

Belgium



UGENT  
VOLKSSTERRENWACHT  
ARMAND PIEN

# Op schoolreis naar de Maan

Lessenreeks 2<sup>de</sup> & 3<sup>de</sup> graad lager onderwijs  
Lerarengids



## DEEL 3 OPSTIJGEN EN LANDEN

- Onderzoek: wat doet zwaartekracht en hoe vallen voorwerpen? ●●●●●
- Reizen in de ruimte ondanks zwaartekracht: Waarvoor dient een raket? ●●●●
- Uitdaging: overleeft een astronaut een landing met jouw landingstoestel? ●●●●

## 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, en dit binnen hun lesopdracht. We doen dit op drie manieren: het aanbieden van **lesmateriaal** (online), **lerarenvormingen**, en **STEM projecten voor scholen**. Het aanbod is volledig gratis voor leraren in beroep en leraren in opleiding, en is bovendien afgestemd op de eindtermen in het onderwijs. Hedendaagse en inspirerende ruimtevaartmissies vormen de context rond diverse schoolvakken.

[WWW.ESERO.BE](http://WWW.ESERO.BE)

Nationale coördinator



**KU LEUVEN**

Vlaamse coördinator




UGENT  
VOLKSSTERRENWACHT  
ARMAND PIEN

Frans- en Duitstalige coördinator



**ULB**  
La Sclentothèque

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 3 – Opstijgen en Landen

### *Handleiding voor leraren*

## Kenmerken

**Doelgroep** Leraren tweede en derde graad lager onderwijs.

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

**Hoeveel lestijden?** Bij volledige uitvoering (alle delen): ± 14 lessen.  
Bij gedeeltelijke uitvoering: je kiest één of enkele lessen uit.

**Benodigheden**

- Een standaard klaslokaal
- Huis-, tuin- en keukenmateriaal
- Extra's: in detail aangegeven per les

**Wat de leerlingen leren**

- Kennis over het Zonnestelsel, planeten en manen
- Kennis over de planeet Aarde en de atmosfeer
- Kennis over lucht, luchtdruk en het broeikaseffect
- Water als ijs, vloeistof en damp
- Kenmerken van zuurstof, CO<sub>2</sub> 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 op te stellen rond 2030. Daarnaast verwachten we 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 op te lossen via onderzoekend leren. Hiervoor worden klasexperimentjes en -oefeningen aangeboden in elke les. Zo leert je klas over diverse onderwerpen die ook van belang zijn voor ons leven op Aarde.

# Colofon

**Eerste uitgave** Oktober 2018

**Tweede uitgave** Mei 2019

**Derde uitgave** December 2021

**Vierde uitgave** Maart 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 meest recente versie van de cursus kan je downloaden op [www.esero.be](http://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.

**Astropolis Oostende** In 2019 werd een eerste werkversie gemaakt van een Android app die de kinderen doorheen deze lessen te loodst. Dit werd gerealiseerd via een samenwerking tussen UGent Volkssterrenwacht Armand Pien en AP Hogeschool Antwerpen met een Europees studententeam. Astropolis en ESERO BE werken samen aan een publiceerbare versie van de app.

**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](http://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 toegang te krijgen tot kwalitatiever lesmateriaal.

**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 wordt gepubliceerd in onze cursus als extra illustratie, met naamsvermelding. Let wel: alle personen in beeld dienen hun toestemming te hebben gegeven om te publiceren.

# Op schoolreis naar de Maan:

## Publicaties

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

## Inhoud DEEL 3

|          |                                                 |    |
|----------|-------------------------------------------------|----|
| <b>1</b> | <b>ONSNAPPEN VAN DE AARDE</b> .....             | 6  |
|          | Hoe valt iets op Aarde? .....                   | 6  |
|          | Vallen in het groot .....                       | 13 |
|          | Waarvoor dient een raket? .....                 | 15 |
| <b>2</b> | <b>VEILIG LANDEN</b> .....                      | 25 |
|          | Inleiding .....                                 | 25 |
|          | Uitdaging: organiseer een veilige landing ..... | 26 |

# 1 ONSNAPPEN VAN DE AARDE

## Hoe valt iets op Aarde?

Je bent het gewoon op Aarde: als je iets naar beneden laat vallen, dan gaat het steeds sneller naar de grond. Het voorwerp valt in een rechte lijn naar beneden. Als je iets recht voor je uit gooit, daarentegen, dan valt het in een boogje: een beetje vooruit, en tegelijk ook weer steeds sneller naar beneden.

Misschien verwacht je het niet, maar in die ervaring zit alle kennis die je nodig hebt om bewegingen in de ruimte te begrijpen. En dan bedoelen we: bewegingen van planeten, manen, én ruimteschepen of satellieten. We zullen deze dagelijkse ervaringen over valbewegingen beter leren kennen in het volgende klasexperiment: “de valbeweging testen”.

### KLASEXPERIMENT: DE VALBEWEGING TESTEN

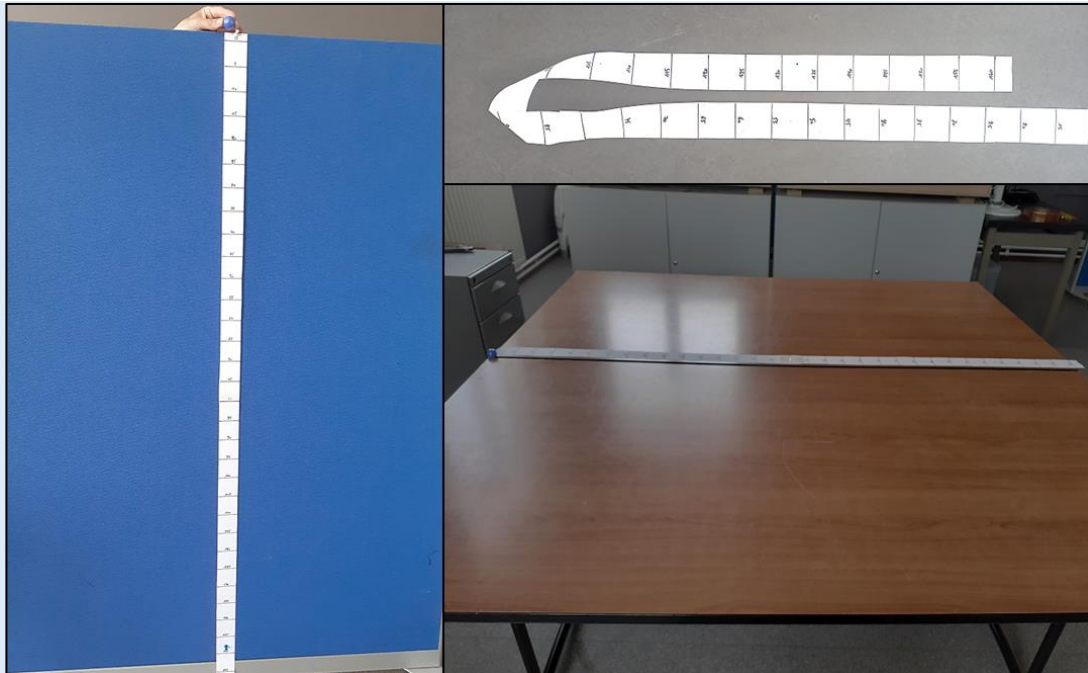
#### Klasoefening: samenvatting

Op een hellend vlak en een plat vlak kunnen we testen hoe een knikker beweegt. Eerst testen we de horizontale en verticale bewegingen apart, daarna gecombineerd. Het is zeer eenvoudig te begrijpen. Het besluit zullen we nodig hebben in het volgende hoofdstuk.

#### Klasoefening: opstelling

##### VERTICALE VALBEWEGING

- Kies een plek uit tegen een muur waar je een knikker zonder hindernissen van 2 meter hoogte kan laten vallen.
- Neem een papierstrook van 2 meter en zet om de 5 cm een dikke zwarte streep.
- Zet een camera (fototoestel, smartphone, tablet) op een statief. Bij het filmen mag de camera zeker niet bewegen omdat dit het effect kan tenietdoen. Zorg dat de camera een scherp beeld heeft van zowel het vallende voorwerp langs de muur als van de 2 meter lange meetlat. Bij het gebruik van een smartphone of tablet is het belangrijk om de camera aan de achterkant te gebruiken en niet die aan de voorkant (betere kwaliteit).
- Bij het filmen van het vallende voorwerp, laat je best de camera reeds enkele tellen lopen alvorens je het voorwerp loslaat en eveneens enkele tellen nadat het voorwerp de grond heeft geraakt. Zo heb je zeker alles in beeld gebracht.



*Opstelling voor verticale en horizontale valbeweging, en het papieren lint van 160 cm (foto ESERO Belgium).*

#### HORIZONTALAAL BEWEGING

- Neem een knikker met een diameter van 4cm. Die is vrij zwaar en mooi egaal rond.
- Voor de horizontale beweging is het belangrijk dat de knikker een rechte baan kan volgen zonder helling. Dit kan je verzekeren door de knikker in een gleufje te laten rollen. Je kan hierbij een u-profiel gebruiken die tussen de 1 en 3 cm breed is. Is het u-profiel even breed of breder dan de knikker, dan verkrijg je te veel wrijving of een minder rechte baan.
- Het is ook mogelijk om een gleufje te maken door twee tafels in de lengte tegen elkaar te zetten. Beide tafels dienen dan heel correct parallel te staan en overal de ideale afstand (2 cm) van elkaar.
- Leg de 2 meter lange meetlat uit de vorige oefening juist naast de gleuf, eventueel mooi plat bevestigd met plakband.
- Je gaat terug met een camera de baan van de knikker vastleggen. Let opnieuw op dat het beeld mooi stil kan staan. Zet je camera dus terug op statief langs de zijkant van de opstelling en ver genoeg, zodat de hele baan in beeld is.

#### HORIZONTALAAL EN VERTICAAL GECOMBINEERD

- Neem een knikker met een diameter van 4cm.
- Meng verf met een beetje water in een potje.
- Zet een grote tafel langs de lange zijde naar omhoog. Doe dit door 2 poten van de tafel te laten rusten op bijvoorbeeld 2 gelijke krukjes, boeken, houten blokken, ...
- Bedek het oppervlak van de tafel volledig met wit papier. Er mogen geen naden op het papiervlak voorkomen die de val/rol-beweging kunnen afremmen. Dit kan je doen door een wit papieren tafellaken (goed gestrekt) te gebruiken, enkele A3 bladen aan elkaar te kleven zonder naad, de achterkant van een grote poster te gebruiken, ...

- Bevestig een houten lat (15cm lang) 5cm lager dan de bovenzijde van de tafel. Dit dient als 'startblok' van de knikker. (Op de foto hieronder is dit een zwart plastic rechthoekje).
- Dompel de knikker onder in de verf zodat er een egaal laagje verf over de knikker hangt.
- Leg de knikker op de rand van zijn 'startblok'.
- Geef met je vinger een tik tegen de knikker.
- Kijk welke baan de knikker aflegt op het hellende vlak.







*Opstelling voor gecombineerde valbeweging.  
Foto ESERO Belgium.*

### **Klasoefening: uitvoering**

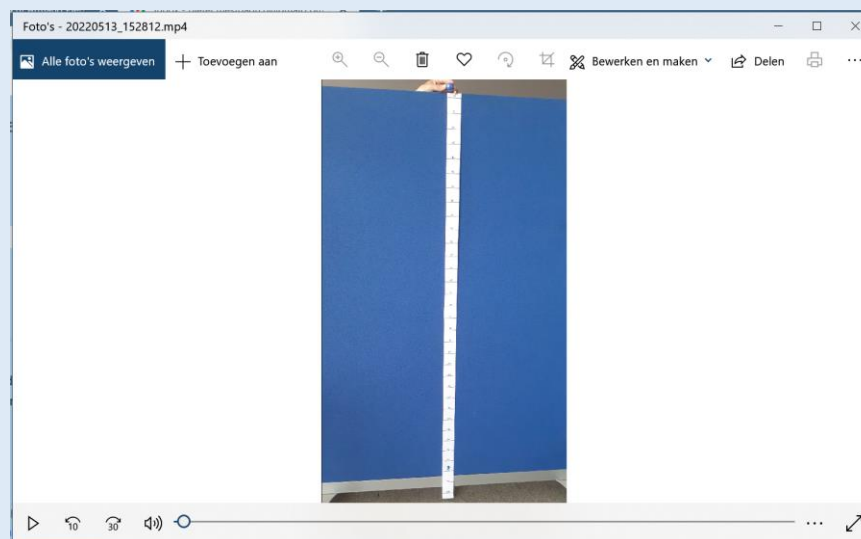
Verdeel de kinderen in groepjes, en laat elke groepje onderstaande reeks van testen uitvoeren. Bij elke test worden enkele vragen gegeven om te beantwoorden.

#### **Experiment STAP 1 : test van horizontale en verticale valbeweging**

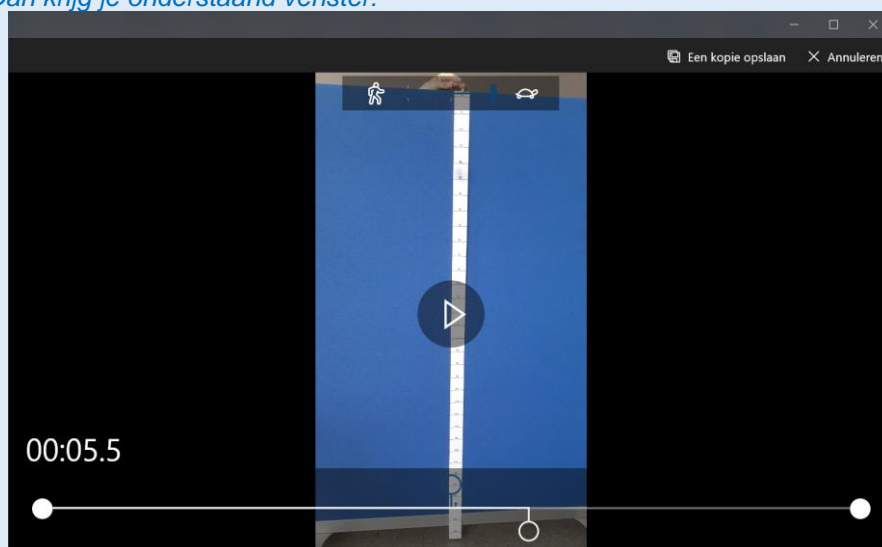
##### **VERTICAAL (Uitvoering)**

- Voor dit experiment heb je 2 kinderen nodig. Eén kind A houdt het vallend voorwerp vast. Kind (B) filmt het gebeuren.
- Kind A gaat het voorwerp bovenaan de 2m lange meetlat houden.
- Kind B zorgt ervoor dat de camera scherp staat op zowel het voorwerp als de meetlat en dat de gehele meetlat in beeld staat. De camera mag heel de tijd niet bewegen.
- Kind B zet de camera aan en telt 3 tellen af.

- Kind A laat op de laatste tel het voorwerp los zodat het voorwerp langs de meetlat valt.
- Kind B filmt nog 3 tellen nadat het voorwerp op de grond is gevallen.
- De kinderen laden het filmpje op de computer en openen dit met de “photos” app die standaard in Windows beschikbaar is: zie afbeeldingen hieronder.
- In deze app kunnen de kinderen de video frame per frame bekijken via “bewerken en maken” > “Slomo toevoegen”..
- De kinderen schuiven frame per frame op en tellen de streepjes die het vallend voorwerp na elke frame heeft afgelegd. Ze zullen zien dat hoe dichterbij de grond is, hoe meer streepjes er zich tussen het vallend voorwerp bevinden.
- Conclusie: het voorwerp versnelt (want elke frame duurt even lang, maar de knikker valt elk frame een grotere afstand).



*Video van vallende knikker geopend in het venster van “photos” (Windows toepassing): Klik op de knop “bewerken en maken”, dan op “Slomo toevoegen”. Dan krijg je onderstaand venster:*



*Bewerkingsvenster waarin je de snelheid van de video kan aanpassen. Je kan hierin ook ‘slider’ (bolletje dat van links naar rechts beweegt wanneer de video afspeelt) stapje per stapje verschuiven, en zo dus de video frame per frame bekijken.*

### VERTICAAL (Discussie)

Een knikker naar beneden rollen of gewoon uit je hand naar beneden laten vallen zijn beiden goede testen om het effect van de zwaartekracht te testen.

- Welke snelheid heeft de knikker op het moment dat je hem loslaat?  
*Op het moment dat je de knikker loslaat, is de snelheid 0 km/u. Hij vertrekt vanuit stilstand.*
- Kijk goed naar het aantal streepjes tussen het voorwerp bij elke frame, wat kan je daarover zeggen?  
*Hoe langer het voorwerp valt, hoe meer streepjes er per frame afgelegd worden. Hoog boven de grond zijn er weinig streepjes gepasseerd per frame, verder naar de grond zijn er meer streepjes gepasseerd per frame.*
- Als je het aantal streepjes tussen de frames bekijkt, wat zou je dat kunnen zeggen over de snelheid van het voorwerp tijdens het vallen? Verandert de snelheid tijdens de val?  
*Hoe hoger op de meetlat, hoe minder streepjes gepasseerd worden. Het voorwerp heeft een minder hoge snelheid. Hoe lager op de meetlat, hoe meer streepjes gepasseerd worden. Het voorwerp heeft dus een steeds hogere snelheid.*

Dit is een belangrijk besluit in verband met zwaartekracht:

Zwaartekracht zorgt ervoor dat voorwerpen steeds sneller naar beneden vallen. Er is dus sprake van **versnelling**. Om het helemaal correct uit te drukken:

“ZWAARTEKRACHT DOET VOORWERPEN VERSNELLEN  
IN DE RICHTING VAN DE PLANEET”  
(eigenlijk naar het middelpunt van de planeet).

### HORIZONTAAL (Uitvoering)

- Maak een horizontale gleuf – smaller dan de breedte van de knikker - tussen 2 tafels die heel mooi parallel staan. Zorg dat er geen helling is.
- Leg de 2 meter lange meetlat (papierstrook) naast de gleuf.
- Leg de knikker in de gleuf aan begin van de meetlat.
- Laat opnieuw iemand de knikker filmen zoals hierboven.
- Geef een kort en krachtig duwtje tegen de knikker, zodat hij over de lat rolt. Duw hard genoeg, zodat er geen zichtbare vertraging te zien is over heel de gleuf, maar ook niet te hard, zodat filmen van de beweging mogelijk blijft.
- Laat de kinderen nadien terug naar de video kijken, frame per frame.

### HORIZONTAAL (Discussie)

- Wat veroorzaakt de beweging van de knikker? Speelt de zwaartekracht nu nog een rol bij de beweging van de knikker?  
*De knikker wordt 1 keer in beweging gebracht omdat we erop duwen, en nadien blijft hij verder in dezelfde richting bewegen zonder dat er nog bijgeduwd wordt. De zwaartekracht speelt hier geen rol, want er is geen helling.*
- Kijk goed naar het aantal streepjes dat er bij elk frame tussen het rollend voorwerp bevindt . Wat kan je daarover zeggen?  
*Het aantal streepjes dat het voorwerp passeert per blijft heel de tijd hetzelfde. De streepjes bij elke frame verminderd of vermeerdert niet.*

- Als je het aantal streepjes tussen de frames bekijkt, wat zou je dat kunnen zeggen over de snelheid van het voorwerp tijdens het rollen? Verandert de snelheid tijdens het rollen?  
*Vanaf dat de knikker in beweging komt tot het einde, blijven het aantal streepjes gepasseerd per frame hetzelfde. Je kan dus zeggen dat de snelheid van het horizontaal rollend voorwerp gelijk blijft. De snelheid is dus constant. Er is geen versnelling of vertraging.*

Uit de test met horizontale beweging kunnen we ook een **besluit** halen: Van zodra een voorwerp beweegt, zal het blijven bewegen. Er is hier geen vertraging of versnelling, de snelheid blijft constant.

*(info voor de leerkracht: Eigenlijk is er een kleine vertraging omdat de knikker afgeremd wordt door wrijving met de lucht en met de tafel of het profiel. Maar die wrijving is op die afstand zo klein, dat we het hier nauwelijks merken. Uiteindelijk gaat de knikker dus tot stilstand komen. Maar dit gegeven laten we op deze afstand dus even buiten beschouwing).*

### Experiment STAP 2: horizontaal en verticaal gecombineerd

- Rol de knikker in alle richtingen in natte verf. Neem een kleur verf die duidelijk zichtbaar is op het wit papier.
- Leg de knikker op het uiteinde van de lat.
- Laat de knikker met een duwtje vertrekken in de bovenhoek, en kijk welke beweging we zien.
- Doe dit opnieuw, maar nu met een grotere duw (horizontale beweging is nu sneller). Kijk opnieuw naar de vorm van de valbeweging.
- En daarna nog eens hetzelfde, maar met nóg grotere duw.
- Varieer met horizontale snelheden.

### DISCUSSIE STAP 2 : horizontaal en verticaal gecombineerd

- Welke vorm hebben al deze valbewegingen?  
*De valbeweging heeft de vorm van een boog.*
- Denk aan de vorige test met verticale en horizontale beweging. Hoe ontstaat deze vorm dan?  
*De knikker gaat naar beneden toe steeds sneller. Naar rechts blijft hij heel de tijd bewegen met dezelfde snelheid. Als we deze twee bewegingen tegelijk uitvoeren, dan ontstaat er een boog.*
- Probeer in je eigen woorden te zeggen wat er gebeurt wanneer je de knikker een steeds grotere duw geef bij vertrek.  
*De boog wordt iedere keer groter wanneer we de knikker een hardere duw geven, maar de vorm blijft wel altijd een boog.  
 De versnelling naar beneden is altijd dezelfde, bij elke test. Maar de snelheid naar rechts is iedere keer groter. Daarom wordt de boog steeds groter naar rechts, maar de knikker komt wel altijd even snel onderaan de testplaat.*

## Vallen in het groot

Wat we in vorig experiment gedaan hebben, kunnen we ook 'in het groot' gaan doen in plaats van op ene tafel. We gaan daarvoor naar buiten.

### KLASEXPERIMENT: VALBEWEGING IN HET GROOT

#### Valbeweging testen met een bal

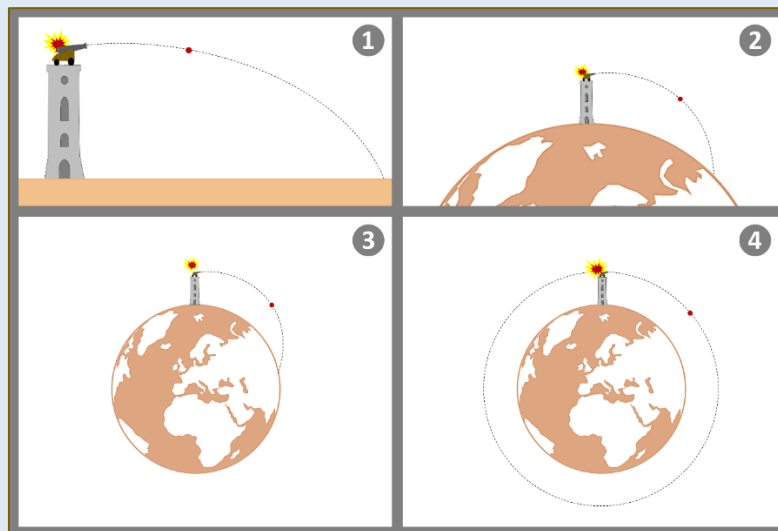
We weten nu dat voorwerpen altijd in een boog vallen als we ze laten vertrekken met horizontale snelheid. Dit is ook zo wanneer de valbeweging veel groter is dan op onze testplaat.

- Ga samen naar buiten, en neem een bal mee. Ideaal is de grootte van een tennisbal.
- Vraag een kind om buiten een balletje recht voor zich uit te gooien, en laat iedereen meekijken naar de vorm van die valbeweging.

#### DISCUSSIE: valbeweging met een bal

- Wat is de vorm van deze valbeweging? Hoe verandert de vorm als het kind de bal nog harder gaat gooien?  
*De bal die we voor ons uit gooien valt opnieuw in een boog. Als we nog harder gooien, blijft het een valbeweging in een boog, maar nu is de boog nog groter.*
- Hoe zouden we de valboog nóg groter kunnen maken?  
*Om de valboog nog groter te maken zijn er twee mogelijkheden: we gaan nog harder voor ons uit gooien, of we gaan heel hoog gaan staan (bijvoorbeeld op de eerste verdieping van de school), en gooien de bal dan voor ons uit.*
- Wat zou er gebeuren als de valboog zo groot wordt als de Aarde waar we op staan?  
*Door steeds hoger te staan en steeds harder te gooien, gaat de valboog extreem groot worden. Om heel hard te gooien, gaan we een denkbeeldig kanon gebruiken. We bekijken de tekeningen hieronder om te begrijpen wat er dan zou gebeuren.*

## GEDACHTENEXPERIMENT



We 'gooien' een bal steeds harder voor ons uit, dus de horizontale snelheid is iedere keer groter. Om de kracht te vergroten, gaan we bovenop een toren staan. In alle vier de tekeningen hierboven valt de bal in een boog terug naar de Aarde. Alleen is bij tekening 4 de boog zo groot geworden, dat de bal voor eeuwig blijft vallen. De bal valt (versnelt) nog steeds naar de Aarde, maar omdat de horizontale snelheid zo hoog is, valt hij er iedere keer net voorbij. Deze beweging – waarbij de valboog even groot is als de planeet zelf – is ook de beweging van een echte satelliet. De horizontale snelheid is dan bijvoorbeeld 28.000 km/u.

## BESLUIT

- Een voorwerp zonder beginsnelheid beweegt steeds sneller in de richting van de planeet (= 'valt naar beneden').
- Als een voorwerp horizontale snelheid heeft, dan valt het in een boog naar de planeet.
- Die boog wordt steeds groter als de horizontale snelheid groter is, en als de val van een hoger punt begint.
- Die boog kan zo groot worden dat het voorwerp voor eeuwig naar de planeet valt, omdat het voorwerp iedere keer net voorbij de planeet valt. Dan blijft het rond die planeet draaien als een satelliet, zonder dat er nog een motor nodig is.

Net zoals ruimtevaartsatellieten, draait ook onze Maan van nature rond de Aarde. De Maan valt dus eigenlijk voortdurend naar de Aarde, maar door haar horizontale snelheid, kan ze nooit tegen de Aarde vallen.

Op dezelfde manier valt de Aarde voortdurend naar de Zon. We hebben met de Aarde genoeg horizontale snelheid (ten opzichte van de Zon), dus we vallen er nooit tegen. Gelukkig maar.

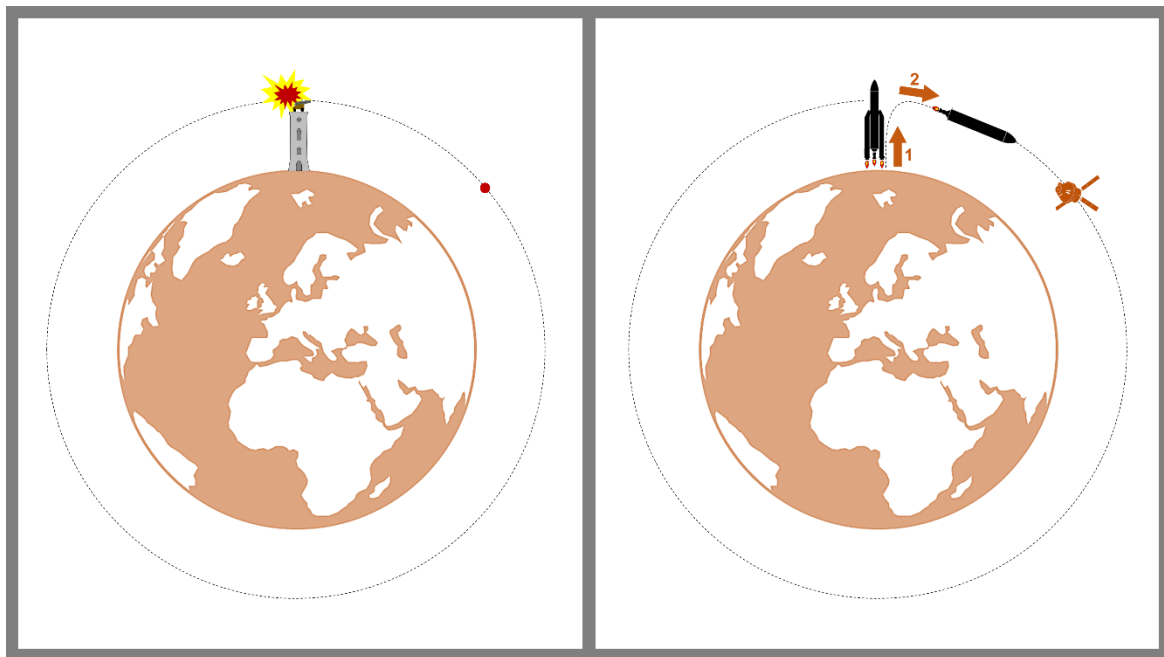
Op dezelfde manier bewegen eigenlijk alle sterren, planeten, manen, kometen, enz. in het volledige heelal.

Het besluit hierboven laat ons dus toe om het heelal te begrijpen, en meteen ook om de functie van een raket te begrijpen (zie hieronder).

## Waarvoor dient een raket?

### Baan rond de Aarde

Een raket gebruik je om in de ruimte te geraken. Als we bijvoorbeeld astronauten naar de ruimte sturen, dan doen we dat op dezelfde manier als de kanonbal uit het gedachtenexperiment hierboven. Bij de kanonbal gingen we daarvoor eerst op een hoge toren staan, en vervolgens gaven we de kanonbal een grote horizontale snelheid door hem met veel kracht af te schieten. Zo werd de valboog groot genoeg om voor eeuwig 'net voorbij' de Aarde te blijven vallen.



*Als we een kanonbal op een heel hoge toren met veel kracht afschieten, dan stopt hij nooit meer met vallen. De valboog is zo groot geworden dat hij steeds voorbij de Aarde blijft vallen. Op dezelfde manier brengen we een satelliet in een baan rond de Aarde. De toren wordt vervangen door een verticaal omhoog vliegende raket (1). Wanneer de raket hoog genoeg is, draaien we haar richting van verticaal naar horizontaal. Daarna versnellen we de raketmotor nog meer (2). Net zoals bij de kanonbal is de horizontale snelheid bij de satelliet dan groot genoeg om voor eeuwig net voorbij de Aarde te vallen.*

Met een raket doen we precies hetzelfde: we gaan de ruimtesonde eerst op grote hoogte brengen – boven de luchtlaag op Aarde – net zoals onze hoge toren. Dit doen we door de raket verticaal naar omhoog te laten versnellen. Als we boven de luchtlaag (atmosfeer) zijn, dan draaien we de raket opzij, en versnellen we nog meer in horizontale richting. Deze horizontale versnelling is vergelijkbaar met het afschieten van de kanonbal om zo een heel grote valboog te maken.

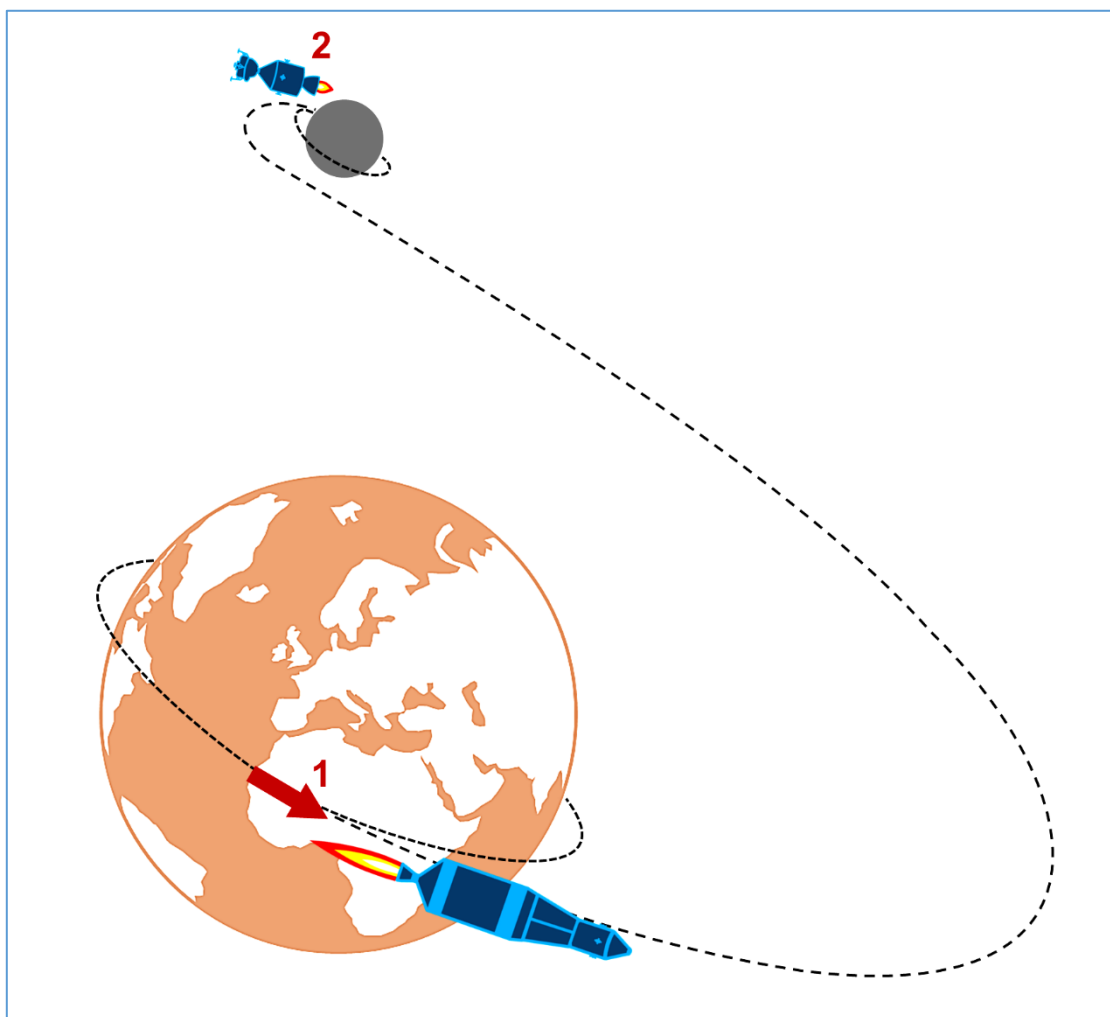
Wanneer de satelliet in een baan om de Aarde gelanceerd is, is de brandstof uit de raket helemaal opgebruikt. De leeggebrande delen van de raket worden afgeworpen. Van zodra de satelliet in een grote boog rond de aarde blijft vallen, is er geen motor en brandstof meer nodig. De snelheid van de vallende satelliet blijft nu voor altijd dezelfde. De satelliet wordt niet afgeremd door de lucht, want hij valt in de luchtledige ruimte boven de atmosfeer.

**De raket fungeert dus alleen om de satelliet in een baan rond de Aarde te krijgen.**

Daarna is de raket opgebruikt en de lege delen vallen terug naar beneden.

### Doorreizen naar de maan

Hierboven werd uitgelegd hoe een raket een ruimtesonde rond de Aarde brengt. De Apollovluchten naar de Maan startten hun reis op deze manier: ze werden met een raket eerst in een baan om de Aarde gebracht. Echter, daarna waren nog niet alle rakettrappen (= onderdelen met elk een eigen motor en brandstof, die in de loop van de lancering worden losgekoppeld) opgebruikt. In hun baan rond de Aarde hadden ze nog een extra rakettrap over met brandstof. Wanneer deze laatste trap ook aangezet werd, vergrootte de valboog van de Apolloruimtesonde opnieuw (de horizontale snelheid is dan nog groter, dus de boog wordt ook groter). Die boog is dan zo groot dat men niet meer rond de Aarde blijft vallen, maar dat men van de Aarde ontsnapt richting de Maan.



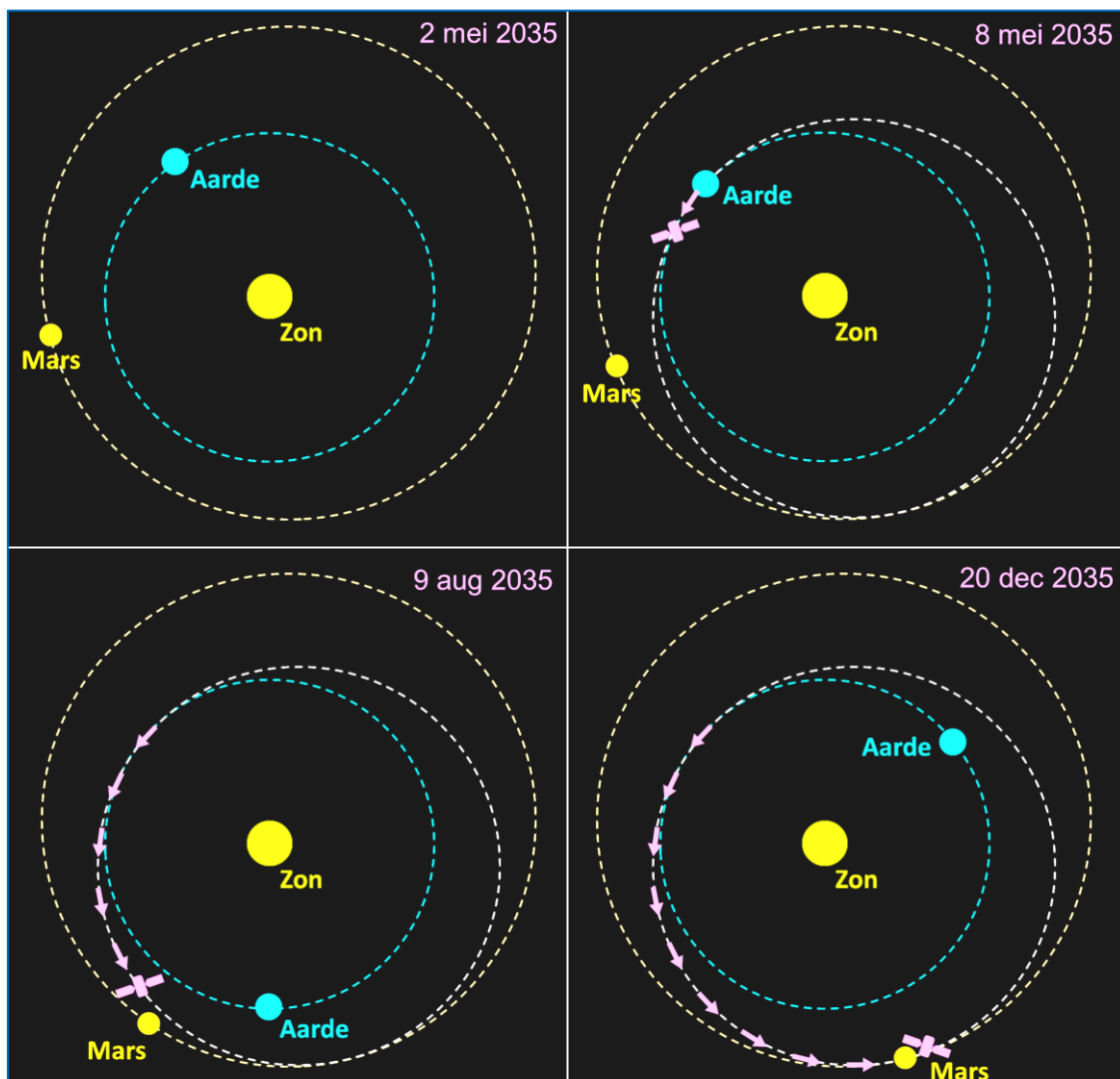
*Reis naar de Maan: nadat de Apollo ruimtesonde in een baan om de Aarde draaide, werd nog een extra rakettrap geactiveerd (1). Hierdoor vergrootte de valboog nog meer, zodat de sonde kon ontsnappen van de Aarde. Drie dagen later kwam de Apollo aan bij de Maan. Door in omgekeerde richting de Apollomotor te ontbranden, vertraagde het ruimtetuig (2). Daardoor verkleinde de valboog rond de Maan, zodat ze in een baan rond de Maan terecht kwamen.*



De Maan heeft ook zwaartekracht, hoewel deze minder sterk is dan op Aarde. Dus als de Apollo ruimtesonde de Maan naderde, dan begon het ruimtetuig te vallen naar de Maan. Ook hier moest men dan weer de ideale horizontale snelheid hebben om net rond de Maan te vallen. Ging de ruimtesonde te traag, dan zou hij op de Maan zijn gevallen (wat nadien wel gedaan werd voor de landing zelf). Ging de ruimtesonde te snel, dan zou hij voorbij de Maan gevlogen zijn, de diepe lege ruimte in.

### Reizen naar Mars

Naar Mars reizen is een veel moeilijker opdracht. We moeten een baan volgen die bij vertrek de snelheid van de Aarde zelf gebruikt, want anders is de versnelling die we nodig hebben richting Mars groter dan wat een hedendaagse raket kan leveren. Bovendien moeten we bij Mars aankomen met een snelheid en richting die ongeveer dezelfde is als de beweging van de planeet Mars zelf. Anders kost het te veel energie (brandstof) om af te remmen. Zulke baan bestaat, en deze heet de Hohmannbaan. De figuur hieronder toont hoe het werkt.



#### Reis naar Mars:

Beeld je in dat we vertrekken op 8 mei 2035. Op dat moment staan de planeten Aarde en Mars redelijk 'dicht' bij elkaar. We lanceren een ruimtetuig vanaf de Aarde, en geven het met een

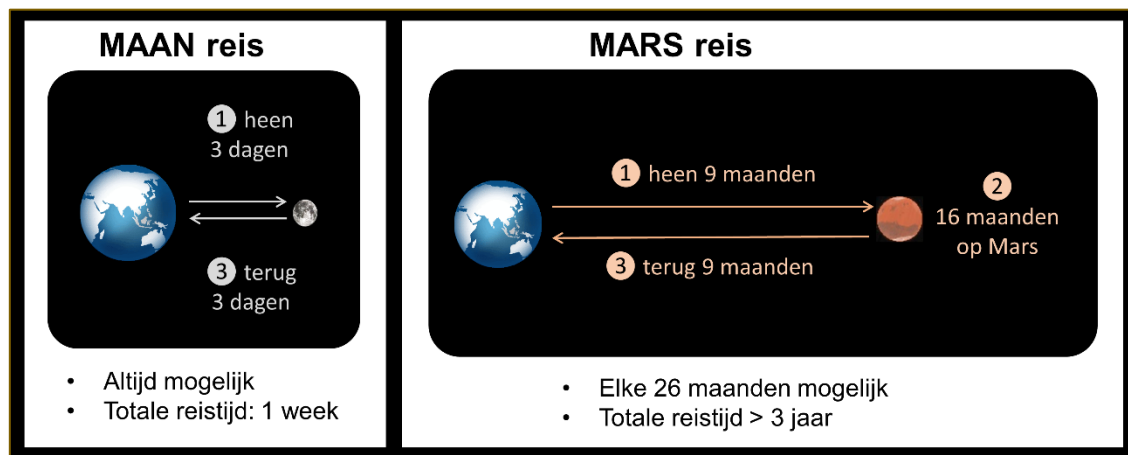
raketmotor wat extra snelheid. Het ruimtetuig zal dan, net zoals de Aarde, in een baan rond de Zon geraken. Het ruimtetuig is namelijk vertrokken vanaf een bewegende planeet, die zelf al rond de Zon draait: de Aarde. Echter, door wat extra snelheid is de baan van het ruimtetuig wel groter dan die van de Aarde. Deze baan noemen we een Hohmannbaan, wat hier wordt aangegeven in witte stippellijn.

Na ongeveer 7 maanden – op 20 december 2035 - is het ruimtetuig halfweg op zijn Hohmannbaan rond de Zon, en dus ook op het verste punt van de Zon. Dat verste punt raakt aan de baan van Mars. De datum werd zo berekend dat Mars op dat moment ook op die plek passeert. Onze ruimtesonde kan nu in de buurt van Mars komen, en naar die planeet toe beginnen vallen. Door voldoende af te remmen, zal het tuig dan in een baan rond Mars raken.

### Het tijdstip om te reizen

De Hohmannbaan naar Mars moet precies op het juiste moment gevolgd worden, want de planeet Mars moet op de juiste plaats zijn wanneer het ruimtetuig bij de Marsbaan komt. Dit traject kan daarom maar 1 keer om de 26 maanden gevolgd worden. Dat betekent dat mensen slechts om de twee jaar iets van de Aarde naar Mars kunnen sturen.

Omgekeerd geldt hetzelfde principe. Wanneer we van Mars naar de Aarde willen terugreizen, moeten we op het ideale moment vertrekken en de Hohmannbaan volgen. Enkel zo zullen we aankomen bij de aardbaan wanneer de planeet Aarde ook op die plaats aankomt. Daarom zullen toekomstige Marsreizigers op de planeet Mars maandenlang moeten wachten tot ze de terugreis naar huis kunnen ondernemen. Het gevolg is dat een totale Marsreis – heen en terug vanaf de Aarde – meer dan drie jaar duurt.



Een reis vanaf de Aarde naar Mars en terug duurt in totaal meer dan drie jaar. De astronauten zullen 16 maanden op de planeet moeten verblijven, want dan pas kunnen ze via de Hohmannbaan terugreizen, om op het juiste moment bij de Aarde aan te komen.

Dat een Marsreis meer dan drie jaar duurt, is momenteel een struikelblok. Tot hertoe zijn wetenschappers en ingenieurs er nog niet in geslaagd om zo lang astronauten te laten overleven in de ruimte. De uitdagingen zijn talrijk:

- Het voorzien van voldoende voedsel en water voor de volledige reis.
- Het voorzien van genoeg zuurstof en lucht, zodat er altijd voldoende luchtdruk is, zoals dat op Aarde het geval is.

- De bescherming van astronauten en materiaal tegen gevaarlijke (kosmische) straling gedurende meer dan 3 jaar.
- Gezondheidsproblemen die gekoppeld zijn aan langdurige gewichtloosheid of verminderde zwaartekracht.
- Als er iets mis gaat, is er geen mogelijkheid om terug naar huis te gaan of om wisselstukken na te sturen voor reparaties. Dit kan slechts 1 maal per 26 maanden

## KLASEXPERIMENT: WERKING VAN EEN RAKET

### Klasoefening: samenvatting

De leerlingen leren het principe van actie-reactie met behulp van een ballon en een skateboard.

### Klasoefening: opstelling

#### Benodigheden:

- Opblaas ballon
- Skateboard of bureaustoel op wielen

### Klasoefening: actie-reactie met ballon (zie video)

- Hoe werkt een raket nu eigenlijk? De werking van een raket kan je een beetje vergelijken met een ballon.

*Toon de ballon.*

- Hoe kunnen we ervoor zorgen dat de ballon begint te vliegen?  
[Je blaast de ballon op. Wanneer je het teutje van de ballon loslaat, kan de lucht eruit ontsnappen en gaat de ballon vliegen.](#)
- Laten we dat eens proberen.

*Blaas de ballon op.*

- Hoe moet ik de ballon vasthouden zodat die net zoals een raket naar boven vliegt?  
[Je moet het teutje van de ballon naar onderen houden.](#)

*Laat de ballon los.*

- Wie kan er met zijn eigen woorden uitleggen hoe het precies komt dat de ballon begint te vliegen?  
[\(...\)](#)
- Langs waar komt de lucht naar buiten?  
[Via het teutje.](#)
- In welke richting gaat de lucht uit het teutje?  
[Naar beneden.](#)
- Naar waar vliegt onze ballon?  
[Naar boven.](#)

- Dit noemen we in de fysica: de wet van actie-reactie.

### Klasoefening: actie-reactie met skateboard of rollende bureaustoel

- Ik had graag een vrijwilliger gehad.

*Duid een leerling aan die op het skateboard of op de bureaustoel gaat zitten.*

- Wat bedoel ik met actie-reactie... Dit ga ik demonsteren met mijn assistent.
- Stel dat jij naar de andere kant van de ruimte wil rollen, maar je mag je voeten niet gebruiken. Wat zou je dan doen om je te verrollen?  
[Ik zou mij afduwen.](#)
- Op mijn teken mag je je afduwen, ik zou graag hebben dat de andere leerlingen kijken en zo goed mogelijk beschrijven welke handelingen je precies gedaan hebt.

*Tel af en laat de leerling zichzelf verrollen door zich af te duwen.*

- Laten we zijn handelingen eens bespreken. Wat heeft mijn assistent eerst gedaan?  
[Zijn handen tegen de muur geplaatst.](#)
- Wat heeft mijn assistent vervolgens gedaan.  
[Met zijn handen tegen de muur geduwd.](#)
- Dit was de actie.  
In welke richting duwde mijn assistent zijn handen?  
[In richting van de muur.](#)
- Wat is het gevolg van zijn actie?  
[Hij is weggerold.](#)
- In welke richting is hij weggerold?  
[Weg van de muur?](#)
- Is dat dezelfde richting als dat hij geduwd heeft?  
[Nee, dat is de tegenovergestelde richting.](#)
- Dat is de reactie. Bij deze is de actie-reactie wet uitgelegd.
- Wat zou mijn assistent kunnen doen om nog verder te rollen?  
[Zich nog harder afduwen tegen de muur.](#)
- Als we de wet van actie-reactie op onze ballon moeten toepassen, hoe werkt die dan?  
[De kracht van de ontsnappende lucht duwt de ballon in tegenovergestelde richting van de luchtstraal.](#)

### Klasoefening: Ballon vs. Raket (zie video)

- Ik ga de ballon nog eens laten vliegen. Wanneer ik de ballon loslaat, wil ik dat je goed kijkt naar 4 dingen. (1) Wat is de baan van de ballon? (2) Hoe hoog is de ballon gevlogen? (3) Hoe ver is de ballon gevlogen? (4) Hoe hard is de ballon gevlogen?

*Laat de ballon los.*

- Jullie hebben allemaal gezien hoe de ballon is gevlogen? Laten we mijn vragen beantwoorden. Vraag 1: Wat is de baan van de ballon?  
[De ballon ging alle kanten uit.](#)
- Hoe komt het dat de ballon geen rechte baan kan vliegen? Tip: uit welk materiaal is de ballon gemaakt.  
[De ballon is gemaakt latex/rubber. Dat is een slap materiaal.](#)
- Wat zou je kunnen veranderen aan de ballon zodat die niet zo slap is?  
[Je kan het van metaal maken.](#)
- Wat kan je mij vertellen over de vorm van de ballon?  
[Die is rond als die opgeblazen is.](#)

- Als we kijken naar vliegtuigen en raketten, welke vorm hebben die dan?  
Die zijn recht en gestroomlijnd. Ze hebben een scherpe punt om doorheen de lucht te klieven.
- Wat zou je nog kunnen veranderen aan de ballon om ervoor te zorgen dat die in een rechte baan vliegt?  
Het zou handig zijn dat we de raket kunnen besturen.
- Wat gebruiken de raketingenieurs om de raket te besturen?  
Vinnen (kinderen zullen zeggen vleugels).
- Laten we een antwoord zoeken op mijn tweede vraag. Vraag 2: is de ballon hoog gevlogen?  
Neen, de ballon is niet zo hoog gevlogen.
- Wat zouden we kunnen veranderen aan onze ballon zodat hij hoger zou vliegen?  
Een grotere ballon met meer lucht kan langer vliegen.
- Vraag 3: is de ballon ver gevlogen?  
Neen, de ballon is niet zo ver gevlogen.
- Wat zouden we kunnen veranderen aan de ballon dat die verder vliegt?  
Een grotere ballon met meer lucht kan langer en dus verder vliegen. Daarnaast zou het kunnen besturen van de raket ook beter zijn.
- Nu de laatste vraag, vraag 4: hoe hard is de ballon gevlogen? Is die hard genoeg gevlogen om de zwaartekracht te overwinnen?  
Neen.
- Wat zouden we kunnen veranderen aan onze ballon zodat die veel harder kan vliegen?  
Geen lucht maar een andere stof gebruiken.

## KLASEXPERIMENT: MAAK ZELF EEN RAKETJE

### Klasoefening: samenvatting

De leerlingen ontwerpen en bouwen zelf hun papieren raketje. Dit doen ze aan de hand van alle info die ze voordien geleerd hebben. Ze kunnen kiezen of ze hun raket groot of klein maken, zwaar of licht laten wegen, met of zonder vinnen ontwerpen en welke vorm de eventuele vinnen hebben.

Hun raketje schieten ze nadien af met een luchtdruk lanceersysteem. Welke raket schiet het verst?

### Klasoefening: opstelling (zie video)

#### Luchtdruk lanceersysteem

##### Benodigdheden:

- Grote plastic fles
- Flexibele buis van ongeveer 1 meter lang en diameter tussen 2 en 3 cm.

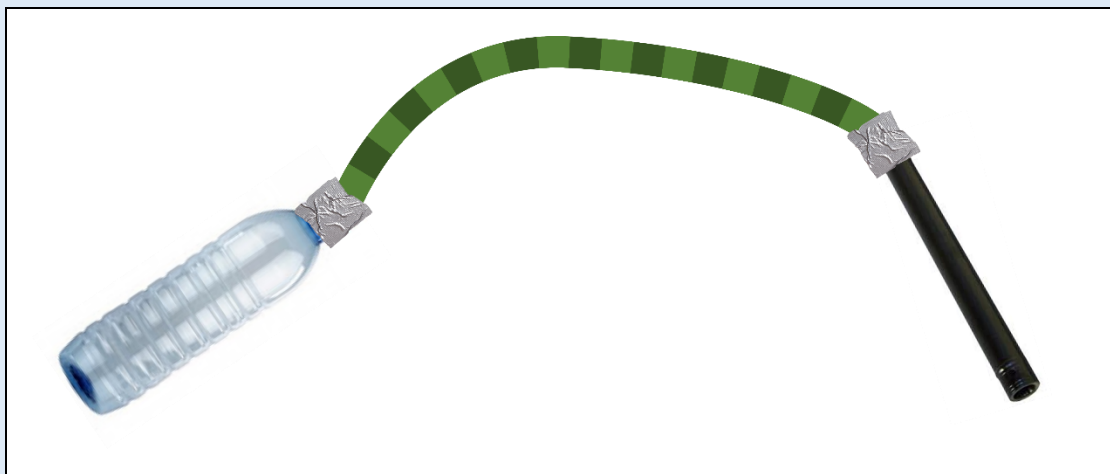
- Harde plastic buis van ongeveer 30cm lang en een diameter tussen 2 en 3 cm.
- Dikke plastic plakband



#### Opbouw lanceersysteem:

Stap 1: Maak de plastic fles vast aan de flexibele buis met behulp van de stevige plakband. Zorg dat de aansluiting luchtdicht is.

Stap 2: Maak de harde plastic buis vast aan de andere kant van de flexibele buis met kleefband. Zorg dat ook deze aansluiting luchtdicht is.



#### **Maken van raketjes**

##### Eenvoudig demo raketje maken:

- Papier
- Plakband
- Plasticine

**Stap 1:** Draai het papier stevig rond de harde buis van het lanceersysteem zodat er bij de lancering geen lucht langs de buis kan ontsnappen.

**Stap 2:** Kleef het papier vast, je hebt nu een buisje die perfect rond de harde buis van de lanceerinstallatie past.

**Stap 3:** kleef één uiteinde van de buis vast met plakband zodat er daardoor zeker geen lucht kan ontsnappen tijdens de lancering.

**Stap 4:** duw in het uiteinde van je raketje een bolletje plasticine zodat de neus van je raket wat extra gewicht heeft. Dit helpt je papieren raketje uit te balanceren.

Het raketje lanceer je zo

**Stap 1:** Plaats de papieren buis van je raket over de harde buis van je lanceerinstallatie.

**Stap 2:** Richt je raket naar de richting

#### Benodigdheden per knutseltafel

- Plakband
- A4-Papier (dit mag stevig zijn, kladpapier zijn, tekenpapier zijn, ...)
- Doosje paperclips
- Plasticine
- Scharen
- Potloden of stiften
- Tip: voorzie per tafel ook een stukje harde buis die gebruikt wordt voor de lanceerinstallatie. Zo weten de kinderen hoe breed hun raket moet zijn.

#### **Klasoefening: instructie (zie video)**

*Toon de leerlingen de lanceerinstallatie en je eigen raketje.*

- Ik heb hier een betere vorm van een raket. Zoals je kan zien is de vorm recht, heeft een beetje van een punt en is het bovendien gemaakt van wat steviger materiaal.

*Zwaai er eens mee voor je uit zodat ze goed het verschil zien met de slappe ballon.*

- Ik heb ook een betere manier om de raket met meer lucht te lanceren met een explosievere beweging. Dat is deze installatie. Hoe zou deze installatie werken, denk je, als je het hier zo ziet staan?

*Je moet je raketje over de buis schuiven, dan moet je heel hard op de fles stampen.*

*Door de plotse samendrukking van de lucht wordt het papieren raketje weggeschoten.*

- Kijk goed, we gaan samen aftellen.

*Tel af en stamp op de fles.*

- Is het raketje verder gevlogen?

*Ja.*

- Is het raketje hoger gevlogen?

*Ja.*

- Is het raketje recht gevlogen?

*Ja.*

#### **Klasoefening: eigen raketje maken**

- Nu is het aan jullie. Jullie gaan zelf een raketje maken dat nog beter is dan het mijne. Maar, jullie gaan ook een nuttige lading moeten meegeven met jullie raket. De nuttige lading die jullie gaan afvuren zijn paperclips. Het team dat zijn raket het verst en met de meeste paperclips kan afvuren, wint de wedstrijd. Je mag kiezen hoe je je raket vormgeeft. Ook de lengte van de raket en hoeveelheid raketdelen mag je zelf kiezen. Je mag kiezen hoe de vinnen van je raket eruitzien, hoeveel paperclips je meegeeft en waar je die paperclips dan plaatst op je raket. Je mag je

raketje zelf versieren met eigen verzonnen logo's. De basisopdracht blijft echter het belangrijkste en is simpel: zo veel mogelijk paperclips en zo ver mogelijk.

- Zoals je kan zien is al het materiaal dat je nodig hebt al verspreid over de tafels. Bij het materiaal ligt er ook een harde buis zoals die hier aan mijn installatie. Die ligt daar met een reden. Je hoofdruket moet perfect rondom die buis passen zodat de lucht niet kan ontsnappen langs de opening van je raket. Kijk even hoe dat bij mijn eenvoudig raketje eruitziet. Die past net over de harde buis van mijn lanceerinstallatie. Is je raket te los, dan gaat hij niet goed kunnen afvuren.
- Jullie zien ook plasticine op de tafel staan. Je gaat die gebruiken om de neus van je raketje wat te verzwaren. Dat zorgt ervoor dat je raketje beter recht kan vliegen. Let op hoeveel je ervan gebruikt. Gebruik je te veel, dan is je raket te zwaar. Gebruik je te weinig, dan gaat je raket alle kanten op.

*Spreek met de leerlingen af hoeveel tijd ze krijgen. Spreek met de leerlingen af wanneer je een eerste testlancering laat zodat ze hun ontwerp (indien nodig) nog kunnen aanpassen.*

## KLASEXPERIMENT: METHANOL RAKET

**Wil je het nog explosiever? Bekijk dan de video die we gemaakt hebben van de methanolraket!**

Leerlingen leren de werking van een raketmotor.

### **!!!GEVAAR!!!**

Methanol brandt zonder zichtbare vlammen. Doe het dus zelf niet in de klas.

### **Klasoefening: instructie**

- In de fles zit er lucht. In het dopje van de fles zit een gaatje. Kan dit vergelijken met het teutje van de ballon. De lucht kan enkel via dat gaatje ontsnappen.
- Om een raket nog sneller en heviger te laten opstijgen, kan je ook gebruik maken van brandstof.
- Wanneer je een beetje brandstof met de lucht mengt, kan de brandstof in de fles verdampen en zich verspreiden. Wanneer je dan een vlammetje aan het gaatje van het dopje houdt, gaat de verdampte brandstof in vlammen op, neemt die veel plaats in in de fles en kan het gas dat vrijkomt enkel via het gaatje ontsnappen.
- Bij een motor van een raket is dat net hetzelfde. De brandstof wordt gemengd met zuurstof, een vonkje wordt aangebracht en de raket stijgt op.

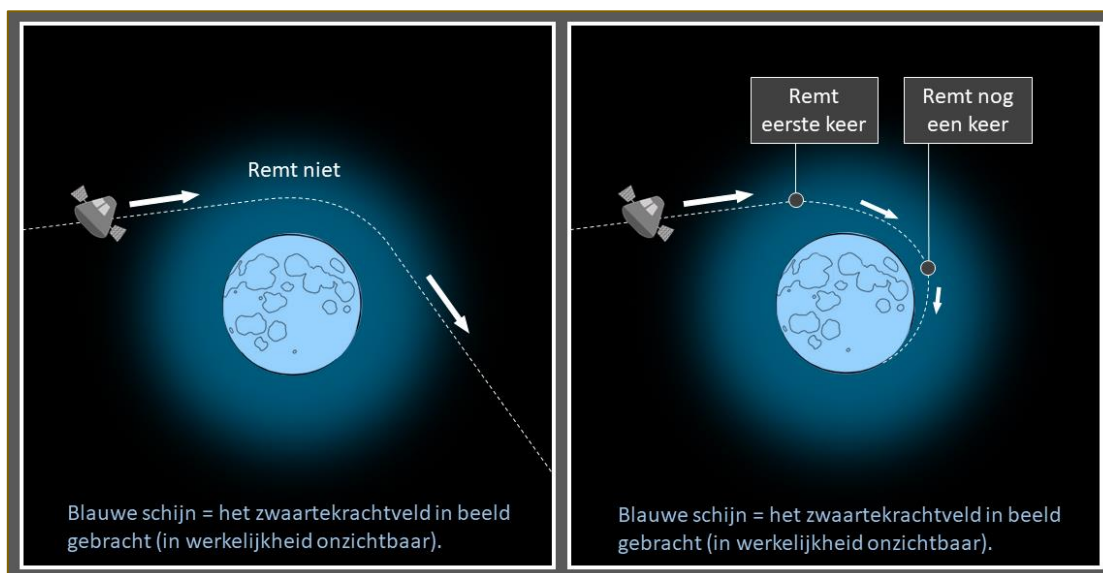


## 2 VEILIG LANDEN

### Inleiding

Wanneer een ruimteschip aankomt bij de Maan of Mars, dan heeft het een zeer hoge snelheid. Er zijn twee mogelijkheden:

1. Het remt niet af (of niet genoeg), dus het vliegt gewoon voorbij de maan of de planeet, en komt nooit meer terug.
2. Het remt genoeg af, dus het wordt gevangen in de zwaartekracht van de maan of de planeet. Met andere woorden: het ruimteschip begint te vallen richting het oppervlak. Hoe dit precies in zijn werk gaat, wordt uitgelegd in DEEL 7: Zwaartekracht.



*Ruimtevaarders moeten remmen als ze bij Maan aankomen, zodat ze naar de Maan beginnen te vallen om uiteindelijk te landen (rechts). Doen ze dit niet, dan zal het ruimteschip voorbij de Maan vliegen, zelfs als het door de zwaartekracht meer naar de Maan toe wordt getrokken (links). In het laatste geval zal de zwaartekracht van de Maan het traject van het ruimteschip alleen maar afbuigen en het daarbij extra snelheid meegeven. Afbeelding: ESERO Belgium.*

De eerste mogelijkheid (**niet remmen**) wordt soms in de ruimtevaart gebruikt om ruimtesondes meer snelheid te geven in de richting van een ander doel in het zonnestelsel. Deze techniek – de **zwaartekraftslinger** - komt verder aan bod (bij 'zwaartekracht').

Maar om de Maan of Mars te bezoeken gebruiken we de tweede mogelijkheid (**voldoende afremmen**) zodat we naar het oppervlak toe beginnen vallen. Dit is uiteraard gevaarlijk, want we hebben een hoge snelheid. Iedereen begrijpt dat een val tegen het oppervlak het ruimteschip kan vernietigen, waarbij de astronauten sterven. Maar hoe kunnen ze dan **veilig landen** wanneer ze richting Maan- of Marsoppervlak vallen?

## Uitdaging: organiseer een veilige landing

De kinderen gaan **landingstechnieken op Aarde** bedenken en uitproberen. De uitdaging is **een ei** naar beneden te gooien zonder dat het breekt. Om de val te vertragen gaan de kinderen iets maken met huis-, tuin-, en keukenmateriaal en hun eigen creativiteit.

Uiteindelijk gaan ze de schade aan het ei beschrijven en de gemiddelde snelheid van de landing berekenen. Daarna gaan ze in discussie over landingstechnieken op de Maan en op Mars.

### KLASEXPERIMENT: VEILIG LANDEN OP AARDE

#### Klasexperiment : Opstelling

Experiment materialen:

- Elk leerlingenteam moet minstens 1 ei hebben. Je kan ze eventueel elk 2 eieren geven (een tweede kans), maar zeker niet meer. Ruimtemissies zijn zeer duur en er is erg veel werk aan. Een echte ruimtevaart ingenieur krijgt normaal geen tweede kans...
- Zet een verzameling van knutselmaterialen op tafel in open bakken:
  - Vellen papier
  - Drinkrietjes
  - Kleine lunch zakjes
  - Saté stokjes
  - Touw
  - Plakband
  - Elastiekjes
  - Watten
  - Aluminium folie
  - Plasticine
  - Karton bekertjes
  - Ballonnen
  - ...
- Enkele werkmaterialen zijn ook nodig:
  - Scharen
  - Lijm
  - Potloden en meetlatten
  - Passers
  - Stopwatch: om het aantal seconden van de val te meten.
  - Kuismateriaal om de landingsvloer nadien op te kuisen.



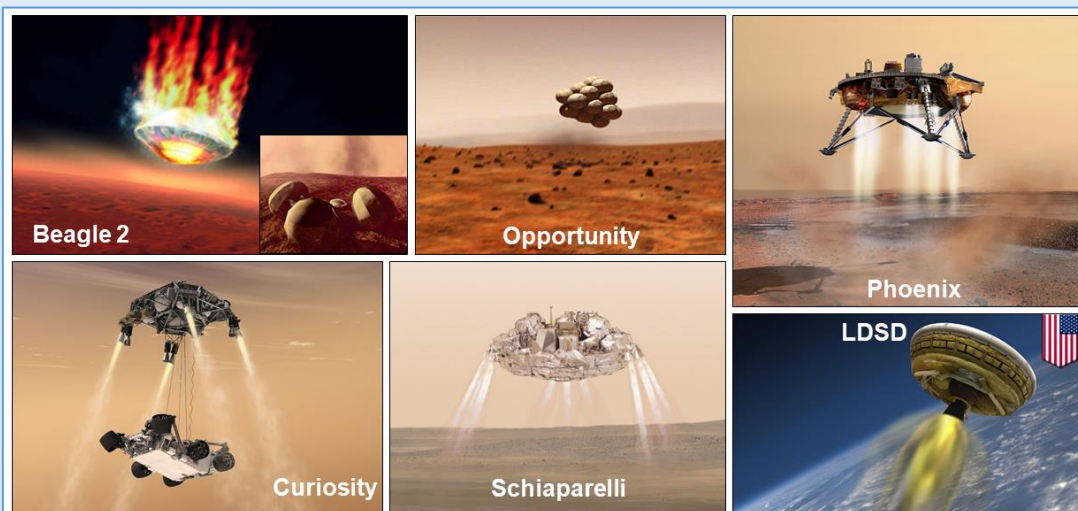
*Huis-, tuin- en keukenmaterialen die de kinderen kunnen gebruiken om een veilige landing te organiseren op Aarde.*

### Klasexperiment : Openingsgesprek

In de echte ruimtevaart zijn de landingen op de Maan en op Mars zeker niet altijd goed verlopen. Wist je dat in de geschiedenis van de ruimtevaart ongeveer de helft van alle Marsmissies mislukt is?

Enkele echt uitgevoerde landingen kunnen getoond worden aan de kinderen, om ze in te leiden en te inspireren. Uiteindelijk moeten de kinderen wel zelf hun eigen landingstechniek bedenken.

### Zachte landingen op Mars



De bovenstaande Marslanders vertraagden hun val in de ijle lucht van Mars. Dit deden ze met behulp van parachutes maar ook vertraagden de Marslanders door met een groot hitteschild tegen de lucht botsen, en zo door wrijving een beetje afremmen. Wanneer ze echter dichterbij de grond kwamen, waren er steeds extra remmingstechnieken nodig:

- **Curiosity:** luchtkraan met remraketten in de rand, waar de rover onder hangt. De luchtkraan koppelt los van de rover en vliegt alleen weg wanneer de rover de grond raakt.
- **Opportunity:** airbags (= luchtkussens).
- **Phoenix en Schiaparelli:** remraketten in de rand van het landingsplatform.
- **Low-Density Supersonic Decelerator (LDSD):** opblaasbare ring om 'groot te zijn' zodat er meer wrijving is met de lucht + centrale remraket.

De landingen van de Beagle 2 en Schiaparelli zijn mislukt. Al de andere in de afbeeldingen zijn geslaagde landingen.

### Zachte landingen op Aarde



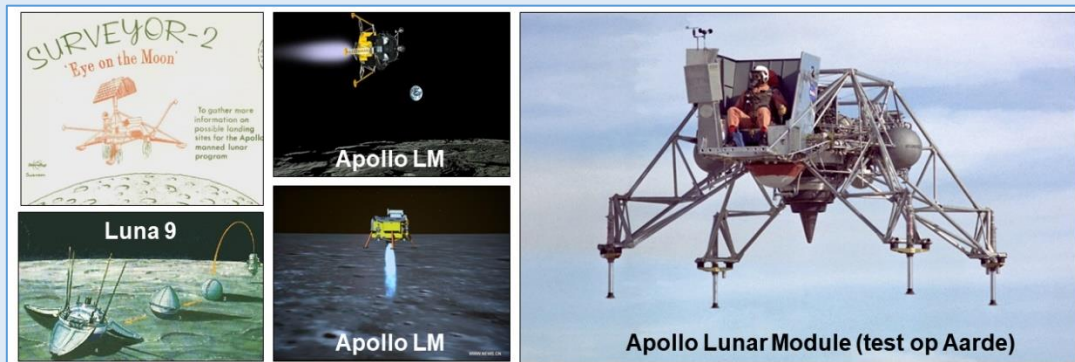
### Zachte landingen op Aarde

Al deze toestellen vertragen eerst door wrijving met de lucht wanneer ze de atmosfeer van de Aarde binnen komen. Ze botsen als het ware tegen de lucht, zoals een duiker tegen het water botst wanneer die in het zwembad springt. Vervolgens gebruiken ze deze technieken om verder te vertragen:

- **Genesis:** Het ruimteschip en zijn parachute moesten opgepikt worden door een helikopter voordat het de grond raakte. Maar eigenlijk zijn de parachutes kapot gescheurd en het ruimteschip is neergestort in de woestijn.
- **Space Shuttle:** De Shuttle gleed horizontaal op de lucht met zijn vleugels, net zoals een vliegtuig. Eenmaal op de grond gooit het een parachute uit, zodat het toestel kan vertragen.

- **Soyuz:** meerdere parachutes worden open geplooid tijdens de afdaling. Een kleine ontploffing vindt plaats onderaan het toestel wanneer het dicht bij de grond is. Zo wordt de val een beetje gebroken (de ontploffing remt een beetje af zoals een remraket).
- **Falcon 9:** De eerste trap van de Falcon 9 raket komt terug naar de Aarde na de lancering, en gaat verticaal landen met krachtige remraketten.

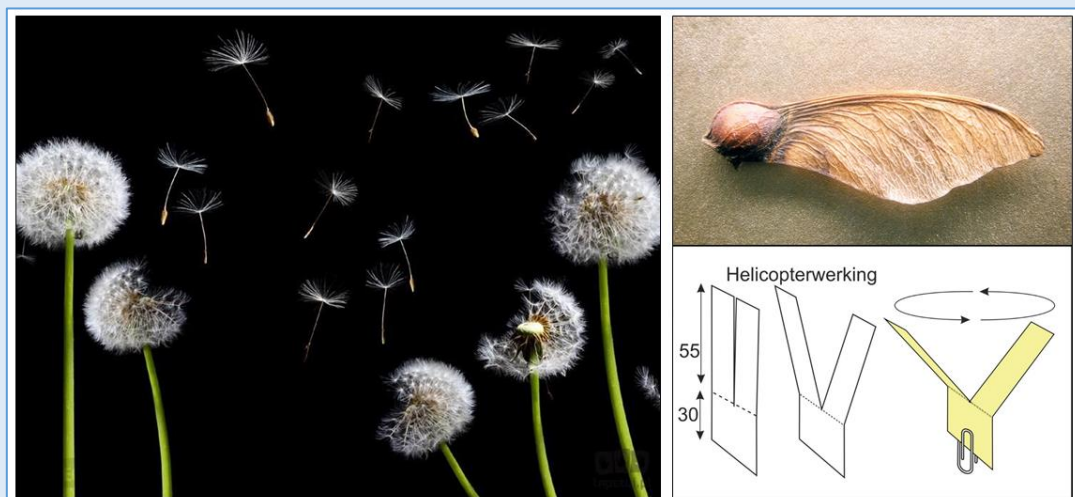
### Zachte landingen op de Maan



Alle zachte landingen op de Maan zijn uitgevoerd met remraketten. Dikwijls worden deze remraketten uitgeschakeld wanneer het ruimtetuig ongeveer 2 of 3 meter boven de grond is, en het tuig landt uiteindelijk met een kleine vrije val. Andere technieken zijn op de Maan niet mogelijk, want er is geen lucht. De pootjes onder de landers zijn dikwijls een beetje verend, zodat de schok bij de landing zelf nog wat afgeremd wordt.

### Inspiratie uit de natuur op Aarde

Ook in de natuur kan inspiratie gevonden worden in verband met parachutes of vleugelachtige structuren:



Planten hebben verschillende strategieën om lang genoeg in de lucht te blijven, en dus hun val te vertragen.

Links: een soort Paardenbloem (*Taraxacum*) die zijn parachute vruchtjes verspreidt.

Rechts: vrucht van een Esdoorn (*Acer pseudoplatanum*). De val wordt geremd door een ronddraaiende vleugel.

De tekening van een papiermodel van een esdoornvrucht komt van de pagina [www.startpagina.nl](http://www.startpagina.nl), gepost door een gebruiker.

Maar net zoals in de natuur kan het landingstoestel van de kinderen ook door de wind weggeblazen worden (als je de testen buiten doet). Op die manier kunnen ze ver van de bedoelde plaats landen. Iets om rekening mee te houden dus!

### Klasexperiment : inleidend gesprek

Bespreek eerst enkele basisprincipes. Hieronder vind je een lijst van vragen die je de leerlingen kan voorleggen, zodat het inleidingsgesprek een beetje structuur krijgt. Vermijd het zelf beantwoorden van de vragen. Probeer de antwoorden uit de leerlingen te halen door steeds verder de vraag te specificeren en hen een duwtje in de goede richting te geven.

Je kan bruikbare delen van de antwoorden van de kinderen op bord schrijven. Na de discussie kunnen de kinderen hun uitdaging aangaan terwijl de nuttige antwoorden uit het gesprek zichtbaar blijven op het bord.

- Laat een gom vallen op je tafel. Waarom valt de gom eigenlijk?  
*De Aarde is een zware planeet, en heeft daarom veel zwaartekracht. Daarom worden alle voorwerpen naar de planeet getrokken wanneer ze dicht genoeg in de buurt komen. Alle voorwerpen bewegen steeds sneller en sneller naar de Aarde tijdens hun val. Dit noemt men de "valversnelling".*
- Wat als we de gom laten vallen op Mars of op de Maan? Wat gebeurt er dan?  
*De planeet Mars is minder zwaar dan de Aarde (= heeft een kleinere massa). De Maan is zelfs nog minder zwaar. Ze hebben allebei dus minder zwaartekracht. Dus voorwerpen vallen daar minder snel, ze worden minder versneld naar de planeet toe. Dus de valversnelling is kleiner. Zwaartekracht van Mars: 38 % van de Aardse zwaartekracht (ongeveer 4/10). Zwaartekracht van de Maan: 16 % van de Aardse zwaartekracht (ongeveer 1/6).*
- Een ei op Aarde weegt ongeveer 50 gram. Hoeveel weegt het op Mars en op de Maan?  
*De massa van het ei is altijd en overal 50 gram. Maar het gewicht hangt af van de planeet waar je bent. De massa drukt uit hoeveel materie er is, los van de zwaartekracht. Het gewicht drukt uit hoe sterk de zwaartekracht een voorwerp naar beneden trekt.  
Op Mars weegt het ei 19 gram (38 % van 50 g)  
Op de Maan weegt het ei 8 gram (16 % van 50 g)  
In de lege ruimte weegt het ei 0 gram (geen zwaartekracht).*  
Laat de kinderen hun eigen gewicht berekenen op Mars en op de Maan.
- Hoe kan een parachute de val vertragen? Kunnen we dit gebruiken op de Maan?  
*Omdat een parachute erg veel lucht vangt in het grote holle scherm zal het vallende voorwerp afremmen. Er zal immers veel botsing met de lucht zijn. Je kan het vergelijken met door het water lopen met een groot scherm achter je aan.  
Gelijkaardige effecten heb je met andere grote oppervlakten zoals vleugels of zeilen.*

Op de Maan is er geen lucht, dus een parachute is daar volledig zinloos. Op Mars is de lucht superdun. Je kan daar wel een parachute gebruiken, maar het effect ervan (de afremming) is klein. Echte Marsmissies gebruiken wel parachutes, maar altijd in combinatie met nog andere manieren om af te remmen.

- Wat kunnen we gebruiken om veilig te landen als er geen lucht is?

We kunnen twee principes gebruiken:

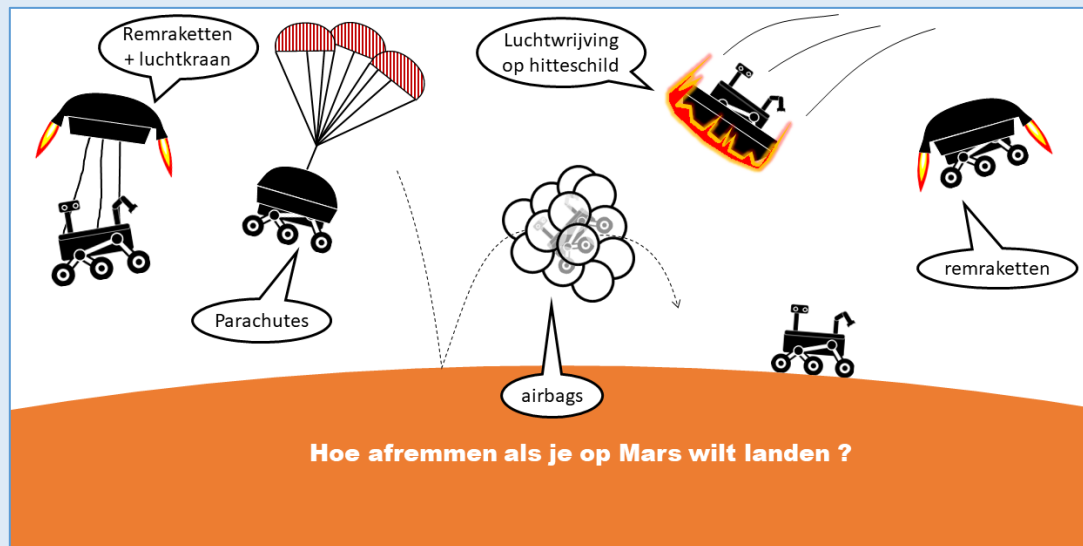
1. (Bijna) niet mogelijk op school:

Een raketmotor afvuren die naar de grond gericht is (= remraket).

2. Wel mogelijk op school:

Maak voor je ruimtevaarder (het ei) een beschermende constructie die de schok kan opvangen. Voorbeelden: airbags, kreukelzones, kussens, verende pootjes, ...

Om het gesprek te besluiten kan je volgend overzicht laten zien.



Schematisch overzicht van tot hiertoe gebruikte landingstechnieken op Mars.  
Afbelding: ESERO Belgium.

### Klasexperiment : Leerlingen activiteit

#### Ontwerpen

Laat de kinderen eerst per team discussiëren over het landingsysteem dat ze willen bouwen, en vraag hen een eenvoudige schets te maken van hun idee. Bespreek de tekeningen van de verschillende teams. Je kan hierbij verbeteringen voorstellen voordat ze beginnen bouwen.

Leg hen uit dat ze maximaal 2 kansen hebben, want ze hebben slechts 2 eieren. Ze hoeven niet noodzakelijk op dezelfde manier te werken als bij de echte Marslanders in de overzichtstekening.



*Enkele voorbeelden die we online gevonden hebben.  
Deze voorbeelden zijn anders dan de echte  
Marslanders.*

### **Bouwen**

Start de tijd als al het materiaal klaar ligt en alle teams op hun plaats zitten. Geef duidelijk mee dat alle teams precies 20 minuten krijgen om hun eerste landingstoestel te bouwen. Als de tijd over is, dan moeten alle teams naar het lanceerplatform komen.

### **Eerste test van de lander**

Zoek een locatie op school waar je de eieren kan laten vallen van minimum 2 of 3 meter hoogte. Zorg ervoor dat deze locatie gemakkelijk kan schoongemaakt worden nadien.

Verzamel alle teams rond het lanceerplatform (de plaats vanwaar de eieren naar beneden gegooid worden). Laat ze één voor één hun toestel gooien.

Zorg ervoor dat er iemand van het team de duur van elke val meet met de stopwatch.

Besprek de resultaten klassikaal en vraag telkens hoe de ontwerpen kunnen verbeterd worden.

### **Verbeteren**

Start opnieuw de tijd. De teams hebben 10 minuten om hun eerste ontwerp te verbeteren. Als de tijd op is, moeten alle teams opnieuw naar het lanceerplatform gaan.

### **Lancering van verbeterde landers**

Herhaal de vorige lanceeractiviteit met de verbeterde modellen van alle teams. Zorg ook hier weer dat de tijd gemeten wordt.

Eventueel kan je teams die een geslaagde landing hadden uitdagen door ze te laten lanceren van een grotere hoogte.



**Eindgesprek**

Bespreek klassikaal waarom bepaalde ontwerpen succesvol waren, en andere niet. Stel de vraag of de geslaagde landingen ook zouden werken voor een landing op de Maan. Vergeet niet dat een ei van 50 gram op de Maan 8 gram weegt. Maar ook dat de Maan geen luchtlag heeft!

**Gemiddelde valsnelheid (uitbreiding)**

Het kan een interessante oefening zijn om de gemiddelde valsnelheid te berekenen van de ei-astronaut.

- Meet de hoogte van de val: van de lanceerhoogte tot de grond. Gebruik de eenheid meter. Dit getal noemen we H.
- Meet de tijd van de val in aantal seconden: vanaf dat je de ei-astronaut loslaat totdat hij de grond raakt. Hiervoor gebruik je best een stopwatch. Dit getal (seconden) noemen we T.
- De gemiddelde snelheid is  $S = H/T$  (in meter per seconde).
- Reken dit om naar km/u. in een uur zitten 3600 seconden, en in een km zitten 1000 meter. Je moet dus de snelheid in m/sec (getal S) vermenigvuldigen met 3,6.

Voorbeeld:

- De hoogte van de val is 4 meter (= H).
- De tijd van de val is 10 seconden (= T).
- Dan is de gemiddelde valsnelheid  $4\text{m}/10\text{sec} = 0,4 \text{ m/sec}$  (= S).
- Met deze snelheid kan je in 3600 seconden 1.440 meter afleggen (=  $0,4\text{m} \times 3600$ ). Dat is hetzelfde als 1,44 km. Dus dan is je snelheid 1,44 km/u. Dat klopt, want  $1,44 = 0,4 \times 3,6$ .

**Opruimen**

Na de activiteit moet de landingsvloer terug schoongemaakt worden en moeten de knutselmaterialen in de klas opgeruimd worden. Je kan best in het begin reeds afspreken wie wat doet bij het opruimen.