

Belgium

esero



UGENT  
VOLKSSTERRENWACHT  
ARMAND PIEN

# Op schoolreis naar de Maan

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

## DEEL 7 ZWAARTEKRACHT



- Test eens de zwaartekracht op Aarde ●●●●
- Hoe kan een astronaut gewichtloos zijn? ●●●
- Is gewicht en massa hetzelfde? ●●●●●
- Heb je ooit gehoord van g-krachten? ●●●●

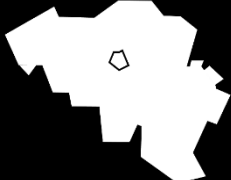


## OVER ESERO BELGIUM

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.

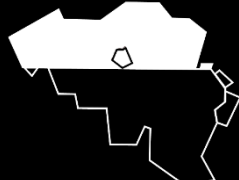
## WWW.ESERO.BE

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 7 – ZWAARTEKRACHT

### *Handleiding voor leraren*

## Kenmerken

**Doelgroep** Tweede en derde graad lager onderwijs.

**Type** Lerarenhandleiding: Lessenreeks met leerlingen-activiteiten in een context van ruimte-reizen.

**Hoeveel lestijden?** Als je alles (alle 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
- 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, 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

**Wat de leerlingen gaan leren (deel 1 tot 7)**

**Samenvatting** ESA en NASA plannen een bewoonde Maanbasis rond 2030. En we verwachten terug landingen op de Maan door een groep astronauten vanaf 2025.

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

# Colofon

**Eerste uitgave** Oktober 2018

**Tweede uitgave** Mei 2019

**Derde uitgave** September 2022, updates maart 2025

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

### 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 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

|               |                            |                                                                                                                            |
|---------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <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 7

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| Kenmerken .....                                   | 3  |
| Colofon .....                                     | 4  |
| Op schoolreis naar de Maan: Publicaties .....     | 5  |
| Zwaartekracht .....                               | 7  |
| Wat doet zwaartekracht precies? .....             | 7  |
| Demonstratie zwaartekracht op Aarde .....         | 7  |
| Wat als er geen lucht is? .....                   | 8  |
| Gewicht, massa en gewichtloosheid .....           | 9  |
| Wat is gewicht? .....                             | 9  |
| Gedachten experiment .....                        | 9  |
| Rekenen met gewicht en massa .....                | 15 |
| <b>KLASOEFENING: REKENEN MET GEWICHT EN MASSA</b> |    |
| G-krachten .....                                  | 19 |
| Wat zijn g-krachten en hoe ontstaan ze? .....     | 19 |



# Zwaartekracht

## Wat doet zwaartekracht precies?

Zwaartekracht zorgt ervoor dat voorwerpen op Aarde naar beneden vallen. Dat lijkt simpel. Maar toch heeft het lang geduurd voordat mensen echt begonnen te begrijpen wat zwaartekracht is en wat het precies doet. Onderstaande demonstratie laat al zien wat ons in verwarring brengt.

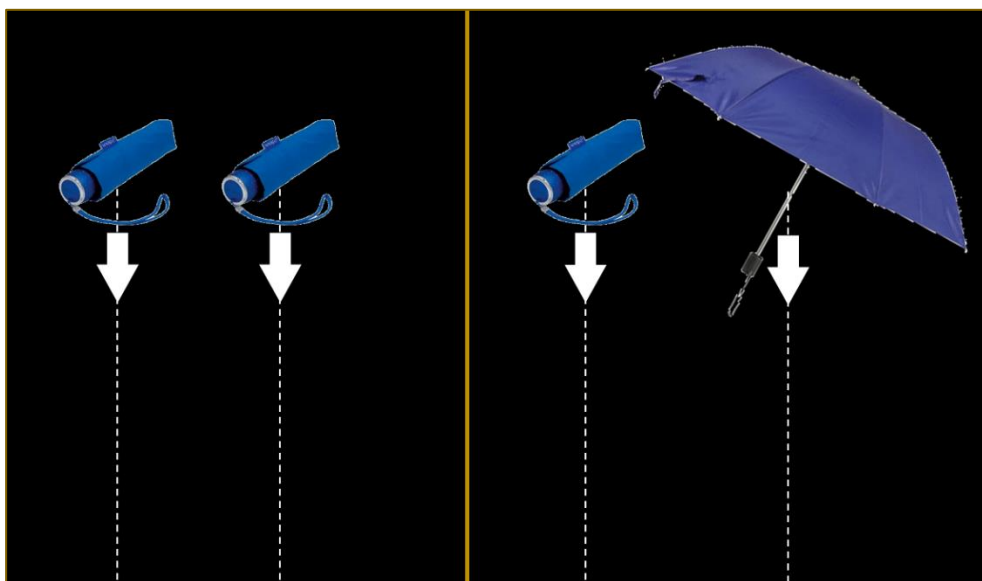
### Demonstratie zwaartekracht op Aarde

- Neem twee gelijke opgevouwen paraplu's. Aangezien ze gelijk zijn, weten we ook dat ze even zwaar wegen.
- We houden beide paraplu's opgevouwen voor ons uit in onze handen. Houd ze op gelijke hoogte.
- We laten beide paraplu's tegelijk los, zodat ze recht naar beneden vallen. Wat zien we?

**Beide paraplu's vallen even snel op de grond.**

- Nu gaan we 1 van de 2 paraplu's openvouwen, en de andere blijft dicht gevouwen. Houd ze op gelijke hoogte.
- We laten ze opnieuw tegelijk los, recht naar beneden. Wat stellen we vast?

**De opgevouwen paraplu valt veel sneller naar beneden.  
De open paraplu valt trager.**





*We laten twee dezelfde paraplu's gelijktijdig vallen om hun valsnelheid te testen. Eén keer wanneer ze beiden opgevouwen zijn, en één keer wanneer één van de twee opgevouwen is.*

**Verklaring:**

Rond de Aarde ligt een dikke luchtlaag. De paraplu's vallen dus niet in de leegte. Ze moeten door de lucht heen vallen. Ze botsen hierbij op de vele luchtdeeltjes. Als een paraplu een veel groter oppervlak heeft (opgevouwen), dan botst deze tijdens de val tegen veel meer luchtdeeltjes. Dit remt de val af. Net zoals je voelt wanneer je door water probeert te lopen. Dan word je ook afgeremd door het water. Water kunnen we zien met ons ogen en lucht niet, maar ze hebben allebei een afremmend effect als je erdoor probeert te bewegen.

**BESLUIT:**

Wanneer voorwerpen vallen op Aarde, dan speelt de lucht hierbij een grote rol. De vorm en de grootte van het voorwerp bepalen voor een belangrijk deel hoe ze gaan vallen.

**Wat als er geen lucht is?**

Er zijn planeten en manen waar totaal geen lucht op aanwezig is. Zulke manen en planeten hebben natuurlijk wel zwaartekracht (weliswaar niet evenveel als op Aarde). Wat gebeurt er als we het paraplu-experiment zouden uitvoeren op de Maan?

Online staat een filmpje waarin Amerikaanse astronauten een pluim van een valk en een hamer hebben meegebracht op hun reis naar de Maan. Ze laten beide voorwerpen op de Maan vallen, waar geen lucht is. Dan kan je zien dat beide voorwerpen precies even snel vallen. Het pluimpje (30 gram) heeft nochtans veel minder massa dan de metalen hamer (1.320 gram).

- Zoek de video (enkele minuten) met volgende trefwoorden: Apollo 15 moonwalk – astronaut david scott – Galileo experiment
- Laat de kinderen kijken naar de video en bespreek de effecten van zwaartekracht wanneer er geen lucht is.



*Screenshot uit de video van Apollo 15 (YouTube), waarin astronaut David Scott een hamer en een pluim laat vallen op de Maan.*

**BESLUIT:**

**Zwaartekracht doet ALLE voorwerpen even veel versnellen naar het middelpunt van de planeet.**

Zware, lichte, kleine of grote voorwerpen vallen dus allemaal even snel! Onze alledaagse ervaring op Aarde is anders omdat wij altijd omgeven zijn door een grote hoeveelheid lucht, waar vallende voorwerpen door afgeremd worden. In de dagelijkse taal zeggen wij “naar beneden” in plaats van “naar het middelpunt van de planeet”, maar er is geen verschil tussen beide.

Bovenstaand besluit moeten we goed onthouden, want we hebben het straks nog nodig.

## Gewicht, massa en gewichtloosheid

### Wat is gewicht?

Nu we weten dat zwaartekracht alle voorwerpen even snel doet vallen in de richting van de planeet, gaan we een gedachte-experiment uitvoeren met de kinderen. Op die manier kunnen we via klasgesprek leren wat gewicht, massa, en gewichtloosheid precies zijn.

### Gedachten experiment

#### **STAP 1: een weegschaal op Aarde**

Toon beeld nummer 1 aan de groep (zie hieronder). We zien hoe Isaac Newton op een weegschaal staat op Aarde. Nu gaan we proberen om wetenschappelijk correct uit te drukken wat er precies gebeurt op deze afbeelding.

Gebruik de vraag-en-antwoordlijst hieronder om via klasgesprek tot een besluit te komen met de kinderen. Je zal bepaalde antwoorden zelf moeten aangeven, maar je kan eerst de kinderen vragen naar hun eigen antwoorden.



Afbeelding 1 uit het gedachten-experiment:  
Isaac Newton en een Weegschaal op Aarde.

|                                                               | Vraag                                                                                                                      | Antwoord                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Beeld nr 1</b><br>Newton staat op een weegschaal op Aarde. | Welke voorwerpen staan hier op Aarde?                                                                                      | Een weegschaal en een mens.                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                               | Is er zwaartekracht?                                                                                                       | Ja de voorwerpen bevinden zich in de zwaartekracht van de Aarde                                                                                                                                                                                                               |
|                                                               | Wat doet zwaartekracht precies?                                                                                            | Zwaartekracht doet alle voorwerpen even veel versnellen naar het middelpunt van de Aarde (zie hoger bij: "Wat doet zwaartekracht precies?")                                                                                                                                   |
|                                                               | Als de weegschaal en de mens aan het versnellen zijn naar het middelpunt van de Aarde, waarom zien we ze dan niet bewegen? | Ze worden helemaal afgeremd door de stevige grond, maar eigenlijk zijn ze aan het versnellen naar het middelpunt van de Aarde.                                                                                                                                                |
|                                                               | Wat 'voelt' de weegschaal als Newton aan het versnellen is naar beneden, en daarbij afgeremd wordt?                        | Er zal een duwende kracht zijn op de weegschaal vanwege de neiging van Newton om naar beneden te vallen. Er is dus wel een duwende kracht op de weegschaal (valbeweging door de zwaartekracht), maar er is geen beweging mogelijk (de grond remt de valbeweging volledig af). |
|                                                               | Hoe zou je die duwende kracht noemen die de weegschaal 'voelt'.                                                            | Die kracht noemen we GEWICHT                                                                                                                                                                                                                                                  |



Afbeelding 2 uit het gedachten-experiment: Isaac Newton en de weegschaal vallen naar de Aarde in de luchtledige ruimte.

|                                                                    | Vraag                                                                                                   | Antwoord                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Beeld nr 2</b><br>Newton en de weegschaal vallen naar de Aarde. | Hoe komt het dat Newton en de weegschaal aan het vallen zijn?                                           | Omdat ze zich in de zwaartekracht van de Aarde bevinden. Ze staan niet meer op de grond die ze kan afremmen.                                                                                           |
|                                                                    | Wat weet je over hun snelheid?                                                                          | Newton en de weegschaal vallen met precies dezelfde snelheid naar beneden. De zwaartekracht doet namelijk alle voorwerpen precies even veel versnellen (als er geen lucht is).                         |
|                                                                    | Kan Newton nog een duwende kracht uitoefenen op de weegschaal als beiden even snel aan het vallen zijn? | Nee, want die duwende kracht ontstaat alleen maar wanneer ze in hun val worden afgeremd. Als ze volledig in vrije val zijn, dan kan het ene voorwerp niet meer op het andere duwen.                    |
|                                                                    | Wat kan je dan zeggen over Newton zijn GEWICHT?                                                         | Aangezien hij niet meer kan 'duwen' tegen de weegschaal, is er helemaal geen duwende kracht meer; Newton is gewichtloos. De weegschaal zelf is trouwens ook gewichtloos, want die is ook in vrije val. |
|                                                                    | Waar is dan die 72 kg lichaamsmassa naartoe?                                                            | Newton heeft nog steeds 72 kg lichaamsmassa, maar hij kan dit niet meer laten duwen tegen een ander voorwerp, omdat alles rond hem even snel beweegt als hemzelf.                                      |

Begrijp je nu al het verschil tussen gewicht en massa?

In het geval van Newton is zijn GEWICHT de kracht waarmee hij tegen andere voorwerpen duwt wanneer die andere voorwerpen hem afremmen in zijn val. Zijn MASSA is zijn "hoeveelheid lichaam".

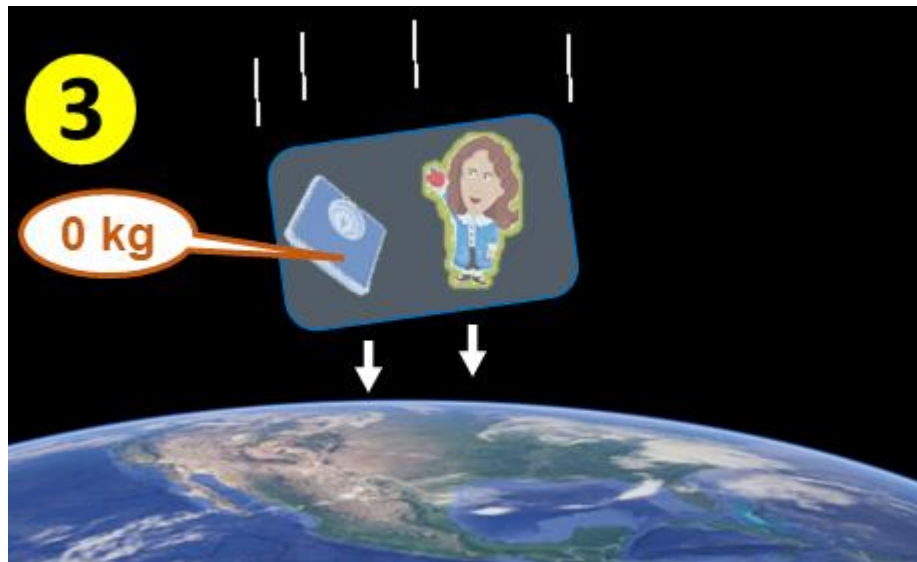
In het voorbeeld hierboven zal Newton zijn lichaams-MASSA niet veranderen wanneer hij in vrije val is. Zijn 'hoeveelheid lichaam' blijft altijd dezelfde, tenzij hij op dieet zou gaan en vermageren.

Zijn GEWICHT kan wel veranderen. Wanneer hij gewoon op de Aarde staat heeft hij een gewicht die op de weegschaal wordt aangeduid als 72 kg. Dat is de kracht waarmee hij tegen een weegschaal duwt omdat hij eigenlijk versneld wordt naar het midden van de Aarde (maar afgeremd door de grond). Maar als hij in vrije val is, dan kan hij niet meer duwen tegen de weegschaal. Hij is dan gewichtloos, en de weegschaal blijft dus op 0 kg staan.

### STAP 3: vrije val in een gesloten doos

Toon beeld nummer 3 aan de groep (zie hieronder). We zien hoe Newton en de weegschaal samen van uit de ruimte (dus boven de atmosfeer) naar de Aarde vallen, maar deze keer omgeven door een volledig gesloten container. Er zijn geen ramen in de container, dus Newton kan niet zien dat hij aan het vallen is.

Gebruik de vraag-en-antwoordlijst hieronder om via klasgesprek tot een besluit te komen met de kinderen. Je zal bepaalde antwoorden zelf moeten aangeven, maar je kan eerst de kinderen vragen naar hun eigen antwoorden.



*Afbeelding 3 uit het gedachten-experiment: Isaac Newton en de weegschaal vallen naar de Aarde in de luchtledige ruimte, maar deze keer zijn ze opgesloten in een container zonder ramen.*

**Beeld nr 3**  
Newton en de weegschaal vallen naar de Aarde in een container zonder ramen.

## Vraag

## Antwoord

|                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wat is het verschil tussen afbeelding 2 en afbeelding 3? | In beide afbeeldingen zijn de weegschaal en de mens in vrije val, en zijn ze dus beiden gewichtloos. Maar in afbeelding 3 kan Newton niet zien dat hij aan het vallen is, want hij zit in een gesloten container die ook mee aan het vallen is.                                                                                                                                                  |
| Hoe ziet de situatie er voor Newton uit?                 | Hij ziet niet dat hij aan het vallen is. Hijzelf en de weegschaal lijken rond te zweven in de container. In werkelijkheid zijn ze gewoon even snel aan het vallen als de container zelf. Je zou kunnen zeggen dat de grond onder hun voeten (de containervloer) even snel naar beneden valt als zichzelf. Zo lijkt het binnen in de container dus alsof ze niet meer naar beneden kunnen vallen. |
| Bestaat dit soort situatie echt?                         | Ja, de astronauten die in het ISS wonen zijn ook aan het vallen rond de Aarde. Heel het ISS en alle voorwerpen daarbinnen (ook de astronauten) zijn samen in vrije val. De astronauten hebben het gevoel dat ze zweven.                                                                                                                                                                          |

Indien er kinderen zijn die niet onmiddellijk mee zijn met deze informatie kan je volgende vergelijking gebruiken.

- Stel, je zit samen met je ouders in een rijdende auto. De auto rijdt aan een constante snelheid van 120km/h. Dat wil zeggen dat de auto niet remt of versnelt.
- De baan die de auto aflegt, is volledig recht. Het wegdek waar de auto op rijdt is effen. Er zijn geen putjes, geen hobbels, geen tunnels of bruggen. Bovendien moet de auto niet naar links of naar rechts afslaan. Hij rijdt de hele tijd rechtdoor.
- De auto bevat: je ouders, jijzelf én natuurlijk ook lucht. Jij, je ouders en de lucht verplaatsen mee met de auto aan een snelheid van 120km/h. Als de ramen van de auto volledig afgedekt zouden zijn. Zou jij niet voelen dat je aan een grote snelheid over het wegdek zoekt. Van zodra je wel door het raam zou kijken, zou je alles rond de auto zien verplaatsen en doorhebben dat je in beweging bent.
- Stel, naast het feit dat de auto jij, je ouders en de lucht mee aan het verplaatsen is. Zit er ook nog eens een vlieg in de auto. De auto, jij, je ouders, de lucht en de vlieg zoeven over het wegdek aan 120km/h.
- Nu zou je toch denken dat door die hoge snelheid, die vlieg tegen de achterraut van de auto is geplakt en niet meer kan rondvliegen! Niet heus, de vlieg vliegt gewoon gezellig rond in de auto. Gaan tegen de voorruit aantikken. Op jouw arm gaan zitten, ... De vlieg beseft niet dat die in een verplaatsende auto zit.
- Stel dat er nu nog een tweede vlieg bij ons verhaal komt. Alleen zit die vlieg niet gezellig bij ons (jij, je ouders, de lucht en vlieg 1) in de auto. Neen, die vliegt over de



autostrade. Die vlieg heeft niet goed gekeken bij het overvliegen van de autoweg en knalt met een grote snelheid tegen de voorruit van de auto.

- Wel, vlieg 1, jij, je ouders en de lucht in de auto zijn net zoals de man, de weegschaal en de doos met lucht.

Zoek een filmpje online waarin ISS astronauten aan het zweven zijn. Je ziet hier dezelfde situatie als de afbeelding nr. 3 met Isaac Newton. Het enige verschil is dat we Newton met zijn container recht naar de Aarde laten vallen (alleen verticaal, zonder horizontale snelheid)

#### STAP 4: Gewichtloos in de lege ruimte

Toon beeld nummer 4 aan de groep (zie hieronder). We zien hoe Isaac Newton en de weegschaal samen diep in een leeg deel van de ruimte gestuurd worden, ver van alle planeten, manen en sterren.

Gebruik de vraag-en-antwoordlijst hieronder om via klasgesprek tot een besluit te komen met de kinderen. Je zal bepaalde antwoorden zelf moeten aangeven, maar je kan eerst de kinderen vragen naar hun eigen antwoorden.



Afbeelding 4 uit het gedachten-experiment: Isaac Newton en de weegschaal worden naar een veraf gelegen leeg gedeelte van het heelal gestuurd.

|                                                                       | Vraag                                    | Antwoord                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Beeld nr 3</b><br>Newton en de weegschaal in de diepe lege ruimte. | Is er hier nog zwaartekracht?            | Nee, want er is geen enkele planeet, maan of ster in de buurt. Zwaartekracht kennen we van grote (zware!) objecten zoals planeten. Als die niet in buurt zijn, dan is er zo goed als geen zwaartekracht.*** |
|                                                                       | Hoe ziet de situatie er voor Newton uit? | Hijzelf en de weegschaal zweven rond in het ruimteschip. Deze keer zijn ze gewichtloos omdat er geen zwaartekracht in de buurt                                                                              |



|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                  | is. Ze vallen dus ook niet meer in één of andere richting.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Kan Newton het verschil voelen met afbeelding 3? | Nee. Als je gewichtloos bent omdat je in vrije val naar een planeet valt (afbeelding 3), dan is er wel zwaartekracht, maar je voelt het niet.<br>Als je gewichtloos bent omdat er geen zwaartekracht in je omgeving is (afbeelding 4), dan voel je natuurlijk ook niets. In beide gevallen zweef je gewoon rond. In beide gevallen is er geen 'onder' en 'boven' meer. |

\*\*\* Kleine objecten hebben ook zwaartekracht. Maar die kracht is zo enorm klein dat wij daar als mens niets van merken. We houden geen rekening hiermee om het eenvoudig en begrijpelijk te houden.

## BESLUIT

"Gewicht" kan alleen maar bestaan :

- Als er zwaartekracht is (in de buurt van een planeet, maan, ster)
- Als een voorwerp afgeremd wordt terwijl het naar de planeet aan het vallen is.
- Je kan dus op twee manieren gewichtloos zijn:
- MET zwaartekracht: door in vrije val te zijn zonder afremming (dus in luchtledig).
- ZONDER zwaartekracht ben je altijd gewichtloos, want 'gewicht' kan alleen maar bestaan als er zwaartekracht is.

## Rekenen met gewicht en massa

Laten we nog even herhalen wat de woorden gewicht en massa nu juist betekenen.

### MASSA

- Is de hoeveelheid 'materie' dat in een voorwerp zit. Bijvoorbeeld: jouw massa wordt bepaald door je 'hoeveelheid lichaam' die je hebt.
- Verandert niet als je op andere planeten bent of in de ruimte.

### GEWICHT

- Is de duwende kracht die een voorwerp in de richting van de planeet uitoefent wanneer het op de grond staat of wanneer het afgeremd wordt bij een val.
- Is afhankelijk van de zwaartekracht waar je bent
- Is ook afhankelijk van het afgeremd worden wanneer je in de richting van de planeet beweegt.

Gewicht verandert dus met de zwaartekracht, dus je gewicht zal anders zijn op andere planeten. Als je zegt "ik weeg 50 kg", dan bedoel je "ik weeg 50 kg als ik op het oppervlak van de Aarde sta". Je kan gemakkelijk je gewicht berekenen op andere planeten en manen. Laat de leerlingen de klasoefening op de volgende pagina uitvoeren.

## KLASOEFENING: REKENEN MET GEWICHT EN MASSA

### Klasoefening: samenvatting

De leerlingen gaan hun eigen massa en gewicht berekenen op de Maan en op andere planeten. Ze leren begrijpen dat alle voorwerpen op de Maan minder wegen dan op Aarde, en dat ze zelf gemakkelijk het gewicht van alles op de Maan kunnen uitrekenen.

### Klasoefening: Voorbereiding door de leraar

#### De Materiaal:

- Een weegschaal voor mensen, of beter nog: meerdere weegschalen om wachtrijen te voorkomen.
- Een keukenweegschaal.
- Gesloten doosjes met zand en een pak suiker van 1 kg (zie hieronder).

**Maak** vooraf een serie van 3 dezelfde gesloten doosjes:

- Elk doosje moet volledig gesloten zijn, zodat de leerlingen niet zien wat er in zit.
- De doosjes moeten licht zijn (zodat het gewicht van de verpakking weinig invloed heeft).
- Vul doos 1 met 1 kg zand, en schrijf op de buitenkant "AARDE".
- Vul doos 2 met 160 gram zand, en schrijf op de buitenkant "MAAN".
- Vul doos 3 met 380 gram zand, en schrijf op de buitenkant "MARS".
- Zet naast de drie doosjes een pak suiker van 1 kg ter illustratie.

### Klasoefening: uitvoering

Verzamel alle leerlingen rond een tafel waarop de pak suiker en de drie gesloten doosjes staan. Geef de pak suiker door, zodat iedereen eens kan voelen hoe zwaar dat het is.

#### Klasgesprek:

- Hoeveel weegt deze pak suiker? 1 kilogram of 1000 gram.
- Wat is dan de massa van dit pak suiker? De massa is 1 kilogram of 1000 gram.
- En het gewicht van de pak suiker? Het gewicht is ook 1 kilogram of 1000 gram, want de pak suiker staat op het oppervlak van de Aarde (zie hierboven).
- Zou de massa van dit pak op de Maan even veel zijn? Ja want de massa is niet afhankelijk van de zwaartekracht (op de Maan is er minder zwaartekracht dan de Aarde omdat de Maan zelf lichter is dan de Aarde).
- Zou het gewicht ook hetzelfde zijn? Nee, want het gewicht is wel afhankelijk van de zwaartekracht. Het gewicht van het pak suiker is op de Maan minder dan op Aarde.

Laat de leerlingen vervolgens eens voelen aan de gesloten doosjes met aangepaste gewichten. De doosjes laten hen voelen hoe zwaar het pak suiker zou

zijn als het op de Maan, op Aarde of op Mars zou staan. Je kan hen al vertellen wat de verhoudingen zijn:

- 1 kg suiker op de Aarde heeft een gewicht van 1000 gram (100% = alles x 1).
- 1 kg suiker op de Maan heeft een gewicht van 160 gram (16% = alles x 16 / 100). Dit is ongeveer 1/6 van het gewicht op Aarde.
- 1 kg suiker op Mars heeft een gewicht van 380 gram (38% = alles x 38 / 100).

#### Nota voor de leraar:

In de wetenschap wordt gewicht eigenlijk niet uitgedrukt in gram of kilogram. Deze eenheden worden enkel gebruikt voor massa's. Gewicht is een kracht en wordt eigenlijk uitgedrukt in Newton. Als je een massa hebt van bijvoorbeeld 60 kilogram, dan is het gewicht op het aardoppervlak:  $60 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 588,6$  Newton. "Newton" (N) is een eenheid van kracht. Maar dit laten we weg voor de les met leerlingen van lager onderwijs.

#### Besluit

Je kan op de Maan voorwerpen gemakkelijker opheffen dan op Aarde. Hun massa blijft altijd even groot, maar omdat er minder zwaartekracht is, wordt die massa minder hard naar beneden getrokken. Het gewicht is dus kleiner.

#### Klasoefening: zelf rekenen

Alle leerlingen kunnen nu hun eigen gewicht gaan berekenen op verschillende planeten en de Maan. Vraag hen om op de weegschaal te staan, en te noteren hoeveel ze wegen (op Aarde). Vervolgens kan elke leerling individueel aan de slag om onderstaande tabel in te vullen:

| Welk voorwerp?                             | Op...     | Hoeveel zwaartekracht is daar?<br>... % van de Aarde | Welke massa heeft je voorwerp | Omrekening gewicht | Uitkomst gewicht |
|--------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------|
| <b>1</b><br>Jezelf (je lichaam dus)        | Aarde     | 100 %                                                |                               | X1                 |                  |
|                                            | De Maan   | 16 %                                                 |                               | /6                 |                  |
|                                            | Mercurius | 38 %                                                 |                               | /5x2               |                  |
|                                            | Venus     | 91 %                                                 |                               | /10x9              |                  |
|                                            | Mars      | 38 %                                                 |                               | /5x2               |                  |
|                                            | Jupiter   | 236 %                                                |                               | /2x5               |                  |
|                                            | Saturnus  | 106 %                                                |                               | /7x8               |                  |
|                                            | Uranus    | 89 %                                                 |                               | /11x12             |                  |
|                                            | Neptunus  | 113 %                                                |                               | /5x7               |                  |
|                                            | De Zon    | 2.707 %                                              |                               | X30                |                  |
| <b>2</b><br>.....<br>(voorwerp naar keuze) | Aarde     | 100 %                                                |                               | X1                 |                  |
|                                            | De Maan   | 16 %                                                 |                               | /6                 |                  |
|                                            | Mercurius | 38 %                                                 |                               | /5x2               |                  |
|                                            | Venus     | 91 %                                                 |                               | /10x9              |                  |
|                                            | Mars      | 38 %                                                 |                               | /5x2               |                  |
|                                            | Jupiter   | 236 %                                                |                               | /2x5               |                  |
|                                            | Saturnus  | 106 %                                                |                               | /7x8               |                  |
|                                            | Uranus    | 89 %                                                 |                               | /11x12             |                  |
|                                            | Neptunus  | 113 %                                                |                               | /5x7               |                  |

|        |         |  |     |  |
|--------|---------|--|-----|--|
| De Zon | 2.707 % |  | X30 |  |
|--------|---------|--|-----|--|

Nadat de leerlingen zichzelf gewogen hebben en hun gewicht uitgerekend hebben op alle planeten, Zon en Maan, kunnen ze een zelf gekozen voorwerp uit de klas wegen. Vervolgens gaan ze het gewicht van dat voorwerp ook omrekenen per planeet. Let op dat

### Voorbeeld van ingevulde tabel

Ter ondersteuning van de leraar hier een voorbeeld van een correct ingevulde tabel:

| Welk voorwerp?                             | Op...     | Hoeveel zwaartekracht is daar?<br>... % van de Aarde | Welke massa heeft je voorwerp | Omrekening gewicht | Uitkomst gewicht |
|--------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------|
| <b>1</b><br>Jezelf (je lichaam dus)        | Aarde     | 100 %                                                | 35 kg                         | X1                 | 35 kg            |
|                                            | De Maan   | 16 %                                                 | 35 kg                         | /6                 | 5,8 kg           |
|                                            | Mercurius | 38 %                                                 | 35 kg                         | /5x2               | 14 kg            |
|                                            | Venus     | 91 %                                                 | 35 kg                         | /10x9              | 31,5 kg          |
|                                            | Mars      | 38 %                                                 | 35 kg                         | /5x2               | 14 kg            |
|                                            | Jupiter   | 236 %                                                | 35 kg                         | /2x5               | 87,5 kg          |
|                                            | Saturnus  | 106 %                                                | 35 kg                         | /7x8               | 40 kg            |
|                                            | Uranus    | 89 %                                                 | 35 kg                         | /11x12             | 38,2 kg          |
|                                            | Neptunus  | 113 %                                                | 35 kg                         | /5x7               | 49 kg            |
|                                            | De Zon    | 2.707 %                                              | 35 kg                         | X30                | 1.050 kg         |
| <b>2</b><br>.....<br>(voorwerp naar keuze) | Aarde     | 100 %                                                | 400 g                         | X1                 | 400 g            |
|                                            | De Maan   | 16 %                                                 | 400 g                         | /6                 | 67 g             |
|                                            | Mercurius | 38 %                                                 | 400 g                         | /5x2               | 160 g            |
|                                            | Venus     | 91 %                                                 | 400 g                         | /10x9              | 360 g            |
|                                            | Mars      | 38 %                                                 | 400 g                         | /5x2               | 160 g            |
|                                            | Jupiter   | 236 %                                                | 400 g                         | /2x5               | 1 kg             |
|                                            | Saturnus  | 106 %                                                | 400 g                         | /7x8               | 457 g            |
|                                            | Uranus    | 89 %                                                 | 400 g                         | /11x12             | 436 g            |
|                                            | Neptunus  | 113 %                                                | 400 g                         | /5x7               | 560 g            |
|                                            | De Zon    | 2.707 %                                              | 400 g                         | X30                | 12 kg            |

### Klasoefening: Nabespreking

Om de oefening af te ronden, kan terug een klasgesprek gevoerd worden met volgende vragen en antwoorden:

#### Over de zwaartekrachtcijfers...

Kijk eens in de kolom "Hoeveel zwaartekracht is daar? ...% van de Aarde". Wat valt je op bij de grote en kleine planeten?

- Het valt op dat echte reuzenplaneten (zoals Saturnus) bijna dezelfde zwaartekracht hebben aan hun oppervlakte als de Aarde. Toch zijn ze veel groter.

Hoe leg je uit dat zeer grote planeten toch niet zoveel zwaartekracht hebben op hun oppervlak?

- Deze planeten bestaan voor een groot deel uit gas, en niet uit steen. Dit gas is veel minder zwaar dan steen. De totale planeet Saturnus is dan ook niet zó zwaar. Bovendien ben je op het oppervlak van Saturnus al ver verwijderd van de zware kern van die planeet. Hoe groter de afstand van een zware kern, hoe minder zwaartekracht dat je hiervan kan voelen.

Hoe leg je uit dat Mercurius en Mars dezelfde zwaartekracht hebben aan hun oppervlak?

- Omdat mercurius (de kleinste planeet) uit zware steen en metaal bestaat. Mars is wel groter, maar heeft bijvoorbeeld minder ijzer in zijn kern. Ijzer is zwaar. De grotere hoeveelheid ijzer van Mercurius zorgt voor een zware kleine planeet.

### Over je eigen gewicht en massa...

Waarom is je massa steeds dezelfde, en je gewicht niet?

- Omdat massa niet afhankelijk is van zwaartekracht, en gewicht wel.

Wordt je gewicht kleiner of groter wanneer er meer zwaartekracht is?

- Mijn gewicht wordt groter als er meer zwaartekracht is.

Kan je op de Maan hoger springen dan op Aarde?

- Ja, want je gewicht is kleiner op de Maan. Je geraakt dus gemakkelijker omhoog met dezelfde spierkracht.

## G-krachten

### Wat zijn g-krachten en hoe ontstaan ze?

Zwaartekracht kan eenvoudig uitgedrukt worden in g-kracht. Zo wordt de hoeveelheid zwaartekracht op Aarde uitgedrukt als "**1g**".

Op het Maanoppervlak hebben we 1/6 (of 16%) van de zwaartekracht van de Aarde.

Daarom zeggen we ook dat er op de **Maan 0,16 g** is. Op het oppervlak van **Mars** is er een g-kracht van **0,38 g**.

Een **g-kracht** is dus gewoon een uitdrukking van hoeveel de zwaartekracht aan je 'trekt'. Nu kan je ook g-krachten krijgen **die niet door zwaartekracht** veroorzaakt worden.

Bijvoorbeeld: als een **auto naar rechts** draait, dan voel je dat je lichaam in de auto naar links getrokken wordt. Er is dus een g-kracht naar links op dat moment. Dat toont al aan dat g-krachten ook kunnen ontstaan door beweging in plaats van zwaartekracht.

Eén van de problemen met lange ruimtereizen is dat langdurige gewichtloosheid schadelijk is voor onze gezondheid. Ideaal zou dus zijn als we tijdens onze ruimtereis zelf een g-kracht kunnen maken in de richting van de vloer van het ruimteschip. Maar hoe kan dit?

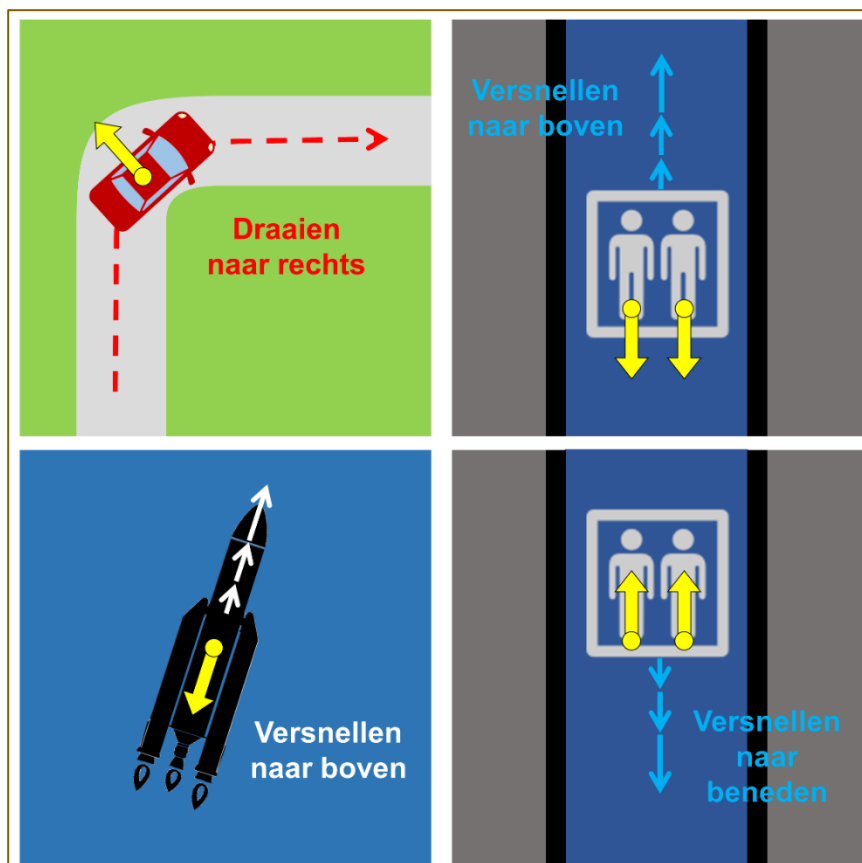
Beeld je in dat je **in een lift** zit, en dat die lift plotseling heel snel naar boven gaat. Steeds sneller (**versnelling naar boven**). Dan zal je toch een beetje tegen de grond geduwd

worden. De vloer van de lift wordt eigenlijk steeds sneller tegen je voeten geduwd (versnelling!). Dit voelt alsof er een extra g-kracht naar beneden is. Ook al is die lift op Aarde gebouwd wara de zwaartekracht 1g is, op dat moment is de g-kracht op je lichaam groter dan 1g door de versnelling van de lift.

Op dezelfde manier worden **astronauten** stevig **tegen hun stoel geduwd** wanneer ze met een raket naar ruimte versneld worden. Een gewone raketlancering veroorzaakt op de astronauten een kracht van 2g tot 6g. Dan zijn die astronauten dus 2 tot 6 keer zwaarder dan normaal !

Een ruimteschip dat naar Mars reist kan natuurlijk niet heel de weg lang versnellen. Daarvoor kan je nooit genoeg brandstof meehebben, en je zou ook teveel moeten afremmen wanneer je bij Mars aankomt.

Maar er bestaat nog een andere **manier om g-krachten te maken**.



**Gele pijlen:**

g-krachten door beweging.  
Niet getekend: g-kracht van de Aarde (zwaartekracht).

**Links boven:**

Auto draait.  
g-kracht naar links.  
Je wordt naar links geduwd.

**Links onder:**

Raket versnelt naar boven. Extra g-kracht naar onder.  
Je wordt zwaarder dan normaal.

**Rechts boven:**

Lift versnelt naar boven. Zelfde effect als de raket.

**Links onder:**

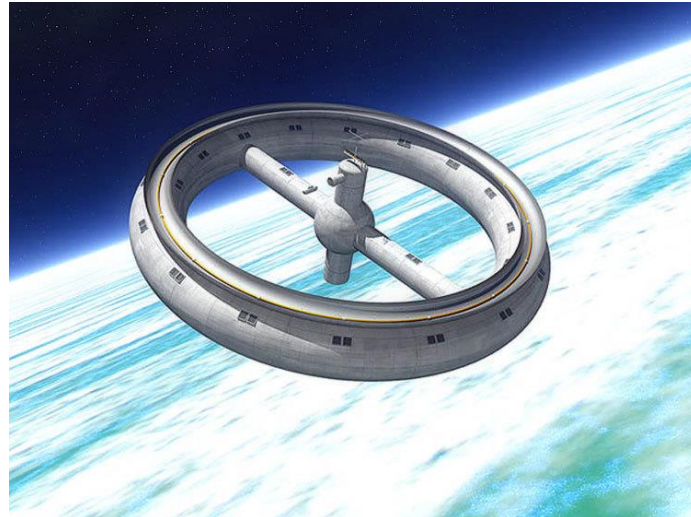
Lift versnelt naar beneden, g-kracht naar boven. Je wordt lichter.

*g-krachten (gele pijlen) die ontstaan door versnellingen of draaibewegingen. De totale kracht die je uiteindelijk voelt bij de situaties hierboven is de hierboven getekende g-kracht SAMEN met de gewoonlijke g-kracht van de zwaartekracht van de Aarde.*

We gaan even terug naar de auto die naar rechts afdraait. Naar rechts draaien is niet versnellen (zoals een lift of een raket wel deden). Het is een **verandering van richting**. Dus ook bij verandering van richting ontstaan er g-krachten. En als je voortdurend blijft van richting veranderen (voortdurend blijft draaien), dan ga je rondjes maken. Met andere woorden: in cirkels draaien zorgt voor een **g-kracht naar buiten** toe. Denk maar aan de

wasmachine die je kleren droog zwiert: het water uit de kleren wordt naar buiten geduwd door de g-krachten van de ronddraaiende trommel.

Als we nu **een ruimteschip** bouwen als een wasmachine? We laten heel het schip **ronddraaien**, en we maken de vloer van het ruimteschip aan de buitenkant van de draaicirkel. Dan zullen de astronauten een g-kracht voelen naar de vloer toe. Op die manier zouden we verre ruimtereizen kunnen maken zonder dat we in gewichtloosheid moeten leven.



*Denkbeeldig cirkelvormig ruimteschip dat als een wiel ronddraait om een g-kracht te maken die aanvoelt als zwaartekracht voor reizigers die in het 'wiel' zitten. Bron: <https://www.renderosity.com/gallery/items/1110862/wheel-space-station-1950>*

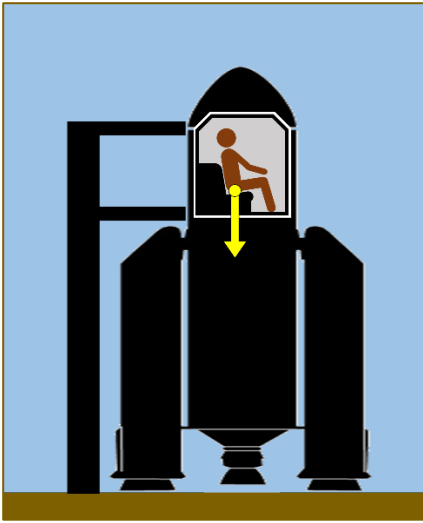
Helaas is dat soort ruimteschip erg duur en moeilijk om te bouwen. Het moet groot zijn, en het gaat erg veel massa hebben. Je moet het eigenlijk al in de ruimte zelf bouwen, want zo iets groot krijg je met een raket niet weg van de Aarde. Tot nu toe heeft nog niemand zoiets gebouwd. Maar misschien in de toekomst...

### G-krachten tijdens onze reis naar de Maan

We leerden dat versnellen, vallen (is ook versnellen), en draaien allemaal g-krachten beïnvloeden. Laten we nu eens kijken naar een reis van de Aarde naar de Maan. Welke g-krachten zal de astronaut voelen?



### Fase 1: Normaal gewicht



*Fase 1: De astronaut zit klaar in de raket en wacht op vertrek.*

#### Kracht op de astronaut:

- Gele pijl: 1g in de richting van de planeet Aarde.

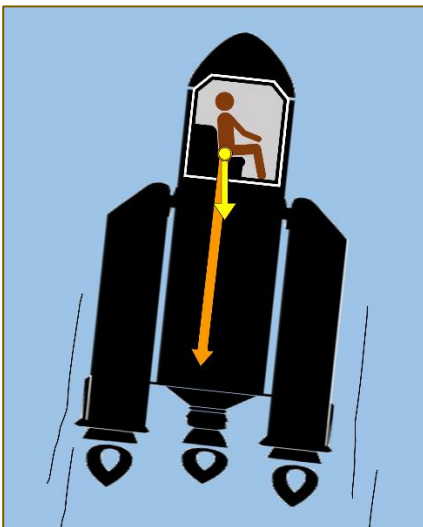
#### Oorzaak:

- Alleen zwaartekracht van de Aarde.

#### Hoe lang duurt fase 1?

- Totdat ze vertrekken.

### Fase 2: Extra zwaar



*Fase 2: De astronaut wordt door de raket naar de ruimte versneld.*

#### Kracht op de astronaut:

- Gele pijl: 1g in de richting van de planeet Aarde.
- Oranje pijl: 3g tegengesteld in de richting van de raket.
- Samen dus 4g die de astronaut in de stoel duwt. De astronaut is 4 keer zo zwaar als normaal.

#### Oorzaak:

- Gele pijl: Zwaartekracht van de Aarde.
- Oranje pijl: Door de versnelling naar boven.

#### Hoe lang duurt fase 2?

- Ongeveer 10 minuten, dan komen ze in een baan rond de Aarde.

### Fase 3: Gewichtloos



*Fase 3: De astronaut draait (valt) rond de Aarde*

#### Kracht op de astronaut:

- Gele pijl: 1g in de richting van de planeet Aarde.
- Oranje pijl: 1g weg van de planeet Aarde.
- Samen dus 0: de astronaut is gewichtloos.

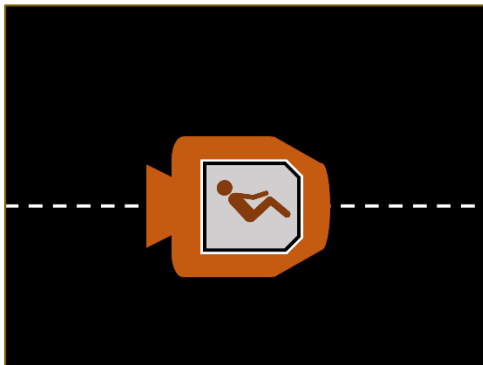
#### Oorzaak:

- Gele pijl: Zwaartekracht van de Aarde.
- Oranje pijl: Door de draaibeweging rond de Aarde, zoals de trommel van een wasmachine.

#### Hoe lang duurt fase 3?

- Enkele uren

### Fase 4: Gewichtloos



*Fase 4: De astronaut reist van de Aarde naar de Maan.*

#### Kracht op de astronaut:

- Geen g-kracht, de astronaut is gewichtloos

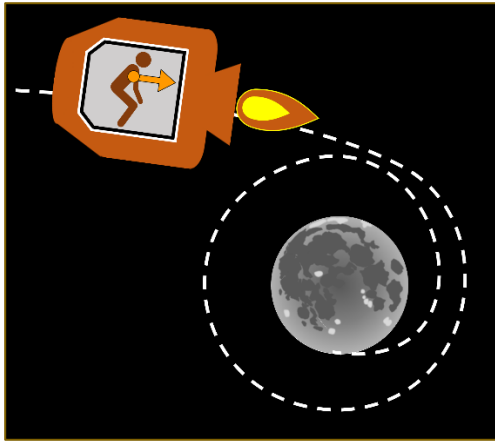
#### Oorzaak:

- Hier ben je zo ver van de Aarde en van de Maan dat je van beide zo goed als geen zwaartekracht voelt.

#### Hoe lang duurt fase 3?

- Drie dagen

### Fase 5: Gewichtloos



*Fase 5: Afremmen bij aankomst bij de Maan en bij de landing*

#### Kracht op de astronaut:

- Oranje pijl: Lichte kracht van ongeveer 0,5 g (de helft van de normale zwaartekracht op Aarde). Deze kracht is in de richting tegengesteld aan de vertraging.
- De astronaut heeft een beetje 'gewicht' naar voren toe.

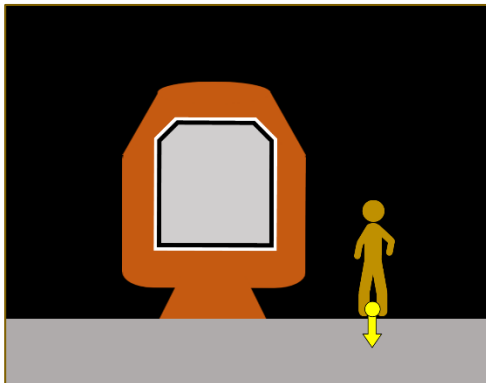
#### Oorzaak:

- Door de vertraging: het ruimteschip wordt afgeremd om in de buurt van de Maan te vliegen, en dan zelfs op de Maan te landen.

#### Hoe lang duurt fase 3?

- Maximum enkele uren

### Fase 6: Gewichtloos



*Fase 6: De astronaut staat op de Maan.*

#### Kracht op de astronaut:

- Gele pijl: 0,16 g in de richting van de Maan.
- De astronaut weegt 1/6 van haar/zijn normaal gewicht op Aarde.

#### Oorzaak:

- Door zwaartekracht van de Maan.

#### Hoe lang duurt fase 3?

- Zolang je op de Maan blijft.

Het is dus duidelijk dat je als astronaut heel wat veranderende g-krachten op je lichaam moet verdragen. Dit voelt heel vreemd aan tijdens een ruimteis, en heel veel astronauten worden ziek tijdens de reis. Je kan het vergelijken met ziek worden in de auto wanneer je in lang de bergen rijdt waar heel veel bochten in de weg zijn.