Reis door de ruimte in machten van 10

Introductie

les 1

Het heelal is ongeveer een quadriljard (1.000.000.000.000.000.000.000.000.000) meter groot. Zo'n groot getal is bijna niet te begrijpen. Wetenschappers hebben een manier bedacht om deze grootes begrijpelijk te maken. Tijdens deze les maken de leerlingen kennis met deze manier.

Lesdoelen

De leerlingen

- krijgen een globaal overzicht van hoe het heelal is opgebouwd en wat de afmetingen zijn.
- leren rekenen met machten van 10.
- leren verschillende eenheden omrekenen: meters, kilometers, lichtjaren en astronomische eenheden.

Voorbereidingen

- Een lokaal met digitaal schoolbord of pc met beamer reserveren.
- Zet het filmpje de *Powers of Ten* klaar. www.powersof10.com/film

Benodigdheden per tweetal

- Set foto's uit de fotobijlage *Powers of Ten*
- Bijlage *Tabel Machten van 10*
- Werkblad *Rekenen met machten van 10*
- Werkblad *Omrekenen van afstandsmaten*

Tijdsduur

45 minuten

Kerndoelen

20, 22, 24, 27

Vakken

Natuurkunde
Wiskunde

Machten van tien

1 Hou een inleidend gesprek. Vraag de leerlingen of ze weten hoe groot de aarde is. Of ze weten hoe ver de maan, de zon en de sterren van de aarde staan.

2 Maak daarna samen met de leerlingen een globaal schema van verschillende afstanden (van dichtbij tot ver weg).

- De maan staat het dichtst bij de aarde en draait om de aarde heen.
- De aarde is onderdeel van het zonnestelsel dat in totaal acht planeten heeft.
- Het zonnestelsel is onderdeel van de Melkweg die bestaat uit meer dan 100 miljard sterren. Toch staan deze sterren heel ver weg van elkaar.

Geef de leerlingen de set foto's uit de fotobijlage *Powers of Ten*. Laat de leerlingen de foto's op volgorde leggen; van dichtbij de aarde tot ver weg. De eerste foto is op 1 meter hoogte genomen. De foto daarna is op 10 meter hoog genomen, die daarna op 100 meter enzovoorts. Op de laatste foto, op 10^{23} meter hoogte, is de hele Melkweg in beeld.

 Bron: www.ruimtevaartindeklas.nl

3 Kijk de film *The Powers of Ten*. Laat de leerlingen hun antwoorden controleren. De film heeft Engels commentaar en gedateerde achtergrondmuziek. Zet eventueel het geluid uit en geef zelf commentaar.

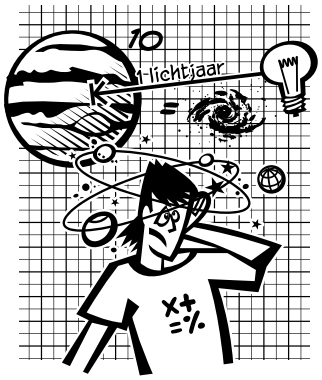
4 Leerlingen maken zelfstandig het werkblad *Rekenen met machten van 10* en het werkblad *Omrekenen van afstandsmaten*. Ze gebruiken hierbij de set foto's van de fotobijlage *Powers of Ten* en het werkblad *Tabel Machten van 10*.

Bespreek na afloop de antwoorden met de leerlingen.

Achtergrondinformatie voor de docent

Het heelal is immens groot. Volgens laatste schattingen spreidt het heelal zich uit over een afstand van 1 quadriljard meter oftewel 1.000.000.000.000.000.000.000.000.000. Dit is een onvoorstelbaar groot getal en op deze manier erg onhandig weergegeven. Wetenschappers hebben een aantal manieren bedacht om grote getallen makkelijker uit te drukken.

De wetenschappelijke notatie.
Bij deze vorm van noteren wordt een getal dat uit heel veel cijfers bestaat uitgedrukt in een macht van 10:



$10^1 = 10$
$10^2 = 10 \times 10 = 100$
$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$
….
$10^{26} = 100.000.000.000.000.000.000.000.000$

Het heelal is ongeveer 10^{26} meter. Om preciezer te zijn, moet je eigenlijk zeggen $1{,}5 \times 10^{26}$ meter. Dit is de wetenschappelijke notatie waarin extreem grote getallen worden uitgedrukt. Omdat dit pas in de bovenbouw wordt behandeld, kijken we in deze activiteit enkel naar de machten van 10.

In de film *'The Powers of Ten'* kun je heel duidelijk zien wat er gebeurt wanneer je de wereld steeds met een factor 10 groter maakt. Door de plaatjes in de tabel in te vullen, krijgen de leerlingen een beeld van deze notatie. Ze zien dat 10^{15} en 10^{18} grote getallen zijn, maar ook dat 10^{18} duizend maal groter is dan 10^{15} en dat er zelfs tussen grote getallen onderling een levensgroot verschil is.

De astronomische eenheid
De astronomische eenheid (AE) is een afstandsmaat die gelijk is aan de afstand tussen de aarde en de zon: 149 597 870 691 meter. Volgens wetenschappelijke notatie is dat $1{,}496 \times 10^{11}$ en voor de leerlingen is dat dus ongeveer 10^{11} meter = 150.000.000 km.

De astronomische eenheid kun je vooral gebruiken om de relatieve afstanden van planeten tot de zon te bestuderen. Zo is Jupiter 5,2 AE van de zon verwijderd.

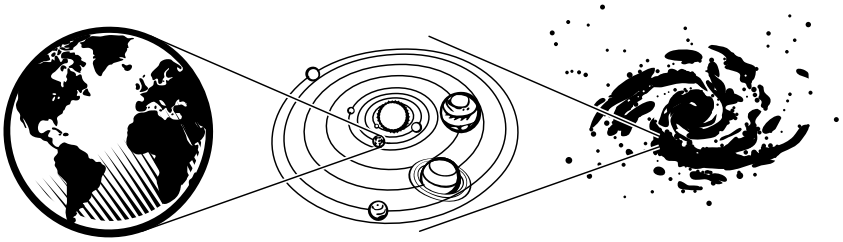
Het lichtjaar
Een eenheid die vaak wordt gebruikt voor afstanden tussen sterren en sterrenstelsels is een lichtjaar. Dat is dus geen tijdseenheid, maar een afstand: de afstand die het licht in één jaar tijd aflegt. Als je weet dat de lichtsnelheid ongeveer 300.000.000 meter per seconde is, dan kun je uitrekenen hoe veel afstand het licht in één jaar aflegt, namelijk:

300.000.000 meter per seconde x 60 seconden x 60 minuten x 24 uur x 365,25* dagen = 9.467.280.000.000.000 meter, oftewel 9,5 x 10^{15} meter. Afgerond is dat 10 x 10^{15} of 10^{16} meter per seconde.

*Een jaar heeft 365 dagen, maar eens in de vier jaar heeft een jaar 366 dagen. Dus gemiddeld heeft een jaar 365,25 dagen.

De dichtstbijzijnde ster is Proxima Centauri. Zij staat op een afstand van 4,2 lichtjaar, oftewel ca. 250.000 AE, oftewel 4 x 10^{16} meter.

Het heelal



Hoe het heelal is opgebouwd is heel goed weergegeven in de film *The Powers of Ten*. Met de foto-opdracht maken de leerlingen kennis met de film. Andere films die uitgaan van hetzelfde concept en die ook de moeite waard zijn om te kijken, staan hieronder:

- De iPhone app *Magic World*: **bit.ly/KCKNe8**
- IMAX film *Cosmic Voyage*: **bit.ly/KCKOyJ**

Opbouw van het heelal
De aarde is een vaste planeet die vooral bestaat uit gesteente. Ongeveer driekwart van de aardbodem is bedekt met water. Het dichtstbijzijnde hemellichaam is de maan. De maan draait om de aarde heen in ruim 27 dagen.

De aarde is onderdeel van een stelsel van acht planeten die om een ster heen draaien: de zon. Andere sterren zijn ook zonnen, maar staan zo veel verder weg dat zij niet op een zon lijken.

Er zijn vier planeten met een bodem waar je op zou kunnen staan. Deze planeten staan het dichts bij de zon en ook relatief dichtbij elkaar. Het zijn vanaf de zon gezien Mercurius, Venus, aarde en Mars. Toch is een ruimteschip ongeveer een jaar onderweg van de aarde naar Mars.

Veel verder van de zon staan Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus. Deze planeten noemen we gasreuzen. Ze bestaan voornamelijk uit gas, hebben waarschijnlijk geen vaste bodem om op te staan en zijn veel groter dan de aarde.

Behalve planeten draaien er ook een hoop planetoïden om de zon heen. De afmetingen variëren van enkele centimeters tot bijna 1000 km in doorsnede. Ze bevinden zich vooral tussen Mars en Jupiter en voorbij Neptunus aan de rand van het zonnestelsel.

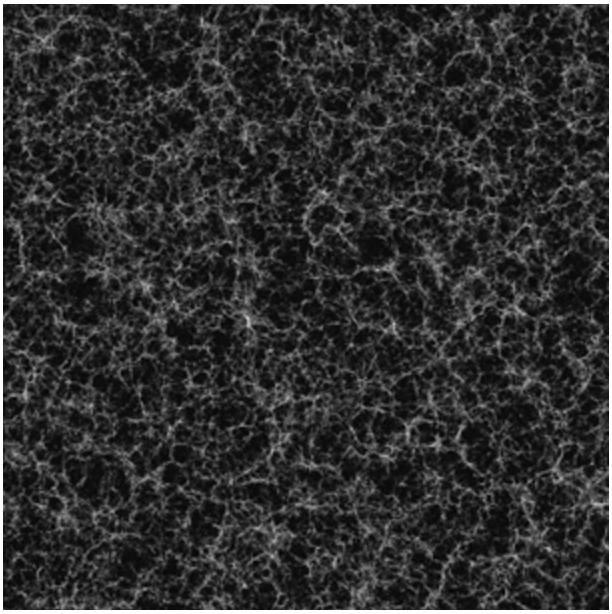
Als we verder reizen weg uit het zonnestelsel, komen we een hele tijd niets meer tegen. Het dichtstbijzijnde object buiten ons zonnestelsel is de ster Proxima Centauri, op een afstand van ruim vier lichtjaar. Ter vergelijking: de zon staat slechts acht lichtminuten van de aarde vandaan. De meeste sterren die we kunnen zien bevinden zich op een afstand van vele honderden tot duizenden lichtjaren.

Bron: S. Brunier/ESO

Op een heldere nacht is aan de hemel een grote uitgestrekte, lichtgevende oplichtende band zichtbaar: de Melkweg. Wetenschappers hebben ontdekt dat de Melkweg een verzameling van miljarden sterren is die bij elkaar worden gehouden door de zwaartekracht. Ook onze zon maakt daar deel van uit. Alle sterren die wij zien met het blote oog bevinden zich in het Melkwegstelsel.

Als je de Melkweg van buitenaf bekijkt, dan ziet het er uit als een spiraal. Dit is te zien in film *The Powers of Ten*.

Buiten onze Melkweg zijn er nog vele miljarden andere sterrenstelsels. Naar schatting meer dan 100 miljard. Elk sterrenstelsel heeft ongeveer 100 tot 500 miljard sterren. De sterrenstelsels zijn bij elkaar geclusterd. Je kunt de structuur van deze clusters voorstellen als schuimbelletjes of als een spons. De clusters zijn vlakken met sterrenstelsels en daartussenin bevindt zich grote open ruimtes. Dit is te zien op onderstaande afbeelding.



Bron: www.powersof10.com

Feiten en cijfers over het ons bekende heelal:

- Het zichtbare heelal bestaat uit 100 miljard sterrenstelsels, elk met gemiddeld 100 miljard sterren. Op onderstaande foto is elke stip niet een ster, maar een compleet melkwegstelsel met miljarden sterren.

Bron: NASA

- Onze Melkweg heeft een diameter van honderdduizend lichtjaar. De dikte is 'slechts' drieduizend lichtjaar.
- Onze verste planeet, Neptunus, staat ongeveer 0,0001 lichtjaar van de zon vandaan. Maar voorbij Neptunus zijn er nog een twee grote gebieden met planetoïden en

kometen: de Kuipergordel en de Oortwolk. Zij horen ook nog bij ons zonnestelsel. In totaal strekt ons zonnestelsel zich twee lichtjaar uit. Ter vergelijking: als de zon zo groot is als de middenstip in de ArenA, dan zou Neptunus ongeveer op de buitenring zitten. Maar de kometen en planetoïden strekken zich uit tot aan de Sahara!

- Kleinere sterren noemen we witte dwergen. Deze sterren zijn ongeveer net zo groot als de aarde, maar zijn meer dan 100.000 maal zo zwaar! Het zijn sterren die zijn geëxplodeerd. De zwaartekracht heeft ervoor gezorgd dat de meeste materie weer bij elkaar is gekomen en er opnieuw een ster is gevormd, die overigens niet meer brandt. Het licht komt van het nagloeien van de explosie dat naar schatting tientallen miljarden jaren kan duren.
- De grootste ster die bekend is, heet VY Canis Majoris. Deze ster heeft een doorsnee die ongeveer 2000 maal zo groot is als die van onze zon. Als zij op de plek van de zon zou staan, dan zou ze zich uitstrekken tot aan Uranus . Toch is Canis Majoris slechts 35 keer zo zwaar als de zon. Omdat ze aan het einde van haar cyclus is zal ze binnenkort exploderen. Dat kan overigens nu zijn maar ook pas over een miljoen jaar.

Meer weten?

Over de grootte van objecten: **www.scaleofuniverse.com**
Omrekenen van eenheden: **www.convertworld.com/nl**
Filmpje met de afmetingen van sterren: **bit.ly/UBKs7**

werkblad

Rekenen met machten van 10

Introductie

les 1

In de film *The Powers of Ten* zag je dat het universum heel erg groot is. Als je vanaf de picknick in de film telkens met een macht van tien uitzoomt heb je 26 stappen nodig om het hele heelal te zien. Dan heb je wel heel grote getallen om mee te rekenen.

Wetenschappers hebben een truc bedacht, daarmee rekenen je makkelijker met grote getallen: machtsverheffen.

Wat heb je nodig?

- tabel machten van 10
- fotokaartjes machten van 10

Dat 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

1000 = 10 ___

1.000.000 = 10 ___

10.000.000.000 = 10 ___

2 Schrijf de volgende getallen helemaal uit

Voorbeeld: $10^4 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10.000$

10^5 = _____

10^8 = _____

10^1 = _____

Hoe groot zijn de objecten en afstanden in het heelal?

Gebruik de kaartjes en de tabel die je hebt gekregen. In de tabel kun je zien hoe groot elke afbeelding in het echt is. De kaartjes zijn allemaal 10 centimeter breed.

1 Bron: www.ruimtevaartindeklas.nl

3 Hoe groot is de aarde? Pak kaartje E

a Welke macht van tien past hierbij:

Kaartje E is 10 ____ meter. Dit is hetzelfde als _____ meter.

Het hele kaartje is 10 centimeter.

Dus 1 centimeter is _____ meter.

b Schat nu aan de hand van de informatie de grootte van de aarde.

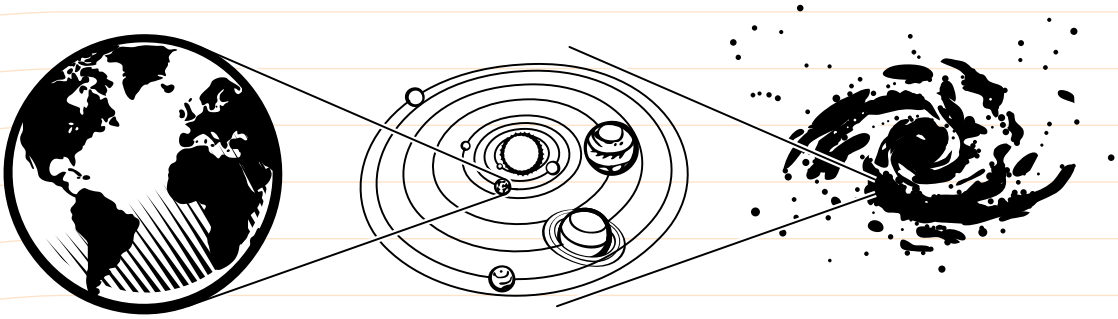
De aarde is ongeveer _____ meter.

c Pak kaartje F waar de aarde helemaal op staat. Wat is hier de schaal? Bepaal de schaal:

1 centimeter op het kaartje is _____ meter in het echt.

d Meet de aarde op. Kun je nu uitrekenen hoe groot de aarde is?

De aarde is ongeveer _____ meter.



Op afbeelding J zie je de baan van de maan om de aarde heen. Omdat de foto niet recht van boven is genomen, is de baan van de maan ovaal. De grootste afstand van de baan tot de aarde is ongeveer de juiste afstand.

4 Wat is de afstand tussen maan en aarde?

a Schaal van het kaartje : 1 centimeter = _____ meter.

b Gemeten afstand op het kaartje : _____ centimeter.

c Berekening echte afstand : _____ meter.

5 Op afbeelding K zie je de baan van verschillende planeten om de zon heen. Ook hier zie je dat de banen ovaal zijn.

a Welke baan hoort bij de aarde? _____

b Reken uit hoe ver de aarde van de zon af staat

Schaal van het kaartje : 1 centimeter = _____ meter.

Gemeten afstand op het kaartje : _____ centimeter.

Berekening echte afstand : _____ meter.

werkblad

Omrekenen van afstandsmaten

Introductie

les 1

Behalve machten van 10 hebben wetenschappers nog veel meer trucs bedacht om makkelijker te kunnen rekenen met grote getallen.

De Astronomische eenheid (AE): de afstand tussen de aarde en de zon.
1 AE = 149.597.870.691 meter, afgerond 150 miljoen kilometer.

Gebruik onderstaande tabel. Bekijk het voorbeeld: de afstand van Jupiter tot de zon.

	Aarde – zon	Jupiter – zon
AE	1	5,2
Meter	150.000.000.000	_____

1 Bedenk een truc om X uit te rekenen.

_____

_____

_____

2 De maan (afbeelding J) staat 300.000.000 meter van de aarde vandaan. Hoeveel AE is dat? Gebruik onderstaande tabel.

	Aarde – zon (in meter)	Aarde – maan (in meter)
AE	1	_____
Meter	150.000.000.000	300.000.000

3 Uranus (afbeelding M) staat het verst van de zon af. Hoeveel AE is dat?

_____

_____

_____

Lichtjaar

Een lichtjaar is een *afstand* geen tijdsaanduiding. Het is de afstand die het licht in één jaar tijd aflegt. Het licht reist met een snelheid van 300.000.000 meter per seconde!

4 Bereken hoeveel meter het licht in één jaar tijd aflegt.

_____

_____

_____

5 Welke afbeelding heeft de afmetingen van ongeveer 1 lichtjaar?

Afbeelding : _____

6 Op afbeelding S zie je rechtsonder een ster die dichtbij de zon staat. Bereken met behulp van wat je weet over machten van 10 en het meten op schaal de afstand tussen deze ster en de zon.

e Schaal van het kaartje : 1 centimeter = _____ lichtjaar.

f Gemeten afstand op het kaartje : _____ centimeter.

g Berekening echte afstand : _____ lichtjaar.

7 Op afbeelding T zie je bijna de hele Melkweg. Bereken voor elke eenheid hoe groot het is. Gebruik eventueel een kladblaadje.

_____ meter

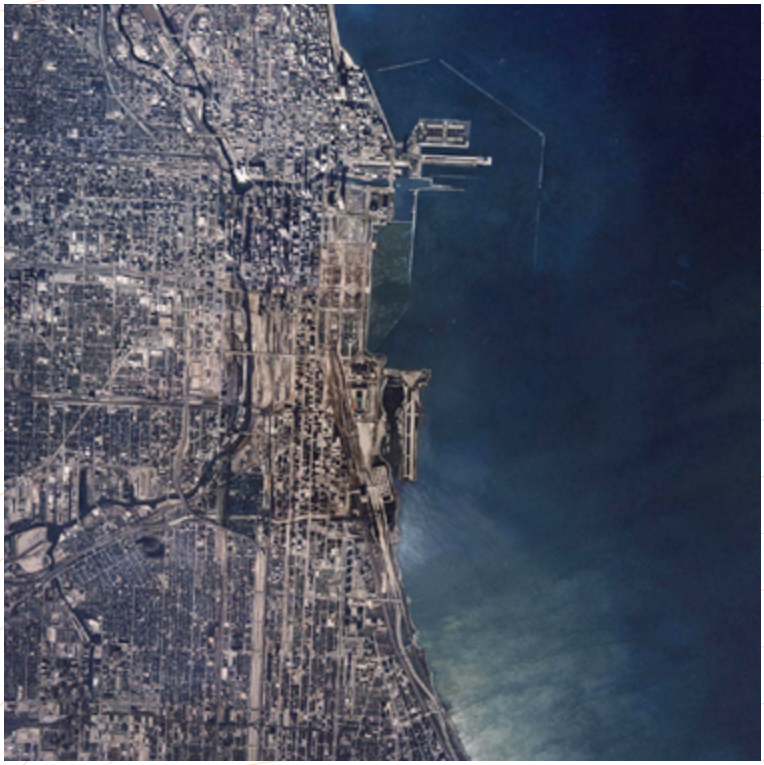
_____ AE

_____ Lichtjaar

Fotobijlage Powers of Ten

A

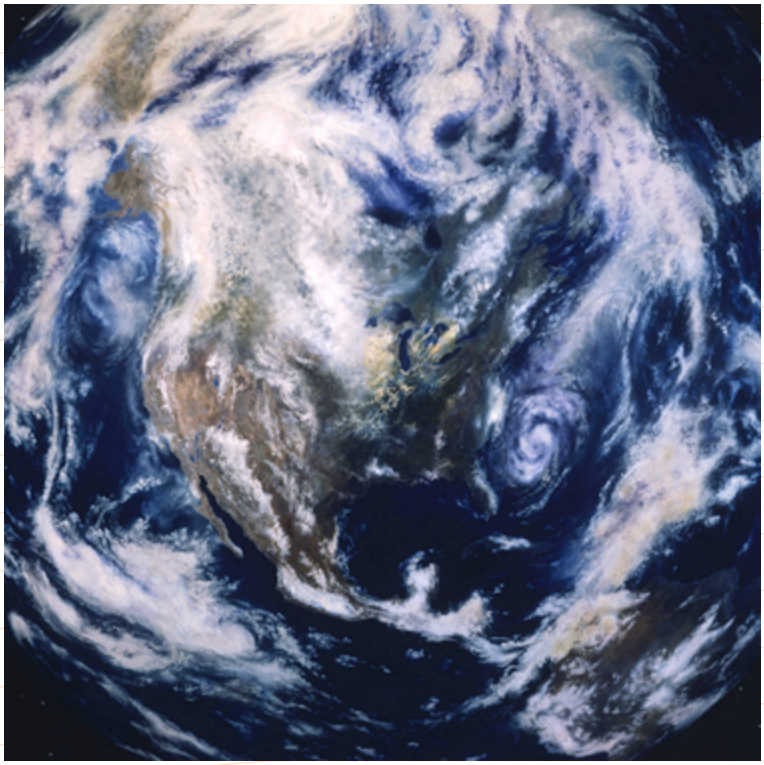
B



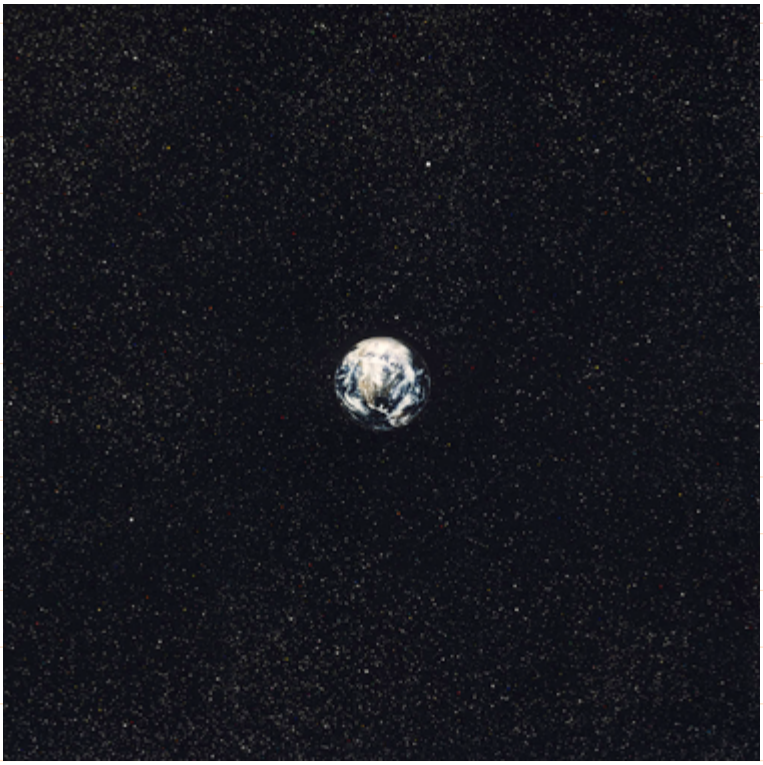
C

D

 Bron: www.ruimtevaartindeklas.nl

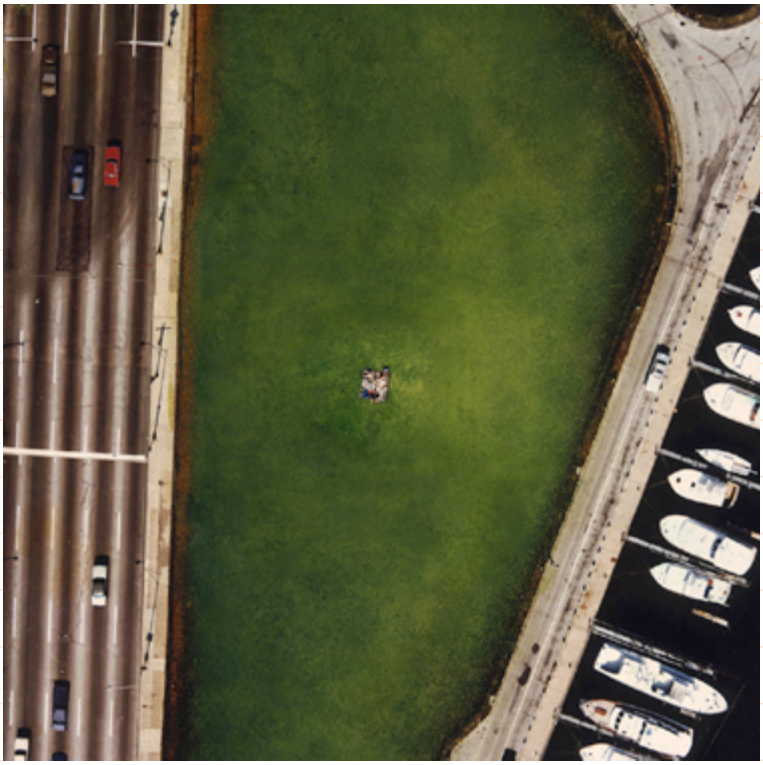


E



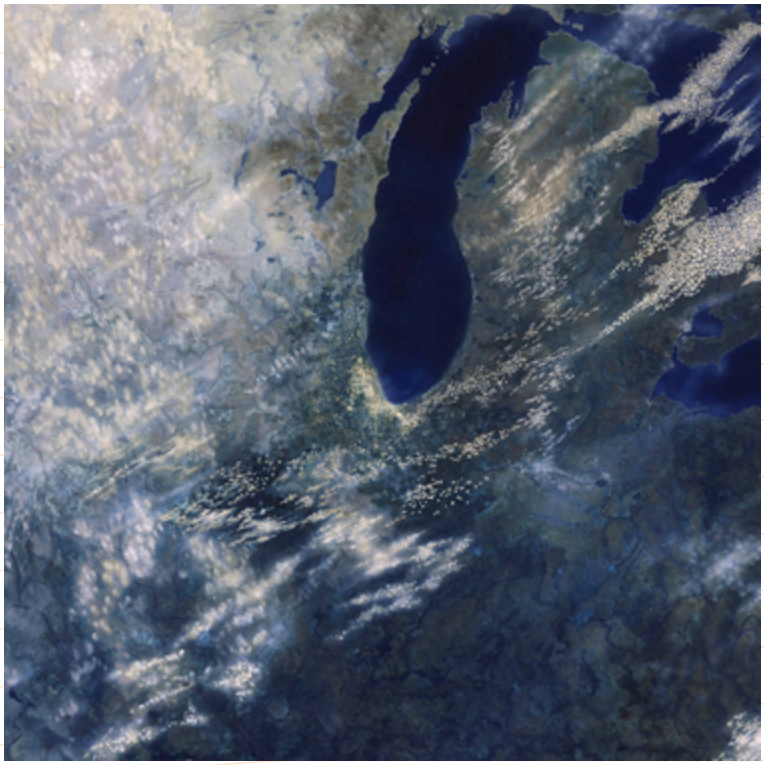
F

G

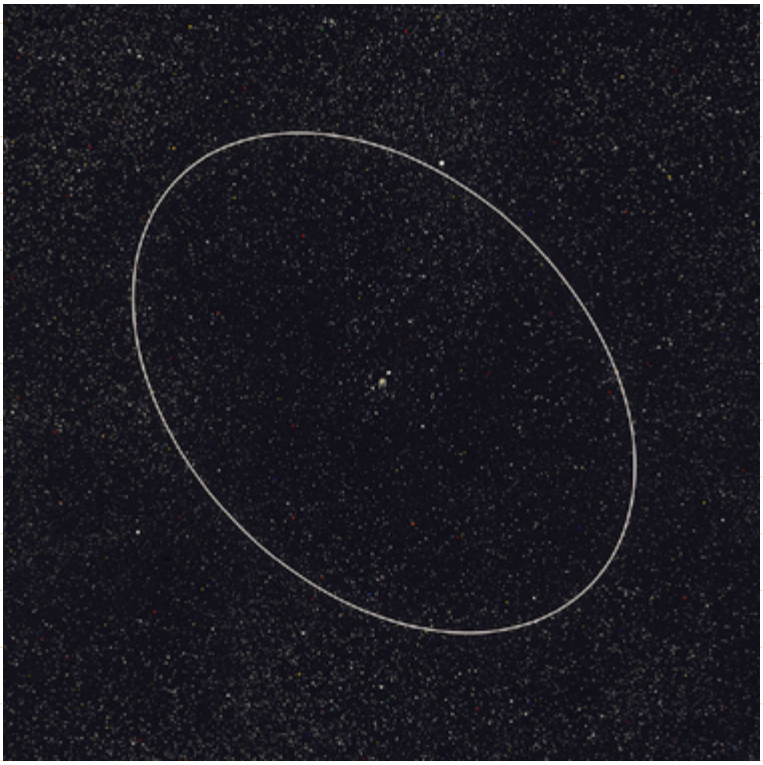


H

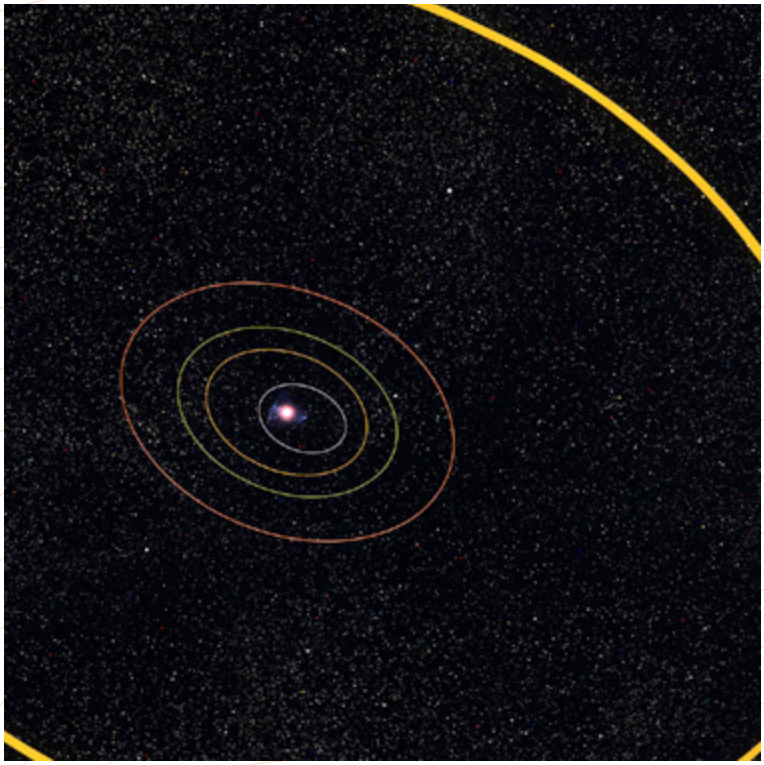
 Bron: www.ruimtevaartindeklas.nl



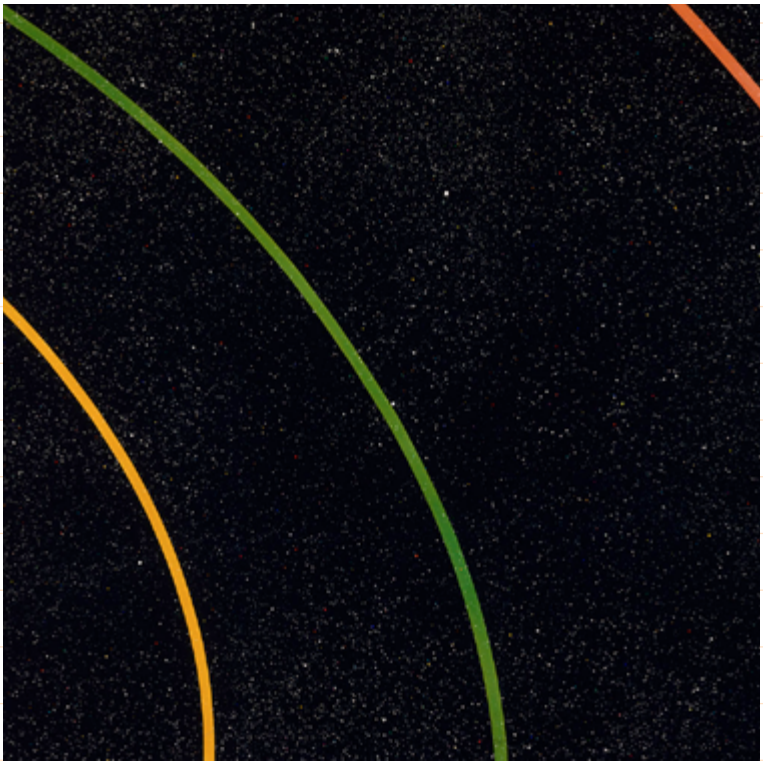
I



J

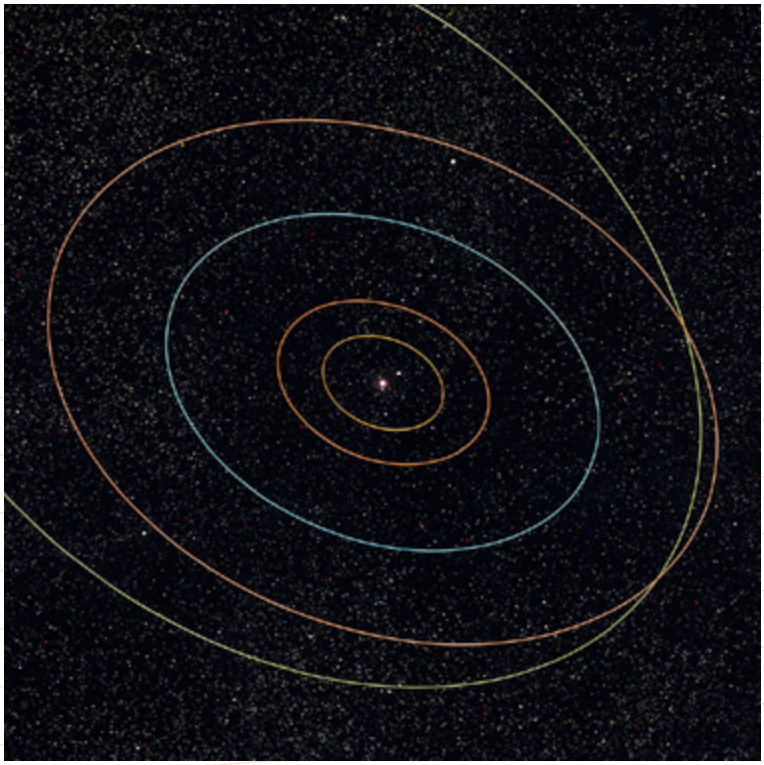


K



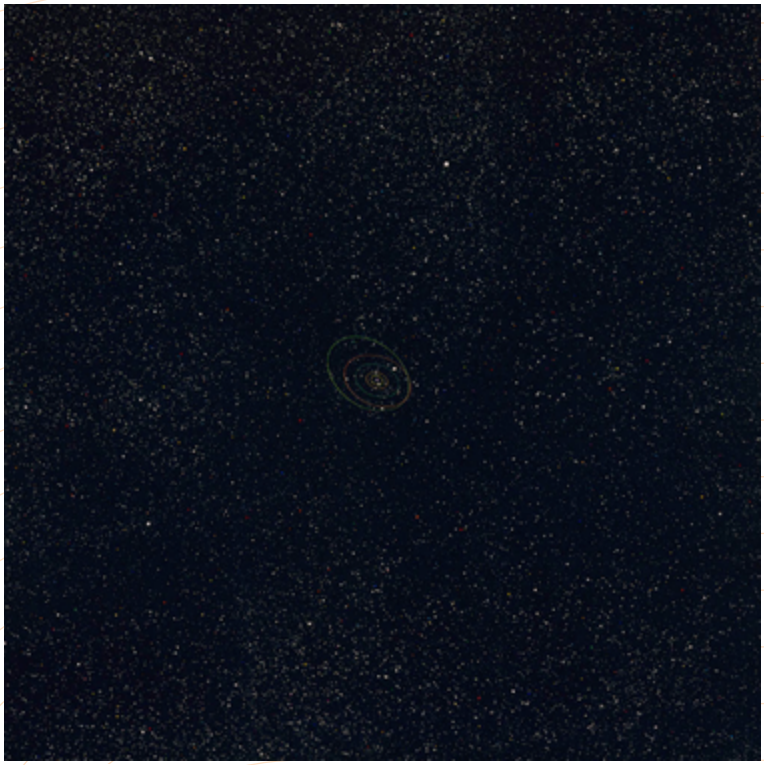
L

 Bron: www.ruimtevaartindeklas.nl

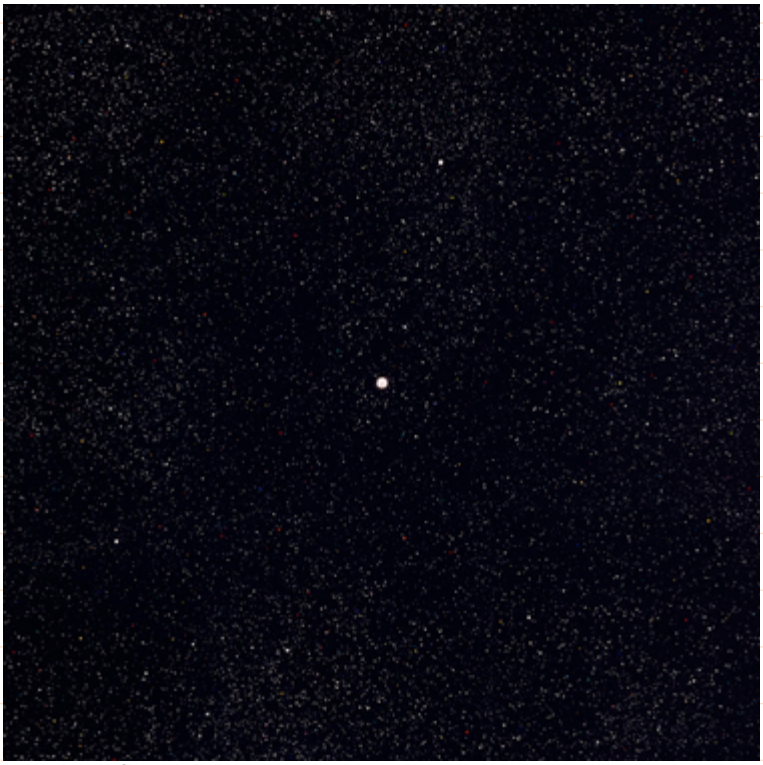


M

N



O

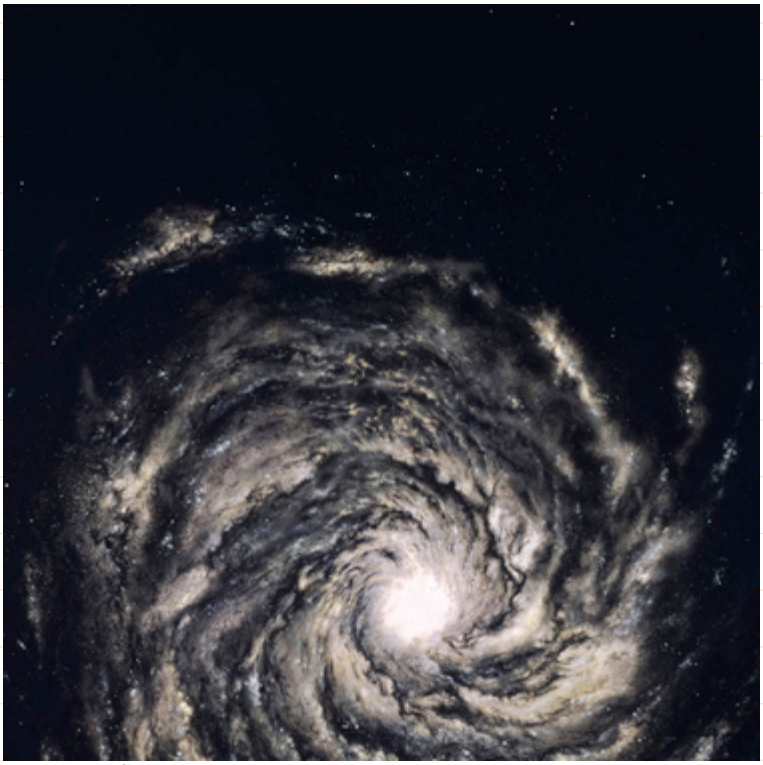


P

Q

R

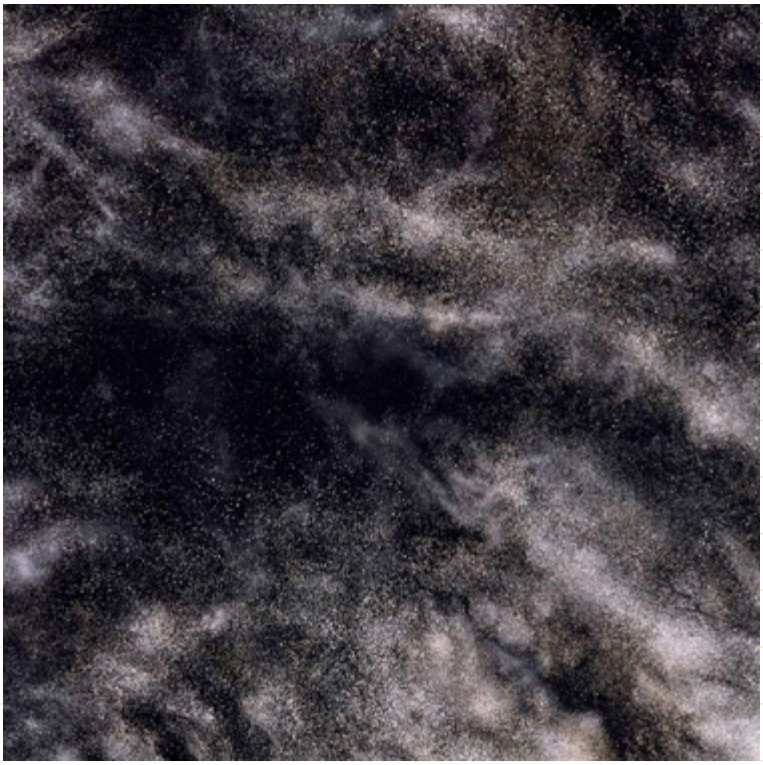
S



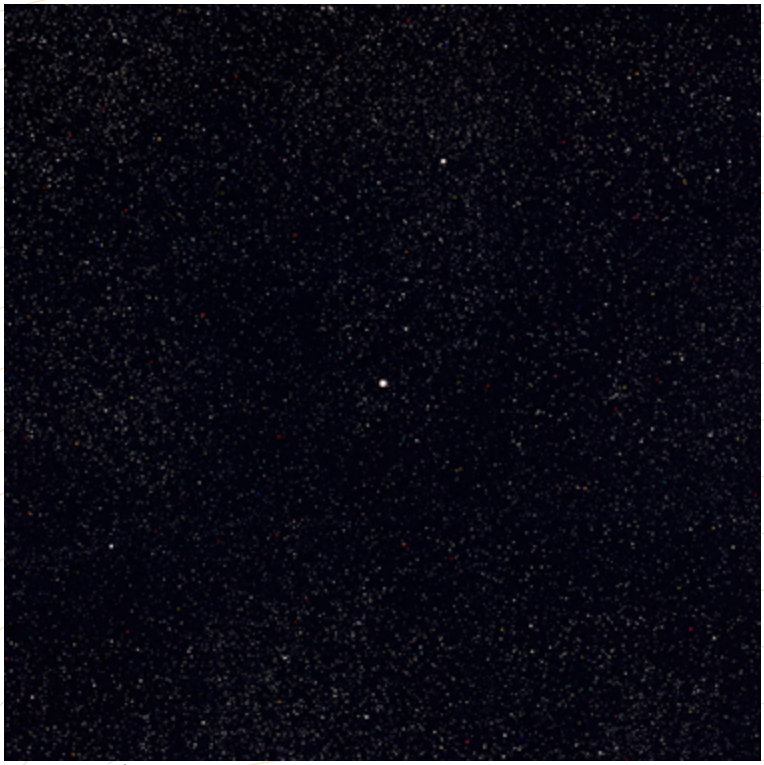
T

 Bron: www.ruimtevaartindeklas.nl

U



V



W

X

 Bron: www.ruimtevaartindeklas.nl

Y ?

Z ?

 Bron: www.ruimtevaartindeklas.nl

Bijlage Tabel machten van 10

1	**A**
10^{1}	
10^{2}	
10^{3}	
10^{4}	
10^{5}	
10^{6}	
10^{7}	
10^{8}	

De eerste plaatjes laten zien hoe groot de aarde is.
Een verliefd stel is aan het picknicken op een grasveld in Chicago (VS). Dit is ongeveer 1 meter breed op de eerste foto.
We zoomen telkens tien keer zo ver uit. Dus in elk volgende plaatje is de afstand tien keer zo groot. Het kost negen stappen om de hele aarde in beeld te hebben.
Telkens zie je meer van de omgeving: het grasveld, de haven, de stad, het land en daarna zelfs de hele planeet.

10^{9}	**J**
10^{10}	
10^{11}	
10^{12}	
10^{13}	
10^{14}	

De aarde, met de maan die er vlakbij omheen draait, is onderdeel van het zonnestelsel. De lijnen en cirkels zijn banen van manen en planeten.
Vier planeten draaien dichtbij om de zon: Mercurius, Venus, aarde en Mars. Veel verder weg zie je Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus. De baan van dwergplaneet Pluto staat schuin ten opzichte van de planeten.

10^{15}	**P**
10^{16}	
10^{17}	
10^{18}	
10^{19}	
10^{20}	
10^{21}	
10^{22}	

De zon is weer onderdeel van een sterrenstelsel met miljarden anderen sterren. Maar de sterren staan heel ver uit elkaar waardoor er op de eerste plaatjes nog niets lijkt te veranderen. De zon is slechts één van de vele sterren.
Dan ineens komt de ster Arcturus in beeld (rechtsonder). Vanaf dat moment gaat het snel. Bij de volgende plaatjes komen er veel meer sterren in beeld. Daarna zie je ‘wolken’ met miljoenen sterren. En tot slot zie je dat de wolken een spiraal vormen. Deze spiraal noemen we de Melkweg.

?

10^{23}	**X**
10^{24}	
10^{25}	

Er zijn nog veel meer sterrenstelsels, zoals de Melkweg. Voor zover we nu kunnen zien zijn het er 100 miljard. Elk met miljarden sterren. De omvang van alles wat we kunnen zien is 100 miljard lichtjaar, oftewel 1.000.000.000.000.000.000.000.000.000 meter!