

Belgium

esero



UGENT
VOLKSSTERRENWACHT
ARMAND PIEN

Op schoolreis naar de Maan

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

DEEL 5 ATMOSFEER



- Welk weer heb je op de Maan en op Mars? ●●●●●●●●
- Hoe werkt het broeikaseffect? Is het broeikaseffect iets slecht? ●●
- Waarom zijn er seizoenen? Is dat ook zo op de Maan? ●●●●●
- Hoe kan je een veilig ruimtepak bouwen voor op de Maan? ●●●●

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 5 – ATMOSFEER

Handleiding voor leraren

Kenmerken

Doelgroep Leraren tweede en derde graad lager onderwijs.

Type 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

- 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

Laatste update December 2024

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 5

Kenmerken	3
Colofon	4
Op schoolreis naar de Maan: Publicaties.....	5
INHOUD DEEL 5	6
1 Atmosfeer	7
Temperatuur en broeikaseffect.....	7
KlasOEFENING: DE AFMETINGEN VAN ONZE ATMOSFEER.....	10
KLAS DEMONSTRATIE: LUCHT IS DAAR WEL, OOK AL ZIE JE HET NIET	11
Klasexperiment: ATMOSFEER IN EEN FLES	13
2 Seizoenen.....	20
Klasexperiment: SEIZOENEN OP AARDE	20
3 Ruimtepak.....	32
Straling en (micro)meteorieten	32
Een veilig huis om te leven.....	33
KlasEXPERIMENT: MAAK EEN VEILIG RUIMTEPAK	35

1 Atmosfeer

Temperatuur en broeikaseffect

Welke temperaturen kunnen we verwachten op de Maan? Wanneer we op Aarde de temperatuur meten met een thermometer, dan meten we de temperatuur van de lucht. Maar op de **Maan** is er geen lucht. Hoe zit dat dan met temperatuur? En wat zijn de temperaturen op **Mars**?

De atmosfeer als een serre (broeikas)

Het woord "**Atmosfeer**"

- Atmos (Grieks) = damp
- Sfeer = bolvorm

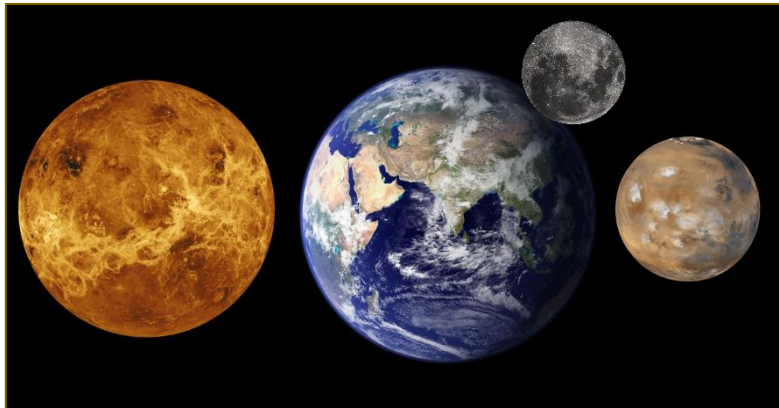
Als we kijken naar de meest voorkomende temperaturen op verschillende planeten en manen, dan zien we meteen dat het al dan niet bestaan van een atmosfeer een zeer grote invloed heeft.

Planeet/maan	Normale dag temperaturen	Normale nacht temperaturen	Is er een atmosfeer?	Luchtdruk (atm*)
Aarde	+5°C/+35°C	-5°C/+15°C	Ja	1
Maan	+100°C/+120°C	-150°C/-190°C	Nee	0
Venus	+480°C	+440°C	Ja, heel dik	95
Mars	-25°C/+5°C	-60°C/-70°C	Ja, heel dun	0,006

* *Atm.* = een eenheid van luchtdruk. 1 atm is gelijk aan de gemiddelde luchtdruk op het aardoppervlak op zeeniveau. Een atmosfeer met een druk van 95 atm is enorm dicht en zwaar. Een atmosfeer met een druk van 0,006 atm is uiterst dun en ijl.

Venus heeft een zeer dikke laag van lucht en wolken. Deze werkt zoals een dik warm deken: het houdt alle warmte dicht bij de planeet. Dit 'deken' houdt de planeet zelfs 's nachts helemaal warm. Venus is een extreem voorbeeld van het broeikaseffect.

De **Maan** heeft helemaal geen atmosfeer. Er is dus geen lucht dat als 'deken' kan dienen, zelfs geen dun lakentje. Daarom zal de Maan ook onmiddellijk snel opwarmen wanneer het oppervlak in het zonlicht komt (wanneer de maan-dag begint). Wanneer de maan-nacht begint, zal het oppervlak onmiddellijk dramatisch afkoelen. Er is niets dat de warmte van de dag bij de Maan kan vasthouden. Hier is helemaal geen broeikaseffect.



Van links naar rechts

Venus: enorm dikke atmosfeer, vooral CO₂

Aarde: onze Atmosfeer, vooral stikstof (N₂) en zuurstof (O₂)

Maan: geen atmosfeer

Mars: Zeer dunne atmosfeer, vooral CO₂

Broeikasgassen

De atmosfeer werkt dus als een dekentje. Hoe warm dit dekentje is, hangt af van twee dingen:

- 1) Hoe dik is de atmosfeer, hoeveel lucht zit erin? Dit wordt uitgedrukt als de luchtdruk ter hoogte van de grond.
- 2) Hoeveel van die lucht bestaat uit broeikasgassen? Dat zijn stoffen die warmte goed kunnen vasthouden.

Het meest voorkomende gas in de atmosfeer van Venus en van Mars is CO₂. Dit is een broeikasgas, omdat het goed warmte-energie kan opslaan. De bekendste (en op Aarde belangrijkste) broeikasgassen zijn:

- Koolstofdioxide CO₂
- Methaan CH₄
- Water damp H₂O
- Ozon O₃

Andere stoffen in de atmosfeer van de Aarde zijn helemaal niet goed in warmte vasthouden, zoals:

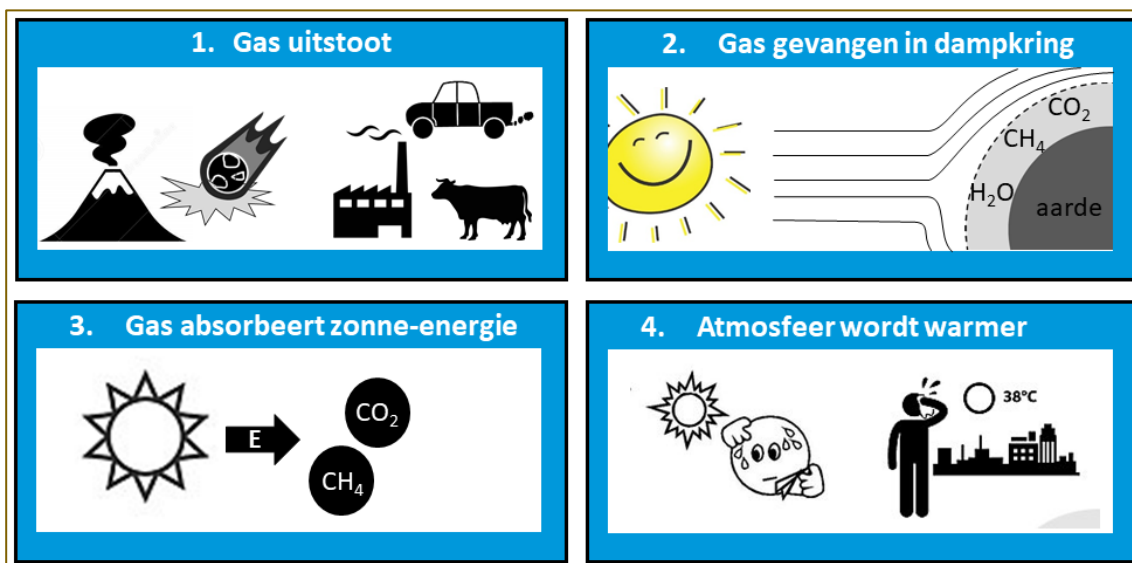
- Stikstofgas N₂
- Argon Ar
- Zuurstofgas O₂

Het broeikaseffect op Aarde: voordelen.

De Aarde heeft een atmosfeer met redelijk weinig broeikasgassen, vergeleken bij andere planeten. Maar het broeikaseffect is toch wel belangrijk op onze planeet. De huidige gemiddelde temperatuur over de hele Aarde is +15°C. Zonder broeikasgassen op Aarde zou de gemiddelde temperatuur -18°C zijn!

Het broeikaseffect op Aarde: nadelen.

Maar sinds de 19de eeuw wordt er door mensen gevoelig meer broeikasgassen in onze atmosfeer gebracht via de landbouw, motorvoertuigen, en industrie. Dit leidt tot een zeer gevaarlijke wereldwijde klimaatverandering.



De broeikasgassen:

- 1) Broeikasgassen worden toegevoegd aan de atmosfeer op Aarde door natuurlijke fenomenen (bijvoorbeeld vulkanen) en door mensen (landbouw, motorvoertuigen, industrie).
- 2) De meeste broeikasgassen blijven hangen in de onderste lagen van de atmosfeer.
- 3) Broeikasgassen houden warmte-energie vast in de lucht. Daardoor gaat de Aarde minder snel afkoelen.
- 4) Gemiddelde temperaturen stijgen, en het klimaat verandert steeds meer. Meer en meer gaan mensen lijden onder droogtes, overstromingen, stormen, hittegolven, stervende bossen en landbouwgewassen, plagen, tornado's, stijgend zeewater, enz. Hiervoor ontstaan grote stromen van vluchtelingen en in sommige landen breekt oorlog uit nadat de bevolking steeds meer verloren heeft.

Besluit

- Een **atmosfeer werkt als een serre** voor het oppervlak van een planeet. De warmte wordt vastgehouden in de atmosfeer, en 's nachts koelt het niet snel af. Vergelijk dit met een deken dat de warmte van je lichaam vasthoudt in bed.
- Hoe **dikker** de atmosfeer, hoe sterker het broeikas effect.
- Hoe **meer broeikasgassen** in de atmosfeer zitten, hoe sterker het broeikas effect.
- We hebben op Aarde broeikasgassen nodig en die zijn er van nature. De mensen zouden moeten stoppen met extra broeikasgassen in onze atmosfeer te lozen. De klimaatverandering die we daarmee veroorzaken **is zeer gevaarlijk**.

Maar er zijn toch al veel klimaatveranderingen geweest in de geschiedenis van de Aarde?

Dat klopt, maar het ging niet zo snel als nu, en toen leefden er geen miljarden mensen op Aarde in kwetsbare steden en dorpen. Die miljarden mensen moeten altijd voldoende voedsel en zuiver water hebben, en zijn voor hun welzijn afhankelijk van allerlei economische activiteiten. In zulke situatie heeft een klimaatverstoring zeer dramatische gevolgen overal ter wereld.



Enkele gevaren van wereldwijde klimaatverandering: droogtes (en dus hongersnood), tornado's, overstromingen.

Klasgesprek : Het broeikaseffect

Je kan de kinderen de bovenstaande achtergrondinformatie aanleren door met hen in gesprek te gaan. We adviseren de volgende vragen te gebruiken:

- Waarvoor gebruiken we serres?
- Wat gebeurt er precies in een serre?
- Kunnen de we Aarde met zijn atmosfeer zien als één grote serre? Leg uit.
- Heb je ooit gehoord van een broeikasgas? Wat zou dat zijn?
- En het broeikaseffect?
- Is het broeikaseffect iets goeds of iets slechts voor ons?
- Wat kan je zeggen over het broeikaseffect op een planeet waar de lucht veel dikker of dunner is dan bij ons?
- Denk je dat andere planeten andere atmosferen hebben? En de Maan?

KLASOEFENING: DE AFMETINGEN VAN ONZE ATMOSFEER

De afmetingen van onze atmosfeer

Toon de dikte van de atmosfeer in vergelijking met onze 30 cm grootte aardbol

Benodigheden:

- Een aardbol van 30cm diameter (zie schaalmodel van deel 2 in deze cursus)

Activiteit:

Vraag1

Weten jullie nog hoe groot de Maan is volgens dit schaalmodel (oefening uit deel 2)?

Antwoord 1

De diameter van de Maan is $\frac{1}{4}$ van de diameter van de Aarde.

Vraag 2

Hoe groot is de atmosfeer dan denk je, volgens dit schaalmodel?
Kunnen jullie tonen hoe dik de atmosfeer is met jullie vingers?

Antwoord 2

Volgens dit schaalmodel is de atmosfeer een vingernagel dik. Officieel is onze atmosfeer 100 km hoog (op deze schaal is dat 2,5 mm), maar het is alleen in de onderste 10 km (op deze schaal dus 0,2 mm) dat bijna alle lucht, water en wolken zitten waarin de mens kan leven.

KLAS DEMONSTRATIE: LUCHT IS DAAR WEL, OOK AL ZIE JE HET NIET

Benodigdheden:

- Diepe maatbeker of waterkan
- Theelichtje in een glas
- Een tweede glas, zelfde breedte
- Lucifer of aansteker
- Azijn
- Bakpoeder (= Natriumbicarbonaat)

Opstelling:

- Zet het theelichtje in het glas.
- Steek het aan met een lucifer of aansteker.

Klasexperiment:

Vraag 1

Kan je lucht zien?

Antwoord 1

neen

Vraag 2

Met behulp van al deze spullen, ga ik jullie aantonen dat je lucht niet kan zien, terwijl het er wel is. Wat heb ik hier allemaal verzameld?

Antwoord 2

(zie bovenstaande lijst)

Vraag 3

Zoals je kan zien, is dit kaarsje aan het branden. Een vlammetje heeft 2 dingen nodig om te kunnen blijven branden. Kan je mij die 2 dingen opsommen?

Antwoord 3

Zuurstof

En brandstof (hout, papier, kolen, benzine, kaarsvet, ...).

Vraag 4

Er zijn verschillende manieren om dit vlammetje te doven. Kan je er mij enkele opsommen?

Antwoord 4

Uitblazen, overgieten met water, afdekken met een ander glas

Vraag 5

Ik ga dit vlammetje eens afdekken. Kijk goed.

Je zet het tweede glas bovenop het eerste zodat er geen verse zuurstof meer aan de kaars kan.

Wat is er gebeurd met dit vlammetje?

Antwoord 5

Het vlammetje is na een tijdje gedoofd.

Vraag 6

Hoe komt dat denk je?

Antwoord 6

Het vlammetje heeft al de zuurstof uit het glas opgebruikt. Het gaat stikken als de zuurstof op is.

Vraag 7

Ik ga het vlammetje weer aansteken en ik ga het opnieuw laten doven. Niet door uit te blazen, niet door het af te dekken met een glas

Kijk goed wat ik doe...

Ik neem hier deze maatbeker en ik voeg er bakpoeder (natriumbicarbonaat) aan toe.

Een goede hoeveelheid (halve cm dikke laag op de bodem). Kennen jullie dit poeder?

Misschien hebben jullie dat wel thuis in de kast staan?

Antwoord 7

Het wordt gebruikt als je een gebakje maakt, om het deeg gemakkelijker te laten rijzen.

Vraag 8

Ik ga hier wat van de inhoud uit deze fles aan toevoegen. Kennen jullie dit?

Ruik eens.

Antwoord 8

Azijn.

Vraag 9

Ik ga de azijn over het bakpoeder gieten. Wat gebeurt er in mijn kan?

Antwoord 9

Er komen belletjes tevoorschijn, het bruist.

Vraag 10

Hoe krijg je belletjes? Bijvoorbeeld bij bellen blazen heb je zeepsop nodig. Maar dan heb je nog geen bel... Wat moet je doen om een mooie bel te krijgen?

Antwoord 10

Lucht in blazen.

Vraag 11

Wat heb ik hier nu in mijn maatbeker gemaakt?

Antwoord 11

Lucht.

Maar het is niet dezelfde soort lucht als de lucht die we inademen. Deze lucht is gemaakt van CO₂. Deze CO₂ lucht blijft in mijn kan zitten, want het is zwaarder dan de lucht rondom ons.

Vraag 12

Kijk goed wat er gebeurt als ik dit goedje uitgiet over mijn vlammetje in het glas. Wat is er gebeurd?

Houdt de maatbeker met het mengsel enkele cm boven de brandende kaars en giet heel voorzichtig de CO₂ uit de maatbeker. Zorg dat er zeker geen vloeistof vanop de bodem mee komt. Als alles goed verloopt, gaat de kaars uit zonder dat je er 'iets' hebt zien ingieten.

Antwoord 12

De kaars is uitgegaan.

Vraag 13

Heb je mij iets in het glas zien gieten?

Antwoord 13

Neen. Maar je hebt er lucht bijgegoten. CO₂ lucht

Besluit:

Bij het bruisen van de bubbeltjes in mijn maatbeker, is er onzichtbaar CO₂ vrij gekomen. Een gas dat we ook uitademen en auto's uitstoten. CO₂ is zwaarder dan zuurstof en gaat op het theelichtje komen liggen. De vlam is omgeven door de CO₂ lucht kan niet meer aan de zuurstof. Bijgevolg gaat het vlammetje stikken. Lucht is niet zichtbaar, maar het is er wel.

KLASEXPERIMENT: ATMOSFEER IN EEN FLES**Klasexperiment: Samenvatting**

We gaan proberen om het broeikaseffect te demonstreren op Aarde, op Mars en op de Maan. Het is een model met glazen flessen:

- Model voor de Aarde: gesloten fles. De lucht is gevangen in de fles.
- Model voor de Maan: vacuüm fles (luchtledig). Er is geen lucht.
- Model voor Mars: open fles. Er hangt wel lucht boven het planeetoppervlak, maar het ontsnapt gemakkelijker.

Dan verwarmen we alle flessen tegelijk even veel: een model voor zonne-energie. We zullen verschillen zien door het broeikaseffect, en de verschillen proberen verklaren.

Klasexperiment: Opstelling

- Neem 3 gelijke glazen flessen, en doe er wat droog zand in als planeetoppervlak. Zorg dat het de fles én het zand zeer goed droog is (Maan en Mars bevatten geen vloeibaar water).
- Markeer de flessen met "AARDE", "MAAN", "MARS".

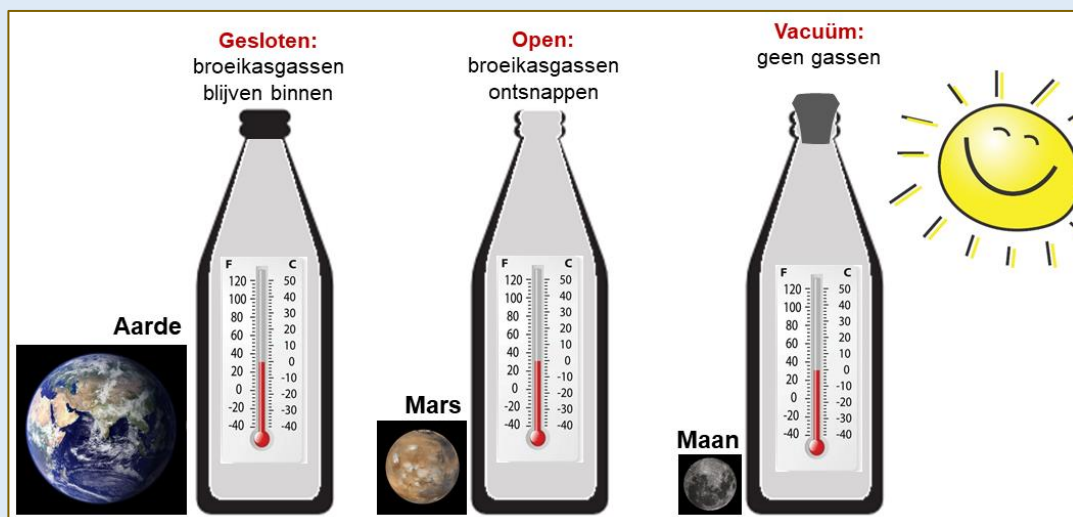
- Hou de flessen van Maan en Mars heel goed droog, maar maak het zand van de Aarde wel een beetje nat met water.
- Hang een kleine thermometer aan een touwtje en hang in elke fles eentje. Je kan het touwtje aan de buitenkant van de fles vasthangen met plakband.
- Sluit de fles "AARDE" af met een schroefdop die de lucht tegenhoudt.
- Sluit de fles "MAAN" af met een rubber dop voor wijnflessen en pomp ze luchtledig (vacuüm) met een wijnpompje.
- Laat de "MARS" fles open.



Opstelling van het klasexperiment over het broeikaseffect in atmosferen.

Concept: ESERO NL.

Afbeelding: ESERO BE



Opstelling van het klasexperiment over het broeikaseffect in atmosferen.

Concept: ESERO NL. Afbeelding: ESERO BE.

Tip om het gemakkelijker te maken:

Je kan het experiment in een eenvoudiger versie uitvoeren door 'Mars' weg te laten. De flessen die Aarde en Maan voorstellen zullen het duidelijkste verschil vertonen, en je kan met die twee ook tot een duidelijk besluit komen.

Opwarmen en afkoelen van de atmosfeer in een fles: hoe?

Opwarmen

We gaan de drie atmosferen allemaal evenveel en even lang moeten opwarmen, en daarna laten afkoelen. Dit is niet zo eenvoudig. Enkele tips:

- Ideaal is het als je drie gelijke lampen hebt, die elk 1 fles kunnen opwarmen.
- Test de lampen vooraf om na te gaan of ze voldoende warmte geven. LED lichten zijn te koud. Staande spots die in verbouwingen gebruikt worden zijn soms erg warm. Toch kan je die laatste gebruiken als je de flessen wat verder van de warmtebron zet.
- Wanneer je een houten kistje gebruikt als behuizing, kan dit werken als een soort oventje waarin de warmte redelijk constant blijft: zie afbeelding hieronder.
- Als alternatief kan je de drie flessen op een rij voor een kleine elektrische verwarming zetten. Het toestel zou een beetje stralingswarmte moeten geven (dus geen radiator met vloeistof, maar wel een verwarmingselement eventueel met een blaasfunctie). Zorg dan ook dat de drie flessen alle drie evengoed voor de warmtebron staan.
- Als je de drie flessen apart opwarmt (elk om beurt), dan moet je goed opletten dat de omstandigheden iedere keer dezelfde zijn (zelfde verwarmingstemperatuur van de lamp, zelfde afstand tussen fles en lamp, ...).
- Nog beter dan een gewone warmtebron is een infraroodlamp. Zulke lampen worden verkocht aan mensen die last hebben van gewrichtspijn of spierpijn. Infraroodstraling draagt warmte over.

Afkoelen

- Na de opwarmingsfase haal je elke fles weg van de lamp en zet je ze terug op kamertemperatuur, weg van elke warmtebron.



Links: Gebruik van een houten kist voor efficiënte en gelijkmatige opwarming. Laat dit systeem eerst volledig op maximale temperatuur komen door de lamp lang aan te zetten en de temperatuur in het kistje te meten. Gebruik het pas nadien voor het experiment terwijl de warmtebron

heel de tijd aan blijft. Je kan de flessen in dit 'overntje' plaatsen en er weer uitnemen als de opwarming moet stoppen, zonder de lamp uit te zetten. Rechts: staande infraroodlamp (100 Watt of 150 Watt). Hiermee zijn de experiment-resultaten duidelijker dan met een klassieke lamp die gewoon restwarmte afgeeft. Wij kochten dit model voor € 30. Afbeelding: ESERO Belgium.

Klasexperiment: Uitvoering

- Verdeel de kinderen in drie groepen, elke groep wordt verantwoordelijk voor 1 fles.
- Elke groep schrijft elke minuut de temperatuur op van hun fles.
- Elke groep zorgt ervoor dat je stopt met de fles opwarmen wanneer de thermometer zijn hoogste waarde bereikt, in ons voorbeeld bij 50°C. Anders kan de thermometer kapot springen en worden de flessen te warm om nog aan te raken. Laat elke fles opwarmen tot aan deze maximum temperatuur.
- Nadat de maximum temperatuur bereikt is, zet je de fles weg van de warmtebron, en laat je ze weer afkoelen. De kinderen gaan hierbij gewoon verder met elke minuut de temperatuur te noteren.
- Zorg ervoor dat je tijdens de afkoeling minstens evenveel minuten blijft noteren als bij de opwarming.

Vacuüm (luchtledig)

Om een vacuüm in een glazen fles te maken kan je een zeer eenvoudige en goedkope wijnpomp gebruiken, die je gewoon met de hand bedient. Je krijgt er geen perfect vacuüm mee, maar het zal zeker voldoen voor dit klasexperiment.



Plastic wijnpompje.

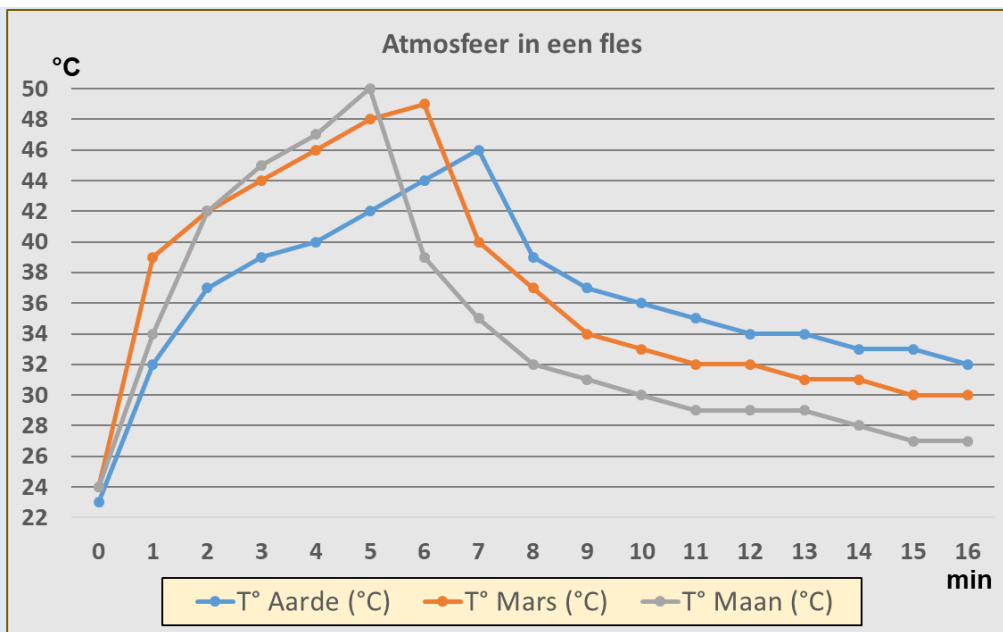
Klasexperiment : Resultaten en bespreking

- Schrijf de gemeten temperaturen in de tabel hieronder: Vraag 1 kind per groep om de kolom van hun fles in te vullen (overschrijven van hun groepsnotities), zodat alle waarden in 1 tabel komen.

	tijd (minuten)	T° Aarde (°C)	T° Mars (°C)	T° Maan (°C)
	0	23	24	24
opwarming	1	32	39	34
	2	37	42	42
	3	39	44	45
	4	40	46	47
	5	42	48	50
afkoeling	6	44	49	39
	7	46	40	35
	8	39	37	32
	9	37	34	31
	10	36	33	30
	11	35	32	29
	12	34	32	29
	13	34	31	29
	14	33	31	28
	15	33	30	27
	16	32	30	27

In deze tabel hebben we als voorbeeld de waarden ingevuld van onze testopstelling. Deze waarden zullen de leerlingen zelf moeten invullen van hun eigen experiment.

- Maak van de waarden uit de tabel een grafiek. Zet de waarden van de Aarde, Mars en de Maan elk in een ander kleur, allemaal op 1 grafiek.
- Bekijk de grafieken met de kinderen, en vergelijk hoe de temperaturen per fles veranderd zijn. Hoe kan je dit verklaren?
- Vraag elk groepje om samen een uitleg te formuleren over de atmosfeer (Aarde, Maan of Mars) waarvoor zij verantwoordelijk waren. Geef elk groepje ongeveer 5 minuten om samen te bespreken welke uitleg ze gaan geven.
- Vraag elk groepje om hun uitleg naar voor te brengen in de klas. Je kan de uitleg die ze geven klassikaal bijsturen totdat het helemaal juist is.



Grafiek van meetresultaten van onze test met “atmosfeer in een fles” (tabel met meetresultaten hierboven).

Voor de opwarming werd een infraroodlamp gebruikt van 150 Watt die op 7 cm van de fles stond. Elke keer als een fles opgewarmd was tot 50°C, werd de fles weggenomen van de lamp, en begon de afkoeling (in een normale omgeving met kamertemperatuur).

Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

Bespreking grafiek

In de grafiek hierboven zien we het volgende:

- Hoe **minder lucht** er in de fles vastzit, hoe **sneller de opwarming én de afkoeling** gaat. Dit is vergelijkbaar met een woestijn: er is heel droge lucht (dus weinig waterdamp als broeikasgas), dus als de Zon schijnt wordt het heel warm, en 's nachts als de Zon weg is wordt het heel koud.
- **Aarde**: een dikke luchtlaag zorgt ervoor dat temperaturen gebufferd zijn (tragere opwarming en afkoeling). De aanwezigheid van waterdamp (het zand in deze fles is vochtig dus dat water hangt als damp in je fles) versterkt dit broeikaseffect.
- **Maan**: omdat er geen lucht is, zorgt zonnestraling meteen voor een snelle temperatuurstijging (overdag op de Maan gaat het boven +100°C), en gaat de afkoeling ook heel snel ('s nacht op de Maan is het kouder dan -100°C).
- **Mars**: hier ligt het effect tussen Maan en Aarde, en is vergelijkbaar met een planeet die zeer weinig lucht heeft. In werkelijkheid is het natuurlijk wel veel kouder op Mars, omdat deze planeet verder van de Zon zit, en dus veel minder zonnestraling ontvangt.

Klasexperiment: Algemeen besluit

- Een dikke luchtlaag is een goede buffer tegen extreem warmte en extreme koude, omdat de planeet daardoor traag opwarmt en afkoelt.
- Dit effect werkt pas echt goed als er broeikasgassen in de luchtlaag zitten (zoals water in onze Aarde-fles). Dit zijn stoffen die de warmte-energie beter opnemen en vasthouden.

Besluit over temperaturen op de Maan

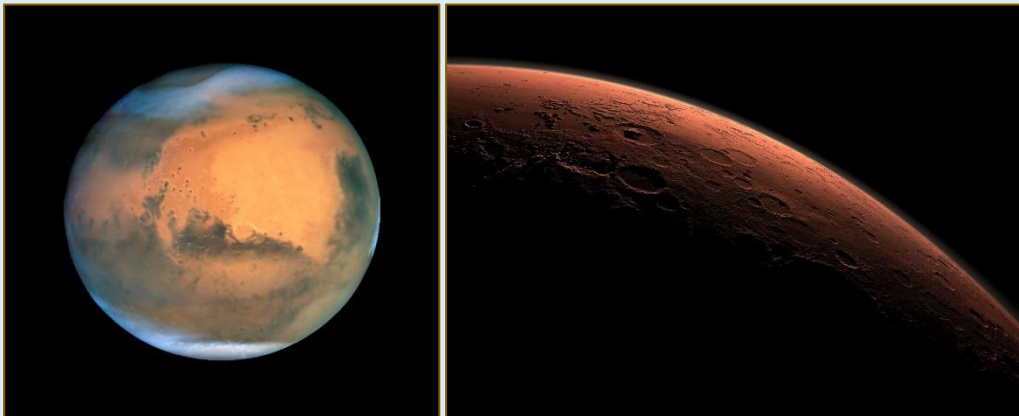
Als we op de Maan leven, dan is er helemaal **geen broeikas**effect. Daarom wordt het 's nachts enorm koud vanaf dat de zon onder gaat. Temperaturen lager dan -100°C zijn zeker geen uitzondering.

Bovendien is het oppervlak van de Maan niet beschermd tegen directe straling van de Zon. Daarom wordt het overdag gemakkelijk meer dan $+100^{\circ}\text{C}$, en zelfs meer dan $+150^{\circ}\text{C}$ komt voor.

We zullen dus een zeer goede **bescherming** moeten hebben **tegen koude en warmte** als we op de Maan wandelen. Deze bescherming kan bestaan uit:

- Een zeer goed geïsoleerd **ruimtepak** dat de temperatuur vanbinnen actief kan aanpassen. Zo'n ruimtepak heeft aan de binnenkant allerlei buisjes met vloeistof om warmte te vervoeren.
- Een ondergrondse **schuilplaats** die perfect kan geïsoleerd worden van de koude en warmte van buiten. Ondergronds kan betekenen: ingegraven onder de grond ofwel bovengronds, maar dan toch bedekt met een dikke laag grond.

Op Mars is de situatie anders, en lijkt het een klein beetje meer op het aardoppervlak. Er is op Mars een heel dunne atmosfeer. De luchtdruk is er maar 0,6% van de luchtdruk op Aarde. Maar toch heeft zelfs zulke dunne lucht nog een broeikas effect. 's Nachts is het op veel plaatsen op Mars rond -80°C , en de allerwarmste momenten in de buurt van de evenaar kunnen soms tot $+25^{\circ}\text{C}$ gaan. Deze temperatuurverschillen zouden nog veel groter zijn wanneer er geen atmosfeer zou zijn. Maar toch, als mensen willen leven op Mars, dan zullen ze ook daar een heel goede bescherming moeten hebben tegen koude.



De atmosfeer op Mars: foto's van NASA.

2 Seizoenen

Zijn er seizoenen op de Maan en op Mars, net zoals op Aarde? Moeten onze astronauten zich voorbereiden op warmere en koudere jaargetijden? Om het antwoord te vinden, gaan we eerst de seizoenen op Aarde moeten begrijpen.

KLASEXPERIMENT: SEIZOENEN OP AARDE

Klasexperiment: Samenvatting

De kinderen ontdekken dat seizoenen op Aarde ontstaan doordat het zonlicht op onze planeet valt met veranderende hoek. Ze gebruiken een zaklamp als model voor de Zon en een appelsien als model voor de Aarde.

Klasexperiment: Opstelling

Wanneer de zaklamp aan gaat, moet het klaslokaal donker gemaakt worden, bijvoorbeeld met gordijnen.

Materialen nodig voor het experiment:

- Eén zaklamp per leerlingenteam, als model voor zonlicht (indien mogelijk is het best dat je teams van 2 of 3 leerlingen maakt).
- Wit papier en een potlood.
- Eén appelsien per leerlingenteam als model voor de Aarde.
- Een zwarte markeerstift om lijnen op de appelsien te tekenen.
- Een tandenstoker, een klein stukje papier en plakband (om een klein vlagje te maken).
- Een lange satéstok per leerlingenteam (ongeveer 20 cm of langer) om de appelsien te doorboren. Gebruik propere stokjes, zodat de appelsien na de les nog kan opgegeten worden.

Optioneel:

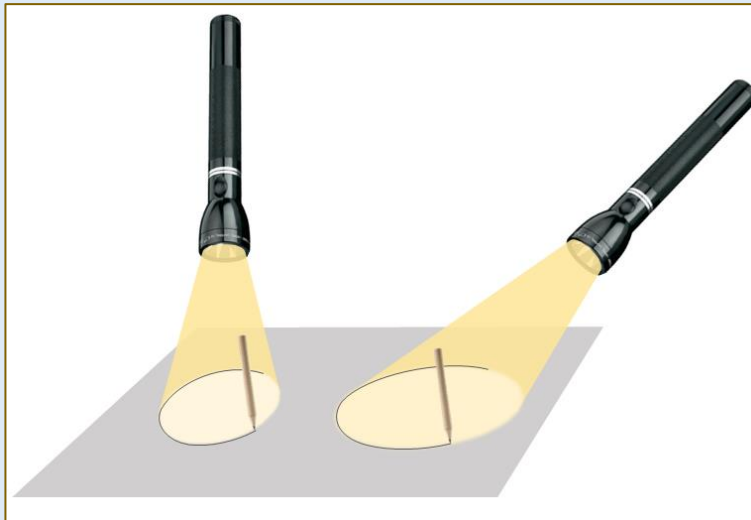
Als leraar kan je de oefening mee doen met een grotere bol als Aarde model – bijvoorbeeld een grote isomo (polystyreen) bol – vooraan in de klas. Zo kunnen de kinderen op elk moment een duidelijk en correct voorbeeld volgen.

Het is leuk om de isomo bol achteraf te schilderen in de kleuren van de Aarde, en op een voet te plaatsen die de Aarde in een hoek van 23° vastzet. Zo blijft er in de klas een herinnering staan van deze workshop, en vergeten de kinderen niet dat onze planeet schuin staat (en daarom seizoenen heeft).

Klasexperiment STAP 1 : variaties in zonne-energie

- Geef elk team een zaklamp.
- Laat de leerlingen op een oppervlak schijnen. Vraag hen om de lamp meerdere keren aan en uit te zetten en naar het belichte oppervlak te kijken.

- Als ze het de tweede keer aan zetten, vraag dan: komt er nu meer of minder licht uit de zaklamp dan de vorige keer?
Antwoord: Nee. De zaklamp geeft elke keer evenveel licht.
- Vraag nu om de zaklamp op een stuk papier te richten en het licht aan te steken. Ze moeten hierbij de lamp recht naar beneden te houden. De lamp zou 15 cm boven het blad moeten gehouden worden (1).
- Laat hen een cirkel tekenen op de rand van de lichtvlek op het blad (1).
- Laat hen nu de lamp vasthouden op 15 cm boven het blad terwijl ze een hoek maken (van ongeveer 45°). De lichtcirkel zal nu een ellips of ovaal worden (2).
- Laat hen een opnieuw een lijn tekenen rondom de ellips (2).



*Licht schijnen op een blad papier met een zaklamp: loodrecht op het papier (links) en met een hoek van 45° (rechts). Wanneer de lamp in een hoek gehouden wordt, dan wordt de lichtvlek groter en elliptisch (ovaal). Er is echter in totaal evenveel licht in beide gevallen. Daarom zal elke cm² in de ellips minder licht ontvangen dan elke cm² in de cirkel.
Concept: ESERO NL.
Afbeelding: ESERO BE*

Bespreking:

- **Vergelijk** de twee vormen die je getekend hebt op het papier. Welke van beide heeft een groter oppervlak? Wat betekent dat?

Antwoord:

De ellips is groter dan de cirkel. We kunnen besluiten dat dezelfde hoeveelheid licht uit de zaklamp verdeeld wordt over een groter oppervlak wanneer we de lamp schuin houden. Je kan de twee situaties eens tegelijkertijd op 1 blad schijnen, zo zie je waarschijnlijk een verschil in lichtsterkte.

- Stel je voor dat een mier over ons blad loopt. Zou deze mier meer of minder energie voelen wanneer ze in de cirkel loopt of wanneer ze in de ellips loopt?

Antwoord:

De mier zou meer energie krijgen in de cirkel en minder in de ellips. Uit de zaklamp komt altijd dezelfde totale hoeveelheid licht, maar bij de grotere ellips wordt dit licht gespreid over een groter gebied.

- Stel je voor dat je zaklamp de Zon is. Gebeurt dit in het echt? Dat de Zon schuin op ons schijnt in plaats van recht boven ons?

Antwoord:

De zon zit soms hoger in de lucht en soms lager. Je kan het zeker vergelijken

met de lamp. In België hebben we de zon nooit helemaal recht boven ons. Dit gebeurt alleen maar in warme landen op de evenaar

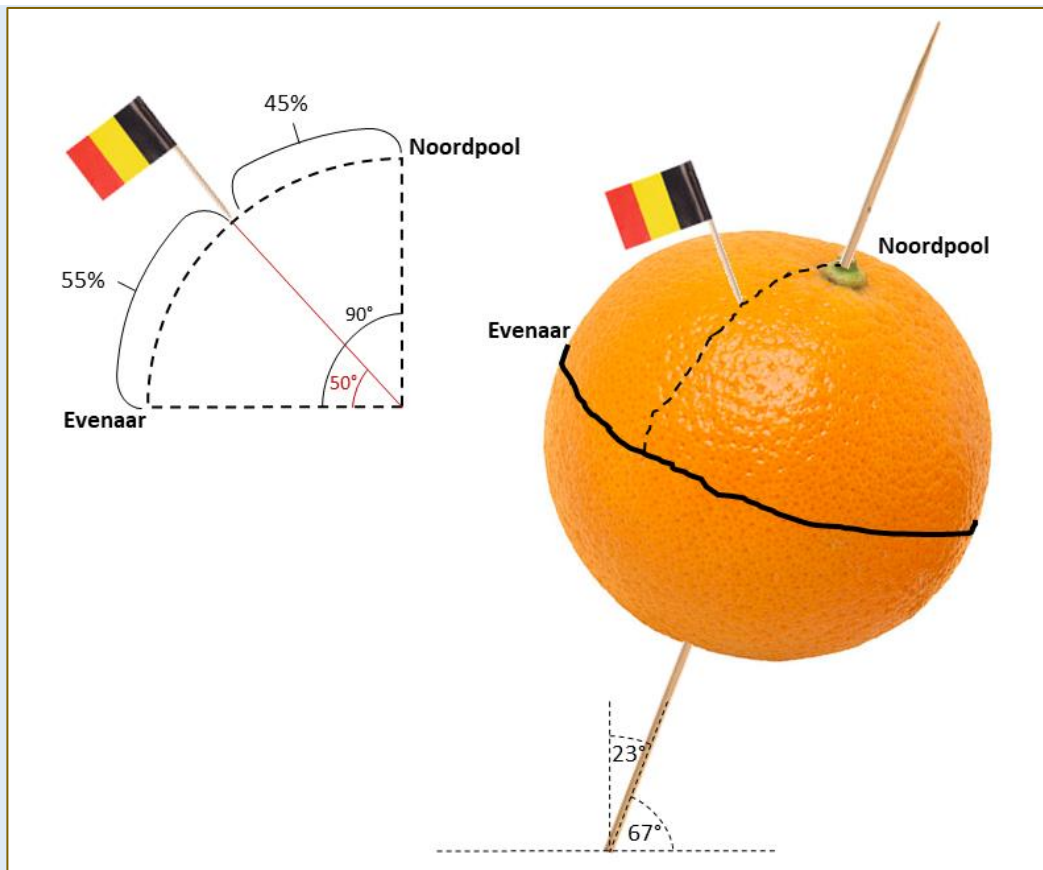
Er zijn verschillende redenen waarom de Zon meer of minder schuin op ons schijnt. In de tabel hieronder zie je een overzicht.

Soort variatie	Variatie	Zonnestand	Temperatuur	Schaduw zijn
Tijd: dag	Ochtend avond	Lager	Kouder	Langer
	Middag	Hoger	Warmer	Korter
Plaats: wereld	Dichter bij de pool	Lager	Kouder	Langer
	Dichter bij de evenaar	Hoger	Warmer	Korter
Tijd: seizoenen	In de winter	Lager	Kouder	Langer
	In de zomer	Hoger	Warmer	Korter

Klasexperiment STAP 2 : een model maken van de Aarde

- Geef de volgende **voorwerpen** aan elk leerlingenteam:
- een appelsien, een markeerstift, een houten satéstok, een tandenstoker, papier, plakband. Laat hen weten dat ze de appelsien kunnen opeten na de les.
- Begin met het **doorboren** van de appelsien met de satéstick, 'van pool tot pool'.
- Teken een zwarte cirkel rondom de appelsien : de **evenaar**.
- Teken een **stippellijn** van de evenaar naar de noordpool.
- Maak een klein Belgisch vlagje met de tandenstoker en papier en doorzichtige plakband.
- Zet het **Belgisch vlagje** ongeveer **midden op de stippellijn** die van de evenaar naar de Noordpool loopt. België ligt op 50° NB, en dus eigenlijk op 55 honderdsten van deze dunne lijn, te beginnen van de evenaar.

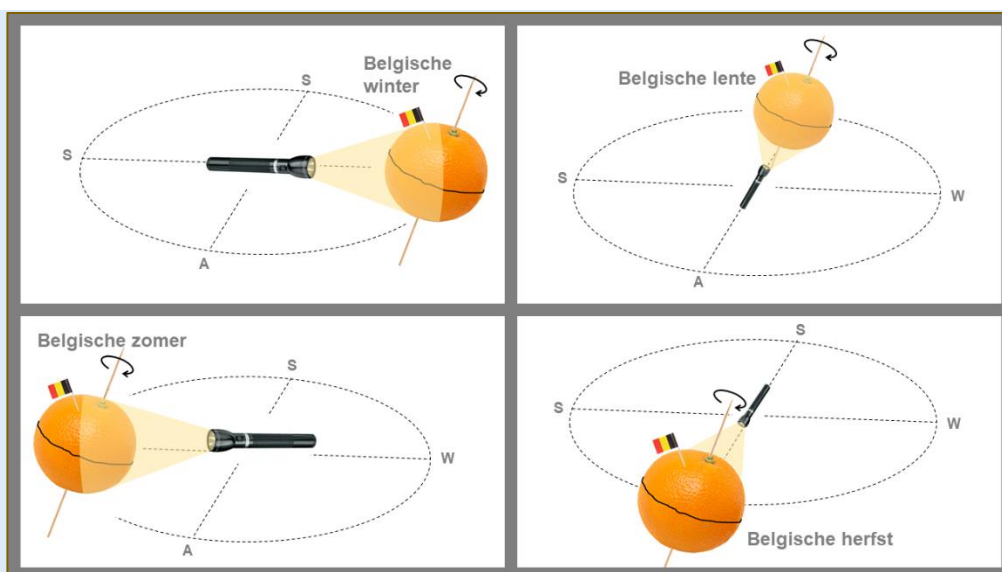
Je model voor de Aarde is klaar voor stap 3. Toon aan de kinderen dat de as van de Aarde (je satéstick) niet mooi recht (loodrecht) staat op het vlak waarin de Zon en alle planeten liggen. De aardas maakt een hoek van 23° (zie tekening hieronder).



*Een model van de Aarde met een appelsien.
Concept: ESERO NL. Afbeelding: ESERO BE.*

Klasexperiment STAP 3 : Seizoenen op Aarde verklaard

- Nu heeft elk leerlingenteam terug een zaklamp nodig. We gaan een model maken van het Aarde-Zon systeem.
- Eén kind houdt de zaklamp vast en stelt zich in het midden. Dit kind zal heel de tijd op dezelfde plek blijven staan, maar zich met de lamp steeds naar de Aarde draaien. Dit kan je vergelijken met de Zon zelf die vanuit ons standpunt op dezelfde plek blijft in de ruimte terwijl de Aarde er rond draait. Waar de Aarde ook is, we ontvangen altijd evenveel zonlicht (dus de zaklamp moet altijd naar de Aarde schijnen).
- Een ander kind zal de Aarde vasthouden, altijd gekanteld met een hoek van 23° . Ook moet de Noordpool altijd naar dezelfde kant van de klas gericht zijn.
- Het kind met de Aarde moet aan vier verschillende kanten van de Zon gaan staan, en zo het begin van elk van de 4 seizoenen uitbeelden. Bij elke positie draait men de Aarde rond zichzelf zodat een dag (ongeveer 24 uur) uitgebeeld wordt. Daarbij gaan ze het volgende aandachtig bekijken:
 - Wat is er te zien op de Zuidpool en de Noordpool?
 - Hoe hoog staat de zon voor bewoners van de evenaar? Kijk bijvoorbeeld naar Congo: de plaats waar de stippellijn de evenaar raakt.
 - Hoe hoog staat de zon in België?
 - Kan je aan de hand van het model uitleggen waarom het in de zomer warmer is en in de winter kouder?



Uitbeelden van de vier seizoenen op Aarde. Elke positie staat voor een bepaalde datum van het jaar:

- *Belgische winter: 21 december.*
- *Belgische lente: 21 maart.*
- *Belgische zomer: 21 juni.*
- *Belgische herfst: 21 september.*

Vergeet niet om de Aarde telkens rond zichzelf te draaien zodat je voor een hele dag en nacht de lichtinval kan zien.

Concept: ESERO NL. Afbeelding: ESERO BE.

Bespreking:

- Vraag 1 team om aan de rest van de klas hun model te demonstreren en ondertussen uit te leggen hoe de winter en zomer in België ontstaan.
- Kan je uitleggen waarom deze koude en warme seizoenen niet bestaan aan de evenaar (waar het altijd warm is).

Antwoord:

De Zon is hier elke dag van het jaar redelijk recht boven je hoofd. Het verschil in zonnestand tussen juni en december is te klein om warmere of koudere seizoenen te hebben. Ze hebben eigenlijk altijd zomer. Je kan ook zeggen: hoe dichterbij de polen je woont, hoe meer verschil er is tussen warme en koude seizoenen.

- Wat is de poolnacht en de pooldag?

Antwoord:

De polen zijn in de schaduw of in het licht gedurende ongeveer een half jaar. Bijvoorbeeld: tijdens de zomer aan de Noordpool (van 21 maart tot 21 september) gaat de Zon nooit onder de horizon. Ze hebben een 'dag' die zes maanden duurt! Dit noemen we de pooldag.

- Als we winter hebben in België, is er dan ook winter in de rest van de wereld?

Antwoord:

Nee. Tijdens onze winter hebben de landen ten zuiden van de evenaar zomer, de landen op de evenaar blijven warm, en de landen in het noordelijk halfrond hebben ook winter, maar dan wanneer het bij ons zomer is.

- Zie je nog een ander gevolg van de zonnestanden in ons model, in verband met dag en nacht?

Antwoord:

Ja, in de winter zijn de dagen korter en de nachten langer. Onze ronddraaiende appelsien is dan langer in de schaduw dan in het licht. Dit is een extra reden waarom het kouder is in de winter en warmer in de zomer!

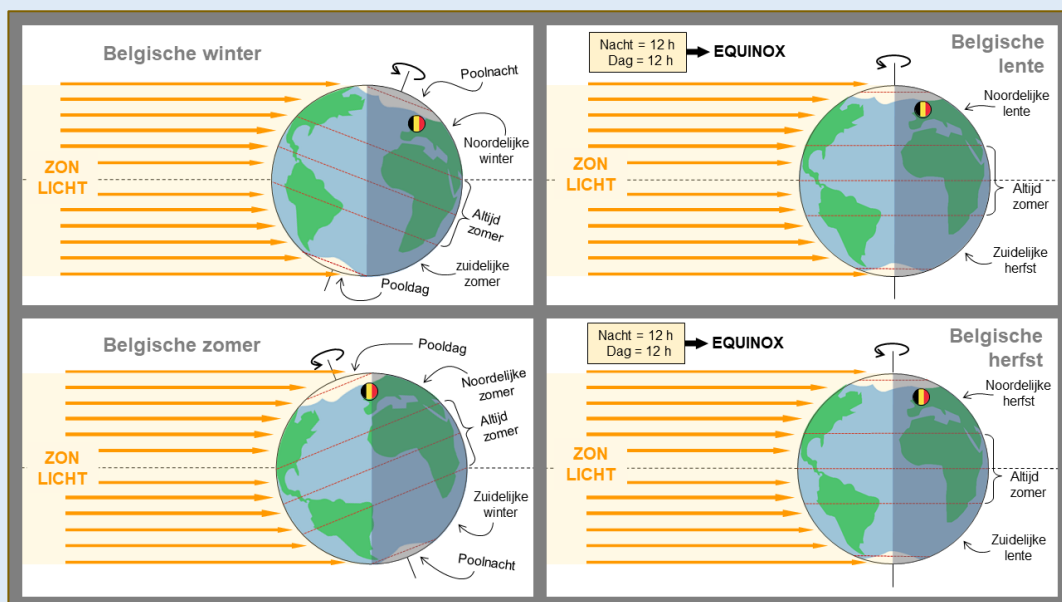
De dag en de nacht duren beiden even lang (elk 12 uren) wanneer de lente begint en wanneer de herfst begint.

Er zijn twee redenen waarom de winter kouder is:

- De Zon staat overdag lager aan de hemel.
- De dagen zijn korter, en dus zijn er minder uren zonneshijn per dag.

Er zijn twee redenen waarom de zomer warmer is:

- De Zon staat overdag hoger aan de hemel.
- De dagen zijn langer, en dus zijn er meer uren zonneshijn per dag.



De seizoenen op Aarde:

- *Belgische winter begint: 21 december.*
- *Belgische lente begint: 21 Maart.*
- *Belgische zomer begint: 21 juni.*
- *Belgische herfst begint: 21 september.*

Afbeelding: ESERO BE.

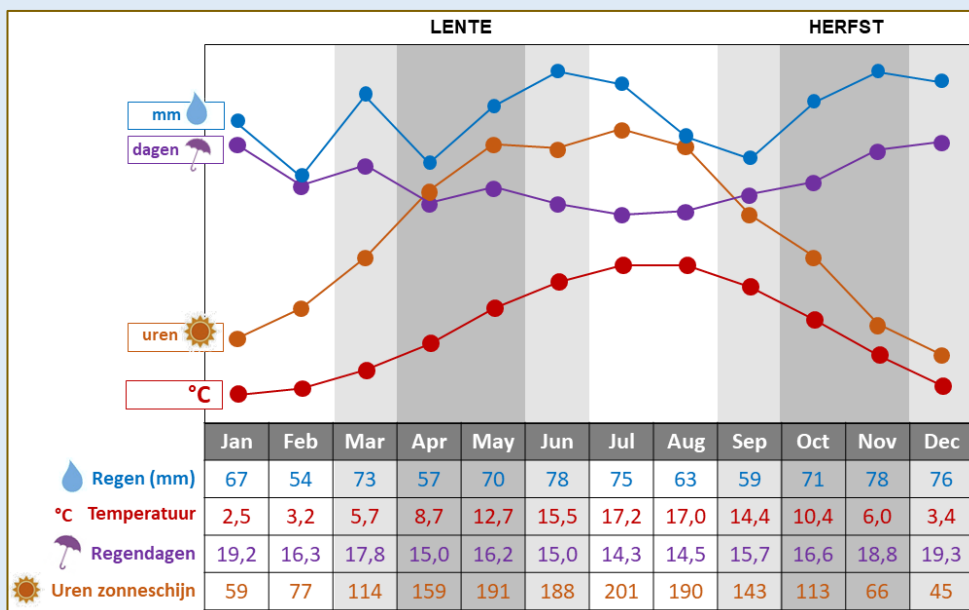
Lente en herfst vergelijken:

Wanneer je aan kinderen het verschil tussen winter en zomer uitlegt, dan komt soms de vraag: waarom is er dan een verschil tussen lente en herfst?

Deze twee seizoenen lijken immers dezelfde in ons model...

Natuurlijk zie je duidelijke verschillen tussen lente en herfst in de levende wereld (planten, dieren, zwammen, microben). Vooral in loofbossen zie je dat bijzonder goed, want het vallen van de bladeren in de herfst is één van de opvallendste reacties van het landleven op Aarde.

Maar naast biologische verschillen zijn er wel degelijk duidelijke verschillen in het weer te merken. Je kan ze zoeken in de tabel/grafiek hieronder.



Gemiddelde weergegevens (periode 1969-1990) in Brussel: hierin kunnen we verschillen vinden tussen lente en herfst. De gemiddelde temperaturen (rode lijn) zijn gelijklopend in beide seizoenen. Maar we zien meer regendagen (paarse lijn) en meer regenwater (blauwe lijn) in de herfst. Er zijn in de nattere herfst ook meer wolken, dus minder uren zonnenschijn (oranje lijn). Er is ook meer wind in de herfst (niet getoond).
Gegevens van KMI, België. Afbeelding: UGENT Volkssterrenwacht Armand Pien.

Merk op dat de temperaturen in de lente en de herfst niet veel verschillen van elkaar. Maar we krijgen in de herfst meer regenweer, meer wolken en meer wind. Hoe kan je dit verklaren?

Het heeft te maken met het feit dat België naast de zee ligt. Om dit te verklaren, moeten we eerst leren wat “**relatieve luchtvochtigheid**” is.

Warme lucht kan veel **waterdamp** bevatten. Die groet hoeveelheid water blijft mooi in dampvorm die je niet kan zien. Maar als je evenveel waterdamp in koudere lucht brengt, dan zal een deel van de waterdamp **druppeltjes** gaan vormen. Deze druppeltjes zijn eerst zo klein dat ze blijven zweven in de lucht en ze vormen wolken,. Als ze groter worden (zwaarder), dan vallen ze naar beneden als regen.

Als de lucht het maximum aan waterdamp bevat (juist voordat het druppeltjes begint te vormen), dan zeggen we dat de relatieve luchtvochtigheid (RV) 100% is. We noemen deze toestand het **dauwpunt**. Als de lucht op het **dauwpunt** zit en:

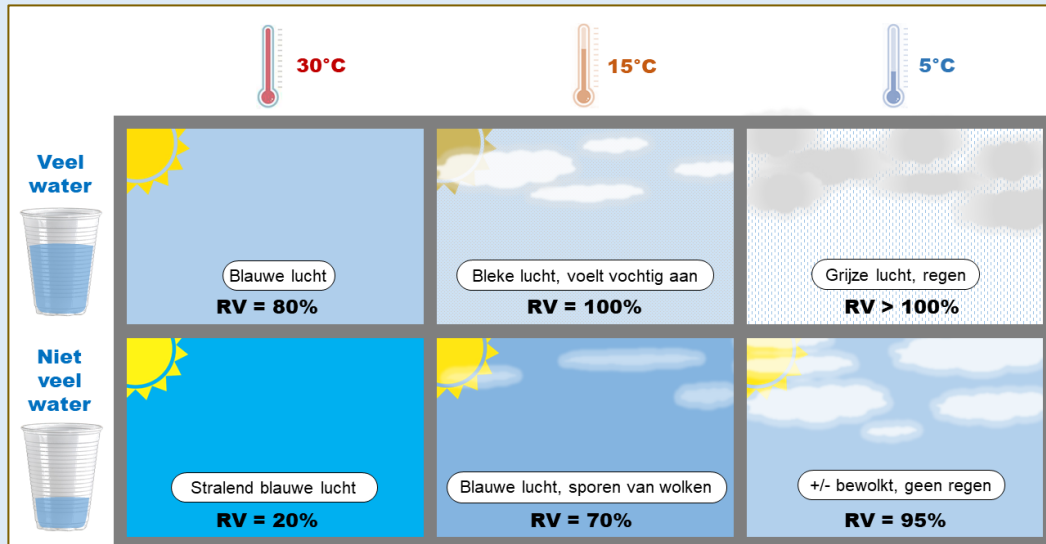
- je voegt dan extra waterdamp toe
 - of je koelt deze lucht verder af
- dan worden druppels gevormd in de vorm van wolken, regen of dauw.

Voorbeelden van 100% RV:

- 1 kilogram lucht van 30°C bevat 27 gram waterdamp.
- 1 kilogram lucht van 5°C bevat 3 gram waterdamp.

Voorbeelden van 50% RV:

- 1 kilogram lucht van 30°C bevat 25 gram waterdamp.
- 1 kilogram lucht van 5°C bevat 2 gram waterdamp.



RV = Relatieve lucht Vochtigheid. Dit percentage drukt uit hoeveel waterdamp in de lucht zit, vergeleken met de maximale hoeveelheid waterdamp dat deze lucht kan bevatten alvorens druppeltjes te gaan vormen.

Afbeelding: ESERO BE.

Wat gebeurt er in de herfst?

Het water in de zee werd opgewarmd in de voorbije zomermaanden. Water kan zijn warmte lang vasthouden, zelfs wanneer de eerste koude dagen eraan komen. Het duurt dus lang in de herfst voordat de zee afkoelt, en dus blijft ook de luchtlaag **juist boven de zee langer** warm. De lucht juist boven de zee is warmer dan de lucht boven land, dus boven de zee ligt het dauwpunt hoger: er kan meer waterdamp in de lucht boven de zee zitten zonder dat daar druppeltjes worden gevormd.

Het **land** koelt heel wat sneller af in de herfst. Als de dagen korter worden en de zon staat lager, dan zal de **luchtlaag boven het land** snel kouder worden. Dit kan je goed voelen in de herfst.

Dan wordt de warmere lucht boven de zee **naar het land geblazen** door de wind. Deze warmere lucht bevat wel meer waterdamp en komt in de koudere luchtlaag terecht. Zo wordt veel waterdamp naar het koudere land gebracht. Daardoor gaat de relatieve luchtvochtigheid RV snel over de 100% gaan, want koudere lucht kan niet zoveel waterdamp bevatten. Hierdoor ontstaan veel meer **wolken en regen**.

In de **lente** krijg je het omgekeerde effect:

Het zeewater is kouder vanwege de voorbije wintermaanden. De lucht boven het land warmt sneller op vanwege de langere dagen en de steeds hogere positie van de Zon. Daarom blijft de lucht boven het land gemakkelijk onder de **100% RV**. Er zijn dan ook **minder wolken en minder regen**.

Seizoenen op de Maan en op Mars

We hebben nu de basisprincipes geleerd van seizoenen op Aarde. We leerden dat ze veroorzaakt worden door de gekantelde stand van de Aarde, en dat de lucht (met waterdamp) en de Zon een hoofdrol spelen.

Hoe zit het nu met de seizoenen op de Maan en op Mars?

De Maan

Bij de Maan is het antwoord eenvoudig

- Er is geen lucht en geen waterdamp.
- De draaiingsas van de Maan is niet gekanteld, maar bijna perfect rechtop.

Dus de twee redenen waardoor seizoenen op Aarde voorkomen zijn beiden afwezig op de Maan. Het besluit is duidelijk: **op de Maan zijn er geen seizoenen**. De omstandigheden op de Maan veranderen dus niet over het jaar.

Zoals we gezien hebben zijn de temperatuur verschillend tussen dag en nacht op de Maan extreem groot. Vergeet niet dat een dag + nacht op de Maan ongeveer 27,5 aardse dagen duurt.

Maar over de periode van een jaar gaan de temperaturen op de Maan dus niet veranderen.

	Maan Minimum	Aarde Minimum	Maan Maximum	Aarde Maximum
Gewone t° op de evenaar	-178°C	22°C	117°C	30°C
Gewone t° op de polen	-223°C	-30°C zomer -63°C winter	-70°C	-260°C zomer -55°C winter
Record-temperaturen	-248°C	-89°C	137°C	58°C
	Hermiet Krater	Vostok Station Antarctica	Sommige evenaarskraters	El Azizia, Libië

*Tabel met de gewone temperaturen en uitersten op de Maan en op Aarde.
Cijfers van: Sciencedirect.com, Lunar Reconnaissance Orbiter, Wikipedia.*

Mars

Op Mars is de situatie veel ingewikkelder:

- LUCHT ?

Er is een atmosfeer op Mars, maar die is uiterst dun (luchtdruk minder dan 1% van de luchtdruk op Aarde). De lucht bestaat vooral uit CO₂, een broeikasgas.

- GEKANTELENDE AS ?

De draaiingsas van Mars is gekanteld met 25°. Dit is bijna hetzelfde als de kanteling van de Aarde.

Er zijn dus wel **seizoenen op Mars**, en je kan ze zelfs min of meer vergelijken met de seizoenen op Aarde. Er zijn echter ook wel belangrijke verschillen:

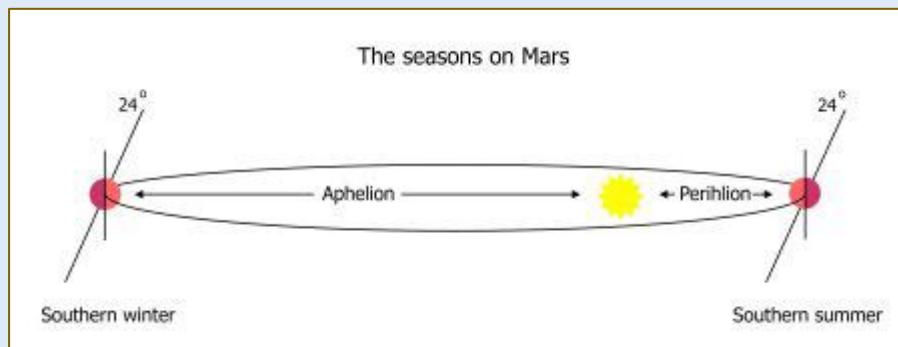
Verschil nr.1 : Meer uitgesproken seizoenen op de zuidelijke hemisfeer

(zuidelijke hemisfeer = zuidelijke helft van de planeet)

Al de planeten draaien rond de Zon in ellipsvormige banen, en de Zon staat niet exact in het midden. Hoewel de afstand tussen de Aarde en de Zon niet heel het jaar door exact dezelfde is, zal dit bijna geen invloed hebben op de temperaturen. De baan van de Aarde is bijna een cirkel.

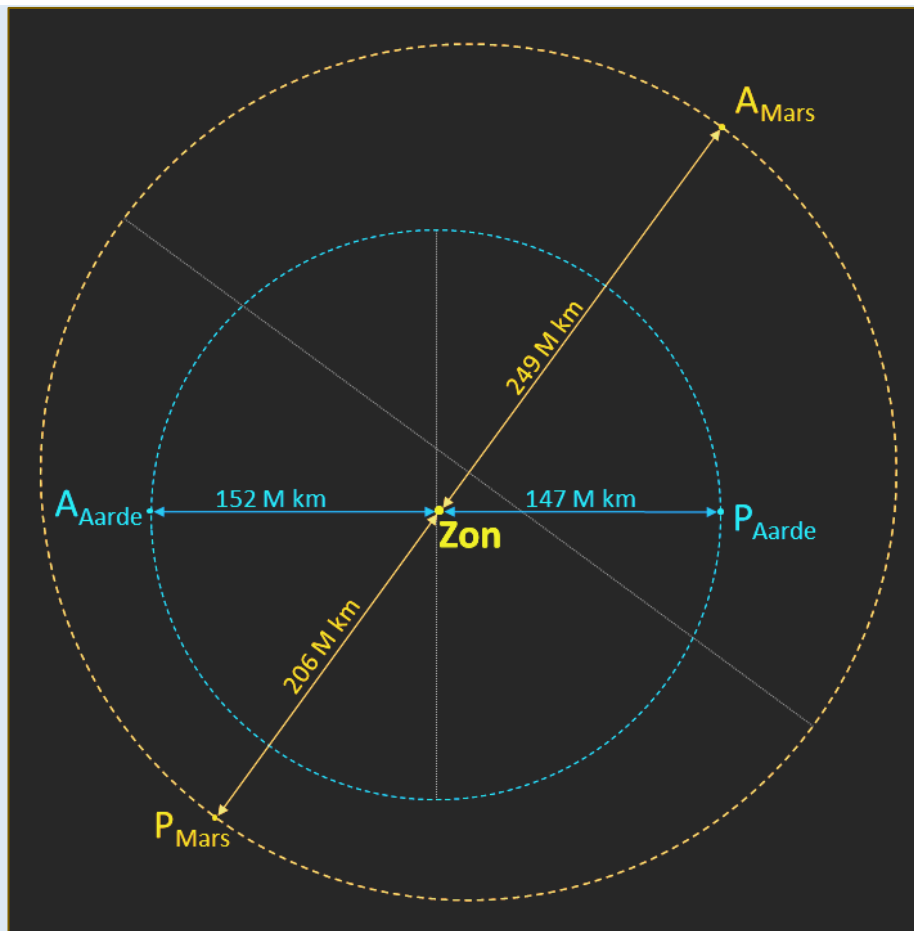
De **baan van Mars** lijkt minder op een cirkel, de ellips is wat langer uitgerekt. Mars is toch aanzienlijk dichterbij de Zon wanneer de zuidelijke hemisfeer naar de Zon gericht is (dus tijdens de zuidelijke zomer). Daarom is de zomer in het zuiden warmer en korter dan de zomer in het noorden. In het noorden zien we een kortere winter die ook minder koud is dan de zuidelijke winter.

De zuidelijke winter is langer en kouder, want op dat moment is Mars verder van de Zon. Om dezelfde reden is de noordelijke zomer minder warm.



De ellipsvormige baan van Mars veroorzaakt koudere winters en warmere zomers op de zuidelijke helft van de planeet. En warmere winters en koudere zomers op de noordelijke helft. Het verschil tussen Perihelion (dichtste punt bij de Zon) en het Aphelion (verste punt van de Zon) zijn hier overdreven.

Afbeelding: ESA.



De ellipsvormige baan van Mars vergeleken met de wat meer cirkelvormige baan van de Aarde in juiste verhoudingen. De lichtgrijze lijntjes zijn de korte assen van beide ellipsen. Ze tonen dat de Zon niet in het midden staat van beide banen.

Afbeelding: ESERO BE.

Verschil nr.2 : Stofstormen

Zoals eerder besproken: er is bijna **geen water** in de atmosfeer van Mars. Je zal dus bijna geen **wolken** van waterdamp tegenkomen zoals bij ons, en het regent nooit. Maar er is wel heel wat **wind** die over het oppervlak waait. Deze wind waait het fijne stof rond dat overal ligt op de kurkdroge grond. Stofwolken kunnen overal op de planeet verschijnen.

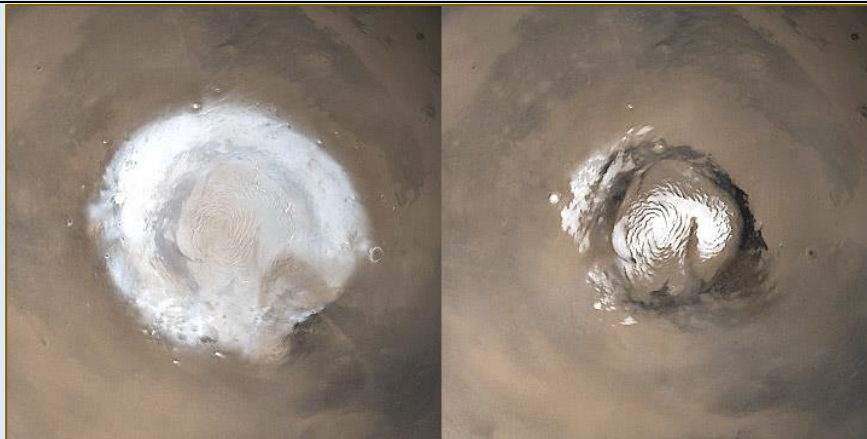
Deze **stofstormen** kunnen enorm groot zijn, en zelfs de volledige planeet bedekken! Ze worden vooral veroorzaakt door de grote temperatuurverschillen tussen noord en zuid (zie hierboven: meer extreme seizoenen in de zuidelijke hemisfeer).

Betekent dit dat je op Mars kan weggeblazen worden door stormwind?

Nee. De wind waait wel met grote snelheid, maar de lucht is zo dun dat de wind nauwelijks een gevallen blad zou kunnen wegblazen (mochten er al bomen bestaan op Mars). Maar het fijn stof wordt wel erg gemakkelijk omhoog geblazen, want het is zo fijn als sigarettinas, en er is minder zwaartekracht dan op Aarde.

Verschil nr.3 : Droog ijs

Zoals op Aarde vinden we ook op de Noordpool en Zuidpool van Mars waterijs op het oppervlak. Maar in de winter worden de Marspolen nog veel kouder dan de polen op Aarde. Wanneer de temperaturen onder -80°C gaan (gebeurt regelmatig), dan zal een nieuwe laag ijs het oppervlakkig waterijs volledig bedekken. Deze extra laag wordt gevormd door 'droog ijs' of bevroren CO_2 .



Links: Noordpool op Mars op het eind van de winter. We zien een grote ijsskap, waarvan de bovenlaag bestaat uit droog ijs.

Rechts: Noordpool op Mars in de zomer. We zien een kleine ijsskap die volledig bestaat uit waterijs.

Afbeelding: NASA/JPL/ Malin Space Science Systems.

Waarom wordt bevroren CO_2 **droog ijs** genoemd?

Al we op Aarde een brokje CO_2 ijs nemen en op tafel leggen, dan verdampt het meteen. Het ijs verandert meteen in gas zonder vloeibaar te worden (= **sublimatie**). Het woord 'droog ijs' verwijst naar het feit dat er geen vloeistof gevormd wordt.

Droog ijs wordt gebruikt om voedsel te bewaren of om bepaalde zaken goed koel te houden. Iedereen kan het kopen en het is niet duur. Het is een heel dankbaar middel om **in de klas** te laten zien wat **sublimatie** is. Je kan bijvoorbeeld een stukje droog ijs in een glas water leggen, en dan begint het hevig te koken: wolven van CO_2 en waterdamp stromen dan over de rand van het glas.

Droog ijs is niet alleen te vinden op de koudere plaatsen op Mars. We vinden het op veel plaatsen **in het zonnestelsel**, vooral ver van de Zon. Kometen bijvoorbeeld zijn grote blokken ijs die voornamelijk bestaan uit koolstofdioxide (CO_2), koolstofmonoxide (CO) en water (H_2O).

3 Ruimtepak

Straling en (micro)meteorieten

We hebben reeds enkele redenen gezien waarom een wandeling op de Maan en Mars niet mogelijk is zonder de **bescherming van een ruimtepak**:

- Extreme temperaturen
- Geen lucht (luchtdruk en zuurstof)
- Extreem droog

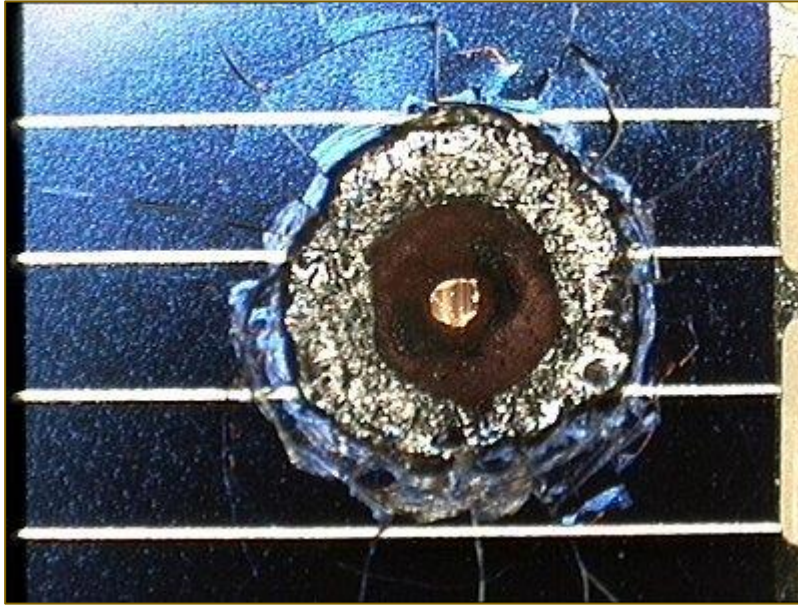
Bijkomend zijn er **nog twee belangrijke gevaren** die ons verplichten om een goed ruimtepak te dragen:

- Micrometeorieten, stofdeeltjes met zeer hoge snelheid die rondvliegen in de ruimte (ook resten van menselijke ruimtetuigen)
- Schadelijke straling (= straling met hoge energie) die van de zon en van andere sterren uit de diepe ruimte komt.

Ruimtestof met hoge snelheid

Het meeste ruimtepuin dat rondvliegt is klein. NASA heeft in 2016 geschat dat er ongeveer 170 miljoen restanten van satellieten rond de Aarde draaien die kleiner zijn dan 1 cm. In de verre ruimte – ver van de Aarde – is er veel minder ruimtepuin, maar je kan het wel overal tegenkomen.

Deeltjes van 1 of 2 millimeter kunnen dodelijk zijn wanneer ze een zeer hoge snelheid hebben (en dat hebben ze in de ruimte altijd). Ruimtepuin beweegt veel sneller dan een kogel op Aarde...



Een stukje zonnepaneel van het ruimtestation nadat het geraakt is door een micrometeoriet. Bron: ESA.

Een veilig huis om te leven

Om lang op de Maan te blijven kan een ruimtepak uiteraard niet volstaan. Onze astronauten moeten een plek hebben waarin ze vrij kunnen rondlopen en leven en gewoon direct tegen mekaar kunnen praten. Ze hebben **een soort huis** nodig voor dagelijkse bezigheden zoals eten, slapen, naar toilet gaan, computerwerk, sport en training, enz.

Zo'n huis op de Maan of **maanbasis** moet net zoals de ruimtepakken goed beschermd zijn tegen extreme temperaturen, straling en micrometeorieten. Het moet gevuld worden met voldoende lucht (die niet kan ontsnappen) en zuurstof om te ademen. Een gewoon bakstenen huisje of een caravan zoals op Aarde is dus zeker niet veilig.

Ondergronds

De straling in de ruimte (en dus ook op de Maan) is dikwijls zeer sterk en dodelijk. En temperaturen van -130°C zijn geen uitzonderingen! Alleen een heel **dikke en sterke muur** is goed genoeg voor de maanbasis. Hoe kunnen we best zulke dikke muren voorzien? Door **de maanbasis in te graven** onder een dikke laag grond.



ESA heeft een maanbasis ontworpen om het leven op de Maan tegen 2032 mogelijk te maken.

Boven: Een opblaasbare basis wordt van de Aarde naar de Maan gebracht. Dan wordt deze bedekt met ongeveer 2 meter regoliet (maanstof). Alleen de uitgang van de luchtsluis om naar binnen en buiten te gaan wordt onbedekt gelaten. Binnen in de ingegraven zone zijn de astronauten goed beschermd. Op de afbeelding zijn er ramen te zien. In het echt is dit niet haalbaar. De zonnestraling kan te makkelijk door het glas waardoor de astronauten blind of dood kunnen worden.

Onder: Een zicht op de toekomstige maanbasis van buitenaf. Rechts zien we een robotwagentje dat een plastic frame kan printen om op te vullen met regoliet. Een andere optie (in plaats van een plastic frame te printen) zou kunnen zijn om regoliet te verwarmen en te smelten of te combineren met plastic om een soort bakstenen te maken, waarmee je een stevig schild kan bouwen rondom de basis.

Afbeeldingen: ESA.

KLASEXPERIMENT: MAAK EEN VEILIG RUIMTEPAK**Klasoefening: Samenvatting**

De kinderen gaan een veilig ruimtepak ontwerpen zodat onze astronaut op de Maan niet kan gedood of verwond worden door een invallende micrometeoriet. Ze gaan eerst enkele materialen testen, en dan een 'ballonastronaut' inpakken met hun pak. Het experiment eindigt met een ultieme veiligheidstest van het ontworpen ruimtepak.

Klasexperiment: Opstelling

Verzamel verschillende materialen voor de ruimtepak-lagen op een tafel in de klas:

- Meerdere soorten papier (keukenpapier, behangpapier, inpakpapier, ...)
- Karton
- Aluminium folie
- Plastic folie
- Katoen, nylon, ander textiel
- 2 mm dikke mousse rol (= goedkope antigeluidslaag onder parketvloeren)

Let er op dat alle materialen flexibel zijn, want het ruimtepak moet nog kunnen meeplooien als je beweegt.

Verzamel op een andere tafel enkele knutselmaterialen:

- plakband (best papieren afplaktape voor schilderwerk)
- scharen
- kraspen of vogelpiek pijltje
- kartonnen schoendoos voor elk leerlingenteam
- drinkrietjes
- strijkparels
- een stokmeter of rolmeter om 0,5 of 1 o 1,5 meter af te meten
- een plastic afvoerbuis (PVC) van 2 meter lengte



Een kraspen (links) en een vogelpiek pijltje (rechts) kan je gebruiken voor de finale test van het ruimtepak. De kinderen gaan die laten vallen op hun ballonastronaut. Voor hun eigen veiligheid gaan we ze laten vallen in een PVC buis.

Inleidend klasgesprek

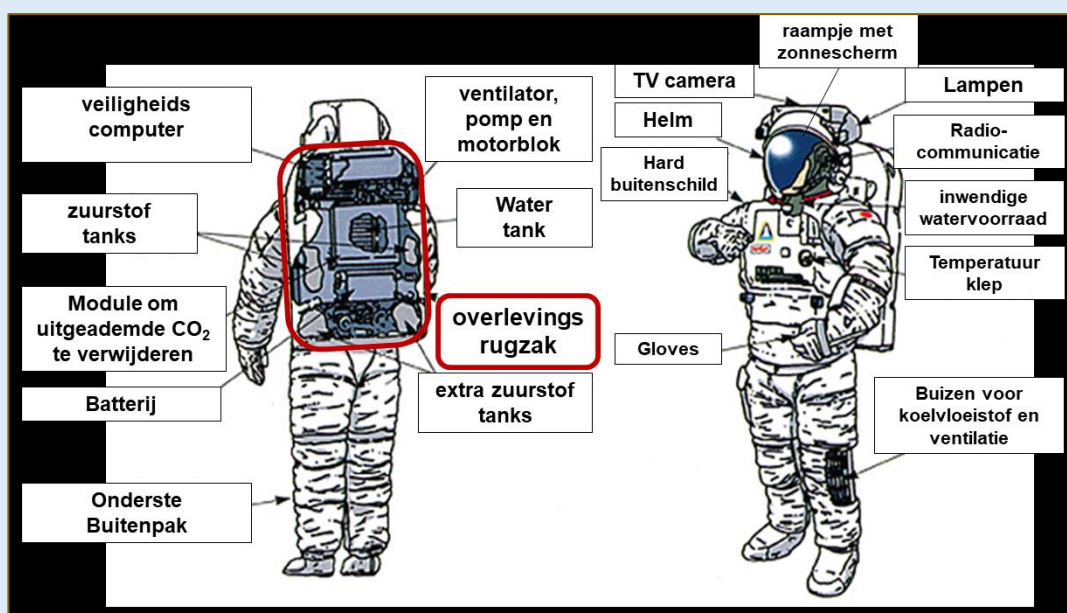
Je kan de les inleiden met enkele algemene feiten over ruimtepakken met volgende vraag:

“Waarom hebben astronauten een ruimtepak nodig?”

Een ruimtepak heeft veel functies. Eigenlijk is het een mini ruimteschip in de vorm van een mens. Om de kinderen te helpen om alle functies van een ruimtepak te vinden, laat je hen naar onderstaande tekening kijken. Bespreek alle onderdelen die je ziet.

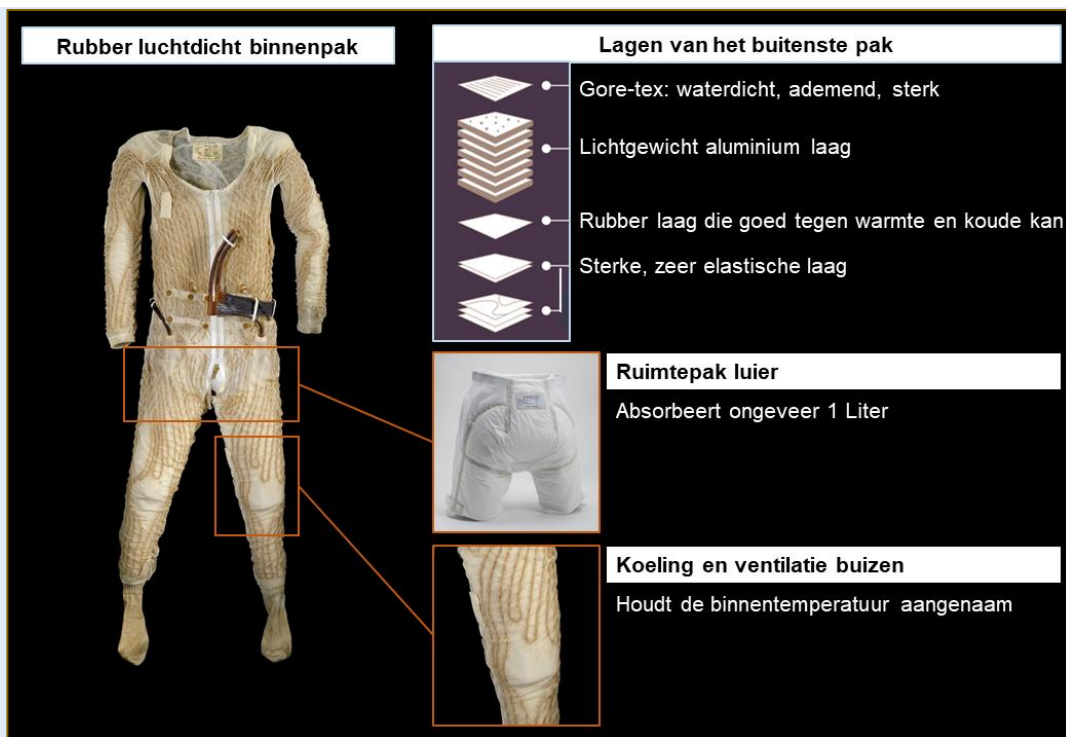
Je kan de vraag van hierboven nu herformuleren:

“Wat is de functie van elk onderdeel dat je hier ziet?”.



De belangrijkste onderdelen van het buitenste deel van een ruimtepak.

Let op: het ruimtepak dat je hier ziet is gemaakt om in de ruimte naar buiten te gaan (in het Engels: extravehicular activities of EVA). Astronauten kunnen het gebruiken om vanuit het Internationaal Ruimtestation naar buiten te gaan, om op de Maan te lopen of om op Mars te lopen. Afbeeldingen: NASA / ESERO BE.



Belangrijkste onderdelen van het binnenste deel van een ruimtepak en de lagen van het buitenste deel. Elke laag heeft zijn eigen functie:

- *Gore-tex-laag: uitwisseling van lucht en zweet om de huid gezond te houden.*
- *Aluminium laag: bescherming tegen micrometeorieten.*
- *Rubber laag: luchtdicht maken van het pak (alle lucht blijft binnen).*
- *Elastische lagen: bescherming tegen schade, vorming van een plooibare buitenlaag, en warmte-isolatie.*

Afbeelding: NASA / ESERO BE.

Om ervoor te zorgen dat de kinderen goed begrijpen wat een ruimtepak is, kan je best ook volgende vragen voorleggen:

Dragen de astronauten een ruimtepak binnen én buiten het ISS?

Antwoord:

Het Internationaal Ruimtestation ISS is een habitat onder druk, voorzien van lucht en volledig luchtdicht afgesloten en beschermd. De astronauten leven daarbinnen in een ruimte waar je kan ademen, met normale luchtdruk, en een temperatuur die constant ongeveer 22°C is. Ze kunnen binnen niet getroffen worden door gevaarlijke straling of rondvliegend ruimtepuin. Binnen dragen ze dus normale kleren zoals hier op Aarde.

Wanneer ze het ISS gaan verlaten – bijvoorbeeld om aan de buitenkant iets te gaan repareren – dan moeten ze hun ruimtepak aandoen. Dit ruimtepak is gemaakt om naar buiten te gaan, in het Engels: an extravehicular activity (= EVA), beter bekend als een 'space walk' of ruimtewandeling. Eenmaal dat ze door de luchtsluis gegaan zijn (dit is de dubbele 'buitendeur' van het ISS), komen ze in het luchtledige met extreme temperaturen en hoge risico's (straling en ruimtepuin). Het EVA ruimtepak beschermt hen tijdens zo'n ruimtewandeling voor meerdere uren.

Wat bedoelen we met 'onder druk'?

Antwoord:

Het ISS is een groot ruimteschip onder druk waarin ongeveer 6 mensen kunnen leven. Een ruimtepak voor ruimtewandelingen is een klein ruimteschip onder druk waarin 1 persoon kan leven.

'Onder druk' betekent dat het ruimteschip voortdurend gevuld wordt met voldoende lucht zodat er een normale luchtdruk is zoals op Aarde. De lucht die erin gepompt wordt heeft dezelfde samenstelling als de lucht die we op Aarde inademen: 1/5 zuurstof en 4/5 stikstof. Deze lucht wordt meegenomen in metalen flessen van de Aarde naar het ISS.

Als er een gat gemaakt wordt in de cabine of in een ruimtepak onder druk, dan zal de lucht meteen ontsnappen naar de ruimte die luchtledig (= vacuüm) is. Dan kan de astronaut niet ademen. De astronaut zou dan ook zeer snel uitdrogen, bewusteloos vallen en doodgaan.

Maak met de kinderen tenslotte een volledige lijst van functies van een ruimtepak:

- Voorzien van lucht om te ademen (zuurstof + stikstof).
- Luchtdruk voorzien zoals op Aarde (1 atm).
- Drinkwater en voedsel voorzien tijdens de ruimtewandeling.
- Toelaten om te plassen zonder vuil te worden.
- De temperatuur tussen bepaalde grenzen houden: warmte-isolatie en actieve afkoeling en opwarming.
- Dragen van lampjes, elektrische stroom en werkmateriaal. Vooral het harde borstschild wordt gebruikt om werkgerief aan vast te maken.
- Praten met andere astronauten en het grondstation (radio-communicatie), door gebruik van een headset met microfoon en video.
- Bescherming tegen straling en micrometeorieten (ruimtepuin).
- Uitgeademde lucht verwijderen (CO₂ en waterdamp).
- Zicht: raampje met verlichting, een zonnekap, een goudlaagje als bescherming tegen sterk zonlicht en UV straling, en een camera om beelden door te zenden.
- Tijdens een ruimtewandeling: de astronaut vasthangen aan het groter ruimteschip zodat hij/zij niet kan weg zweven.

Klasexperiment : Uitdaging

De kinderen gaan een ruimtepak ontwerpen om een 'ballonastronaut' te beschermen tegen ruimtepuin met hoge snelheid of micrometeorieten. Echte ruimtepakken worden op de grond tientallen keren getest. Wij gaan hetzelfde doen om ons ontwerp voor te bereiden.

Het eindontwerp van ons ruimtepak gaan we testen op invallende micrometeorieten: we laten een kraspen of vogelpiek pijltje van grote hoogte vallen op het pak rond een opgeblazen ballon. De ballon moet de test overleven.

Zoals bij echte ruimtevaart is het heel belangrijk dat het ruimtepak zo licht mogelijk is. Elk klein beetje extra gewicht dat we moeten lanceren naar de ruimte is zeer duur. Een echt ruimtepak heeft veel functies, dus het weegt heel veel, namelijk 113 kg ! Gelukkig is het gewicht kleiner op de Maan door de lage zwaartekracht (1/6) of zelfs helemaal gewichtloos in een baan om de Aarde, in het ISS.

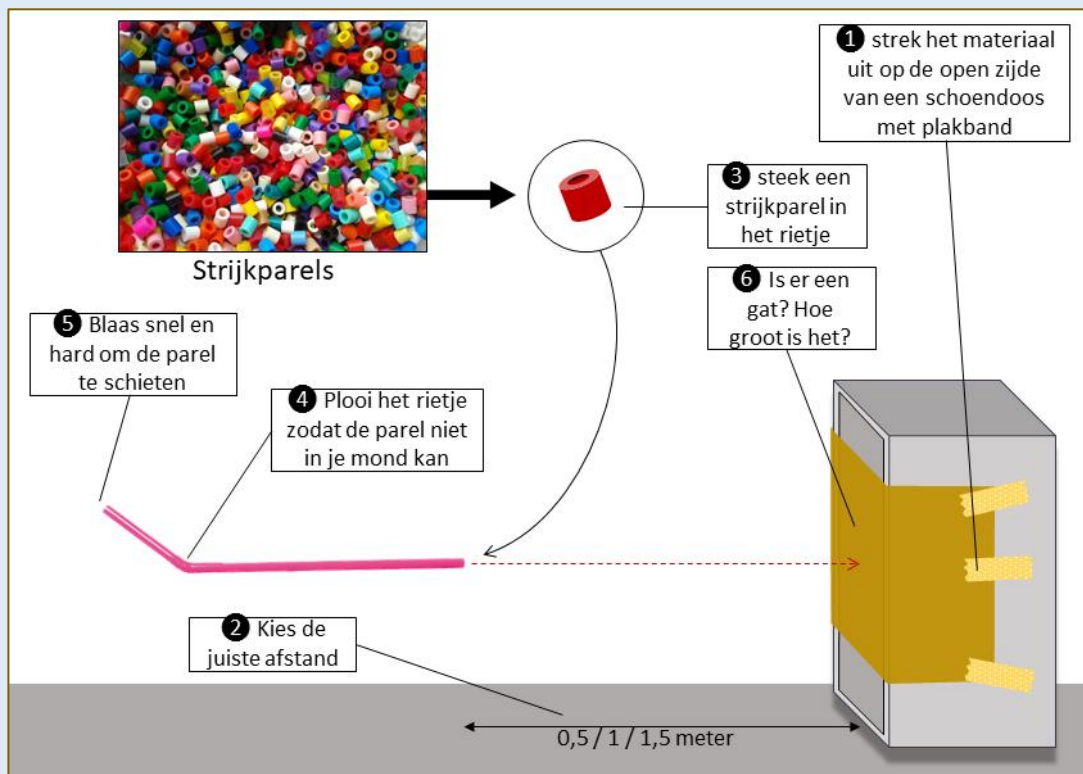
De kinderen gaan in deze oefening slechts 1 functie van het ruimtepak bekijken: de bescherming tegen invallende micrometeorieten. Zo mogen dan ook niet meer dan 3 lagen hebben en niet meer dan 1 meter plakband gebruiken om hun pak dicht te maken.

Klasexperiment : Testfase

Eerst moeten de kinderen de **sterkte** van de verschillende materialen onderzoeken door ze allemaal te **testen**.

Zo kunnen ze alle materialen testen:

- 1) Bevestig het materiaal goed gestrekt over de open zijde van een schoendoos. Maak het aan beide kanten vast met plakband.
- 2) Schrijf de naam van het materiaal op in de tabel hieronder.
- 3) Zet een veiligheidsbril op.
- 4) Neem een gebogen rietje en doe er een strijkparel in (in het lange deel).
- 5) Blaas de strijkparel eruit met hoge snelheid tegen het gestrekte materiaal. Doe deze test opnieuw voor drie afstanden: 0,5 meter, 1 meter, 1,5 meter. Ruim de parel telkens terug op.
- 6) Schrijf de resultaten op in de tabel voor elke afstand.
- 7) Doe dit opnieuw voor elk beschikbaar materiaal.



*Test van de verschillende materialen die kunnen gebruikt worden voor ons ruimtepak. Hoe goed kunnen deze materialen tegen een invallende micrometeoriet (hier een strijkparel). Schrijf de resultaten in de tabel.
Concept: ESERO NL. Afbeelding: ESERO BE.*

Vul de tabel helemaal in. Welke schade kan je zien aan het materiaal. Is er een gat? Hoe groot is het beschadigd gebied?

Test	50 cm	100 cm	150 cm
Materiaal 1			
Materiaal 2			
Materiaal 3			
Materiaal 4			
Materiaal 5			
Materiaal 6			
Materiaal 7			
Materiaal 8			

Maak op het einde een besluit: welk materiaal is het sterkste? Is dit wat je verwacht had?

Klasexperiment: Eindontwerp en test

Om het uiteindelijke ruimtepak te maken voor de ballonastronaut mogen de kinderen maximum 3 materialen uitkiezen. Hoe lager het gewicht, hoe beter. Vergeet hen niet te vertellen dat een echt ruimtepak veel meer functies heeft, en dat de realiteit dus heel wat ingewikkelder is dan onze oefening. De ruimtepakken die gebruikt werden om op de Maan te lopen (Apollo missies) hadden 14 lagen !

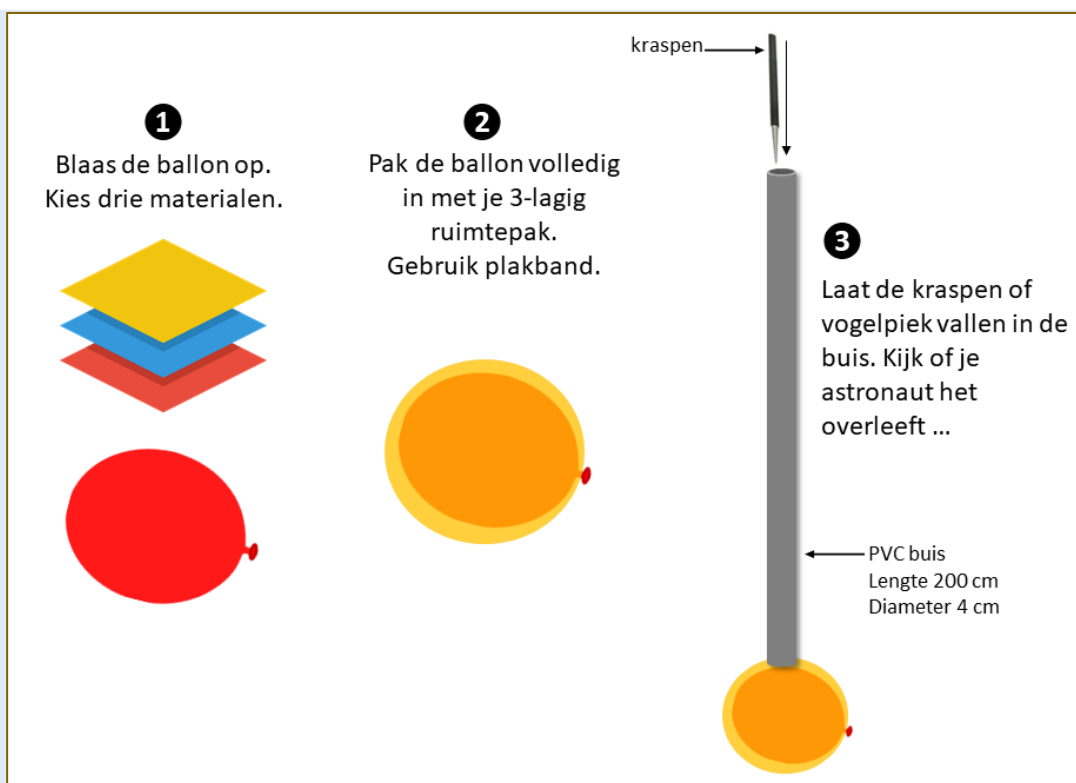
Dit is de werkwijze:

- Kies drie materialen die je wilt gebruiken voor het ruimtepak. Je keuze kan je baseren op de testen die je daarjuist gedaan hebt. Als je twijfelt tussen twee materialen, kies dan voor het lichtste.
- Pak je ballonastronaut in. Zorg ervoor dat de ballon volledig omgeven is door de drie lagen.
- Zet de lange PVC buis bovenop de ballonastronaut. Laat dan de kraspen of vogelpiek pijltje vallen in de buis zodat de scherpe voorkant op je ruimtepak valt.

Als je astronaut deze invallende micrometeoriet overleeft: proficiat.

Zo niet: probeer een beter pak te ontwerpen.

Kijk voor alle positief geteste pakken welke het lichtste is.



Test van het ruimtepak op een ballon astronaut. Merk op dat de ballon verpakt is in 3 lagen materiaal, samengehouden met plakband. De plakband zelf mag niet gebruikt worden als vierde laag. Let op dat er geen stukje plakband onder de PVC buis terecht komt.

Concept: ESERO NL. Afbeelding: ESERO BE.