



Inhoud



Voorwoord 1

Verdwaald in de kosmos

Hoe weten ze dat? – onderzoek naar onze planeet 2

Een heelal in elkaar flansen – recept voor een ontploffing 4

De oerknal – wat er daarna kwam 6

Hallo! Blij dat het je gelukt is! – hoe ben jij hier gekomen? 8

Luisteren naar de oerknal – kosmische straling en jij 10

Naar de grens van het heelal – hoe ver is het? 12

Een reis in de ruimte – ons immense zonnestelsel 14

Op zoek naar Pluto – de nieuwe dwergplaneet 16

Het einde van de reis – de expedities van de Voyager 18

Wie zijn daar? – ontwikkeld leven elders in de kosmos? 20

De supernovazoeker – de verbazingwekkende geestelijke Bob Evans 22



De omvang van de aarde

Terug op aarde – Newton en de zwaartekracht 24

De aarde opmeten – op zoek naar de cirkelomtrek 26

De bobbel op de aarde – onze planeet is geen bol 28

Hoe ver rond? – twee rampzalige meetexpedities 30

Venus volgen – we volgen de Venusovergang 32

De aarde wegen – de zwaartekracht en de Schiehallion 34

Vederlichte metingen – de berekeningen van Cavendish 36

Op zoek naar de ouderdom van de aarde – de nieuwe wetenschap van
de geologie 40

De steenbrekers – de Geological Society 42

Langzaam dan breekt het lijntje niet – Lyell en de tektonische platen 44

Fossielen zoeken – de Britse gesteenten worden in kaart gebracht 46

Gesteenten dateren – de grote tijdperken van de geologie 48

Tand en klauw – er worden vreemde botten opgegraven 50

De dinosauriërijagers – 'ontzagwekkende hagedissen' 52

Het is bottentijd – botten en de ouderdom van de aarde 54

Het machtige atoom – Dalton weegt atomen 56



- Een kwestie van scheikunde – nog meer elementen 58
- Het Periodiek Systeem – Mendelejev brengt enige ordening aan 60
- Gloeiende elementen – Marie Curie en de dodelijke straling 62

Er breekt een nieuw tijdperk aan

- Einstein, het genie – de speciale relativiteitstheorie 64
- De ruimtetijd – de tijd heeft een vorm 66
- Het grote geheel – de Hubble-ruimtetelescoop 68
- 'Slechte' wetenschap – lood en CFK's 70
- Een tijdperk van meteoren – het meten van meteorieten 72



Gevaarlijke planeet

- Reizende trilobieten – Pangae en het fossielenbestand 76
- De knarsende korst – de ontdekking van de tektonische platen 78
- Alles op drift – waar blijft al het sediment? 80
- Het vuur beneden – de aarde onder onze voeten 82
- Boem! – de uitbarsting van Mount St Helens 84
- Yellowstone Park – een slapende vulkaan 86
- Grote bevingen – het meten van aardbevingen 88
- Inslag vanuit de ruimte – meteoren en de KT-extinctie 90
- Asteroidentreffers – rotsblokken die op ons afkomen? 92

Het leven zelf

- Ons piepkleine plekje – een aangename verblijfplaats 94
- De aardse deken – de ons beschermende dampkring 96
- Woest en winderig – het weer op aarde 98
- Warmwaterkruik – het effect van de oceanen 100
- Vol met water – een waterplaneet 102
- Beneden in de diepte – leven op de oceaانبodem 104
- Eiwitsoep – oceanen – waar het leven begon 106
- Slag leverende bacteriën – de komst van de microben 108
- Jouw miniwereld – de bacteriën die zich met ons voeden 110
- Ziekmakers – ziektekiemen 112
- Onderdaancellen – jij en je cellen 116
- Hoelang kun je meegaan? – aanpassen of doodgaan 118
- Een doorslaand succes – trilobieten en andere fossielen 120





Tijd om te beginnen – de lange voormenselijke geschiedenis van de aarde 122

De zee uit – toen levende wezens het land opkropen 124

Waar kwamen wij vandaan? – van reptielen naar zoogdieren 126

Komen en gaan – het grote uitsterven 128

Het leven van een etiket voorzien – de classificatie van planten en dieren 130

Kan niet tellen? – onbekende aardse wezens 132

Reis naar de toekomst – Darwin en *Over het ontstaan van soorten* 134

De stille monnik – Mendel en het bestuderen van de genen 136

Eén grote gezellige familie – erfelijkheid en chromosomen 138

De keten van het leven – Crick en Watson en het DNA 140



De weg naar ons

Warm en koud – ijskappen en klimaat 142

Barre tijden – leven in een ijstijd 144

Schedel en botten – de ontdekking van vroeg menselijke overblijfselen 146

Lucy – de beroemdste australopithecine 148

Van daar naar hier – de opkomst van de *homo sapiens* 150

Werktuigmakers – de uitvinding van de eerste technologie 152

De mens neemt de macht over – uitroeiing en uitsterving 156

Wat nu? – een vervuilde planeet 158

Tot ziens – onze planeet en wij 160



Register 162

Fotoverantwoording 168



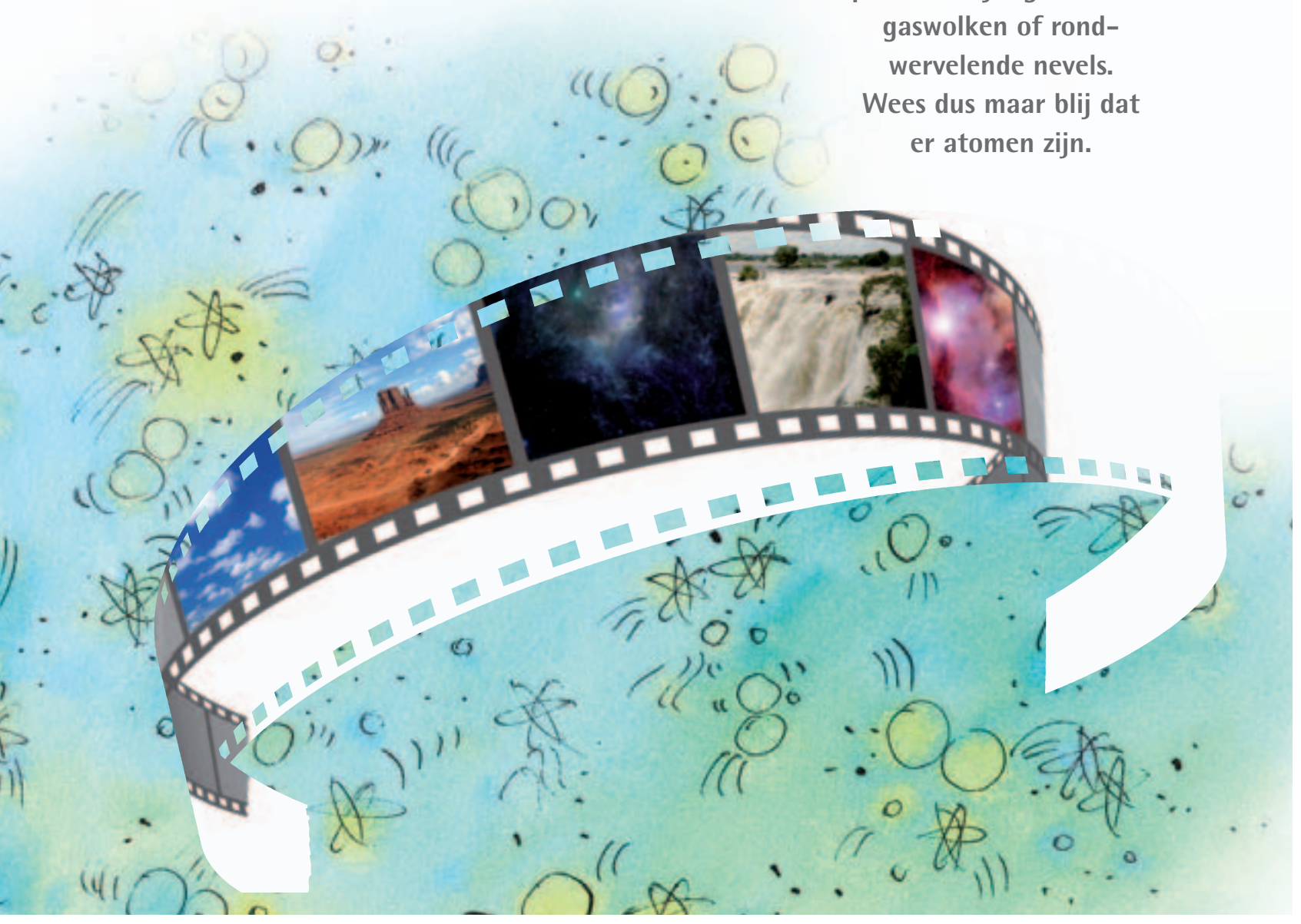
Het wonder van het leven

Toch mag je blij zijn dat het zomaar gebeurt. Het doet zich voor zover we weten nergens anders in het heelal voor. Dat is heel merkwaardig omdat de atomen die op aarde zo vrolijk bij elkaar komen om allerlei levensvormen te maken, precies dezelfde atomen zijn die dat ergens anders niet doen.

Hoe wonderlijk het in sommige opzichten ook mag zijn, scheikundig gezien is het leven uitzonderlijk gewoon: koolstof, waterstof, zuurstof en stikstof, een beetje calcium, een snufje zwavel, een dun laagje andere doodgewone elementen – niets wat je niet in een doorsnee apotheek zou kunnen vinden – meer heb je niet nodig. Het enige ongewone aan de atomen die jou maken is dát ze jou maken. En dat is natuurlijk het echte wonder van het leven.



Zonder atomen zouden er geen water, lucht, gesteenten, sterren of planeten zijn, geen verre gaswolken of rondwervelende nevels. Wees dus maar blij dat er atomen zijn.



Luisteren naar de oerknal

Het was 1964 en twee Amerikaanse geleerden, Arno Penzias en Robert Wilson, probeerden gebruik te maken van een grote radioantenne die eigendom was van het Bell Laboratium in New Jersey. Maar ze ondervonden hinder van een hardnekkig achtergrondgeluid – een aanhoudend gesis als van ontsnappende stoom, dat iedere experimentele arbeid onmogelijk maakte. Het geluid kwam vanuit ieder punt in de hemel, dag en nacht, het hele jaar door.

Een grondige voorjaars schoonmaak

Ze testten alle elektrische systemen. Ze bouwden instrumenten om, controleerden elektrische circuits, prutsten aan draden en maakten stekkers schoon. Ze klommen in de schotel en plakten alle naden en klinknagels af. Ze klommen opnieuw in de schotel met bezems en borstels en boenden zorgvuldig alles weg wat ze in een later geschrift als 'wit niet-geleidend materiaal' aanduiden, maar dat beter bekendstaat als vogelpoep. Wat ze ook probeerden, het haalde allemaal niets uit.



Intussen – iets verderop...

Wat zij niet wisten was dat amper 50 kilometer verder onderzoekers van de Princeton Universiteit werkten aan een idee dat jaren eerder al was geopperd door de astrofysicus George Gamow: dat als je maar diep genoeg de ruimte inkeek, je iets van de kosmische achtergrondstraling zou tegenkomen die nog van de oerknal afkomstig was. Gamow geloofde dat de straling tegen de tijd dat ze de onmetelijke ruimte van de kosmos had overbrugd de aarde zou bereiken in de vorm van microgolven. Hij had zelfs beweerd dat de radioantenne van Bell die mogelijk zou kunnen oppikken.

Een oeroud licht

Het geluid dat Penzias en Wilson hoorden, was natuurlijk het geluid dat Gamow al had verwacht. Ze hadden de uiterste grens van het heelal gevonden, althans het zichtbare deel, 150 miljard triljoen kilometer ver weg. Ze 'zagen' de eerste fotonen – het oudste licht in het heelal – als microgolven, precies zoals Gamow had voorspeld.

Afstemmen op de oerknal

Overigens is storing door kosmische achtergrondstraling iets wat we allemaal wel een keer hebben meegeemaakt. Stem je televisie af op een willekeurig kanaal waarop zij niets ontvangt en ongeveer één procent van de op en neer dansende ruis die je ziet is toe te schrijven aan dat oeroude overblijfsel van de oerknal. Dus als je weer eens klaagt dat er niets op tv is, bedenk dan dat je altijd het heelal kunt kijken!

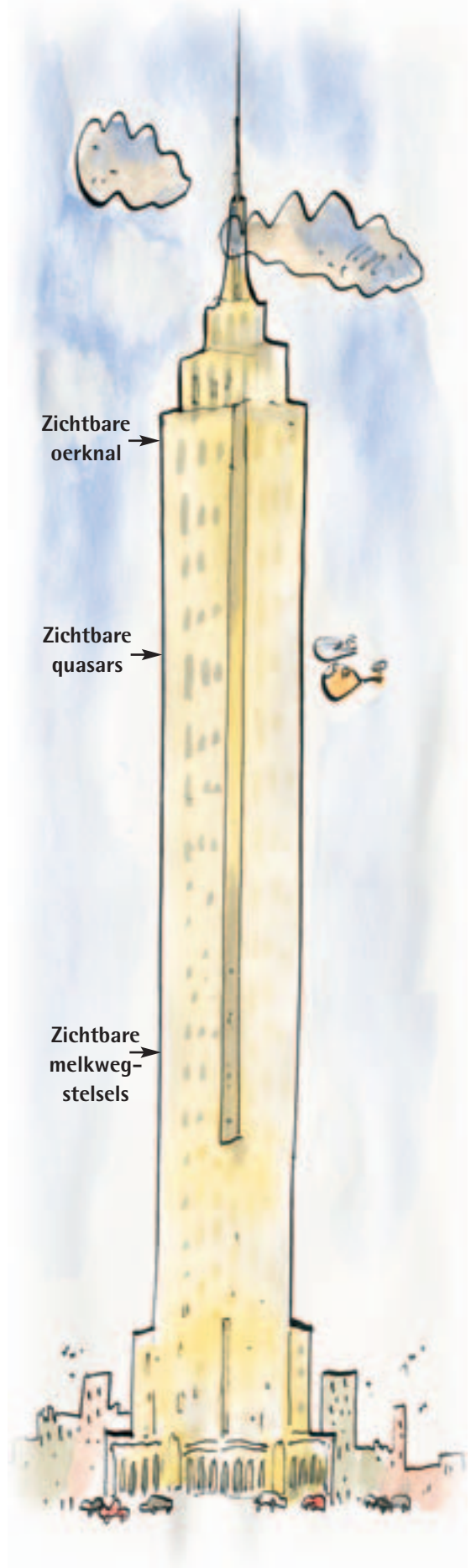


Het heelal in turen

Stel je het omhoog kijken in de diepten van het heelal maar voor alsof je in het Empire State Building in New York vanaf de begane grond naar boven kijkt.

Op het moment dat Wilson en Penzias hun ontdekking deden, bevonden de verst verwijderde melkwegstelsels die iemand ooit had waargenomen zich ongeveer ter hoogte van de veertigste verdieping. De verste dingen – quasars – waren ongeveer ter hoogte van de tachtigste verdieping te zien.

Het zichtbare heelal reikte tot ongeveer een centimeter onder het plafond van de bovenste verdieping. Opeens konden de geleerden een heleboel meer zien en begrijpen.



Naar de grens van het heelal

De vraag die we ons allemaal wel een keer hebben gesteld is: wat zou er gebeuren als je helemaal naar de grens van het heelal reisde en je hoofd naar buiten stak? Waar zou je hoofd dan zijn als het zich niet meer in het heelal bevond?

Welke grens?

Het antwoord is teleurstellend – de grens van het heelal kun je nooit bereiken. Dat is omdat het niet alleen veel te lang zou duren om er te komen, maar ook omdat je zelfs als je steeds maar in een rechte lijn door zou blijven reizen nooit bij een buitenste grens zou belanden. Al dat reizen zou je in plaats daarvan weer precies doen uitkomen bij waar je begonnen was. Dat komt doordat het heelal zich kromt op een manier die we ons niet echt kunnen voorstellen. We zweven niet in een of andere almaar uitdijende bol. Nee, de ruimte kromt zich op een manier die haar in staat stelt geen feitelijke grens te hebben, maar tegelijkertijd toch eindig te zijn.

Het zichtbare heelal heeft een doorsnede van 1,6 miljoen maal een miljoen maal een miljoen maal een miljoen kilometer (dat is 1.600.000.000.000.000.000.000.000 kilometer).



De man van de platte aarde

Het voorbeeld dat meestal wordt gegeven om uit te leggen hoe de ruimte zich kromt is het volgende: probeer je te verplaatsen in iemand die afkomstig is uit een heelal waarin alles plat is, die nog nooit een bol heeft gezien en nu op de aarde terecht is gekomen. Hoe ver hij ook over het aardoppervlak zou zwerven, hij zou nooit ergens een grens vinden. Hij zou uiteindelijk zelfs weer op dezelfde plek kunnen uitkomen als waar hij begonnen was, en hij zou natuurlijk totaal niet snappen hoe zoiets mogelijk was.

En waar bevinden WIJ ons dan?

Nou, wij bevinden ons in dezelfde positie in de ruimte als onze verbaasde man van de platte aarde, alleen vragen wij ons verbaasd iets anders af – waar bevinden WIJ ons in dat geheel? Net zoals er geen plek bestaat waar de grens van het heelal te vinden is, bestaat er ook geen plek waar je in het midden kunt gaan staan met de woorden: 'Hier is het allemaal begonnen. Dit is het absolute middelpunt van alles.'

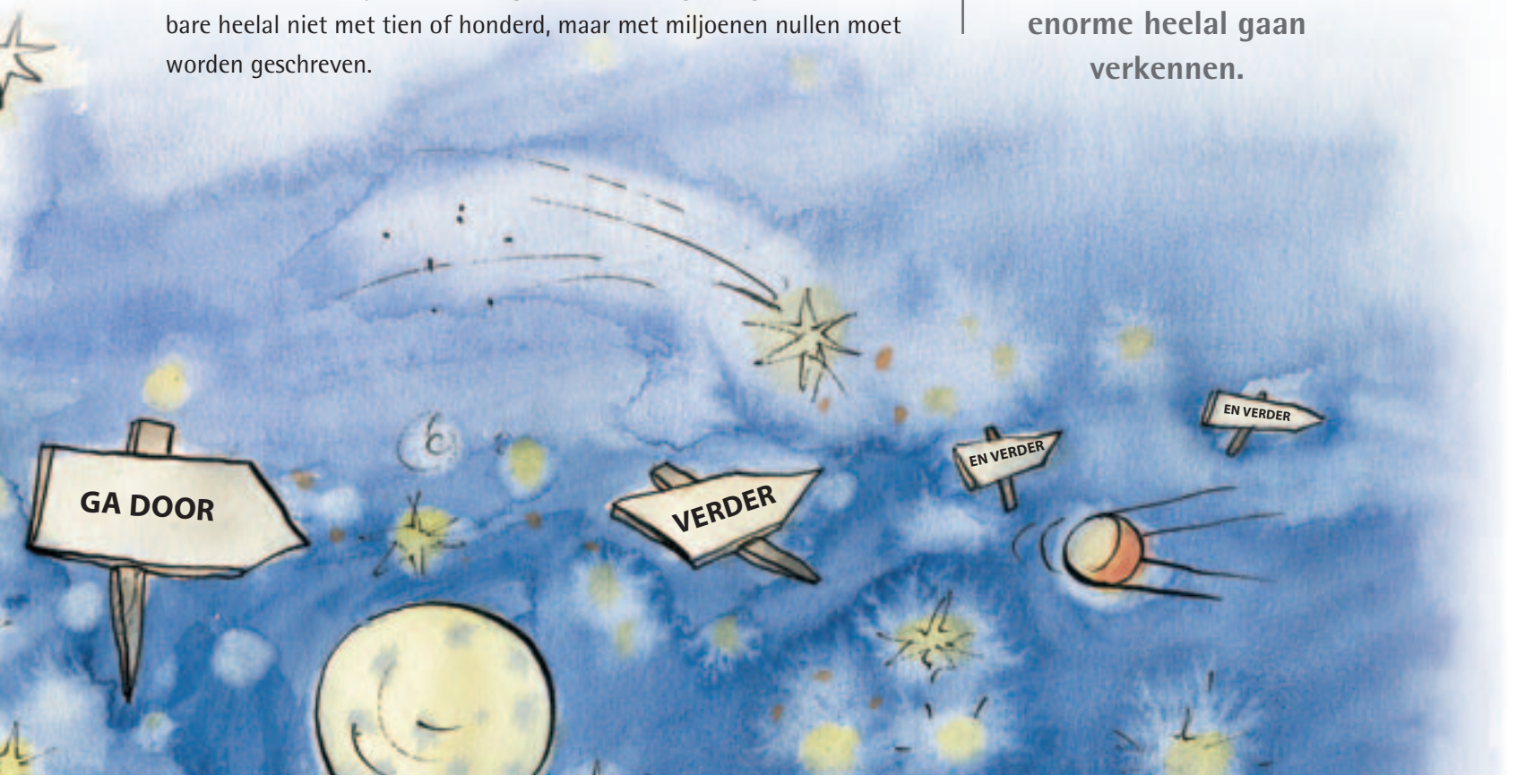
Het zou leuk zijn om te denken dat wij het middelpunt van het heelal zijn, en misschien zijn we dat ook wel. De geleerden kunnen het wetenschappelijke bewijs alleen niet leveren.

Dat is niet echt verrassend. Het heelal is per slot van rekening onmetelijk groot. Voor ons reikt het maar tot zo ver als het licht zich in de miljarden jaren sinds het ontstaan van het heelal heeft voortgeplant. Maar volgens de meeste theorieën is het heelal nog veel groter. Dan is het dus mogelijk dat het aantal lichtjaren naar de grens van dit nog veel grotere, onzichtbare heelal niet met tien of honderd, maar met miljoenen nullen moet worden geschreven.



Als je een jaar lang aan één stuk zou doorlopen met een snelheid van 5 kilometer per uur, dan zou je een afstand van 43.800 kilometer afleggen – oftewel ongeveer één keer de wereld rond. Licht plant zich voort met een snelheid van ongeveer 1.079.252.848,8 kilometer per uur, dus zal het in diezelfde tijd een afstand afleggen van meer dan 10 biljoen kilometer, oftewel 220 miljoen keer de wereld rond.

Laten we nu maar eens in een ruimteschip stappen en zelf de omvang van dit enorme heelal gaan verkennen.



Een reis in de ruimte



Op de meeste schoolplaten staan de planeten met niet al te veel tussenruimte achter elkaar afgebeeld, maar dat is een trucje om ze allemaal op hetzelfde stuk papier te krijgen.

Het zonnestelsel bestaat uit de zon, de acht planeten, hun manen, drie dwergplaneten, waaronder Pluto, en hun vier manen, en miljarden asteroiden, kometen, meteorieten en deeltjes interplanetair stof.

Laten we ons eens voorstellen, gewoon voor de lol, dat we een reis gaan maken met een ruimteschip. We gaan niet ontzettend ver – alleen tot aan de grens van ons eigen zonnestelsel – maar we moeten wel een beetje een idee krijgen hoe groot de ruimte is en wat een piepklein stukje wij daar maar van innemen.

We zullen wel een beetje snelheid moeten maken

Zelfs met de snelheid van het licht zou het zeven uur duren om bij de dwergplaneet Pluto te komen. Maar die snelheid kunnen we natuurlijk bij lange na niet halen. We zullen het met de snelheid van een ruimteschip moeten doen, en die zijn een stuk langzamer. De hoogste snelheden die door een voorwerp van menselijke makelij tot nu toe zijn gehaald zijn die van de Voyager 1 en 2, die zich momenteel met een snelheid van zo'n 56.000 kilometer per uur van ons verwijderen.

Ruimte is, nou ja, ruimte!

Het eerste wat je waarschijnlijk zal opvallen is dat 'ruimte' een ongehooflijke goede benaming is en dat er buiten voor het raam bitter weinig gebeurt.

Heel veel saaie ruimte...



Je zult al snel beseffen dat geen van de platen die je ooit van het zonnestelsel hebt gezien ook maar in de verste verte op schaal was getekend.

De afstanden tussen de planeten zijn in werkelijkheid zo groot dat zoiets ook onmogelijk is.

Verdwaald in de ruimte

Ons zonnestelsel mag dan biljoenen kilometers lang het levendigste zijn dat je tegenkomt, maar alles wat erin zichtbaar is – de zon, de planeten en hun manen, het miljard of daaromtrent rondbuitelende rotsblokken van de asteroïdengordel, kometen en rondzwevende stofdeeltjes – neemt minder dan een biljoenste van de beschikbare ruimte in.

En verder en verder...

Tegen de tijd dat we Pluto bereiken zijn we zover weg dat de zon is geslonken tot het formaat van een speldenknop. Hij is nu weinig meer dan een heldere ster. En als we Pluto voorbyschieten zul je merken dat we niet stoppen. Als je nog even op je routebeschrijving kijkt, zul je zien dat dit een reis is naar de grens van ons zonnestelsel, en ik ben bang dat we er nog lang niet zijn. Pluto mag dan het laatste object zijn dat op onze schoolplaten staat afgebeeld, het stelsel houdt daar niet op. Nog lang niet zelfs.

We komen pas bij de grens van ons zonnestelsel als we de Oortwolk zijn gepasseerd, een reusachtig hemelrijk van rondzwevende kometen, en de Oortwolk bereiken we – het spijt me dat ik het moet zeggen – pas over nog eens tienduizend jaar. Het slechte nieuws is dus, ben ik bang, dat we niet voor het eten thuis zijn.



Dit lijkt misschien het saaiste plaatje dat je ooit hebt gezien, maar het is een echte foto van de aarde, gemaakt door de Voyager 1, ruim anderhalf miljard kilometer van ons vandaan.

Heel anders dan die schoolplaten doen denken, geeft Pluto bij lange na niet de begrenzing van het zonnestelsel aan. We hebben dan pas een vijfduizendste van de totale afstand afgelegd.

... een nog meer saaie ruimte



Al zou je een heleboel uitklapbare bladzijden aan je lesboek toevoegen of een heel lang vel papier gebruiken, dan nog kwam je niet eens in de buurt.

Volgende halte – Jupiter – over slechts 300 meter (min de breedte van deze bladzijde).