

# HET HEELAL

N.G. SCHULTHEISS

## 1. INLEIDING

Deze module volgt op de module “De hemel”. Deze module wordt vervolgd met de module “Meten met een Telescoop”. Uiteindelijk kun je met de opgedane kennis een telescoop als meetinstrument toepassen.

## 2. DE MENS ALS MAAT DER DINGEN

Als we om ons heen kijken, zien we de dingen op menselijke maat. De grootte van deze dingen kunnen we het beste in meter uitdrukken. Zo zijn een stoel en een tafel ongeveer een meter groot. We kunnen ook kijken naar grotere of kleinere “werelden” dan de wereld op menselijke maat.

Een poezen of konijnen wereld bevat dingen die globaal 10 keer zo klein zijn, zoals een etensbakje of een konijnenhok. De grootte van deze dingen kunnen we beter in decimeter uitdrukken.

In een 10 keer grotere wereld dan de mensen wereld meten we in decameters. Dingen waar we aan kunnen denken zijn bijvoorbeeld een blok huizen of een stadsbus.

We kunnen blijkbaar op verschillende schalen om ons heen kijken, hieronder zie je een overzicht van de schalen die we normaal kunnen zien:

Eenheid	Voorwerpen	Organismen
mm: millimeter	zandkorrel	
cm: centimeter	gum	vlieg, gras
dm: decimeter	pen, papier	konijn, bloem
m: meter	meubels, fiets	mens, struik
Dm of dam: decameter	huis, stadsbus	walvis, boom
hm: hectometer	straat, schip	
km: kilometer	dorp, stad	

FIGUUR 2.1. Menselijk waarneembare werelden

Als we in de tabel naar beneden gaan, wordt alles ongeveer 10 maal zo groot. Gaan we een regel omhoog dan wordt alles ongeveer 10 maal zo klein. Met de tabel kunnen we zien dat afstand van de ene kant van een dorp of stad naar de ander kant ongeveer 1000000 zandkorreltjes is. Een 1000000 is dus een tamelijk groot getal.

Verder kunnen we ook dingen vergelijken. De verhouding van de lengte van een stadsbus ten opzichte van een straat is ongeveer hetzelfde als de verhouding van een konijn ten opzichte van een mens. Een straat is ongeveer 10 stadsbussen lang en een mens is ongeveer 10 konijnen lang.

Opdracht 1: *We kunnen nu ook proberen hoe de verhouding van de lengte van een pen ten opzichte van een huis is te geven. Maak af:*

- *De lengte van een pen verhoudt zich tot de lengte van een huis als een mens tot een .....*  
.
- *De lengte van een pen verhoudt zich tot de lengte van een huis als een zandkorrel tot een .....*  
.
- *De lengte van een pen verhoudt zich tot de lengte van een huis als een walvis tot een .....*  
.

Opdracht 2: *Het grondoppervlak van een dorp wordt bebouwd met huizen. Schat hoeveel huizen er in een dorp zijn.*

De lengte van een mens ten opzichte van de diameter van een stad is ongeveer als de diameter van de stad ten opzichte van de diameter van de Aarde.

De planeten “wereld” is dus ongeveer 1000 maal zo groot als de steden “wereld”. Aangezien de wereld ook een planeet is kunnen we het woord “wereld” beter vervangen door “omgeving”. We krijgen nu de uitspraak: “De planeten omgeving is ongeveer 1000 maal zo groot als de steden omgeving.”

Op vergelijkbare wijze kunnen we ook naar kleinere omgevingen kijken. Als de stap maken van de mensen omgeving naar de omgeving van een zandkorrel wordt alles 1000 maal zo klein. Als we nog een dergelijke stap maken, gaan we van een zandkorrel naar een bacterie. Er gaan dus ongeveer 1000 bacteriën in de diameter van een zandkorrel. Dit kunnen we natuurlijk ook in een tabel uitzetten:

Eenheid			Voorwerpen / organismen
		$10^{-18}\text{m}$	electron, quark
fm	femtometer	$10^{-15}\text{m}$	proton, neutron
pm	picometer	$10^{-12}\text{m}$	
<b>nm</b>	<b>nanometer</b>	$10^{-9}\text{m}$	<b>atoom</b>
$\mu\text{m}$	<b>micrometer</b>	$10^{-6}\text{m}$	<b>bacterie</b>
<b>mm</b>	<b>millimeter</b>	$10^{-3}\text{m}$	<b>zandkorrel</b>
m	meter	$10^0\text{m}$	mens
km	kilometer	$10^3\text{m}$	stad
Mm	megameter	$10^6\text{m}$	planeet
Gm	gigameter	$10^9\text{m}$	planeet naar maan
Tm	terameter	$10^{12}\text{m}$	planeet naar zon

FIGUUR 2.2. Afstanden binnen het zonnestelsel

Let op: In deze tabel wordt de omgeving 1000 maal of  $10^3$  maal zo klein als je een regel omhoog gaat en 1000 maal of  $10^3$  maal zo groot als je een regel omlaag gaat. Het dikgedrukte stuk was uitgewerkt in figuur 2.1.

Opdracht 3: *Een bacterie is ongeveer 1000 atomen lang. Schat hoeveel atomen er in een bacterie zitten.*

### 3. HET ZONNESTELSEL

Zoals in figuur 2.2 te zien is kunnen we met enige moeite de meter als maat binnen het zonnestelsel gebruiken. Meestal gebruiken we binnen het zonnestelsel een nieuwe maat, de Astronomische Eenheid of AE. In het Engels wordt dit de Astronomical Unit of AU.

De astronomische eenheid is ongeveer de afstand van de Zon naar de Aarde en ligt in de buurt van de 0,150Tm. Volgens Wikipedia is de AE ongeveer 149.597.870.691m ( $\pm 6$  meter).

Opdracht 4: *Zoek op hoe de astronomische eenheid is gevonden en leg uit hoe nauwkeurig dit experimenteel is uitgezocht. Kan de nauwkeurigheid van de meting van de afstand van de Zon tot de Aarde worden vergeleken met de meting van de lengte van een mens waarbij de afwijking bijvoorbeeld een konijn, een zandkorrel of een atoom is?*

Een zonnestelsel bestaat uit een ster waarom planeten draaien. De ster bevat veruit de meeste massa. De Aarde hoort niet bij de reuzenplaneten Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus. De massa van de Aarde is dus bijzonder klein vergeleken met de massa van het zonnestelsel.

Opdracht 5: *Neem aan dat het zonnestelsel ophoudt na de Oortwolk. Bereken hoe groot het zonnestelsel is in [Tm].*

Opdracht 6: *Bereken hoeveel procent van de massa van zonnestelsel in de Zon zit.*

### 4. DE MELKWEG

Als je naar boven kijkt zie je op een onbewolkte avond lichtpuntjes aan de hemel. Deze lichtpuntjes zijn naast planeten, manen en kometen ook sterren. Ons zonnestelsel is met de zichtbare sterren een deel van ons melkwegstelsel. Met een goede telescoop kun je ook andere melkwegstelsels in het heelal zien.

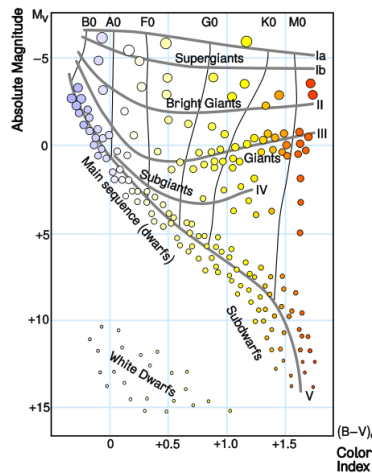
Naam	Diameter [km]	Afstand tot de Zon [AE]	Massa t.o.v. de Aarde
Zon	1.392.000	-	332.946
Mercurius	4.800	0.39	0.1
Venus	12.104	0.72	0.9
Aarde	12.756	1	1
Mars	6794	1.5	0.1
Planetoiden			
Jupiter	142.984	5.2	318
Saturnus	120.536	9.5	95
Uranus	51.118	19	15
Neptunus	49.572	30	17
Kuipergordel		30 tot 50	
Oortwolk		50.000 tot 100.000	

FIGUUR 3.1. Het zonnestelsel

In hoofdstuk 3 hebben we gezien dat ons melkwegstelsel na de Oortwolk ophoudt. De afstand tot de Oortwolk en de daarmee de straal van ons zonnestelsel kunnen we in de volgende astronomische maat meten: het lichtjaar. Het lichtjaar is de afstand die het licht in 1 jaar aflegt. Ons melkwegstelsel is een rafelige pannenkoek met een doorsnede van 100000 lichtjaar of 100 kilolichtjaar en dikte van 2000 lichtjaar of 2 kilolichtjaar.

Opdracht 7: Bereken de lengte van een lichtjaar in [Tm] als je weet dat het licht een snelheid van  $c = 299792458$ [m/s] heeft, dit is ongeveer  $c = 300$ [Mm/s].

Opdracht 8: Bereken de tijd die het licht nodig heeft om 1[AE] af te leggen. Hoeveel lichtminuten is een Astronomische Eenheid?



FIGUUR 4.1. Het Hertzsprung-Russell diagram

Met een telescoop zijn de sterren aan de hemel natuurlijk te onderzoeken, dit is onder andere door Ejnar Hertzsprung en Henry Norris Russell gedaan. Rond 1910 maakten zij het diagram uit figuur 4.1. Dit diagram is geen sterrenkaart, zoals we in de module “De Hemel” hebben gezien. Hier is de helderheid als absolute magnitude langs de verticale (x-)as gezet en de kleurindex langs de horizontale (y-)as.

Opdracht 9: Twee sterren hebben een absolute magnitude van  $-1$  en  $+5$ . Leg uit welke ster het helderst is.

Opdracht 10: Een kleurindex van  $0$  wil zeggen dat een ster een blauwe kleur heeft. Een kleurindex van  $1,5$  zegt dat de ster rood is. Leg uit waarom de sterren globaal van linksboven naar rechtsonder in het Hertzsprung-Russell diagram gegroepeerd zijn.

De absolute magnitude is te vinden door de schijnbare magnitude te corrigeren voor de afstand. Als je verder van een lichtbron bent, lijkt deze minder helder te worden. Het afnemen van deze helderheid is met de volgende redenering te vinden:

We vergelijken twee gelijke lichtbronnen A en B.

Lichtbron A doen we in een doos van 1m bij 1m bij 1m. Het licht komt nu uit alle zijden de doos. Iedere zijde heeft een oppervlak van  $1\text{m}^2$ , het licht wordt verdeeld over  $6\text{m}^2$ .

Lichtbron B doen we in een doos van 2m bij 2m bij 2m. Het licht komt ook nu weer uit alle zijden de doos. Iedere zijde heeft een oppervlak van  $4\text{m}^2$ , het licht wordt verdeeld over  $24\text{m}^2$ .

Het licht van bron B wordt verdeeld over een oppervlak dat 4 maal zo groot is als het licht van bron A. De gemiddelde helderheid van bron B lijkt 4 maal zo klein als de gemiddelde helderheid van bron A. De doos bij bron B was 2 maal zo groot als de doos bij bron A.

We kunnen nu de volgende hypothese formuleren:

**De schijnbare helderheid is omgekeerd kwadratisch evenredig met de afstand.**

Dat wil zeggen dat de schijnbare helderheid " $x^2$ " keer zo klein wordt als de afstand " $x$ " keer zo groot wordt.

Opdracht 11: *Onderzoek door middel van redeneren of deze hypothese voor een doos die 3, 4 of 5 keer zo groot is blijft kloppen. Leg uit of je in deze drie gevallen geluk hebt gehad of dat de hypothese in alle gevallen klopt.*

Opdracht 12: *Vul in: de schijnbare magnitude ..... met de afstand.*