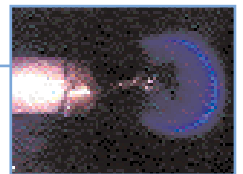
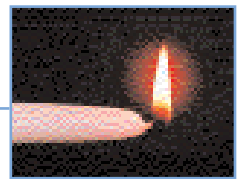


4 – Werken aan boord van het Internationaal Ruimtestation

Het ISS is niet alleen het grootste internationale bouwkundige project aller tijden. Het is een laboratorium in de lucht – een werkplaats in een baan om de Aarde die wetenschappers een hele reeks van onderwerpen laat bestuderen in een heel bijzondere omgeving: een omgeving waarin alles nagenoeg gewichtloos is.

Op aarde wordt alles wat we doen in grote mate beïnvloed door de **zwaartekracht**. We zijn zo gewend aan de zwaartekracht dat we het als vanzelfsprekend beschouwen: het is totaal normaal dat iets valt als je het loslaat. Onze lichamen – zoals de lichamen van elk ander levend wezen op aarde – zijn **geëvolueerd** om de zwaartekracht te kunnen weerstaan, en om er voordeel uit te halen. We hebben sterke skeletten om ons te ondersteunen, en een krachtig hart dat bloed “bergop” pompt tegen de kracht van de zwaartekracht in.

Er doet zich een aantal vreemde zaken voor in een toestand van gewichtloosheid. Een goed voorbeeld om dit aan te tonen, is iets eenvoudigs als de vlam van een kaars. Op **aarde** rijst de vlam op in haar bekende vorm, omdat de hete gassen die ontstaan door het branden lichter zijn dan de koele lucht eromheen. Deze koele lucht wordt naar de basis van de kaarselont getrokken en voert zo zuurstof aan die ervoor zorgt dat de was in de lont blijft branden. Maar in **gewichtloosheid** is het hete gas niet lichter dan de koude lucht: niets stijgt. Het resultaat is een klein, bijna onzichtbaar, rond vlammetje – een bijna perfecte bol. De eigenlijke verbranding vindt alleen plaats aan het oppervlak van de bol, waar brandstof van de was zich kan mengen met de zuurstof van de buitenlucht.



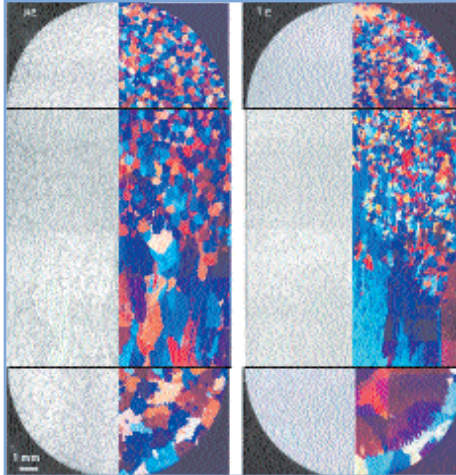
Door het bestuderen van de manier waarop voorwerpen branden in gewichtloosheid, kunnen wetenschappers veel leren over verbranding. Bijvoorbeeld de wijze waarop gassen samensmelten kan worden onderzocht. Deze delicate reactie is zeer moeilijk te observeren op aarde, waar gassen worden “overspoeld” door de veel grotere invloeden die de zwaartekracht veroorzaakt.



Nieuwe kennis die in de ruimte wordt opgedaan leidt tot **praktische toepassingen** op aarde. Indien je precies weet hoe zaken branden, bijvoorbeeld, kun je automotoren ontwerpen die minder brandstof gebruiken en minder vervuiling teweeg brengen.

Een ander interessant onderzoeksgebied is het **mengen** van vloeistoffen – en opnieuw heeft dit belangrijke praktische toepassingen. Op aarde zijn vele van de metalen die we dagelijks gebruiken legeringen: dat zijn mengvormen van twee of meer metalen die in gesmolten toestand

worden samengevoegd. De meeste vliegtuigen, bijvoorbeeld, zijn grotendeels gemaakt van een legering die duraluminium wordt genoemd. Die bestaat voornamelijk uit aluminium, met een beetje koper en enkele andere metalen. Op aarde beïnvloedt de zwaartekracht in grote mate de manier waarop de metalen zich vermengen. Experimenten in gewichtloosheid kunnen ons veel leren over de kenmerken van het



Twee stalen van aluminiumlegeringen, één verhard in de ruimte en één op aarde bij dezelfde bevroeringsomstandigheden.

“[mengen](#)” – en we kunnen de nieuwe informatie gebruiken om betere legeringen op aarde te maken.

Gewichtloosheid heeft ook een belangrijke invloed op het menselijke lichaam, en **medische experimenten** vormen een belangrijk onderdeel van de werkzaamheden aan boord van het ISS. Bij afwezigheid van zwaartekracht ervaren de astronauten dat hun **spieren** al vrij snel veranderen. Na een tijdje worden deze zwakker, wat alleen kan worden tegengegaan door een hele reeks van zware oefeningen. Hun **botten** veranderen ook – bot is een levende stof die een grote hoeveelheid energie nodig heeft om de eigen structuur te behouden. Bij het bijna ontbreken van gewicht lijkt

het lichaam te denken dat er geen noodzaak is om die inspanning te leveren. Botmateriaal wordt zodoende wel geabsorbeerd maar niet vervangen: in de loop van slechts één maand in de ruimte kan een astronaut 1% van zijn totale minerale botinhoud verliezen.

Verlies van kracht en inhoud van spieren en botten zijn problemen die op aarde ook voorkomen, in het bijzonder bij oudere mensen of mensen die gedurende meerdere maanden in bed moeten blijven in een ziekenhuis. Maar in gewichtloosheid treden deze problemen veel sneller op – en onderzoek naar de oorzaken en mogelijke behandelingen kunnen in een kortere tijdsspanne worden bestudeerd. Het is mogelijk om in enkele maanden tijd **medicijnen te testen**, de gevolgen van oefeningen en speciale diëten te onderzoeken, en snel resultaten te verkrijgen. Dat alles in plaats van de jaren die men nodig heeft om dezelfde experimenten op aarde uit te voeren.



ESA astronoute Claudie Haigneré voert een fysiologisch experiment uit.

Maar wie voert nu het eigenlijke wetenschappelijke onderzoek uit aan boord van het ISS? Vele experimenten worden rechtstreeks aangestuurd door wetenschappers op de grond, die gebruik maken van de telecommunicatieverbindingen met het ruimtestation. De bemanning speelt ook een essentiële rol, omdat ze het grootste deel van de apparatuur controleren, en omdat ze altijd ‘standby’ zijn om onverwachte problemen op te lossen. Ze voeren experimenten uit en sturen directe televisiebeelden met de resultaten naar de wetenschappers op aarde. En voor de [fysiologische experimenten](#) is de bemanning zelf het beste proefkonijn.

Een dagelijks karwei voor de astronauten is het onderhoud van het station – “het huishouden” hoog boven de Aarde. Dit betekent het schoonmaken van alle oppervlakken met ontsmettende doeken, ongeveer zoals mensen op de grond dit doen. En het ISS heeft ook een stofzuiger, die niet zo verschilt van het model dat je thuis gebruikt. In het ISS moet de stofzuiger vaak vuil en afval opzuigen dat zich niet enkel op de “vloer” bevindt, maar tevens ieder deeltje dat simpelweg in de lucht rondrijft.

De werking van zwaartekracht beïnvloedt alles op Aarde. Deze onzichtbare kracht is de reden waarom bijvoorbeeld appels op de grond vallen.

Ontdek zwaartekracht

- Benodigdheden:
- twee ballen van dezelfde grootte, maar met een verschillende massa (één van de ballen kan gemaakt worden van verfrommeld papier)
 - een blad papier

Lees het experiment hieronder door en beeld je in wat er zal gebeuren. Beschrijf dit voordat je het eigenlijke experiment uitvoert.

Deel A

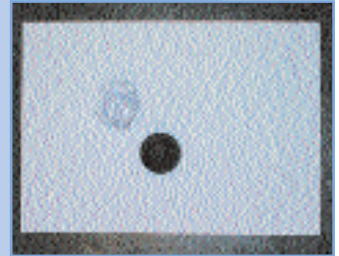
1. Houd de twee ballen op dezelfde hoogte.
2. Laat de twee ballen op hetzelfde moment vallen.
3. Observeer en beschrijf wat er gebeurt met de ballen. Versnellen ze even snel? Raken ze de grond op hetzelfde ogenblik?
4. Herhaal het experiment terwijl een andere leerling waarneemt wat er gebeurt.

Deel B

1. Houd de papieren bal en een blad papier op dezelfde hoogte (zo hoog mogelijk).
2. Laat de twee voorwerpen op hetzelfde ogenblik vallen.
3. Observeer en beschrijf wat er gebeurt met de voorwerpen. Versnellen ze even snel? Raken ze op hetzelfde ogenblik de grond?
4. Herhaal het experiment terwijl een andere leerling waarneemt wat er gebeurt.

Deel C

Vergelijk wat je verwachtte dat er zou gebeuren met wat in werkelijkheid gebeurde – is er een verschil? Vergelijk de waarnemingen die je maakte in beide experimenten, deel A en deel B. (Indien er geen verschillen waren tussen de experimenten, vergroot dan de hoogte van het punt waar je de ballen laat vallen en probeer het opnieuw). Bespreek wat de voorwerpen doet vallen en waarom sommige voorwerpen sneller/trager vallen. Tot welke conclusies kom je?



De sterkte van de aantrekkingskracht (F) wordt als volgt berekend:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

waarin m_1 en m_2 de massa is van de twee voorwerpen, r de afstand tussen hen beiden en G een constante is, bekend als de zwaartekrachtconstante ($G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$).

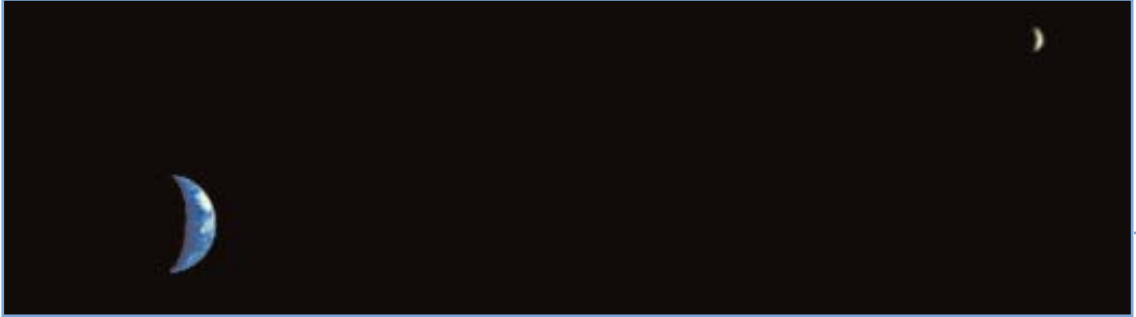
Sir Isaac Newton ontdekte dat er een **gravitatie kracht** is die elke twee voorwerpen in het universum naar elkaar toe aantrekt. Deze aantrekking hangt af van de massa van de voorwerpen en de afstand tussen hen beiden. Hoe groter de massa's van de voorwerpen, hoe groter de aantrekking. Hoe groter daarbij de afstand is, hoe kleiner de aantrekking.

Massa van de Aarde: $5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

Massa van de Maan: $7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$

Basisafstand tussen de Aarde en de Maan: 384 400 km

4.1 – Wat is zwaartekracht?



De Zon en alle andere planeten trekken elkaar aan met hun zwaartekracht. Omdat de Zon veruit de grootste massa heeft, draaien alle planeten eromheen. Om dezelfde reden [draait de Maan rond de Aarde](#) – de Aarde is meer dan 30 keer groter dan de Maan. We kunnen de aantrekking van de Maan zien in de getijden: ze trekt het water in de oceanen aan, en veroorzaakt zodoende eb en vloed.

Alle planeten kennen zwaartekracht, maar de aantrekking die de planeten uitoefenen op een voorwerp varieert, omdat iedere planeet een andere massa heeft. De zwaartekracht wordt gemeten in Newtons (N) en is het resultaat van de massa van een voorwerp en de **versnelling** die een voorwerp heeft in de beweging naar een planeet toe. De zwaartekrachtversnelling op aarde is $9,8\text{m/s}^2$.

*Versnelling:
Wanneer de snelheid van een voorwerp iets wordt opgevoerd, versnelt het. (Wanneer de snelheid wordt verlaagd, vertraagt het).*

Wanneer twee voorwerpen naar de Aarde toe vallen, beïnvloedt de zwaartekracht beiden op precies dezelfde manier. Indien zij niet bloot staan aan andere krachten, zullen de voorwerpen dan ook in dezelfde mate [versnellen](#). Dicht bij het oppervlak van de Aarde zijn er echter andere krachten die op de voorwerpen inwerken, zoals wrijving. Wrijving kan worden veroorzaakt door weerstand van de lucht die de snelheid van een vallend voorwerp vermindert. Hoe groter het oppervlaktegebied van een voorwerp, hoe meer weerstand het heeft, en hoe langzamer het zal bewegen.

Massa is de hoeveelheid materie die een voorwerp bevat en wordt gemeten in kg. De massa van een voorwerp is daarom overal dezelfde, onafhankelijk van waar het voorwerp zich in het universum bevindt. Het [gewicht](#) van een voorwerp is echter het resultaat van zwaartekracht en hangt daarom af van zijn omgeving. Het gewicht van een voorwerp op aarde wordt gemeten op basis van de verhouding tussen de massa van een voorwerp en de zwaartekrachtversnelling van de Aarde.

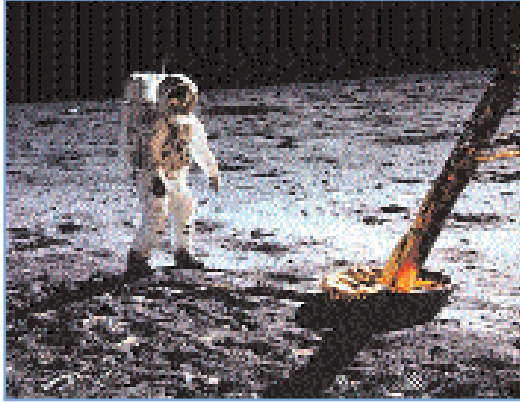
Het gewicht van een voorwerp, **W**, neemt toe wanneer de massa, **m**, van een voorwerp toeneemt, of wanneer de zwaartekrachtversnelling, **g**, toeneemt:

$$W = m \cdot g$$

zwaartekrachtversnelling (**g**) wordt gemeten in m/s^2 , en staat in verband met de **versnelling** door de plaatselijke zwaartekracht. Op aarde is deze versnelling gelijk aan $9,8\text{m/s}^2$. Op de maan is ze gelijk aan $1,6\text{m/s}^2$, terwijl ze op Mars gelijk is aan $3,7\text{m/s}^2$.
massa (**m**) wordt gemeten in kg.
gewicht (**W**) wordt gemeten in Newtons ($1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$).

Massa en gewicht

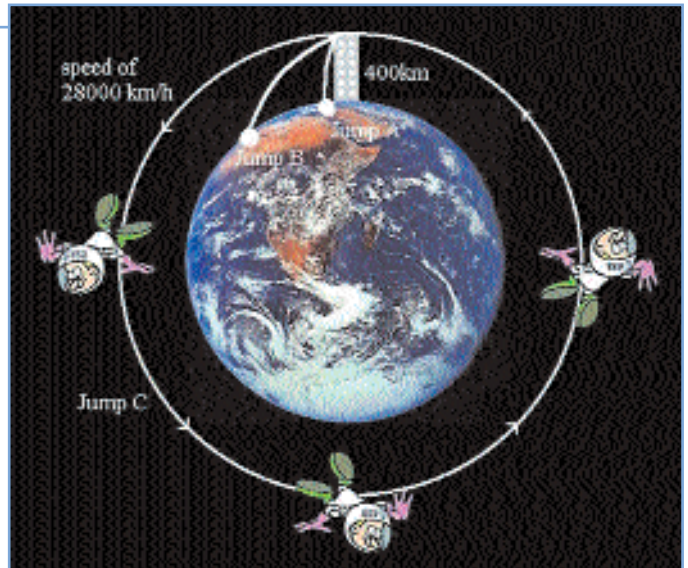
Wanneer een astronoot een massa heeft van 84 kg, wat zou zijn gewicht zijn op
a. de Aarde?
b. de Maan?
c. Mars?



Op de maan is de versnelling door de zwaartekracht één zesde van de versnelling op aarde (de maan heeft minder massa dan de Aarde en daardoor minder aantrekkingskracht). Dus ook al hebben astronauten dezelfde massa, toch is hun gewicht slechts één zesde van wat ze wegen op Aarde. Dat is de reden dat astronauten eerder springen in plaats van lopen op de Maan!

Gewichtloosheid

Beeld je een hele hoge toren in, van ongeveer 400 km hoog. Als een astronaut recht van de top van de toren afspringt, zal hij zich in een **vrije val** bevinden – maar na een tijdje zal hij de grond raken (zie [afbeelding Sprong A](#)). Als hij met een zekere snelheid in een voorwaartse richting springt, zal hij verder van de toren vandaan vallen, maar hij zal nog altijd de grond raken (Sprong B). De voorwaartse snelheid moet groot genoeg zijn (ongeveer 28 000 km/u) om te vermijden dat de astronaut de grond zou raken. In plaats daarvan zal hij in een cirkel vallen die de ronding van de aarde volgt (Sprong C), in een **baan**. Als de snelheid te groot is zal hij ontsnappen aan de zwaartekracht van de Aarde en in de ruimte belanden.



Hetzelfde gebeurt met het ISS. De zwaartekracht van de Aarde en de voorwaartse snelheid van het ISS (28 000 km/u) zorgen ervoor dat het ISS rond de Aarde draait. Het ISS bevindt zich in een **vrije val** rond de Aarde, en dit veroorzaakt de **toestand van gewichtloosheid** aan boord.

Vrije val

Wanneer je in vrije val bent, voelt het aan alsof je zweeft. Dat is een gevoel dat je misschien al hebt ervaren op het moment dat een lift begint af te dalen, of in een achtbaan, op het moment dat de rails naar beneden afbuigen.



Periode van gewichtloosheid tijdens een parabolische vlucht.

Wanneer een voorwerp zich in blijvende vrije val bevindt en wanneer er geen uitwendige krachten op inwerken, wordt het voorwerp **gewichtloos**. Dit is een toestand van zogenaamde **nulzwaartekracht (0G)**. In werkelijkheid is het heel moeilijk om alle uitwendige krachten volledig uit te

4.1 – Wat is zwaartekracht?

μG = microzwaartekracht

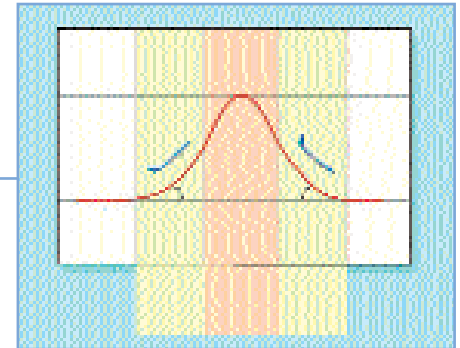
μ = het symbool voor "micro", oorspronkelijk van het Griekse woord "micros", dat vaak wordt gebruikt in de zin van "klein", is "een miljoenste deel van", of (10^6).

schakelen. Een voorwerp dat bijvoorbeeld rond de Aarde draait op een hoogte van ongeveer 400 kilometer (zoals het ISS) zal te maken krijgen met wrijving, omdat er nog steeds wat druk van de atmosfeer van de Aarde merkbaar blijft. De wetenschappelijke term voor de licht verstoorte zwaartekrachtomgeving van een voorwerp in een baan om de de Aarde is **microzwaartekracht (μG)**.

We spreken soms van **G-krachten**. Wanneer een lift begint te stijgen, kun je voelen dat je voeten op de vloer worden gedrukt, net alsof de zwaartekracht vergroot is. Deze krachten worden positieve G-krachten genoemd en zijn het resultaat van de opwaartse versnelling van de lift.

De trekkracht die de zwaartekracht van de Aarde uitoefent op het oppervlak van de Aarde is **1G**. In een achtbaan kan je **2G** bereiken en tot **5G** in een bobslee of aan boord van een lanceerraket. Dit betekent dat de versnelling twee keer groter, of vijf keer groter is dan de kracht die de zwaartekracht van de Aarde normaal op je uitoefent. In een achtbaan ervaar je dit onderaan de rails, net wanneer de rails weer naar boven buigen.

Vliegtuigen die op en neer vliegen in **parabolen** zullen periodes van verhoogde G-krachten en periodes van verlaagde G-krachten bereiken. De **parabolische vluchten** van ESA worden uitgevoerd aan boord van een Airbus A300. Passagiers aan boord zullen periodes van verhoogde G-krachten



krachten

ervaren die 20 seconden duren, onmiddellijk gevolgd door 20 seconden met verlaagde G-krachten.



Parabolische vluchten worden gebruikt om wetenschappelijke en technologische onderzoeken voor korte periodes in gewichtloze toestand uit te voeren. Ze bieden de mogelijkheid om instrumenten te testen, vòòr ze daadwerkelijk naar de ruimte worden gevlogen om daar gebruikt te gaan worden. Deze vluchten geven astronauten ook de mogelijkheid om gewichtloze omstandigheden te ervaren voordat ze deelnemen aan een langdurige vlucht in de ruimte.

Laat vallen!

Gebruik een lege plastic fles (b.v. 1/2 liter) en maak er in de zijkant met een priem of een kleine boor een gaatje in. Plak het gaatje dicht met plakband en vul de fles voor 3/4 met water.

Het volgende moet buiten of boven een emmer worden uitgevoerd:

1. Klim op een stoel of een ladder.
2. Maak het plakband los en kijk goed naar de straal.
3. Laat de fles vallen en bekijk wat er gebeurt met de straal in de vrije val.

Aan de hand van deze demonstratie kun je zien hoe zwaartekracht op het water inwerkt en hydrostatische druk binnenin de fles creëert. Deze druk is de reden dat het water uit de fles komt.

Als je de fles laat vallen, bevindt deze zich in vrije val en is dus in een toestand van gewichtloosheid. Niet alleen de fles, maar ook alles wat erin zit, wordt gewichtloos. In deze situatie lijkt het alsof er geen aantrekkingskracht op het water wordt uitgeoefend, en is er daarom geen hydrostatische druk. Er zal geen straal zijn.

Indien je drie gaatjes maakt in een verticale lijn, ongeveer 5 cm uit elkaar, en hetzelfde experiment uitvoert, zal je zien dat de hydrostatische druk verschilt al naargelang de verschillende plaatsen van de gaatjes.



De 'Glovebox'

Aan boord van het ISS bevinden zich verschillende 'gloveboxes' die het mogelijk maken om experimenten uit te voeren in een volledige schone (**steriele**) omgeving. Er steken handschoenen naar binnen, die astronauten in de gelegenheid stellen experimenten in de doos handmatig uit te voeren – zonder dat ze de steriele omgeving besmetten.

'Gloveboxes' zijn zó gemaakt dat er, binnenin, steeds een lagere luchtdruk is vergeleken met de **luchtdruk** daarbuiten. Dit betekent dat, als er in de glovebox een onverwacht lek optreedt, lucht naar binnen wordt gezogen. Het achterliggende idee is te garanderen dat alle gevaarlijke materialen zoals poeders, zuren of giftige materialen in de kast blijven en de omgeving in het ISS niet besmetten. De veiligheid en gezondheid van de astronauten is altijd van het grootste belang.



De 'glovebox' op de afbeelding rechts is een deel van het [Biolab](#). Dit zal in het Columbus laboratorium worden geplaatst. Het werd speciaal ontworpen voor biologische experimenten. De afbeelding hieronder toont een grotere 'glovebox', de [Microgravity Science Glovebox](#), die werd gebouwd door ESA en naar het ISS werd gelanceerd op 6 juni 2002. Deze 'glovebox' wordt gebruikt voor experimenten in verschillende disciplines.



Schuimexperimenten

Aan boord van het ISS wordt een verscheidenheid aan experimenten uitgevoerd, bijvoorbeeld experimenten met **schuim**. Deze zijn ontworpen om te bestuderen hoe schuim zich gedraagt onder gewichtloze omstandigheden. Op basis van de resultaten van het onderzoek kan de industrie mogelijk haar producten verbeteren.

De beste manier om een indruk te krijgen van het uitvoeren van een schuimexperiment in een 'glovebox' is er zelf een te maken. Onder gewichtloze omstandigheden worden schuimexperimenten voorbereid en uitgevoerd in afgesloten houders – anders gaan de vloeistoffen rondzweven. Omdat het niet mogelijk is vloeistoffen van de ene houder in de andere te gieten, wordt de vloeistof van de ene afgesloten houder in een spuit opgezogen en dan in een andere afgesloten houder gespoten.

Schuim bestaat in verschillende vormen, zoals:

- *Schuim in voedsel (slagroom, de kraag van bier en frisdrank, brood, cake enz.)*
- *Schuim van wasmiddelen (zeep)*
- *Schuim van badproducten (doucheschuim, bubbelbad)*
- *Schuim om vuur te doven (gebruikt in plaats van, of samen met water en zand)*
- *Metaalschuim (licht en heel sterk, gebruikt voor bouwmaterialen, schokabsorberende en geluid-dempende voorwerpen)*



Ontwerp en bouw je eigen 'glovebox' model

Houd een groepsdiscussie over welke materialen je kunt gebruiken voor een model van een 'glovebox', en of ze voorhanden zijn. Ontwerp en bouw er zelf een model van.

Wanneer je het 'glovebox' model ontwerpt, houd dan rekening met het volgende:

- Er moet voldoende ruimte zijn om het schuimexperiment dat hieronder wordt beschreven, uit te voeren in de 'glovebox';
- De bovenzijde dient doorschijnend te zijn zodat je kunt zien wat je doet in de 'glovebox' doet;
- De handschoenen dienen op zo'n manier te worden aangebracht dat er geen lucht kan ontsnappen;
- De 'glovebox' heeft een opening nodig die stevig kan worden afgesloten om het materiaal binnenin luchtdicht af te sluiten.

Frank De Winne, Belgisch ESA astronaut, probeert de Microgravity Science Glovebox uit.

'Glovebox' schuimexperiment

Benodigheden:

- 'Glovebox', een spuit, een reageerbuisje en een glazen kom om de oplossing te mengen (of twee afgesloten reageerbuisjes)
- 5 ml aangelenigde azijnzuuroplossing (Verhoudingen: 60% sterke en zuivere huishoudazijn + 40% afwasmiddel)
- 1 - 2 g. natriumbicarbonaat (een paar gram bicarbonaat van natrium of bakpoeder)



Het experiment voorbereiden en uitvoeren:

Lees de experimenten hieronder door en stel je voor wat er zal gebeuren. Beschrijf dit voordat je het eigenlijke experiment uitvoert.

1. Vermeng de azijnzuuroplossing en plaats deze in de 'glovebox', samen met een spuit.
2. Plaats een reageerbuisje met een kleine hoeveelheid natriumbicarbonaat in de 'glovebox'.
3. Sluit de 'glovebox' af en stop je handen in de handschoenen.
4. Zuig de azijnzuuroplossing met de spuit op en voeg de oplossing toe aan het natriumbicarbonaat in de reageerbuis.

Neem waar en beschrijf:

De grootte van de bellen en de vorm van het schuim terwijl het weer inzakt tot een vloeibare toestand.

Bespreek:

- Vergelijk wat je verwachtte dat er zou gebeuren met wat er in werkelijkheid gebeurde – is er een verschil?
- Wat beïnvloedt de vorm van het schuim terwijl het inzakt?
- Wat zou de vorm van het ingezakte schuim zijn in een gewichtloze toestand?

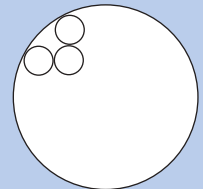
4.2 – Onderzoek aan boord van het Internationaal Ruimtestation

Er kunnen drie afzonderlijke fases worden beschreven in het ontstaan van schuim:

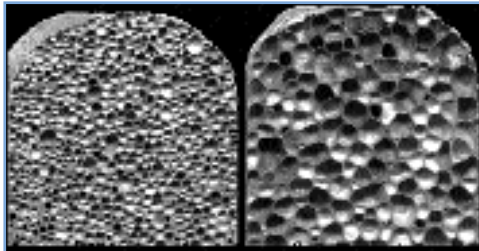
1. **De groei van het schuim** – onmiddellijk nadat het gas in de vloeistof wordt verspreid.
2. **Samensmelting** – wanneer de bellen zich samenvoegen om grotere bellen te vormen.
3. **Het afvoeren van de vloeistof** – wanneer de bellen inzakken en weer vloeibaar worden.

Oppervlaktegebied

1. Bereken de omtrek van de grote cirkel.
2. Vul de cirkel met kleine cirkels.
3. Bereken de omtrek van één van de kleine cirkels.
4. Zoek de totale oppervlakte van alle kleine cirkels samen.
5. Welke heeft de kleinste oppervlakte: de grote cirkel of de som van alle kleine cirkels?

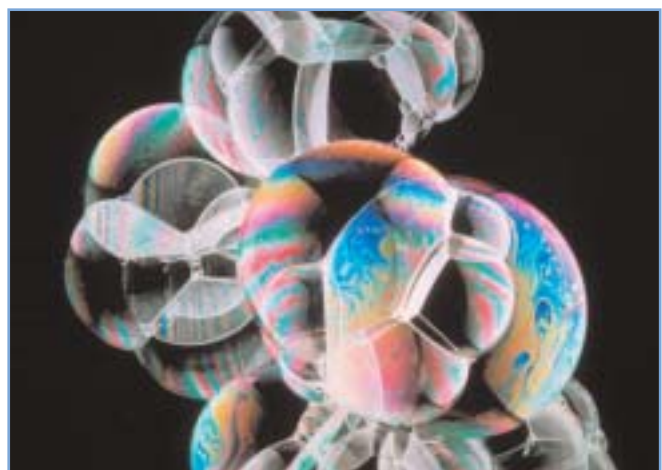


De reden waarom de bellen zich samenvoegen is de **oppervlaktespanning**. **Oppervlaktespanning** kan worden omschreven als de kracht die werkt over een oppervlak van vloeistof. Het zorgt er eigenlijk voor dat het oppervlak van de vloeistof zich gedraagt alsof het een elastieken huid heeft – zoals een ballon. Net als een ballon, proberen de bellen het oppervlaktegebied te beperken. Daarom voegen de bellen zich na een tijdje weer samen; ze voegen zich liever samen tot een grote bel dan aparte kleine bellen te blijven.



Op aarde zorgt de zwaartekracht ervoor dat de vloeistofvliezen tussen de bellen naar beneden wegvloeien en dat het schuim uiteindelijk ineenzakt. Dit veroorzaakt schuim met bellen van verschillende afmetingen.

In de ruimte, daarentegen, vloeit de vloeistof niet weg omdat er geen zwaartekracht is die de vloeistof naar beneden trekt. In plaats daarvan heeft het schuim de neiging ineen te zakken in alle richtingen, wat het schuim meer gelijkmatig maakt naar vorm en grootte van de bellen. De bellen zullen tevens blijven hangen aan de rand van de houder, terwijl een grotere luchtbel zich in het midden van de houder vormt. Ook dat is het gevolg van oppervlaktespanning.



Experimenten met planten

Planten zijn onmisbaar voor het leven op aarde, en ze zouden ook essentieel kunnen worden voor het slagen van ruimtemissies in de toekomst. Ruimteverkenner die op langere missies gaan zullen wellicht afhankelijk zijn van planten om hun eigen **overlevingskansen** te verzekeren.

Het zal moeilijk zijn om al het voedsel dat nodig is voor een langdurige missie mee te nemen, omdat opslagruimte een beperkende factor is aan boord van een ruimtevoertuig. Een oplossing kan zijn dat de astronauten onderweg hun eigen eten kweken. Maar voor we op planten kunnen steunen als **bron**, moeten we eerst meer leren over hoe deze reageren op gewichtloze omstandigheden.

Vanwege de gewichtloosheid worden de experimenten met planten opgeborgen in afgesloten bakken – anders zouden aarde en water vrij rondrijven. Op deze afbeelding kan je één van deze bakken zien die speciaal voor het onderzoek met planten in de ruimte werden ontwikkeld. Ze zorgen er tevens voor dat de planten worden voorzien van de juiste hoeveelheid gassen, water, licht en de juiste temperatuur.



Maar hoe weten de planten nu in welke **richting ze moeten groeien** onder gewichtloze omstandigheden, waar niet echt een boven en onder is?

Uit experimenten die werden uitgevoerd tijdens eerdere ruimtemissies, hebben wetenschappers ontdekt dat planten in alle richtingen groeien. Na een tijdje echter lijkt het erop dat de plant zich aanpast aan de omstandigheden en in een stabielere richting begint te groeien. Dit komt doordat ze andere bronnen dan de zwaartekracht gaan gebruiken om zich te oriënteren: de bladeren gebruiken het **licht** als een referentie, terwijl de wortels zich strekken naar het **water**. Het onderzoek leidde tevens tot een groter inzicht in hun balanssysteem, maar er is nog veel onderzoek nodig naar deze groeiprocessen.



De resultaten van het plantenonderzoek in de ruimte kunnen leiden tot een uitgebreider gebruik van planten aan boord van ruimtevaartuigen, bijvoorbeeld om het gehalte van de gassen in de lucht van de cabine te regelen (planten nemen koolstofdioxide op en geven zuurstof af) en om water te recyclen (omdat ze gebruikt kunnen worden om vuil water te filteren). De resultaten kunnen tevens kostbare informatie verschaffen die mensen op aarde kunnen gebruiken, bijvoorbeeld hoe men de oogst kan verbeteren of over het ontwikkelen van nieuwe medicijnen.

Astronauten die maanden doorbrengen aan boord van het ISS zeggen dat ze vaak planten missen en dat ze genieten van het experimenteren met planten. Planten kunnen een grotere rol gaan spelen aan boord van ruimtevaartuigen, aangezien ze tevens zorgen voor een aangename en emotioneel ondersteunende sfeer voor de astronauten.



Voer een plantenexperiment uit

Als we willen begrijpen hoe een plant groeit, moeten we meer ontdekken over de factoren die hun groei beïnvloeden. Om dit te ontdekken kunnen we proberen om planten te kweken in het licht en in het donker, met water en zonder, met lucht en in het luchtledige.

Jouw opdracht:

Ontdek hoe planten zich in verschillende omstandigheden gedragen.

1. Houd een groepsdiscussie over welke omstandigheden de groei van planten beïnvloeden.
2. Bepaal wat je zou willen ontdekken, en maak een plan voor je experiment. Dit moet o.a. bevatten:
 - a. Het materiaal dat je nodig hebt;
 - b. Hoe je het experiment zult uitvoeren;
 - c. Wat je verwacht dat er zal gebeuren;
 - d. Wanneer en hoe je de gegevens zal waarnemen die je wenst te verzamelen.
3. Observeer en verzamel alle belangrijke gegevens.
4. Analyseer de informatie die je verzameld hebt. Vergelijk wat in werkelijkheid gebeurde met wat je verwachtte dat er zou gebeuren.
5. Verklaar waarom de planten reageerden zoals ze deden.

Jouw ruimtemissie:

1. Bespreek of het mogelijk zou zijn jouw experiment aan boord van het ISS uit te voeren, of dat je er enkele wijzigingen in zou moeten aanbrengen.
2. Op welke manier denk je dat planten anders zouden reageren aan boord van het ISS?
3. Welke andere omstandigheden zou je voorstellen te onderzoeken aan boord van het ISS, en waarom?
4. Zoek in verschillende bronnen informatie over fotosynthese en celademhaling. Schrijf een samenvatting van de processen en illustreer de tekst (maak b.v. een tekening). Bespreek of deze processen nuttig kunnen zijn voor het leven aan boord van het ISS.



Zaden

Je kunt verschillende soorten zaden gebruiken voor je experiment.

Een van de planten die aan boord van het ISS werd onderzocht is de zogenaamde Arabidopsis thaliana. De zaadjes zijn klein en je kunt ze gemakkelijk vinden. Of je kunt tuinkers of radijs gebruiken, die tot dezelfde plantenfamilie behoren.

Andere suggesties zijn: tarwe, bonen, mais, bieslook of goudsbloem (een soort Afrikaantje).

Sommige van de experimenten die aan boord van het ISS zullen worden uitgevoerd, bestuderen het gedrag van materialen in de barre omgeving van de ruimte. Eén van deze onderzoeken is een reeks wetenschappelijke experimenten met de naam **“Materials Exposure and Degradation Experiment” (MEDET)**. Dit zal aan de buitenkant van het ruimtestation worden vastgemaakt, en gedurende drie jaar in een baan om de Aarde blijven. Na deze periode zal het experiment terug naar de Aarde worden gebracht om te worden geanalyseerd.



MEDET heeft drie belangrijke wetenschappelijke doeleinden:

1. Ontwerpers van ruimtevaartuigen informatie geven over hoe materialen zich in de ruimte gedragen;
2. Onderzoeken hoe afval van de mens het materiaal aantast waar ramen mee worden gemaakt;
3. Micrometeorieten en puin onderzoeken die het ruimtestation dagelijks raken.

De zeven experimenten:

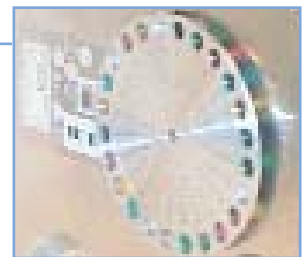


Experiment 1: Micro-warmtemeters

Micro-warmtemeters zijn speciale thermometers. Er bevinden zich 14 van dergelijke meters op MEDET, elk uitgerust met verschillende materiaalstalen. Onderzoekers willen ontdekken of de zeer hoge en zeer lage temperaturen waaraan het ruimtestation wordt blootgesteld terwijl het rond de Aarde draait, veranderingen kunnen veroorzaken in de eigenschappen van die materialen.

Experiment 2: Spectrometer

Een ander experiment op MEDET is een draaiend wiel met 22 kleine venstertjes die gemaakt zijn van verschillende materialen die voor ramen worden gebruikt. Wanneer het zonlicht op een van de venstertjes valt, wordt een deel van het licht tegengehouden, terwijl de rest er recht doorheen straalt. Onder het wiel meet een spectrometer de veranderingen in het doorgelaten licht dat door de venstertjes valt.



Experiment 3: Ruimtepuin Detector

De detector meet micrometeorieten en puin, kleine voorwerpen die met een heel hoge snelheid door de ruimte bewegen.

De detector is opgebouwd uit vier condensators die elektrische energie opslaan. Iedere condensator bestaat uit twee klemmen die verbonden zijn met twee platen, die weer van elkaar gescheiden zijn door een diëlektricum (een speciaal soort isolatie-)

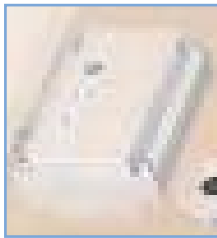
materiaal dat geen elektriciteit geleidt). Als een micrometeoriet de detector raakt, slaat het diëlektricum stuk en verliest de condensator al zijn elektrische energie. De grootte van de micrometeoriet wordt dan berekend door te meten hoeveel stroom er nodig is om de condensator te herladen (hoe meer stroom, hoe groter de micrometeoriet).

Experiment 4: "Aerogel"

Aerogel is een blok siliciumdioxide met extra lage dichtheid, die micrometeorieten en puin opvangt. Aerogel remt deeltjes met hoge snelheid af, zonder ze te vernietigen. De deeltjes worden tevens opgevangen voor een latere analyse. Aerogel zal informatie verschaffen over het soort kleine deeltjes die het ruimtestation raken, met welke snelheid ze zich verplaatsen, en waar ze uit bestaan.

Experiment 5: Drukmeter

Een drukmeter zal worden gebruikt om de plaatselijke druk aan de buitenkant van het ruimtestation te meten.



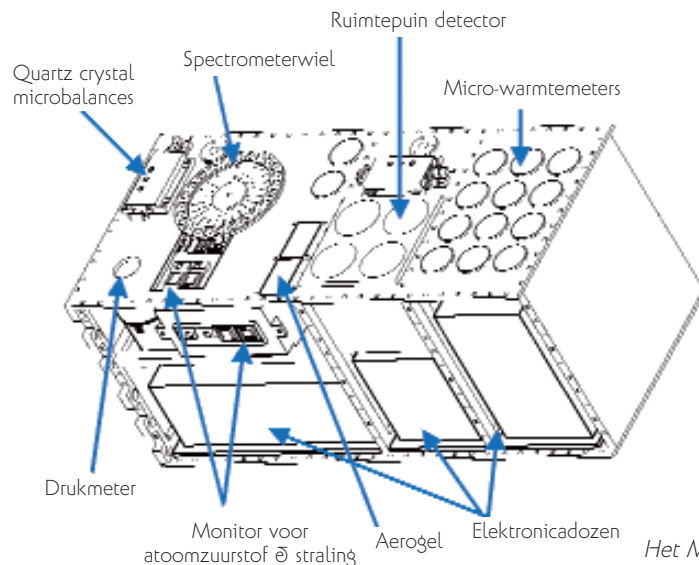
Experiment 6: "Quartz Crystal Microbalances" (QCM)

Het QCM meet atomaire zuurstof en vervuiling in de ruimte. Atomaire zuurstof is een soort zuurstof die in hoge mate reactief is en een reactie met materiaal in de ruimte aangaat, en dit afbreekt.

Het QCM is een kristal, dat een vast aantal keren per seconde vibreert. Wanneer het kristal wordt aangevallen door atomaire zuurstof of wanneer er vervuilde deeltjes aan het kristal blijven plakken, verandert de totaal massa, wat de frequentie van de vibraties van het kristal wijzigt. De aanwezige hoeveelheid atomaire zuurstof of vervuiling kan worden gemeten door de verandering in de frequentie van het kristal te analyseren. Indien het kristal te vervuild raakt, worden verwarmingstoestellen gebruikt om de afzettingen te verwijderen en kan het experiment opnieuw beginnen.

Experiment 7: "Southampton Transient Oxygen and Radiation Monitor" (STORM)

Het experiment STORM meet het gehalte van atomaire zuurstof, ultraviolette straling en straling van de zon met een hoge elektromagnetische waarde.



Het MEDET experiment van het ISS.

Bestudeer de invloed van de omgeving op materialen

Veel metalen reageren op bestanddelen in de lucht en worden hierdoor aangetast. IJzer reageert bijvoorbeeld op zuurstof en water. Het resultaat van deze reactie is roest. Om corrosie te vermijden, kunnen afdeklagen gebruikt worden om het materiaal te beschermen. Hoe de omgeving op aarde op materialen inwerkt, kun je ontdekken door dit experiment uit te voeren:

Benodigheden:

- 3 reeksen stalen, of monsters, van verschillende materialen, bijvoorbeeld:
 - o ijzer
 - o staal
 - o koper
 - o aluminium
 - o één van de hierboven genoemde materialen, met een afdeklaag (b.v. een gegalvaniseerde ijzeren spijker)
- 3 plastic dienbladen, of iets soortgelijks, om de stalen van het materiaal op te plaatsen
- fototoestel
- logboek

Vorbereiding en uitvoering van het experiment:

Lees de beschrijving van het experiment hieronder door en stel je voor wat er zal gebeuren. Beschrijf dit voordat je het eigenlijke experiment uitvoert.

1. Beslis welke materiaalstalen je zal gebruiken en verzamel drie stalen van ieder materiaal.
2. Bereid drie identieke reeksen van de materiaalstalen voor op de plastic dienbladen. Zorg ervoor dat er geen contact bestaat tussen de materiaalstalen (je kan de stalen ook in verschillende houders plaatsen).
3. Maak een foto van de stalen en beschrijf in een logboek hoe ze er uitzien.
4. Plaats één set buiten, bijvoorbeeld op de speelplaats bij school of op de vensterbank thuis, en plaats één set in een verontreinigd gebied (b.v. dicht bij een fabriek, of in een gebied met druk verkeer). Houd één set binnen om te kunnen vergelijken. Onthoud dat je het beste een veilige plaats kan zoeken voor de stalen die je buiten plaatst!
5. Kijk de materiaalstalen in een periode van 12 weken elke 2 – 3 weken na. Neem foto's en observeer de veranderingen in de aanblik. Maak aantekeningen in je logboek.
6. Vergelijk na 12 weken de verzamelde informatie en bespreek hoe de omgeving de materiaalstalen heeft beïnvloed – wat is er gebeurd, en waarom?

