



Sander Jansen
ESERO NL

Gewichtloosheid in het menselijk lichaam – en in de ruimte

ESERO brengt ruimtevaart in de klas



www.esero.nl

Waarom ruimtevaart en sterrenkunde in de klas?

Ruimtevaart is een fascinerend onderwerp. Goed te gebruiken als ingang voor wetenschap en techniek in de klas.

Wij promoten ruimtevaart niet als apart vak, **maar juist als geïntegreerd onderwerp dat bij veel vakken gebruikt kan worden en uw leerlingen kan aansporen tot een onderzoekende houding en interesse in wetenschap en techniek.**

CONCEPT (lesmethodes)

Wetten van Newton
Zwaartekracht
Energie
Luchtdruk

Wat heb je nodig?

- tabel machten van 10
- fotokaartjes machten van 10

Wat werkt zo:

$10^2 = 10 \times 10 = 100$
 $10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$

Eerst even oefenen:

1	Schrijf als macht van 10	2	Schrijf de volgorde
1000	$= 10^{\quad}$	Voorbeeld: $10^2 =$	
1.000.000	$= 10^{\quad}$	$10^3 =$	
10.000.000.000	$= 10^{\quad}$	$10^4 =$	

CONTEXT (ruimtevaart)

Reizen door de ruimte
Beweging van planeten
Zonnepanelen ruimteschip
Atmosfeer/bemande ruimtevaart





De astronaut Bruce McCandless II op deze afbeelding lijkt sereen te zweven. Dat is niet het geval! Hij valt met ongeveer 25.000 km per uur om de aarde heen! De aarde trekt McCandless naar zich toe, maar doordat hij zo snel door de ruimte raast, zal hij nooit de aarde bereiken, maar continu rondjes blijven draaien. Een typisch voorbeeld van zwaartekracht in het heelal.

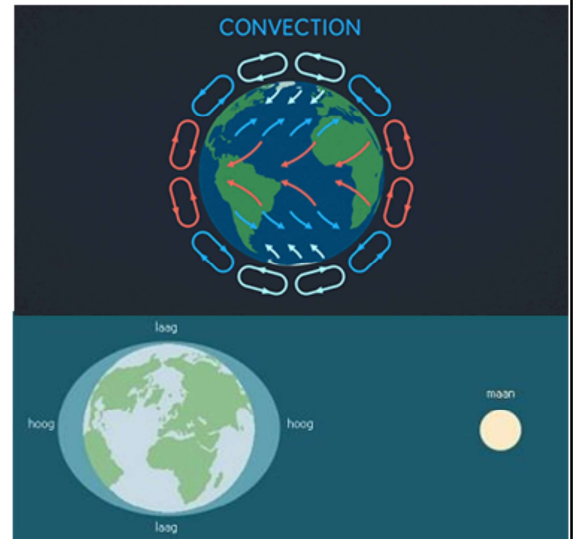
Dat er in de ruimte geen zwaartekracht is, is een veel voorkomend misconcept. Het beeld dat kinderen hebben van zwaartekracht lijkt incompleet: ze weten wel dat op aarde alles naar beneden valt, maar hoe zich dat verhoudt tot de ruimte, waar geen boven en beneden is, is moeilijk voor te stellen.

In deze workshop bieden we een selectie van onze lessen aan die het onderwerp zwaartekracht – en middelpuntzoekende kracht – uitvoerig behandelt en zo de leerlingen een compleet beeld geeft van hoe zwaartekracht precies werkt.

Veel van deze onderwerpen komen eigenlijk pas in de bovenbouw aan de orde, maar via deze laagdrempelige lessen, zijn ze behapbaar en begrijpelijk voor de brugklas.

Zwaartekracht is overal!

Op aarde
In de ruimte
In bijzondere situaties



www.esero.nl



Alles valt even snel (in vacuüm)
Alles valt naar beneden

[Vallen in vacuüm](#)-MAAN
[Vallen in vacuüm](#)-NASA

www.esero.nl

Deze oefeningen zitten in de meeste methodes en spreken voor zich. Veel scholen hebben ook een opstelling die ze vacuüm kunnen zuigen, zodat je kunt zien dat een kogel en een veer zonder lucht even snel vallen.

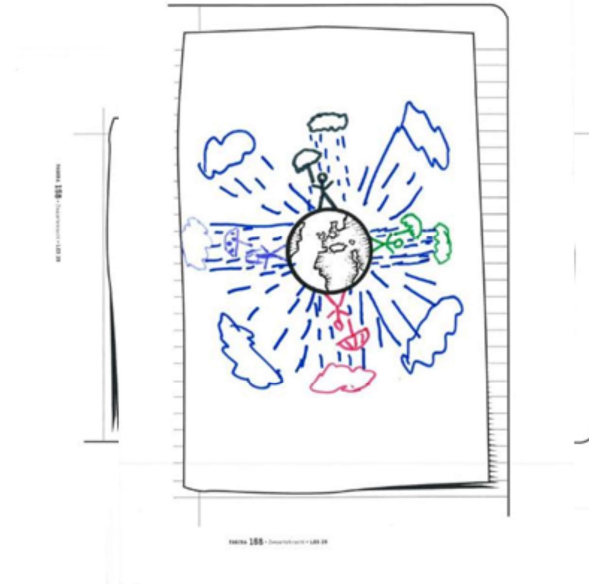
Leuke oefeningen:

- Willekeurige voorwerpen laten vallen. Alleen grote lichte voorwerpen zullen langzaam vallen. Voor de rest vallen alle voorwerpen (ongeveer) even snel.
- Een propje papier vergelijken met een los vel papier. Ze hebben dezelfde massa, maar toch vallen ze niet even snel. Hiermee laat je zien dat vooral vorm een rol speelt.

Deze twee filmpjes laten zien hoe zwaartekracht in een vacuüm werkt

<https://youtu.be/E43-CfukEgs?t=1m11s> Een grote vacuumkamer waarin een veer en een bowlingbal even snel vallen

<https://youtu.be/KDp1tiUsZw8> Astronaut David Scott die op de maan een hamer en een veertje laat vallen.



www.esero.nl

Een les van de basisschool die mogelijk ook relevant is voor uw leerlingen:

Nodig: een A4 print van de tekening hierboven. Te vinden in
<http://www.ruimtevaartindeklas.nl/lespakketten/voel-de-zwaartekracht>

- Houd het papier recht voor je en teken een poppetje BOVEN OP de aarde
- Geef het papier door aan je buur.
- Als het goed is krijg jij ook een tekening. Draai het papier een kwartslag naar links
- Teken opnieuw een poppetje BOVEN OP de aarde (dit is als het goed is een andere 'boven' dan de eerste keer)

Herhaal bovenstaande stappen nog twee keer, zodat er op alle plekken een poppetje op de aarde staat. Maak de tekening nog illustratiever door regenwolken en neerslag toe te voegen.

Stel vervolgens de vraag: wat is nu boven en wat is beneden?

Antwoord: beneden is het middelpunt van de aarde. Boven is alles daarboven.

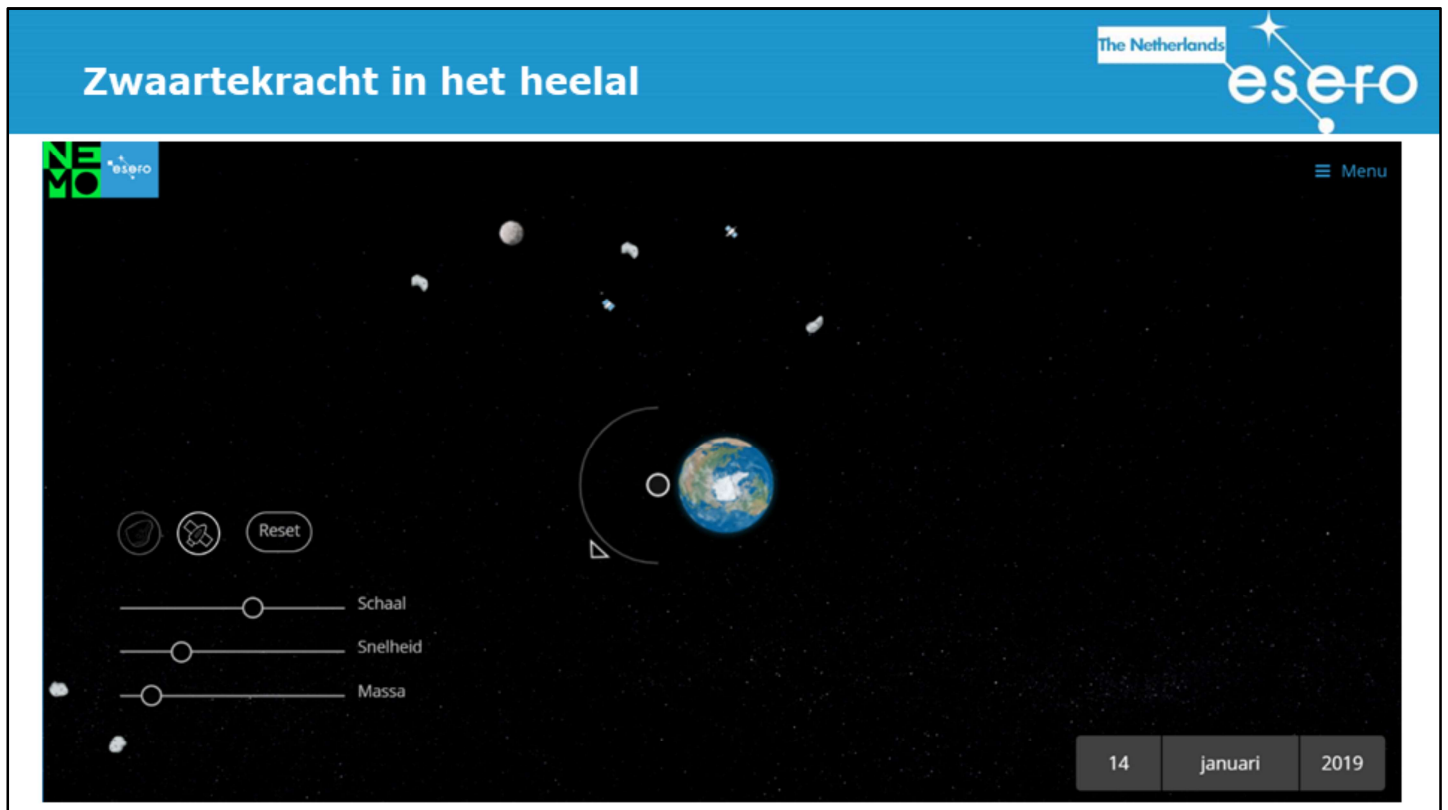
Nog iets genuanceerder: boven en beneden is geen positie, maar een richting. De richting van de zwaartekracht bepaalt wat boven en beneden is. En die richting is niet overal hetzelfde.

Als je hierover nadenkt, dan begrijp je beter dat boven en beneden een perceptie is dat afhankelijk is van jouw plek op aarde. IN de ruimte heb je dat referentiekader niet en heb je dus ook geen boven/beneden beleving. Simpel gezegd: in de ruimte bestaan

boven en beneden niet.

Je kunt nog verder met boven en beneden experimenteren:

- Zet een stoel rechtop en probeer op te staan. Geen probleem. Leg de stoel nu met de rugleuning op de grond. Ga er op zitten en probeer nogmaals op te staan. Een stuk lastiger. Dit komt doordat de stoel is ontworpen om rechtop te staan, d.w.z. met de bovenkant naar boven gericht en de onderkant naar beneden.
- Ga rechtop staan, maar buig nu naar voren toe met je benen gestrekt. Na een paar seconden voel je de druk op je hoofd toenemen. Een onaangenaam gevoel dat ontstaat doordat je bloedcirculatie niet meer goed werkt: er wordt teveel bloed naar je hoofd gepompt. Dit onaangename gevoel hebben Astronauten voortdurend doordat ze gewichtloos zijn.



<https://www.zwaartekrachtmodel.nl/>

Het model werkt op de meeste platformen, maar is geoptimaliseerd voor gebruik in de Chrome webbrowser.

Zwaartekracht in het heelal is een onderwerp voor de vierde klas, vanwege de ingewikkelde formules. Maar met dit modelletje kan zwaartekracht in het heelal eenvoudig gevisualiseerd worden, zodat het ook voor de tweede klas begrijpelijk is.

Op het scherm zijn de aarde en de maan te zien. Deze twee voorwerpen veroorzaken een zwaartekrachtsveld. Plaats je nu een willekeurig voorwerp in dit veld, dan zal het onder invloed van zwaartekracht gaan versnellen, vertragen en/of van richting veranderen.

De website kent twee modi:

- 1) Het spel: de leerling krijgt 9 uitdagingen/levels/opdrachten waarbij ze stapsgewijs kennis maken met het concept zwaartekracht. Iedere speler zou minstens level 6 moeten kunnen halen. De laatste 3 levels zijn het lastigst. Na elk level krijgt de leerling informatie over een echte situatie die lijkt op de opdracht.
- 2) Vrij experimenteren: de leerling mag zelf bepalen wat voor experimenten hij/zij uitvoert om zo vrij te ontdekken hoe zwaartekracht werkt.

DEMONSTRATIE:

- 1) Start de modus 'Vrij Experimenteren'
- 2) Laat zien dat voorwerpen die je boven de aarde loslaat naar de aarde toe vallen. Dit spreekt voor zich. Voor de grap kun je ook een voorwerp onder de aarde laten vallen om te laten zien dat onderin het scherm boven en beneden omgedraaid zijn.
- 3) Laat opnieuw een voorwerp vallen, maar geef het een lichte snelheid mee. Als je iets gooit, dan valt het nog steeds naar de aarde toe. Gooi een nieuw voorwerp iets harder, zodat het achter de horizon valt.
- 4) Geef een nieuw voorwerp nu zo een snelheid dat het blijft draaien. Deze draaisnelheid is ongeveer 8 km per seconde in het echt,
- 5) Geef nu een nieuw voorwerp zo een snelheid dat het van de aarde af vliegt. Deze snelheid is tenminste 11,2 km per seconde. Dit wordt ook wel de ontsnappingssnelheid genoemd.

Vertel eventueel dat alle hemellichamen een vaste baan hebben, omdat zwaartekracht en snelheid in balans zijn. Zou een hemellichaam sneller of langzamer bewegen, dan zou het van het centrum (meestal de zon of de aarde) afvliegen resp. er neer storten.

Disclaimer: het model is niet op schaal. Zowel de afmetingen als de snelheden zijn anders in het echt. Het ISS draait bijvoorbeeld in 1,5 uur om de aarde (met snelheid 8 km/sec), terwijl de maan een maand doet over een rondje (snelheid 1 km/sec). Ook bevindt het ISS zich 1000 maal dichterbij dan de maan. We hebben gekozen voor een gebruiksvriendelijke gameplay boven een correcte schaal. Ook zijn er kostenbesparingen gemaakt op het gebied van visualisaties (geen licht/schaduw).

Oceaanstromingen



Draaien om de aarde



Gewichtloosheid



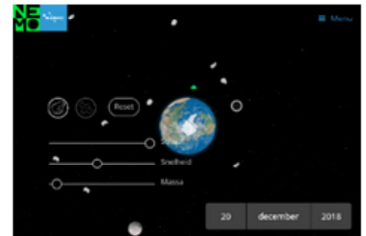
Exoplaneten



Eb en vloed



Zwaartekrachtmodel



5 voorbeeldlessen van zwaartekracht op aarde en in het heelal.

Convectie en oceaanstromingen:

<http://www.ruimtevaartindeklas.nl/lespakketten/oceaanstromingen>. Hier zit ook een leuk filmpje bij waarin André Kuipers hetzelfde experiment herhaalt in een gewichtloze omgeving.

Draaien om de aarde: <http://www.ruimtevaartindeklas.nl/lespakketten/satellieten-bekijken-de-aarde>

Gewichtloosheid: <http://www.ruimtevaartindeklas.nl/lespakketten/in-de-ban-van-de-zwaartekracht>

Exoplaneten: <http://www.ruimtevaartindeklas.nl/lespakketten/exoplaneten>

Eb en Vloed: <http://www.ruimtevaartindeklas.nl/lespakketten/eb-en-vloed>

Voor het zwaartekrachtmodel hebben we een aantal computers/tablets klaargezet.

Het experiment met de kleibollen bij eb en vloed is ook te gebruiken bij exoplaneten. Hij zit niet in de les.

Extra (1): het verschil tussen massa en gewicht.

Gewicht is te meten met een weegschaal met veer. Alle weegschalen in de keuken en waarmee je je eigen gewicht meet, voldoen aan dit principe. Een weegschaal geeft op elk hemellichaam een ander gewicht.

Massa is te meten met een balans (twee schalen die elkaar met gelijke massa's in evenwicht houden). Een balans geeft op elk hemellichaam dezelfde massa.

Een leuk experiment:

Nodig:

- Weegschaal
- voorwerp van c.a. 100-200 gram
- Elastiek van c.a. 1 meter lengte (van kleding werkt het beste, omdat die ver kan uitrekken, een lage veerconstante heeft)

Vorbereiding: Maak het elastiek vast aan het voorwerp, op zo'n manier dat je het voorwerp aan het elastiek kunt optillen. Het elastiek mag flink uitrekken.

Het experiment: leg het voorwerp op de weegschaal. De gemeten waarde is zowel de massa als het gewicht, want massa is gewicht op aarde. Voor sommige methodes zul je het gewicht moeten omrekenen in Newton (gewicht x 9,81)

Trek nu aan het elastiek zodat het gewicht 3 maal lager wordt. Dit is het gewicht van het voorwerp op mars. Het gewicht is driemaal zo laag geworden, maar de massa is gelijk gebleven.

Laat eventueel de leerlingen voelen wat het verschil is tussen gewicht op aarde en gewicht op mars: hetzelfde voorwerp voelt zwaarder of minder zwaar op een andere planeet.

Laat ook het voorwerp vallen met en zonder spanning op het elastiek. Op aarde valt het voorwerp driemaal zo snel als op mars.

Bij convectie hebben we ook een leuke toevoeging (geen les). Nodig: kleurstof, kleine erlenmeyer, groot bekerglas waar erlenmeyer helemaal in past, warm water, koud water

- 1) Vul het bekerglas met koud water, totdat het waterniveau minstens net zo hoog is als de erlenmeyer.
- 2) Vul de erlenmeyer tot bijna aan de rand met warm water.
- 3) Doe een klein beetje kleurstof in de erlenmeyer.
- 4) Zet de erlenmeyer voorzichtig in het bekerglas.
- 5) Wacht en kijk hoe het water uit de erlenmeyer omhoog stijgt.



Introductie

machten van 10
oerknal
tijd
ruimtequiz



Aarde

de blauwe hemel
seizoenen
magnetisme
oceananstroming
zwaartekracht
eb en vloed
navigatie
precessie
GPS
voedselketen
waterkringloop
broeikaseneffect



Heelal

geluid
maanfasen
vacuum
de zon
het zonnestelsel
meteorieten
sterren
retrograde
exoplaneten
straling
parallax
3D sterrenbeelden



Ruimtevaart

raketten
astronauten
het ruimtepak
gewichtsloos
satellieten
zacht landen
telescoplen
leven op Mars
De ISS robotarm
Een maanbasis
Buitenaards leven
waarom de ruimte?
Met een katapult
door de ruimte

Voor zwaartekracht in bijzondere situaties maken we gebruik van een selectie uit onze VO lessen op www.ruimtevaartindeklas.nl. We hebben voor het VO ongeveer 50 lessen, waarvan in zeker 5 lessen zwaartekracht een belangrijke rol speelt



www.esero.nl



Deze voorbeelden komen uit onderstaande les:

- <http://www.ruimtevaartindeklas.nl/lespakketten/in-de-ban-van-de-zwaartekracht>

Gewicht is de kracht die een voorwerp ervaart als het ergens tegenaan wordt gedrukt. Op aarde ervaar je gewicht omdat de zwaartekracht jou naar de aarde toe trekt, maar het aardoppervlak jou tegenhoudt. Je wordt daardoor een beetje in elkaar gedrukt. Dat is zo normaal en alomtegenwoordig dat je het niet door hebt.

Als je valt, ervaar je ook zwaartekracht. Maar er is geen tegenkracht. Dus op dat moment wordt je lichaam niet in elkaar gedrukt. Op dat moment ben je gewichtloos. Een vrije val is dus hetzelfde als gewichtloos zijn. Astronauten in een baan om de aarde, zijn ook aan het vallen. Niet naar de aarde toe, maar om de aarde heen.

Extra: Het verschil tussen massa en gewicht. Het gewicht op de maan of op Mars.

Gewicht is te meten met een weegschaal met veer. Alle weegschalen in de keuken en waarmee je je eigen gewicht meet, voldoen aan dit principe. Een weegschaal geeft op elk hemellichaam een ander gewicht.

Massa is te meten met een balans (twee schalen die elkaar met gelijke massa's in evenwicht houden). Een balans geeft op elk hemellichaam hetzelfde resultaat.

Een leuk experiment:

Nodig:

- Weegschaal
- voorwerp van c.a. 100-200 gram
- Elastiek van c.a. 1 meter lengte (van kleding werkt het beste, omdat die ver kan uitrekken, een lage veerconstante heeft)

Vorbereiding: Maak het elastiek vast aan het voorwerp, op zo'n manier dat je het voorwerp aan het elastiek kunt optillen. Het elastiek mag flink uitrekken.

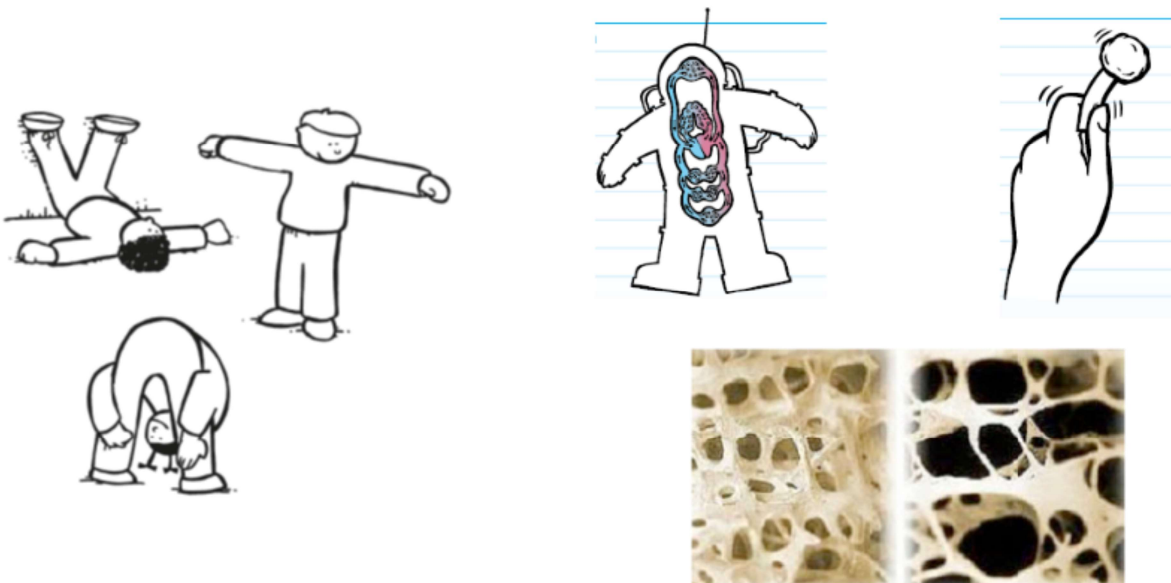
Het experiment: leg het voorwerp op de weegschaal. De gemeten waarde is zowel de massa als het gewicht, want massa is gewicht op aarde.

(Voor sommige methodes zul je het gewicht moeten omrekenen in Newton (gewicht x 9,81))

Trek nu aan het elastiek zodat het gewicht 3 maal lager wordt. Dit is het gewicht van het voorwerp op mars. Het gewicht is driemaal zo laag geworden, maar de massa is gelijk gebleven.

Laat eventueel de leerlingen voelen wat het verschil is tussen gewicht op aarde en gewicht op mars: hetzelfde voorwerp voelt zwaarder of minder zwaar op een andere planeet.

Laat ook het voorwerp vallen met en zonder spanning op het elastiek. Op aarde valt het voorwerp driemaal zo snel als op mars.



www.esero.nl

Zwaartekracht heeft een grote invloed op ons lichaam. Je hebt het niet door, maar in ons lichaam zijn allerlei processen die sterk beïnvloed worden door de zwaartekracht.

Deze oefeningen komen uit de volgende lessen:

<http://www.ruimtevaartindeklas.nl/lespakketten/voel-de-zwaartekracht> (is eigenlijk voor groep 3-4, maar kan zeker bij het hoofdstuk krachten nog nuttig zijn).

<http://www.ruimtevaartindeklas.nl/lespakketten/hoe-word-je-astronaut>

<http://www.ruimtevaartindeklas.nl/lespakketten/gewichtsloosheid-en-het-lichaam>

Links: een aantal oefeningen waarbij je duidelijk de zwaartekracht kunt voelen. Wat hierbij belangrijk is, is de richting van de zwaartekracht: naar beneden. Op aarde is er een boven en een beneden.

- Als je zit: op je billen en op je voeten
- Als je staat: op je voeten
- Als je je armen uitstrekt: op je schouders (in je schouder zit een spier die je armen omhoog houdt).
- Als je je hoofd tussen je benen doet (staand of zittend): na ongeveer 10 seconden krijg je een zeer onaangenaam gevoel in je hoofd.

Midden: een plaatje van je bloedsomloop. Bloed stroomt naar boven en naar beneden. Maar naar boven kost veel kracht, terwijl het vanzelf naar beneden stroomt. Hier is je

vatenstelsel volledig op aangepast. Je hart pompt met veel kracht het bloed omhoog waarna het vanzelf naar beneden stroomt.

Rechtsboven: een model van je evenwichtsorgaan. Het evenwichtsorgaan zit in je oor. Het bestaat uit een aantal buisjes gevuld met haren. Op het plaatje zie je zo'n haar. Als je beweegt, dan gaat het haartje meebewegen en dat voel je. Als de haartjes horizontaal staan, dan worden ze door de zwaartekracht een beetje naar beneden getrokken.

Je evenwichtsorgaan helpt je vooral goed zien.

- Beweeg je vinger langzaam heen en weer voor je hoofd. Het kost je moeite om hem scherp te zien.
- Hou nu de vinger stil en beweeg je hoofd heen en weer met ongeveer dezelfde snelheid. Nu zie je de vinger wel scherp. De beweging is voor je ogen hetzelfde, maar nu helpt je evenwichtsorgaan je om te focussen.

Zonder zwaartekracht werkt je lichaam heel anders. Boven en onder bestaan niet meer. Je lichaam zal zeker in het begin compleet ontregeld zijn:

- Je evenwicht werkt niet meer goed, want je voelt niet wat boven en onder is.
- Het bloed stroomt veel sterker naar je hoofd, omdat er geen kracht meer is die het bloed naar beneden duwt.
- Doordat je ogen en je evenwichtsorgaan niet meer goed kunnen samenwerken, zul je de eerste dagen veel klachten hebben als misselijkheid, duizeligheid en hoofdpijn.
- Rechtsonder zie je twee plaatjes van botweefsel. Het linker plaatje is gezond weefsel, het rechter plaatje is van een ontkalkt bot. Botten ontkalken als er niet genoeg kracht op wordt gezet. Zeker de benen worden een stuk zwakker in een omgeving zonder zwaartekracht.



www.esero.nl

In de ruimte proef je anders dan op aarde. Je neus werkt namelijk minder goed. Dit komt doordat je neusholten een beetje dichtgeknepen wordt door het bloed dat naar je hoofd toe gepompt wordt. Omdat geur een hele belangrijke aanvulling is op smaak, is eten in de ruimte een stuk minder smakelijk.

"Stuur jouw code naar de ruimte"



www.esero.nl

www.esero.nl/astropi

Astro Pi is een kleine computer aan boord van het ISS. Leerlingen kunnen deze computer programmeren vanaf aarde.

De Astro Pi is uitgerust met een aantal sensoren (bewegingssensor, thermometer, luchtvochtigheidsmeter, drukmeter) en een scherm. Ook is er een camera waarmee je foto's kan maken van de aarde.

Er zijn twee missies.

- Mission Zero: leerlingen schrijven een programma waarmee ze de temperatuur uitlezen en weergeven op het scherm
- Mission Space Lab: leerlingen bedenken een experiment die de Astro Pi voor hen kan uitvoeren.



Introductie

machten van 10
oerknal
tijd
ruimtequiz



Aarde

de blauwe hemel
seizoenen
magnetisme
oceananstroming
zwaartekracht
eb en vloed
navigatie
precessie
GPS
voedselketen
waterkringloop
broeikaseneffect



Heelal

geluid
maanfasen
vacuum
de zon
het zonnestelsel
meteorieten
sterren
retrograde
exoplaneten
straling
parallax
3D sterrenbeelden



Ruimtevaart

raketten
astronauten
het ruimtepak
gewichtsloos
satellieten
zacht landen
telescopen
leven op Mars
De ISS robotarm
Een maanbasis
Buitenaards leven
waarom de ruimte?
Met een katapult
door de ruimte

Voor zwaartekracht in bijzondere situaties maken we gebruik van een selectie uit onze VO lessen op www.ruimtevaartindeklas.nl. We hebben voor het VO ongeveer 50 lessen, waarvan in zeker 5 lessen zwaartekracht een belangrijke rol speelt

Meer info

- www.esero.nl
- lessen PO (1-8) en onderbouw VO (1-2)
- Projecten (CanSat, Astro Pi)
- NLT module Satellieten
- Twitter: @eseronl
- info@esero.nl

