

Belgium

esero



UGENT
VOLKSSTERRENWACHT
ARMAND PIEN

Op schoolreis naar de Maan

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

DEEL 4 WATER

- Is er water op de Maan en op Mars? ●●●●●●●●●●
- Hoe kan je het water gebruiken op de Maan als je daar woont? ●●
- Kan water koken zonder dat het warmer wordt? ●●●●●●●●
- De Aarde is nat en de de maan is droog. Hoe komt dat? ●●●●

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.

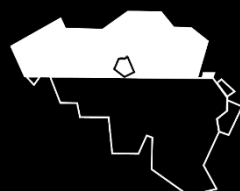
WWW.ESERO.BE

Nationale coördinator



KU LEUVEN

Vlaamse coördinator



UGENT
VOLKSSTERRENWACHT
ARMAND PIENS

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 4 – WATER

Handleiding voor leraren

Kenmerken

Leraren tweede en derde graad lager onderwijs.

Lessenreeks met leerlingen-activiteiten in een context van ruimtereizen.

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

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

- 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 2030. En we verwachten terug landingen op de Maan door een groep astronauten vanaf 2025.

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

Oktober 2018

Mei 2019

September 2022 – Februari 2023

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

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

Sommige 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 4

Kenmerken	3
Colofon	4
Op schoolreis naar de Maan:	5
Publicaties	5
Gedrag van water op Aarde en de Maan.....	7
Is er water op de Maan?	7
Gedrag van water op Aarde.....	7
Luchtdruk.....	7
KLASEXPERIMENT: LUCHTDRIJK DEMONSTREREN MET EEN KRANT	7
Het effect van luchtdruk op water	9
Gedrag van water in andere omstandigheden dan op Aarde	10
KLASEXPERIMENT: WATER KOKEN ZONDER WARMTE	10
Gedrag van water op de Maan	13
Temperaturen op de Maan	14
Kraters van eeuwige duisternis.....	15
KLASDEMONSTRATIE: SHACKLETON KRATER VISUEEL VOORGESTELD	16
Is er water op Mars?	17
Gedrag van water op Mars	17
Besluit over de aanwezigheid van water op Mars vandaag.....	19
Water op Mars in het verleden.....	20
“Canali” op Mars	21
KLASEXPERIMENT: HOE ZIJN GREPPELS OP MARS GEVORMD?	22
Water voor Maanreizigers	25
KLASEXPERIMENT: WATERZUIVERING	26

Gedrag van water op Aarde en de Maan

Is er water op de Maan?

Water is zeker niet zeldzaam in het zonnestelsel, integendeel. Het komt veel voor op planeten, manen, planetoiden en kometen. Veel manen en kometen bestaan zelfs voor het grootste deel uit water. Maar het is gewoonlijk wel in bevroren vorm: **waterijs**.

Onze Maan vormt hierop geen uitzondering. Er was reeds water in de Maan bij de vorming ervan, en in miljarden jaren zijn er langzaam bijkomende kleine hoeveelheden waterijs gevormd en terecht gekomen **op en onder het maanoppervlak**. Maar zodra het oppervlak opwarmt in de Zon, verdampt dit water meteen en ontsnapt het onmiddellijk naar de lege ruimte. Op de Maan is er geen lucht waarin de waterdamp kan blijven hangen.

Als we dus water willen vinden op de Maan, dan moeten we **plaatsen** zoeken die **altijd** koud genoeg blijven zodat het waterijs niet kan verdampen. Maar wat bedoelen we met 'koud genoeg'? Om dit te begrijpen moeten we eerst leren hoe water zich gedraagt wanneer er geen lucht is...

Gedrag van water op Aarde

Wij leven op het aardoppervlak. Er is hier een constante druk omdat de Aarde bedekt is met een dikke laag lucht (de atmosfeer). Lucht heeft – net als water bijvoorbeeld - een gewicht. De kilometers lucht boven ons hoofd duwt dan ook voortdurend op iedereen, en dat noemen we de luchtdruk. We voelen de luchtdruk gewoonlijk niet, omdat we het gewoon zijn en ons lichaam continu tegendruk geeft.

Luchtdruk

De luchtdruk op Aarde is min of meer constant (= altijd dezelfde). Ze varieert een beetje in plaats en tijd, maar is nooit erg ver verwijderd van de gemiddelde luchtdruk: **1013 hPa** (= 1013 hectoPascal = 101.300 Pascal = 1013 mBar = 1,013 Bar). Dit is hetzelfde als ongeveer **10.000 kg per m²** ! De gemiddelde luchtdruk op Aarde wordt ook **1 atm** genoemd (= "1 atmosfeer"). De eenheid 'atm' maakt het gemakkelijk om de luchtdruk op Aarde te vergelijken met de luchtdruk op andere planeten en manen.

KLASEXPERIMENT: LUCHTDRIK DEMONSTREREN MET EEN KRANT

Benodigdheden

- Blad papier
- Tijdschrift
- Boeken
- Lange lat
- Tafel

Inleidend gesprek

Leg uit aan de leerlingen dat lucht, net zoals wij, gewicht (massa) heeft. Dat wij bedolven zijn onder een dik pak lucht, maar ons lichaam hieraan aangepast is en wij dit dus niet voelen. Vraag aan een leerling zijn twee armen voor zich uit te strekken, met de handpalmen naar omhoog gericht.

Neem het blad papier en zeg dat dit blad papier een laagje lucht voorstelt. Leg dit blad op de handen van het kind.

- Dit blad stelt een laagje lucht voor. Wat voel je nu op je handen? Merk je een verschil met ervoor toen er geen blad op lag?
Ik voel weinig verschil.
- Wat als ik er nu wat meer 'luchtlagen' op leg. Ik neem hiervoor een tijdschrift. Wat voel je nu?
Het wordt zwaarder.
- Wat als ik er nu nog meer 'luchtlagen' op leg. Ik ga nog een boek op jouw handen bijleggen. Wat voel je nu?
Het weegt heel wat meer nu.
- Zou je dit lang kunnen volhouden dit gewicht?
Nee.
- Stel je nu voor dat we een hele bib aan boeken op jouw handen gaan leggen. Wat zou je dan voelen?
Ik zou het gewicht van de boeken niet kunnen dragen en eronder verpletterd raken.

Kan je je voorstellen dat wij nu onder een hele bibliotheek aan zware boeken zijn bedolven? Omdat ons lichaam hiervoor gebouwd is, voelen wij dit niet. Maar geloof mij, het is waar.

Met behulp van volgende experimenten, ga ik jullie aantonen dat dit hele gewicht van de lucht wel degelijk druk op ons uitoefent.

Klasoefening: Opstelling

(oefen dit vooraf wel even, zodat je goed weet hoe je de proef goed uitvoert)

- Leg een lat van 40 à 50 cm op de tafelrand. Zorg ervoor dat deze ongeveer de helft uitsteekt over de rand.
- Leg een opgevouwen krant bovenop de lat op tafel.
- Sla met je vuist snel op het uitstekende deel van de lat: de krant wordt omhoog getild en valt op de grond.
- Maak de opstelling opnieuw, maar plooi de krant open.
- Sla opnieuw snel op het uitstekende deel van de lat: de krant kan niet zomaar opgetild worden.

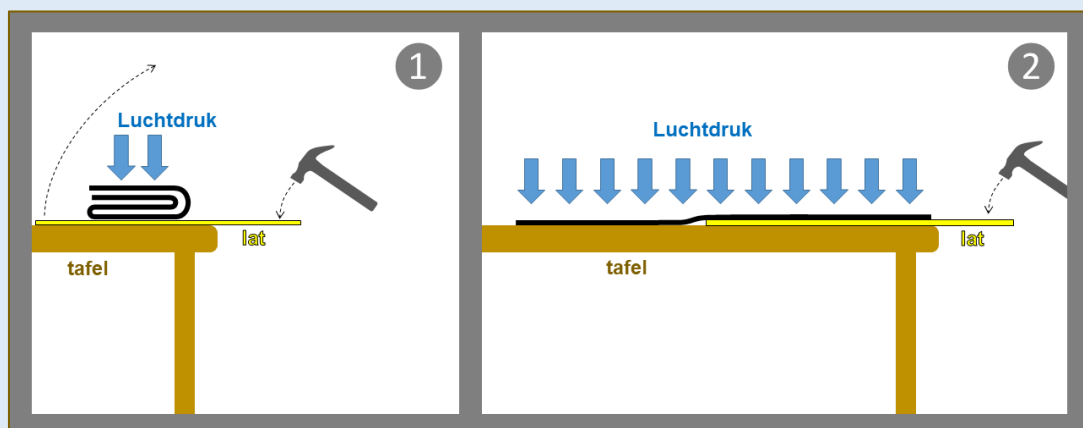
Klasoefening: Uitvoering en vraagstelling

- Voel eens aan mijn gevouwen krant, heeft die een gewicht?
Ja. De krant heeft een gewicht.
- Kijk goed, ik leg mijn lat een beetje over de rand van de tafel. Bovenop de lat leg ik een opgevouwen krant. Kan je de lat makkelijk van de tafel slaan wanneer ik op de rand van de lat sla? Probeer jij eens?
Ja. Ik kan de lat makkelijk van de tafel slaan.

- Wat als ik nu diezelfde krant openvouw. Weegt die minder, evenveel of meer dan toen diezelfde krant opgevouwen was?
Die weegt nog steeds evenveel als toen die opgevouwen was.
- Kijk goed, ik leg nu mijn opengevouwen krant op de lat. Probeer nu nog eens de lat van de tafel te slaan zoals bij de vorige opstellen. Was het makkelijker, even makkelijk of moeilijker om de lat van de tafel te slaan?
Het was moeilijker om de lat van de tafel te slaan.

Verklaring

- In het eerste geval had de krant een klein oppervlak. De luchtdruk (die heel de tijd gelijk blijft) had slechts een klein oppervlak om op te duwen. Dit was onvoldoende om de bewegende lat tegen te houden. Je kan ook zeggen: er lag niet genoeg lucht (gewicht) op de krant.
- In het tweede geval had de krant een heel groot oppervlak. Dezelfde luchtdruk kon nu de krant tegen de tafel duwen op een veel groter oppervlak. Er lag dus veel meer lucht (veel meer gewicht) op de krant, en zo werd de lat ook tegen de tafel geduwd.
- Merk op: de lucht die bovenop de krant ligt is niet alleen de lucht juist boven de tafel, maar wel vele kilometers lucht boven ons.



Luchtdruk demonstratie met een krant.

In de eerste opstelling zal de krant op de grond vallen wanneer je op de lat slaat. In de tweede opstelling blijft de krant en de lat op tafel liggen omdat er veel meer lucht op drukt (met nog steeds dezelfde kracht per cm²).

Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

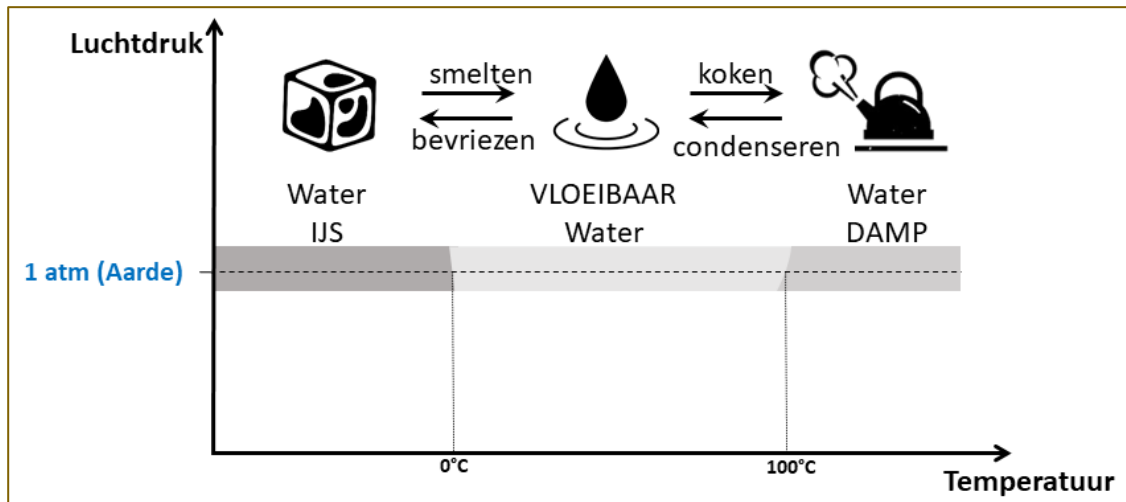
Het effect van luchtdruk op water

Het gedrag van water bij verschillende temperaturen hier op Aarde is bij de kinderen wel bekend:

- Water wordt ijs wanneer de temperatuur onder 0°C gaat (bevriezen).
- Water wordt vloeibaar wanneer de temperatuur boven 0°C gaat (smelten).
- Wat kan vloeibaar blijven bij temperaturen tussen 0°C en 100°C.

- Water verandert volledig in damp (gas) wanneer de temperatuur 100°C of meer is (koken, het kan niet langer vloeibaar blijven).
- Waterdamp vormt terug druppeltjes (vloeibaar) als de temperatuur lager wordt (vanaf onder 100°C) (condenseren).

Let op, we hebben het over het gedrag van water 'hier op Aarde'! Dat wil zeggen: bij een luchtdruk van 1 atm.



Gedrag van water op het Aardoppervlak (met luchtdruk ongeveer 1 atm of 1013 hPa). Merk op: waterdamp kan wel bestaan bij temperaturen lager dan 100°C, maar vloeibaar water is niet stabiel bij temperaturen hoger dan 100°C.

Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

Gedrag van water in andere omstandigheden dan op Aarde

In een andere luchtdruk dan 1 atm zal water zich anders gedragen. Bijvoorbeeld: wat gebeurt er met water op de Maan, wanneer de luchtdruk gelijk is aan nul atm (geen lucht)? De kinderen ontdekken het zelf in het volgende klasexperiment.

KLASPERIMENT: WATER KOKEN ZONDER WARMTE

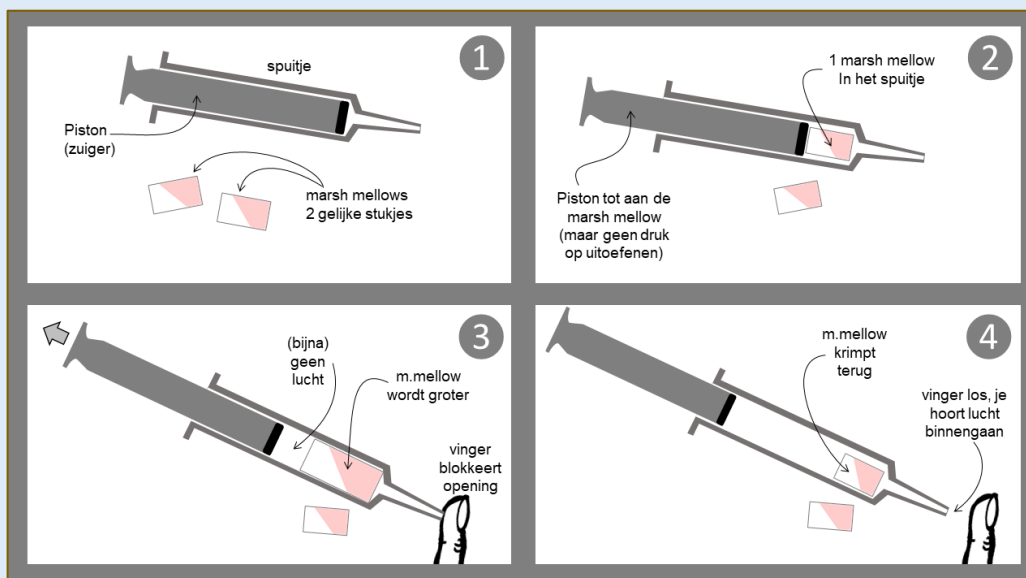
Klasexperiment: Samenvatting

Als we hier op Aarde water willen koken, dan warmen we het op totdat het 100°C wordt. Maar in lagere luchtdruk wordt water koken veel gemakkelijker. Dit gaan we testen in de klas.

Klasexperiment STAP 1a : Test lage luchtdruk in een spuitje

- Verdeel de kinderen in groepjes van de twee.
- Geef elk groepje een marshmallow en een schaar.
- Geef elk groepje een plastic spuitje van 10 ml (of grotere) zonder naald.

- Vraag de kinderen om twee gelijke stukjes af te knippen van de marshmellow. Elk stukje moet klein genoeg zijn om gemakkelijk in het spuitje te passen zonder tegen de binnenwand te duwen (1).
- Vraag hen om 1 stukje in het spuitje te steken, en het ander stukje gewoon ernaast te laten liggen. Dan doen ze de zuiger (of piston) in het spuitje juist tot aan de marshmellow dichtgeduwd (2).
- Vraag nu om hun vinger tegen de opening van het spuitje te houden, en de zuiger uit te trekken. Kijk goed wat er gebeurt (3).
- Dan laten ze hun vinger los van de opening, zonder de zuiger nog aan te raken. Ondertussen moeten ze goed luisteren en kijken. Ze horen de lucht binnenvliegen in het spuitje en terzelfdertijd zien de opgezwollen marshmellow terug krimpen tot de oorspronkelijke grootte (4).



*We tonen aan dat de luchtdruk zeer laag wordt in het spuitje als we de zuiger uittrekken wanneer onze vinger de opening blokkeert (3). De marshmellow blaast op omdat hij zonder lucht niet meer samengedruwd wordt. Je kan zeggen dat we in het spuitje een zeer lage luchtdruk veroorzaken, net zoals op Mars of op de Maan.
Concept: ESERO NL. Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.*

Uitleg:

We hebben een 'lege atmosfeer' (nul atm) in de spuit gecreëerd, door de zuiger uit te trekken wanneer de opening geblokkeerd is. Wanneer de lege ruimte niet opgevuld wordt met luchtdeeltjes, dan heeft de marshmellow veel plaats om uit te zetten. De marshmellow wordt dus niet meer ingedrukt door het gewicht van al de lucht boven ons.

Als we de lucht horen binnengaan in het spuitje (vierde stap), dan wordt bevestigd dat er juist voordien (derde stap) geen lucht in het spuitje was. Terzelfdertijd zien we het effect dat de opgeblazen marshmellow terug inkrimpt: het wordt terug samengedruwd tot zijn oorspronkelijke afmetingen door de luchtdruk van 1 atm.

Klasexperiment STAP 1b : Test hoge luchtdruk in een spuitje

Ook de omgekeerde beweging is mogelijk.

- Verdeel de kinderen in groepjes van twee.
- Geef elk groepje een marshmallow en een schaar.
- Geef elk groepje een plastic spuitje van 10 ml of groter zonder naald.
- Vraag de kinderen om twee gelijke stukjes af te knippen van de marshmallow. Elk stukje moet klein genoeg zijn om gemakkelijk in het spuitje te passen.
- Vraag hen om 1 stukje in het spuitje te steken, en het ander stukje gewoon ernaast te laten liggen. Dan doen ze de zuiger (of piston) net in het spuitje zonder het verder dicht te duwen.
- Vraag nu om hun vinger tegen de opening van het spuitje te houden, en de zuiger verder in te duwen. Kijk goed wat er gebeurt. De marshmallow krimpt samen.
- Dan laten ze de piston los met hun vinger nog steeds voor de opening. Ondertussen moeten ze goed kijken. Ze zien de piston terug naar zijn beginpositie schieten en terzelfdertijd zien ze de marshmallow terug naar zijn oorspronkelijke grootte uitzetten.

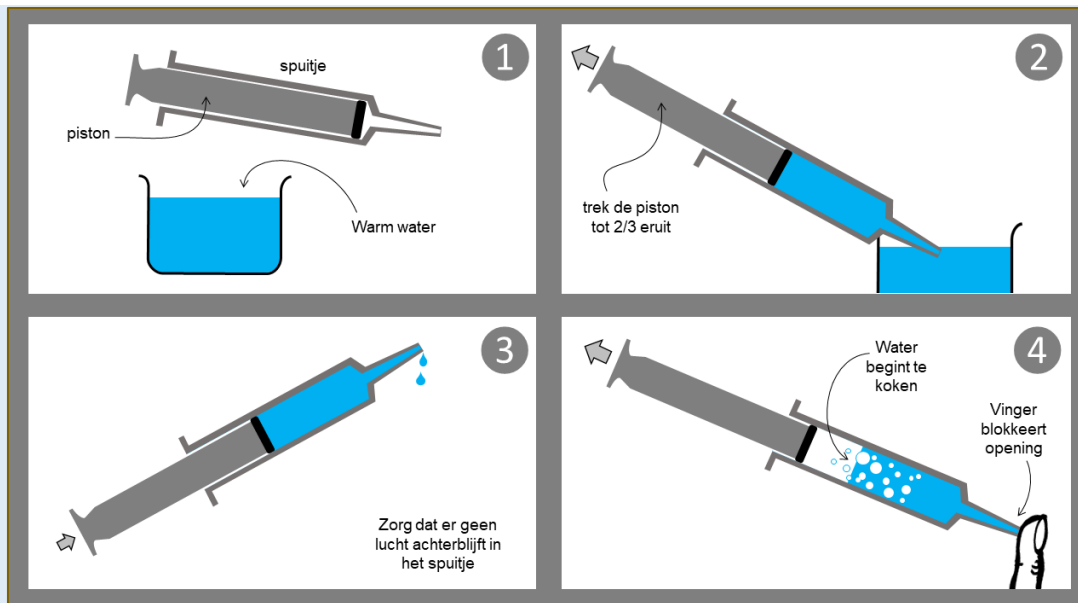
Uitleg:

We hebben een hogere luchtdruk (>1 atm) in de spuit gecreëerd, door de zuiger in te duwen wanneer de opening geblokkeerd is. Wanneer de lucht in de spuit wordt samengedrukt, wordt de marshmallow door de grotere druk samengeperst.

Als we de piston van het spuitje loslaten, schiet de piston terug naar de beginpositie. Dan wordt er bevestigd dat de lucht onder hoge spanning in de spuit was samengedrukt en bij het loslaten terug naar zijn oorspronkelijk volume terugkeert. Terzelfdertijd zien we het effect dat de ingekrompen marshmallow terug uitzet: het wordt terug uitgezet tot zijn oorspronkelijke afmetingen die de marshmallow normaal kan innemen bij 1 atm.

Klasexperiment STAP 2 : water koken zonder warmte toe te voegen

- Verdeel de kinderen in groepjes van twee.
- Zet vooraan in de klas een bak warm water. Verwittig de kinderen dat het hier om warm water gaat.
- Geef elk groepje een plastic spuit van 10 ml zonder naald (1).
- Vraag de kinderen om het spuitje op te vullen voor $2/3$ met warm water (2).
- Vraag hen om het spuitje met de opening naar boven te houden, en dan voorzichtig de zuiger in te duwen totdat een klein druppeltje water ontsnapt (3). De bedoeling is dat er geen lucht meer in de spuit zit.
- Vraag nu om met hun vinger de opening van de spuit te blokkeren, de spuit terug om te draaien, en dan de zuiger snel uit te trekken terwijl de opening dicht blijft. Kijk goed wat er gebeurt met het water (4).



Water begint te koken zonder te verwarmen bij een zeer lage luchtdruk. Ook met koud water zou dit werken als we nog beter de luchtdruk zouden kunnen wegnemen dan in deze eenvoudige truuk met het spuitje. Je kan het doen met koud water als je een klassieke vacuüm pomp en een glazen stolp, zoals op veel middelbare scholen beschikbaar is.

Concept: ESERO NL. Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

Uitleg

Wanneer er alleen maar lege ruimte is in plaats van met lucht gevulde ruimte, dan is er plots voor de waterdeeltjes heel veel extra plaats. De waterdeeltjes reageren door deze plaats ook in te nemen. Alle waterdeeltjes zijn in beweging (des te meer bij warm water) en hebben allemaal tegelijk de neiging om te 'ontsnappen' uit de dichte vloeistof naar de lege ruimte. Daarom ontstaan er overal bubbels in de vloeistof.

Merk op dat de temperatuur niet merkbaar verandert wanneer het water begint te koken. In extreem lage luchtdruk zal water beginnen koken bij kamertemperatuur en zelfs bij koudere temperaturen.

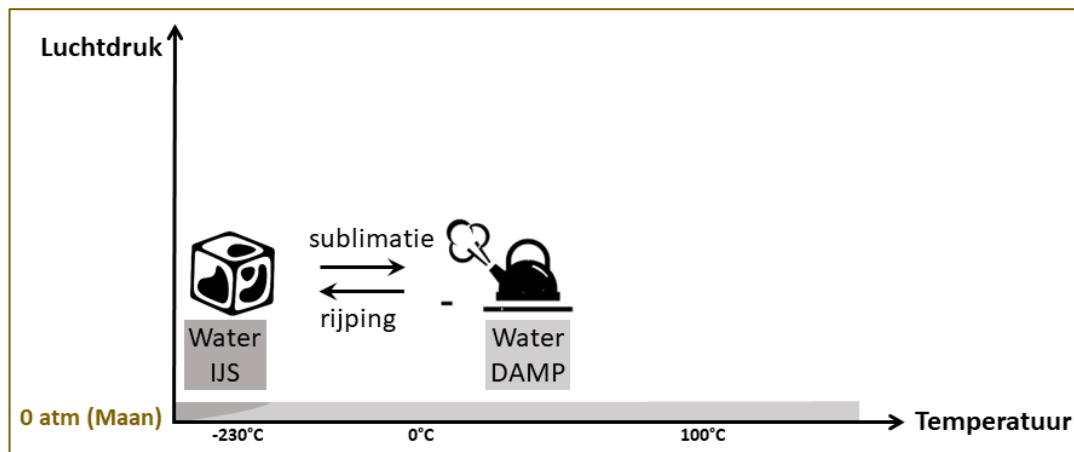
Gedrag van water op de Maan

Op de Maan is er geen lucht en dus ook totaal geen luchtdruk. Het water zal daar onmiddellijk verdampen (eigenlijk koken), zelfs als het enorm koud is. Wanneer waterijs warmer wordt omdat de zon schijnt op het maanoppervlak, dan zal het smeltende ijs niet de tijd krijgen om eerst vloeibaar te worden. Het waterijs verandert meteen in damp (gasvormig water). Dit noemen we sublimeren.

Wij kennen hier op Aarde vooral de volgende fases van water: waterijs (vast), vloeibaar water, waterdamp (gas).

Van vast naar vloeibaar noemen we smelten. Van vloeibaar naar vast noemen we stollen. Van vloeibaar naar gas noemen we verdampen. Maar van vloeibaar naar gas noemen we sublimeren.

Zoals we het gedrag van water op Aarde (bij 1 atm) in een grafiek tekenden, zo kunnen we op dezelfde grafiek het gedrag van water op Maan (0 atm) tekenen:



Gedrag van water op het maanoppervlak (luchtdruk van 0 atm = geen lucht).

Vloeibaar water kan hier niet bestaan. Smeltend ijs verandert meteen in waterdamp, zelfs bij erg lage temperaturen. We noemen dit sublimatie. Waterdamp op het maanoppervlak gaat direct verloren in de lege ruimte, er is geen luchtlaag waar het kan blijven hangen. Daarom is het Maanoppervlak extreem droog.

Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

Op de grafiek hierboven kan je zien dat er een zeer lage temperatuur bestaat (superkoud) waarbij waterijs niet sublimiert, maar gewoon ijs blijft. Dit gebeurt alleen als het kouder is dan -230°C .

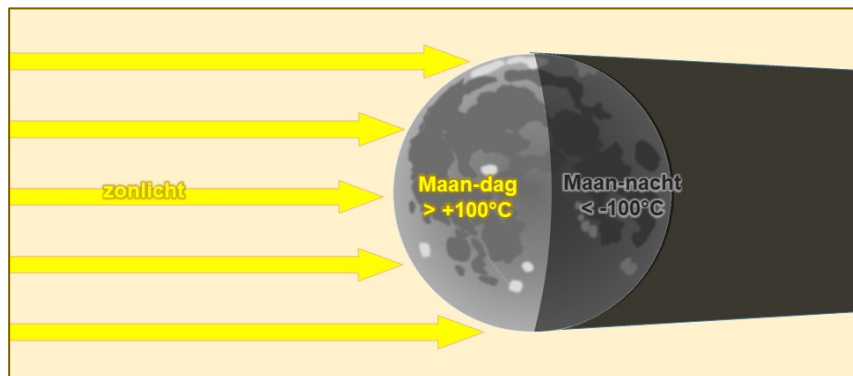
Elke plaats op de Maan waar het soms warmer wordt dan -230°C is kurkdroog: alle waterijs is gesublimeerd en verdwenen in de lege ruimte.

Maar zijn er plaatsen op de Maan waar de temperatuur altijd kouder is dan -230°C ? het antwoord is ... JA !

Temperaturen op de Maan

Net zoals de Aarde en alle andere planeten en manen, draait de Maan rond zichzelf. Daarom heeft de Maan ook dagen en nachten. Maar deze zijn anders dan op Aarde:

- Eén rotatie van de Aarde duurt ongeveer 24 uren. Eén rotatie van de Maan duurt ongeveer 28 aardse dagen. Dus één maan-dag en één maan-nacht duren allebei ongeveer 2 aardse weken.
- Zonder lucht wordt de warmte van een maan-dag niet gevangen, en dus verdwijnt bijna alle zonnearmte meteen wanneer de maan-nacht begint. Tijdens de maan-dag is er ook geen enkele bescherming tegen de sterke straling van de zon. Daarom krijgen we extreme temperaturen voor dag en nacht op de Maan: kouder dan -100°C 's nachts en warmer dan $+100^{\circ}\text{C}$ overdag (behalve in de schaduw van een rotsblok).



*Maan-dag en Maan-nacht. Als je op de Maan woont, dan duurt de dag twee aardse weken en de nacht ook.
Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.*

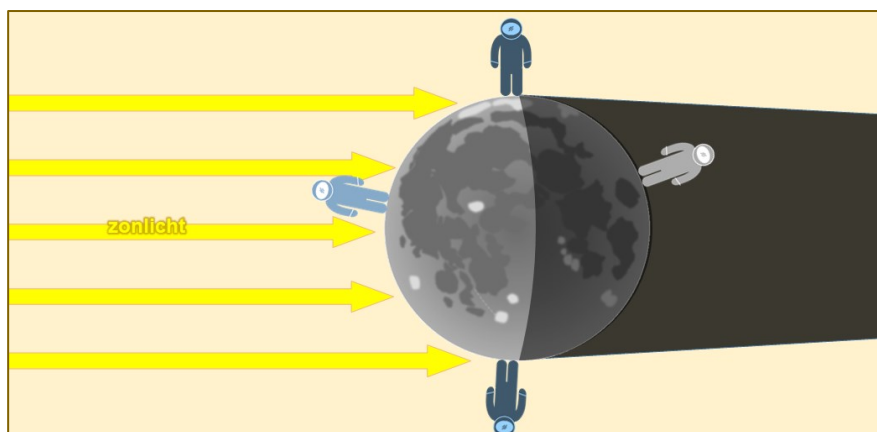
Dus de meeste plaatsen op de Maan krijgen twee weken extreme hitte en daarna twee weken extreme koude. In deze omstandigheden zal alle waterijs nabij het oppervlak overdag verdampen en in de ruimte verloren gaan.

Er is echter een uitzondering: sommige bodems van diepere kraters liggen in een eeuwige schaduw, en kunnen dus nooit opwarmen. De temperatuur op deze bodems is altijd lager dan -230°C .

Kraters van eeuwige duisternis

Als de zon heel laag aan de horizon zit (zoals bij een zonsondergang), dan zijn de schaduwen erg lang. Dit is zo op Aarde, maar natuurlijk ook op de Maan of op elk ander hemellichaam.

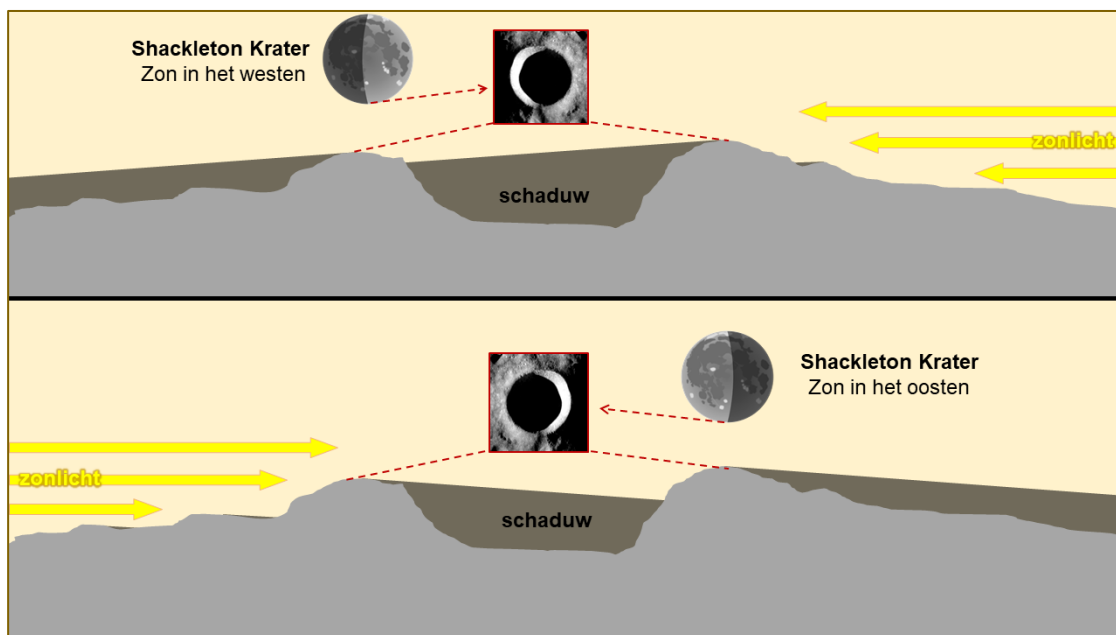
Zoals getoond op de tekening hieronder zal een astronaut op de Noordpool van de Maan of op de Zuidpool van de Maan de zon altijd dicht bij de horizon zien.



Een astronaut op de evenaar van de Maan zal de zon recht boven zijn/haar hoofd zien tijdens de maan-dag (twee aardse weken). Een astronaut op de polen zal de zon heel de tijd zien (er is geen nacht), maar wel altijd vlakbij de horizon. Er is dan eigenlijk geen nacht en geen dag, alleen continu de toestand zoals bij zonsondergang of zonsopgang. Aan de polen zijn de schaduwen daarom altijd heel lang.

Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

We weten dat de Maan vol met putten zit: kraters. Eén van deze kraters – de Schackleton krater – ligt met zijn rand exact op de Zuidpool. Daarom komt het zonlicht rond deze kraters altijd van heel laag, dicht bij de horizon. Daardoor zijn er plaatsen op de bodem van deze krater waar het zonlicht nooit op valt. Het zijn plaatsen van eeuwige duisternis, en dus van eeuwige koude. In het Engels worden ze “craters of eternal darkness” genoemd.



De Shackleton Krater is een krater van eeuwige duisternis. De kraterbodem is altijd in de schaduw. Hier is het waterijs nabij het oppervlak niet verdwenen (niet gesublimeerd of weggekookt). Dit waterijs kan gebruikt worden door astronauten om te drinken, te wassen, om zuurstof te maken, om planten te verzorgen, en om raketbrandstof te maken.

Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

Een krater van eeuwige duisternis op de Maanpolen zal altijd enorm koud zijn. Waterijs zal er niet verdampen en verloren gaan in de ruimte. Het is daar dat mensen plannen hebben om een maanbasis te bouwen, om op de Maan te verblijven voor langere tijd. Hier zullen we leren om ondergronds waterijs uit de bodem te halen en te gebruiken op de Maan en later op Mars.

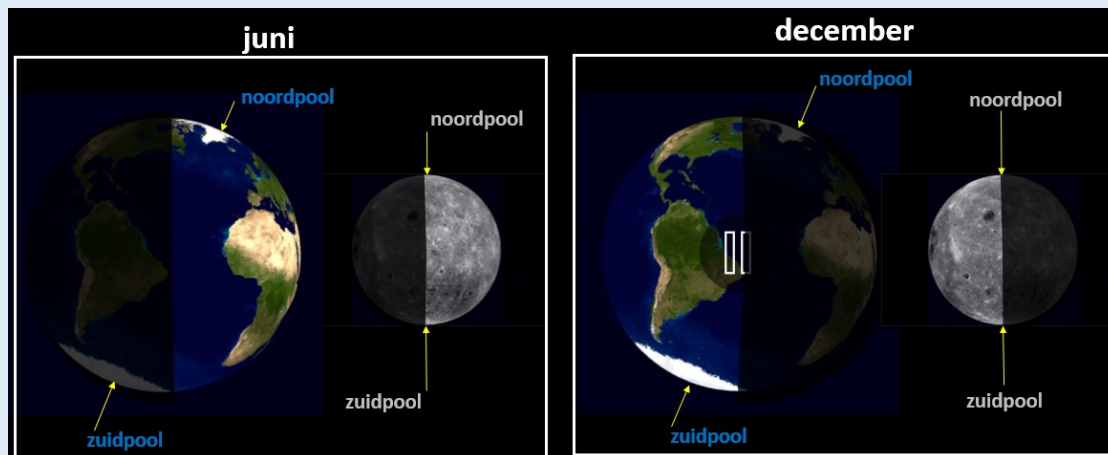
KLASDEMONSTRATIE: SHACKLETON KRATER VISUEEL VOORGESTELD

Benodigheden:

- Zaklamp
- Lage drinkbeker of lage koffietas ('mok' voor de Nederlanders)
- Verduisterd lokaal

Voorstelling:

- Zet de koffietas in het midden van een kleine tafel.
- Zeg dat de koffietas een krater op de Maan voorstelt en de zaklamp de Zon. De rand van de tafel is de horizon (waar de Zon opkomt en ondergaat).
- Vraag aan een leerling om de Zon net zo te laten bewegen als bij ons op Aarde. De Zon komt op in het oosten, staat het hoogst in het zuiden, gaan onder (weg) in het westen en komt nooit in het noorden.
- De leerlingen gaan zien dat wanneer de Zon in het zuiden staat, de kraterdiepte maximaal belicht is met het zonlicht.
- Vraag hen nu hoe ze ervoor kunnen zorgen dat het binnenin de krater donker blijft. Hoe moet de Zon dan aan de hemel bewegen?
- Vraag aan de leerling om de beweging van Zon met de zaklamp te maken. Ze gaan zien dat de Zon laag aan de horizon moet blijven bewegen.
- Toon hen dan één van bovenstaande afbeeldingen van de Maan-dag (Maan en de Zon). Leg hen uit dat de Maan haar as 'recht' staat en niet zoals de Aarde gekanteld is (tekening hieronder). Vraag hen om een plek aan te duiden op de Maan waar de Zon voor eeuwig aan de horizon blijft staan.
- Met een beetje denkwerk gaan ze de polen van de Maan aanduiden. En inderdaad, in het zuiden ligt onze Shackleton Krater.



Is er water op Mars?

Gedrag van water op Mars

Op Mars is het gedrag van water weer anders dan op de Maan, want op Mars is er wel een atmosfeer. Een uiterst dunne lucht bedekt de planeet, veel dunner dan op Aarde. De **luchtdruk op Mars** is 0,006 atm (op Aarde 1 atm), dus dit is minder dan 1% van de luchtdruk op Aarde.

Wat gebeurt er met water bij zulke lage luchtdruk?

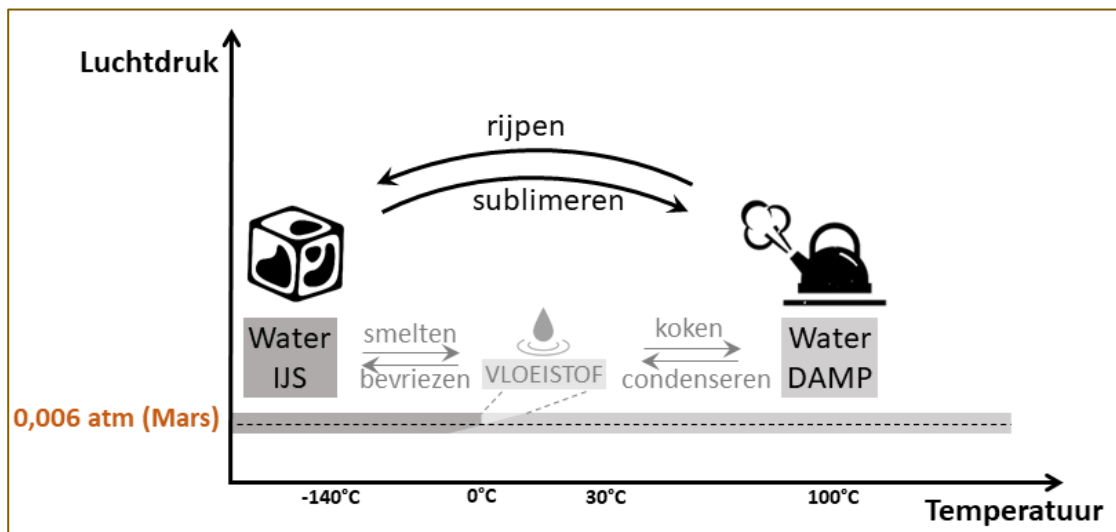
We hebben gezien bij **de Maan** waar er geen lucht is (0 atm):

- Vloeibaar water kan niet bestaan, want smeltend ijs verandert meteen in waterdamp (= sublimatie).
- Sublimatie (ijs verdampt) gebeurt zelfs bij zeer lage temperaturen.
- Waterdamp gaat meteen verloren in de ruimte.

Bij de zeer lage luchtdruk **op Mars** krijg je een vergelijkbaar effect op water, maar minder dramatisch:

- Vloeibaar water is uiterst zeldzaam. Smeltend ijs zal bijna altijd meteen veranderen in waterdamp (= sublimatie, het ijs kookt meteen weg). Maar in zeldzame gevallen kan het smeltend ijs in principe heel eventjes vloeibaar water vormen.
- De sublimatie (ijs verdampt) gebeurt bij temperaturen van 0°C of warmer.
- De gevormde waterdamp gaat gedeeltelijk verloren in de ruimte, maar blijft ook een deel gevangen in de dunne lucht rond Mars.

We kunnen opnieuw het gedrag van water in dezelfde grafiek tekenen.



Gedrag van water op het Marsoppervlak, met een luchtdruk van 0,006 atm of 6 hPa.

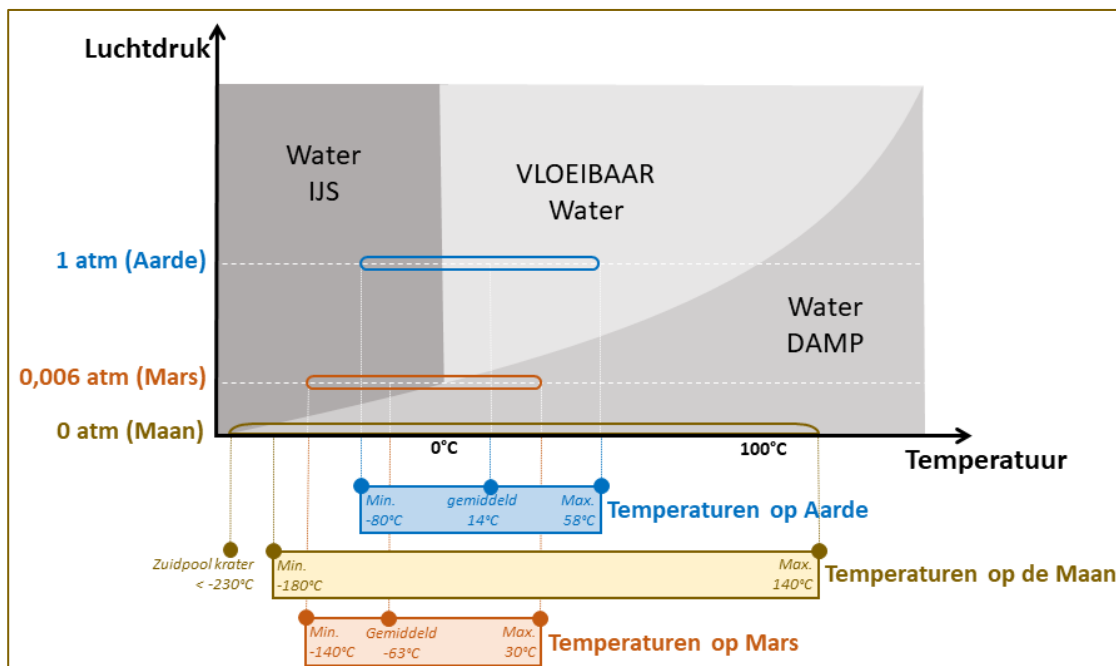
Merk op dat vloeibaar water slechts zelden kan bestaan, boven 0°C. Als het heel even vloeibaar is, dan gebeurt dit vooral wanneer er iets hogere druk is.

Om exact te zijn: op Mars begint water te koken bij 0,01°C.

Merk ook op dat waterijs hier veel langer blijft bestaan dan op de Maan. Onder 0°C blijft waterijs gewoon bevroren, en zal het niet sublimeren (= damp worden). De meest voorkomende temperaturen op Mars liggen tussen -80°C en 0°C. Maar iets warmere temperaturen dan 0°C zijn geen grote uitzondering.

Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

Als we alle bovenstaande grafieken (bij luchtdruk van Aarde, Maan en Mars) over het gedrag van water samen brengen, dan krijgen we onderstaand diagram:



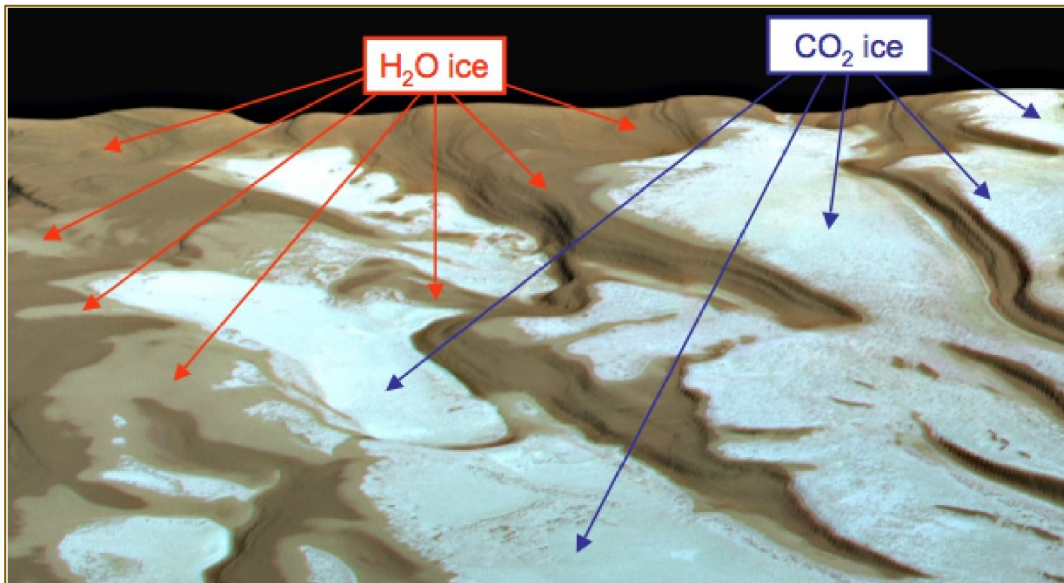
Gedrag van water bij elke mogelijke luchtdruk en elke voorkomende temperatuur.
Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien

Besluit over de aanwezigheid van water op Mars vandaag

Op Mars vinden we veel meer water dan op de Maan, maar wel vooral bevroren. Het waterijs blijft meestal bevroren dankzij de lage temperaturen. Wanneer dan toch waterijs sublimeert, en dus waterdamp wordt, dan blijft het voor een deel in de dunne luchtlaag hangen als waterdamp. Dit gebeurt erg weinig, dus de lucht boven het Marsoppervlak is ook super droog.

Je kan op Mars redelijk gemakkelijk waterijs onder de grond vinden, maar zelden boven de grond. De polen vormen een uitzondering. Door de veel koudere temperaturen op de Noordpool en Zuidpool op Mars wordt daar wel veel bovengronds waterijs gevonden (het gaat nooit boven 0°C).

De planeet heeft dan ook witte polen die je kan zien vanop Aarde door een krachtige telescoop. Deze bestaan niet alleen uit waterijs. In de winter komt er veel CO₂-ijs bovenop te liggen. CO₂ zit in de atmosfeer van Mars, en bevriest vanaf -78°C.



Bovengrondse ijskappen op de Noordpool op Mars. Je ziet waterijs liggen. Wanneer de temperatuur onder -78°C gaat (normaal in de winter), dan zal CO_2 ook bevroren en ijskappen gaan vormen van 'droog ijs'. Afbeelding: ESA (Mars Express satelliet).

Water op Mars in het verleden

In de vroege geschiedenis van de planeten van ons zonnestelsel was er veel vloeibaar water op Mars. Er waren oceanen en rivieren overal op de planeet, vooral op de noordelijke helft waar het bodemniveau over het algemeen lager ligt.

De aanwezigheid van vloeibaar water in het verleden werd aangetoond door geologische onderzoek door verschillende Marswagentjes. Maar nu nog zien we veel landschappen op Mars die duidelijk gevormd zijn door stromend water.



Landschappen op Mars en op Aarde die door water gevormd zijn en op elkaar gelijken.

Boven links: Reull Vallis (ESA Mars Express)

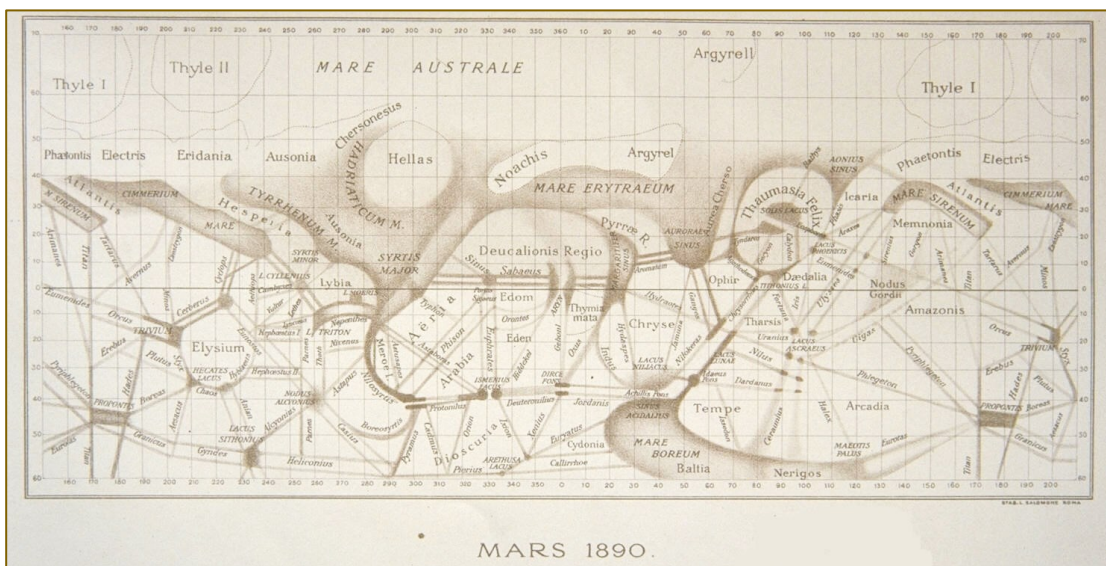
Boven rechts: Kali Gandaki rivier Nepal (www.india.com)

Onder links: Hale Krater (NASA)

Onder rechts: Nat strand op Tenerife (www.reddit.com)

“Canali” op Mars

Giovanni Schiaparelli (1835-1910) was een bekende astronoom (= sterrenkundige) in de Italiaanse Alpen in de negentiende eeuw. Toen was het bestuderen van planeten in detail – zoals Mars - redelijk nieuw. Er waren nog maar pas telescopen van voldoende kwaliteit. Zo begon Schiaparelli **detailkaarten** te tekenen van **Mars**, met oceanen en continenten (donkere en lichte zones), en met grote lijnen die hij “**canali**” noemde. Het Italiaans woord canali betekent zoiets als greppels en geulen (in het Engels: channels). Zulke greppels zijn niet noodzakelijk aangelegd door mensen, maar kunnen ook natuurlijk zijn. Maar de Engelse astronomen vertaalden dit verkeerd als ‘**canals**’ (= kanalen). Kanalen zijn wel door mensen aangelegde waterlopen (niet natuurlijk), dus zo begonnen veel mensen te geloven dat Mars bewoond werd door **intelligente wezens**. Men dacht dat ze steden gebouwd hadden op de hele planeet Mars, en dat ze tussen de steden kanalen aangelegd hadden.



*Overzichtskaart van Mars, gemaakt door Schiaparelli in 1890. Let op de rechte lijnen (canali).
Afbeelding: <http://www.astrogeo.va.it/astronomia/schiaparelli.php>*

Eén van de meest enthousiaste fans van de theorie van intelligente beschaving op Mars was **Perceval Lowell** (1855-1916), een Amerikaanse astronoom met een eigen observatorium (= sterrenwacht) in Arizona. Hij maakte gedetailleerde kaarten van de Martiaanse beschaving, en publiceerde meerdere boeken daarover. Hij zag de ‘canali’ als **rechte kanalen**, vooral gebouwd om water van de polen te vervoeren naar de **steden** die dicht bij de evenaar lagen.



*Perceval Lowell met de Clark telescoop in zijn eigen sterrenwacht in arizona.
Afbeelding : Wikipedia.*

In de 20ste eeuw werden telescopen steeds beter. Het werd steeds duidelijker dat de canali van Schiaparelli en Lowell eigenlijk **niet bestonden**. Ze zijn verbeeld door de waarnemer, en gebaseerd op **gezichtsbedrog**.

Met het begin van de ruimtevaart en de eerste ruimtesondes die naar Mars reisden (in de jaren 1960 en daarna), werd het definitief bewezen dat er zeker geen intelligent leven op Mars te vinden was. Er was er zelfs **geenenkele vorm van leven** te zien. Veel wetenschappers hopen ooit microben te vinden in de ondergrond op Mars. Maar tot hiertoe (2023) werd nog nergens iets levends gevonden buiten de Aarde.

KLASEXPERIMENT: HOE ZIJN GREPPELS OP MARS GEVORMD?

Klasoefening: Samenvatting

De kinderen gaan eerst hun eigen greppels op Mars maken met een lepel of een stokje, en daarna alleen met behulp van stromend water. Het resultaat wordt vergeleken met echte landschappen op Mars.

Klasexperiment: Opstelling

We gaan plaaster gebruiken om een Mars landschap na te bootsen. Het is natuurlijk een model. Er is geen plaaster te vinden op het echte Marsoppervlak.

Materialen nodig voor 20 leerlingen:

- 10 plastic bekertjes (en enkele reserve bekertjes voor als het mislukt is).
- 20 kommen of dozen van ongeveer 20 cm groot: om het plaaster te mengen met water en om het water op te vangen dat van de landschapsmodellen zal afstromen.
- Ongeveer 1 kg plaaster.

- Water
- 10 soeplepels : om de plaaster met water te mengen en als voorwerp om kanaaltjes te trekken in het landschapsmodel.
- 20 kartonnen bordjes: we maken een landschapsmodelletje op elk van deze borden.



Materialen nodig voor het klasexperiment over Marsgreppels.

Concept: ESERO NL. Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

Klasexperiment : Voorbereiding

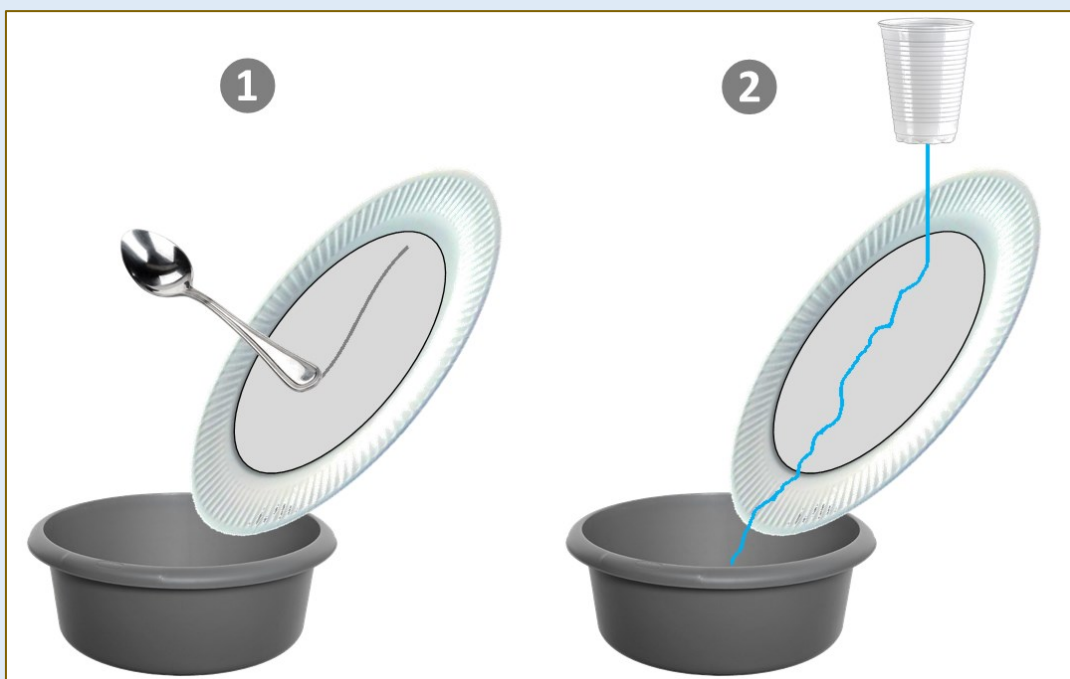
- Maak 10 groepjes van 2 kinderen.
- Vraag de kinderen om een klein gaatje te maken in de bodem van een plastic bekertje: niet groter dan een halve cm diameter.
- Vraag hen om twee volle soeplepels plaaster in de doos of kom te doen.
- Dan mengen ze de plaaster met een beetje water. Ze voegen kleine beetjes water toe terwijl ze blijven roeren, totdat ze een soort stevige pudding of stevige modder hebben.
- Vervolgens verdelen ze de plaaster gelijkmatig over de twee kartonnen bordjes.

Wanneer de plaaster gespreid is over de kartonnen bordjes, wachten we 20 minuten zodat de plaaster gedeeltelijk kan verharden. De landschapsmodellen hebben nu genoeg stevigheid om hun vorm te behouden, maar zijn nog net zacht genoeg om er greppels in te maken.

Tijdens deze wachttijd kan je als leraar het verhaal vertellen van Schiaparelli en Lowell, hierboven beschreven.

Klasexperiment : Greppels maken op Mars

- De kinderen kerven eerst één of twee greppels in één van hun landschappen (één van hun twee borden) met de achterkant van de soeplepel.
- Op het andere landschap (het andere bord) proberen ze een greppel te maken zonder de plaaster aan te raken met een lepel of hun handen, maar alleen met behulp van een waterstraaltje.
- Dit kunnen ze doen met het plastic bekertje waarin een gaatje zit onderaan. Daarbij houden ze het bord zo schuin boven een opvangbakje dat het afstromende water meteen in het bakje stroomt. Het kan zijn dat ze het bord meer of minder schuin moeten houden om het gewenste effect te hebben. Het water moet wel wegstromen zodra het neervalt, maar ook niet te snel.
- Laat ze dit doen met stromend water totdat er een duidelijke greppel te zien is.
- Daarna laten ze alle landschappen volledig uitharden.



Marsgreppels maken met een lepel (1) en met stromend water (2).

Concept: ESERO NL. Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien

Klasexperiment : Gesprek

Bespreek de landschappen die de kinderen gemaakt hebben. Toon hen verschillende foto's van echte Marslandschappen die je op internet vindt als je zoekt op deze namen:

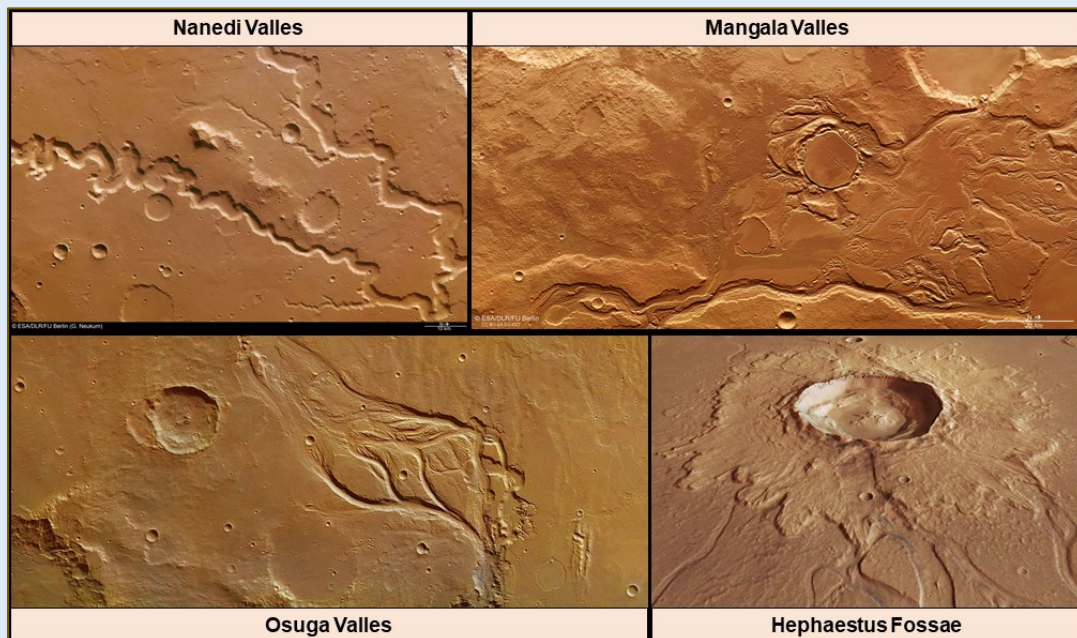
- "Nanedi valles"
- "Reull Vallis"
- "Hale Crater"
- "Osuga Valles"
- "Kasei Valles"

Klasgesprek:

- Welke **verschillen** zie je tussen de handgemaakte en water-gemaakte greppels?

- Kijk naar de **echte Marslandschappen**. Wat denk je? Zijn deze echte greppels gemaakt door een intelligent wezen (zoals de mens) of door stromend water?
- Zouden er **andere manieren** bestaan dan stromend water die zulke greppels op Mars kunnen doen ontstaan?
Antwoord: Ja, het zou kunnen gebeurd zijn met stromende lava, zoals op de Maan ook gebeurde.
- Waarom denken **wetenschappers** dat de greppels op Mars ontstaan zijn door stromend water?
Antwoord: Omdat ze erg goed lijken op greppels die op Aarde ontstaan zijn door stromend water. Bovendien zijn er andere sporen te vinden op Mars van water die er vroeger moet geweest zijn. Zo zijn er stenen en zand aan de oppervlakte waarvan geologen zien dat ze lang geleden onder water moeten gevormd zijn.

Na deze workshop kunnen de kinderen hun eigen Marslandschappen schilderen in de kleuren die op Mars veel voorkomen. Onderstaande foto's tonen zulke kleuren.



*Mars greppels die door stromend water gevormd zijn.
Al deze foto's zijn gemaakt door de Europese Mars Express satelliet (ESA).*

Water voor Maanreizigers

Astronauten hebben minstens **5 liter zuiver water** nodig **per dag**. Dit water dient om te drinken, te wassen, te kuisen en te koken. We moeten onze maanreizigers voorzien van voldoende water in hun maanbasis.

Zoals hierboven al aangegeven: er is water op de Maan! We kunnen het vinden in sommige kraters van eeuwige duisternis aan de Noordpool of de Zuidpool.

Maar hoe gaan we dit **ondergronds water gebruiken** wanneer we op de maan gaan wonen?

Om het water uit de maanbodem te halen moeten we het **waterijs opwarmen** en de opstijgende waterdamp opvangen in een gesloten bak. Dan moeten we de **waterdamp afkoelen** zodat het weer vloeibaar wordt: het condenseert tot kleine druppeltjes die we opvangen.

Maar dan is het water nog niet meteen bruikbaar. Het moet **gefilterd en gezuiverd** worden, zoals het kraantjeswater dat we gebruiken op Aarde. Hieronder kunnen de kinderen enkele belangrijke stappen leren in waterzuivering.

KLASEXPERIMENT: WATERZUIVERING

Klasoefening: Samenvatting

De kinderen krijgen flessen met vervuild water. We veronderstellen dat dit vervuild water zojuist uit de bodem van een maankrater komt. We vragen hen om dit water te zuiveren, zodat onze astronauten zuiver water hebben om te drinken en te gebruiken.

Klasexperiment: De dag voordien

Eerst maken we de kinderen bewust van de hoeveelheid zuiver water dat we nodig hebben in ons dagelijks leven. Vraag hen enkele dagen vooraf om bij te houden op 1 bepaalde dag wat ze allemaal verbruiken van water, en in te vullen in onderstaande tabel (gebaseerd op een tabel van ESERO NL):

Activiteit	Gemiddeld verbruik per activiteit - LITERS	Hoeveel keer in 1 dag	Totale hoeveelheid water verbruikt
Douche	60		
Tanden poetsen	2		
Gezicht wassen	2,5		
Toilet doorspoelen	6		
Handen wassen	1		
Afwas doen	8		
Vaatwas machine	10		
Koken	1,5		
Drinken (water, limonade, melk, ...)	0,2		
Andere	...		
TOTAAL =			

Klasgesprek

Voor het klasexperiment begint, kan je met de kinderen bespreken wat hun eigen waterverbruik is:

- Hoeveel water heb je verbruikt in één dag?
- Had je deze hoeveelheid water verwacht?
- Wat kunnen we doen om minder water te verbruiken?

Waarschijnlijk ga je verschillen zien tussen de tabellen van waterverbruik bij de verschillende kinderen. Leg hen uit dat we zuiniger moeten zijn met water wanneer we naar de Maan of Mars reizen. We kunnen best al goed oefenen hier op Aarde, want er zijn zoveel mensen op onze planeet dat het leefmilieu ons waterverbruik niet meer aankan.

De leerlingen met het laagste waterverbruik kan uitleggen aan de rest van de klas waarom zijn/haar waterverbruik minder is.

Klasexperiment: Opstelling

Maak vooraf flessen met **vervuild water**:

- Vul 10 flessen met een halve liter kraantjeswater.
- Doe wat fijn zand in alle flessen.
- Doe wat fijn steengruis (grint) erbij.
- Voeg enkele druppels blauwe inkt toe in elke fles.
- Schud alle flessen.

Materialen nodig voor het experiment:

STAP 1 (zichtbare deeltjes eruit filteren)

- Zand
- Steengruis
- Watten
- 1 Plastic fles 1,5 L per leerlingenteam
- Schaar en zwarte markeerstift

STAP 2 (vervuilende stoffen verwijderen die geen zichtbare deeltjes vormen)

- 2 doorzichtige plastic bekertjes per leerlingenteam
- 2 norit tabletten per leerlingenteam (waterzuiveringstabletten krijgen bij apotheek)
- 1 klein lepeltje per leerlingenteam
- 1 koffiefilter en filter houder per leerlingenteam

STAP 3 (kalk en ziektekiemen verwijderen)

- 1 kleine kookpan
- Een elektrische kookplaat
- 2 plastic bekertjes per leerlingenteam

Klasexperiment: Water zuiveren

STAP 1: Zichtbare deeltjes eruit filteren

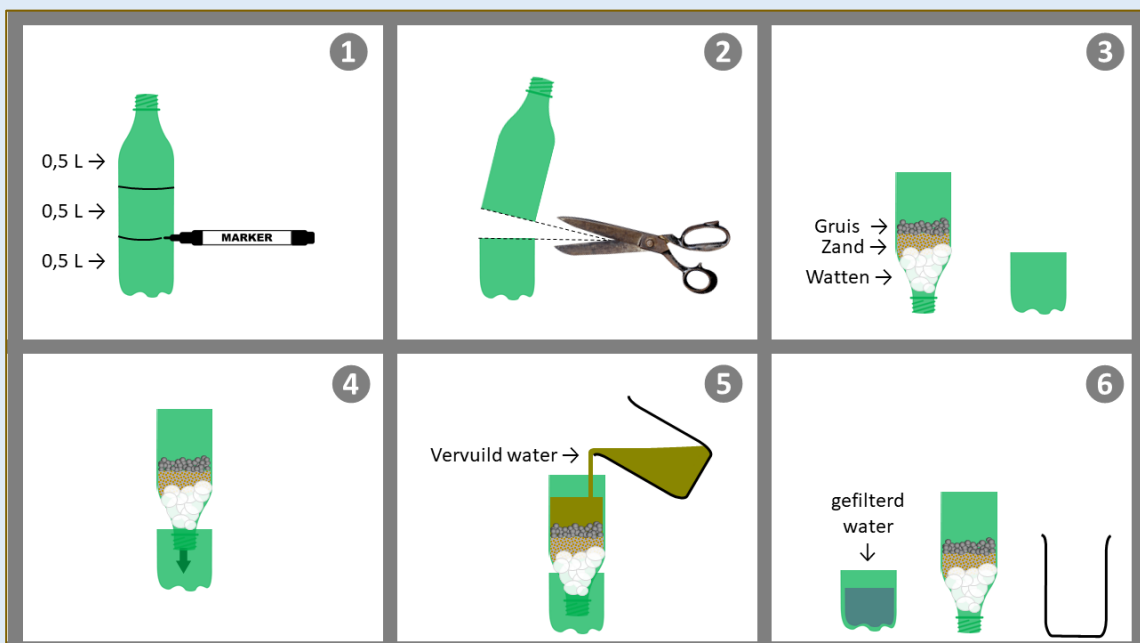
Bespreking:

- Kijk naar de flessen met vervuild water.
- Welke kleur heeft het water? Wat kan je er nog in zien?

- Hoe zouden we een filter kunnen maken die de zichtbare kleine deeltjes eruit haalt?

Activiteit (per leerlingen team)

- Verdeel de 1,5L fles verticaal in drie gelijke delen met een markeerstift (1).
- Snij de fles door op de onderste lijn (2).
- Leg een prop watten, zand, en steengruis in het bovenste gedeelte van de fles (3).
- Zet nu het bovendeel van de fles omgekeerd in het onderste deel (4).
- Giet het vervuilde water voorzichtig en traag in het filtersysteem dat je zojuist gemaakt hebt (5).
- Wacht totdat alle water erdoor gelopen is, en je onderaan in de fles het resultaat ziet (6).



Klasexperiment waterzuivering: STAP 1 de zichtbare kleine deeltjes verwijderen.

Concept: ESERO NL. Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

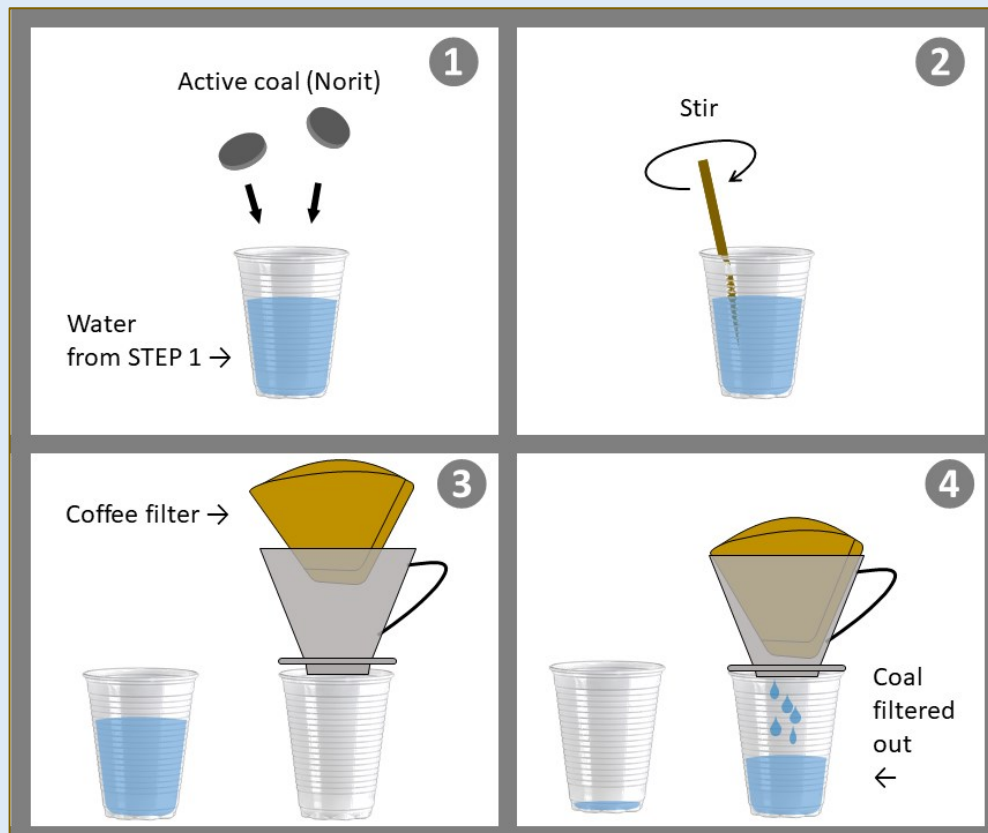
Bespreking:

- Welke kleur heeft het water nu?
- Werkt je filter goed?
- Wat is er allemaal in je filter achtergebleven?
- Is het water nu zuiver genoeg om te drinken?

STAP 2: Verwijderen van vervuilde stoffen die geen zichtbare deeltjes vormen

- Doe het gefilterde water uit stap 1 in een bekertje en doe er 2 Norit tabletten in (1).
- Roer totdat de tabletten volledig zijn opgelost (geen zichtbare brokjes blijven over) (2).
- Zet de koffiefilter in de filterhouder, en zet dit bovenop een tweede bekertje (3).

- Giet het water in de filter en wacht totdat het allemaal doorgelopen is in de onderste beker (4).



Klasexperiment waterzuivering: STAP 2 verwijderen van vervuilende stoffen die geen zichtbare deeltjes vormen.

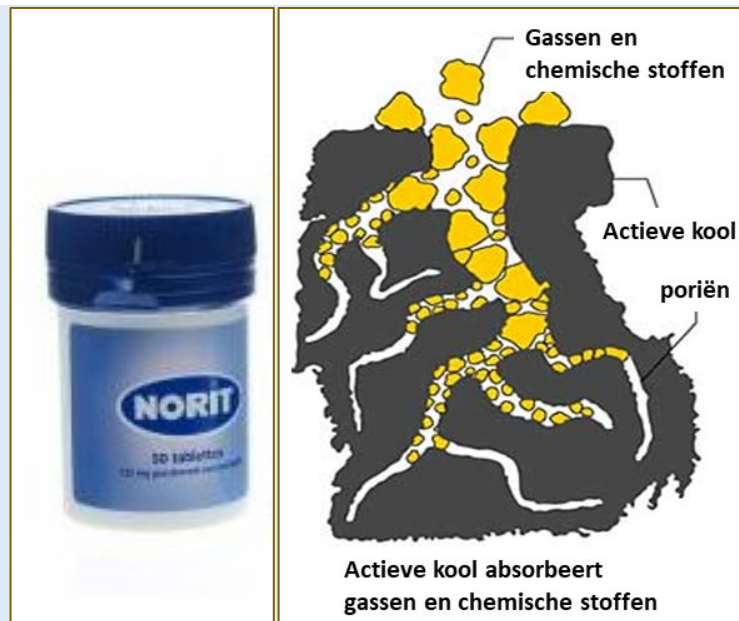
Concept: ESERO NL. Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

Bespreking:

- Wat was het effect van de Norit tabletten?
- Welke kleur heeft het water nu?

Achtergrondinformatie over Norit tabletten:

- Je kan Norit tabletten goedkoop krijgen in een apotheek zonder voorschrift.
- Het wordt gemaakt in tabletten van 9 mm.
- De actieve component van Norit wordt "actieve kool**" genoemd.
- Deze tabletten worden gebruikt in gevallen van reizigersdiarree en in sommige gevallen van vergiftiging. De patiënten lossen de tabletten op in water, en drinken dat op.



Norit tabletten (links): www.dokteronline.com/nl

De werking van 'actieve kool' (rechts):

<https://electrocorpairpurification.files.wordpress.com/2010/06/29>

** Wat is actieve kool?

Verbrande (of geoxideerde) **plantenresten** vormen actieve kool. Actieve kool heeft een fijne microstructuur vol met **poriën** van verschillende groottes. Dit heeft de eigenschap dat het vele chemische stoffen **aantrekt en absorbeert**, ook stoffen die giftig zijn voor mens en dier. Wanneer de giftige stoffen door de actieve kool zijn opgenomen, dan blijven ze zeer sterk gebonden aan het koolbrokje. Dan kan je dit brokje met de giftige stoffen uit het water **filteren**. Zo kan je veel giftige stoffen uit het water halen.

In onze darmen en ingewanden zal de actieve kool precies dezelfde werking hebben: het absorbeert giftige stoffen die dan samen met de brokjes actieve kool ons lichaam verlaten als we naar toilet gaan.

STAP 3 Kalk en ziektekiemen verwijderen

- Vraag de kinderen om hun gefilterd water uit stap 2 naar voor te brengen in de klas. Daar heb je als leraar de uitrusting klaargezet om water te koken: een kleine kookpan en een elektrische kookplaat.
- Kook elk bekertje water gedurende 5 minuten, en giet het dan in een glas of metalen kommetje.
- Laat het water afkoelen.

Bespreking:

- Welke kleur heeft het water nu?
- Blijft er iets achter in de kookpan? Wat is het?
Antwoord: Er blijft een beetje kalk achter onderaan in de kookpan. Wanneer het water verdampt (door te koken) wordt de kalk niet mee verdampt. Zo wordt dus ook de kalk uit het water verwijderd (voor een deel).
- Zijn we zeker dat er geen levende ziektekiemen meer in het gezuiverd water zitten?

Antwoord: Ja. De kooktemperatuur (100°C) gedurende 5 minuten is dodelijk voor alle microben die mogelijks in het water kunnen voorkomen.

Klasexperiment: Eindbespreking

Je kan met de kinderen een discussie hebben over de watervoorziening op de maanbasis, met gebruik van volgende vragen:

Vergelijk de **hoeveelheid gezuiverd water** op het einde van ons experiment met de hoeveelheid vervuild water die je in het begin kreeg. Wat zie je?

Antwoord:

Er is zeker 20% (één vijfde) van het water verloren gegaan tijdens de zuivering. Ook op de Maan zullen we meer water moeten zuiveren dan de hoeveelheid water die we uiteindelijk gaan verbruiken, want er zal een deel verloren gaan tijdens de zuivering.

Welke **materialen** moet je **meenemen** naar de Maan wanneer je daar water wilt gaan zuiveren?

Antwoord:

Alle materialen die we ook gebruikt hebben in het klasexperiment. En bovendien moeten we elektriciteit hebben op de Maan (net zoals in de klas). Elektriciteit zal moeten gemaakt worden op de Maan met zonnepanelen. Gelukkig voorzien we de maanbasis aan de Zuidpool van de Maan, waar er altijd zon is. Als we dicht bij de evenaar zouden wonen, dan hadden we elke maan-nacht volledige duisternis (dus geen zonne-energie). En elke maan-nacht duurt 14 aardse dagen!

Wat zouden we kunnen doen wanneer sommige van onze **materialen voor waterzuivering** zijn **opgebruikt**?

Antwoord:

Sommige materialen voor waterzuivering zijn niet herbruikbaar, zoals bijvoorbeeld de actieve kooltabletten en de koffiefilters. Dan moeten we nieuw materiaal vanop Aarde naar de Maan sturen, zodat de maanbewoners altijd voldoende voorraad hebben om te blijven leven.

Op Mars is dat probleem veel groter. We kunnen slechts om de twee jaar van de Aarde naar Mars reizen, wanneer beide planeten dicht genoeg bij elkaar staan. Daarom is het veel moeilijker en duurder om een bewoonde basis op Mars te hebben.