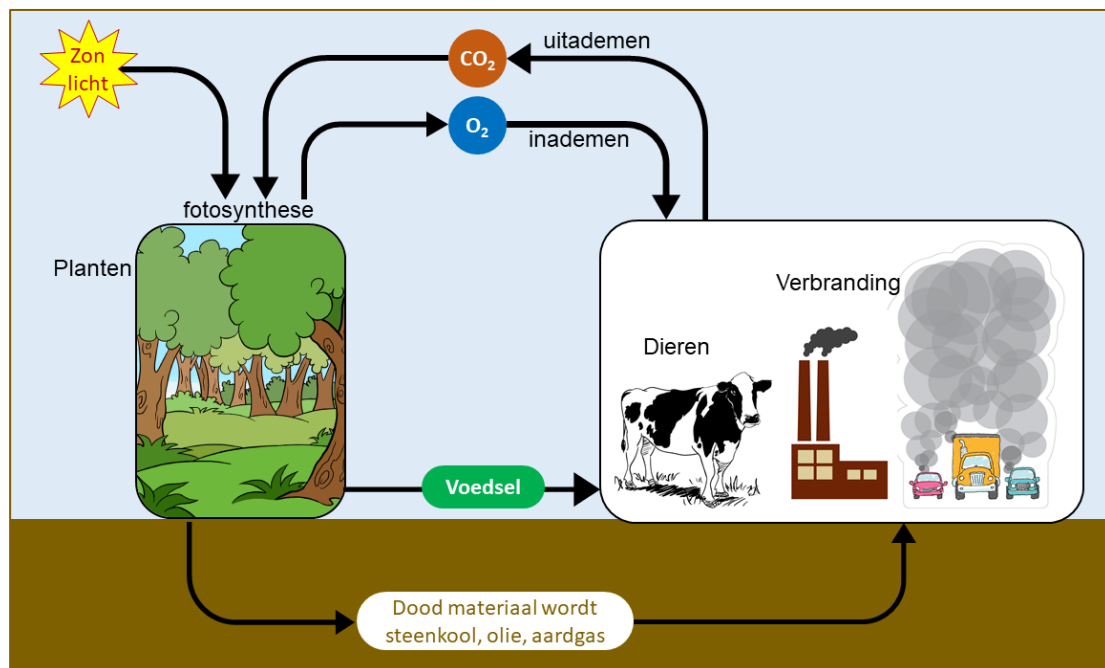
Energie (zonlicht) + kooldioxide (CO_2) → bouwstoffen (met C) + zuurstof (O_2)

De kooldioxide halen planten dus gewoon uit de lucht. En met ‘bouwstoffen’ bedoelen we alle stoffen waaruit het plantenlichaam is opgebouwd. Deze bouwstoffen bevatten erg veel koolstof, maar ook een beetje andere stoffen die de planten met hun wortels uit de grond halen.

De cyclus van koolstof en zuurstof op Aarde

Deze bouwstoffen van planten vormen dus ons voedsel: de plantenlichamen zelf. En de zuurstof die gevormd wordt bij fotosynthese laten de planten gewoon los in de lucht. Daardoor is er voortdurend 21% zuurstof in onze atmosfeer. We hebben dat VOLLEDIG te danken aan alle planten op Aarde (en fotosynthetische bacteriën).

Je kan het hele verhaal samenvatten in 1 schema zoals hieronder. Let wel op, de werkelijkheid is veel en veel ingewikkelder. Maar als je onderstaande tekening al begrijpt, dan weet je toch wel het belangrijkste over zuurstofgas en CO_2 in onze atmosfeer, en dan begrijp je dat de atmosfeer op Aarde geen zuurstofgas zou bevatten als er geen plantaardig leven was.



De kringloop van koolstof en zuurstof op Aarde, sterk vereenvoudigd.

O₂ = zuurstofgas

CO₂ = kooldioxide

Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

De kringloop van koolstof en zuurstof tijdens ruimtereizen

Tijdens een ruimtereis kunnen we – net als op Aarde – de **kringloop van zuurstof, kooldioxide en voedsel** proberen nabootsen in ons ruimteschip. Met andere woorden: als we planten meenemen, en die laten groeien in een kweekbak in het ruimteschip, dan zouden we daar zuurstof en voedsel kunnen van krijgen. Tijdens het groeien gaan de planten bovendien ook de kooldioxide (CO₂) opgebruiken die de astronauten hebben uitgeademd.

De Europese ruimtevaartorganisatie ESA probeert al meer dan 30 jaar zulk een gesloten systeem te maken om mee te nemen in het ruimteschip. Het systeem heeft de naam **MELiSSA**, en er werken wetenschappers aan over heel de wereld. De werkelijkheid is weliswaar veel ingewikkelder dan de eenvoudige schema in deze cursus. Na al die jaren is men er nog steeds niet in geslaagd om MELiSSA echt in de ruimte te gebruiken om de astronauten te voorzien van voedsel en zuurstof, maar we komen er steeds dichterbij. Als we naar Mars gaan reizen, zullen we dit zeker nodig hebben.