

Melkweg en heelal



Een stroompanne in de Ardennen, een streep die geen wolk is en het langste adres ooit

 **schoolium**

Brecht Corbeel · schoolium.me

Dit boekje is van _____

Melkweg, sterrenstelsels en het heelal

Om 21.12 uur valt in het hele dal de stroom uit, drie seconden voor Rayan zijn record breekt. Maar boven het bos verschijnt iets wat Saar, Tibo, Ines en Rayan nog nooit zagen: een gloeiende streep die geen wolk is. Kiko de neusbeer zegt dat het hun huis is, en daagt de crew uit om het langste adres ooit te schrijven. Pak je logboek: jij schrijft mee, tot aan de rand van alles wat een mens kan zien.

- Kiko wil dat jij hem kan uitleggen waarom de Melkweg een lichte streep is, hoe ons sterrenstelsel eruitziet en waar de Zon daarin woont.
- Kiko daagt je uit: reken met een lichtjaar en leg uit waarom je terugkijkt in de tijd als je naar de sterren kijkt.
- Kiko stuurt je de tuin in met een missie: vind Andromeda aan de hemel en vertel hoe Edwin Hubble aantoonde dat er nog andere sterrenstelsels bestaan.
- Kiko wil een ballon of een rozijnenbrood zien uitdijen: toon hem hoe het heelal groeit, en vertel wat de Belg Georges Lemaître daarmee te maken heeft.
- Kiko heeft één regel: geen bommen. Leg in eigen woorden uit wat de oerknal wel en niet was, en hoe oud en hoe groot het waarneembare heelal is.
- Jouw missie voor de eindbaas: schrijf je volledige kosmische adres, en zeg eerlijk wat sterrenkundigen nog niet weten over donkere materie en donkere energie.

Zaterdag, 21.12 uur: drie seconden te vroeg



Nog drie seconden. Rayan zit met zijn neus tegen het scherm, zijn duimen gloeien. Laatste level, laatste sprong, zijn snelste speedrun ooit. Achter hem houden Saar, Tibo en Ines hun adem in. Twee seconden. Eén.

Dan wordt alles zwart. Het scherm. De lamp boven de tafel. Het lichtje van de koelkast. Buiten jankt de herfstwind om het vakantiehuisje van Saars tante Lot, in een bebost dal aan de Semois, diep in de Ardennen. 'Nee,' fluistert Rayan. 'Nee, nee, nee. Ik had het record.'

'Stroompanne,' roept tante Lot vanuit de keuken. 'In het hele dal, zo te zien. De storm heeft vast een kabel geraakt.' Tibo rijdt met zijn rolstoel naar de glazen deur. In het dorp beneden brandt geen enkel licht meer. Geen straatlamp, geen tv, niets. Alleen de wind.

Uit de rugzak van Ines piept een gestreepte staart. Kiko, de neusbeer van de klas, mocht deze herfstvakantie mee. Overdag is hij een knuffel. Maar als het donker wordt, praat hij. En vanavond is het donkerder dan ooit.

Tibo drukt zijn neus tegen het glas. 'Jongens,' zegt hij. 'Er hangt een wolk boven het bos. Een wolk die niet beweegt. En hij gloeit.'

Op het terras, in het pikkedonker

Saar

Dat is geen wolk. Wolken waaien weg. Die streep hangt daar al tien minuten op dezelfde plek.

S

R

Rayan

Rook dan. Of een vliegtuigstreep. Of het licht van een stad.

Ines

Er is geen stad. Alles is uit. En ze loopt van de ene kant van de hemel naar de andere, als een brug.

I



Kiko

Geen wolk, geen rook en geen brug. Dat is jullie huis.

T

Tibo

Mijn huis staat naast de frituur, Kiko. In Vlaanderen. Niet in de lucht.

Kiko

Klopt. De frituur staat in België, België op de Aarde, en de Aarde draait rond de Zon. En de Zon is een ster, één van de miljarden die samen die streep vormen. Wij zitten er zelf tussen en kijken vanuit onze eigen buurt. Je kijkt naar je eigen sterrenstelsel. Van binnenuit.



Ines

Dan wil ik het hele adres. Tot het einde. Waar houdt het op?

I



Kiko

Dat is een eindbaas, Ines. Die versla je niet in één avond.

R

Rayan

De stroom is toch weg. En mijn record ook. We hebben tijd.

MISSIE

Dossier: het kosmische adres

In elk spel staat op de kaart een stip: 'jij bent hier'. Jullie missie is die stip zetten voor het hele heelal. Schrijf je volledige adres, regel per regel, van je straat tot het verste wat een mens kan zien. Elk level levert een nieuwe adresregel op, elke opdracht een stempel in je dossier. En op het einde wacht de eindbaas van Ines: waar houdt het op, en waar is het midden?

Level 1: een streep van miljarden sterren



'Wat Tibo ziet, is de Melkweg,' zegt Kiko. 'Dat is een sterrenstelsel: een reusachtige groep van sterren, gas en stof die samen ronddraaien en elkaar vasthouden met hun zwaartekracht.' Ines houdt haar duim voor één heldere ster. 'En die dan? Die staat helemaal los van de streep.' 'Die hoort er ook bij,' zegt Kiko. 'Onze Zon is één van die sterren. Ook alle sterren die je 's nachts los ziet staan, horen bij de Melkweg. Ze staan alleen dichterbij.'

'Maar hoe kan een streep uit sterren bestaan?' vraagt Tibo. Hij tekent de gloed na met zijn vinger op het glas van de terrasdeur. 'Omdat het er miljarden zijn en ze zo ver weg staan dat je ze niet apart kan zien,' zegt Kiko. 'Hun licht vloeit samen tot een melkachtige gloed.' In 1610 richtte de Italiaan Galileo Galilei als een van de eersten een telescoop op die streep. Hij zag dat ze vol zat met ontelbare sterretjes.

Kijk goed, en je ziet donkere vlekken en scheuren in de streep. 'Gaten?' vraagt Rayan. 'Nee,' zegt Kiko. 'Het zijn wolken van stof die het licht van de sterren erachter tegenhouden, zoals rook voor een lamp.' Rayan grijnst. 'Dus toch een beetje rook.' 'Stof, geen rook,' zegt Kiko, 'maar goed geraden.'

'Ik heb haar thuis nog nooit gezien,' zegt Saar. 'Dat komt door het licht van straatlampen, huizen, winkels en wegen,' zegt Kiko. 'Dat licht strooit omhoog in de lucht en maakt de nacht grijs. Dat heet lichtvervuiling. In Vlaanderen, waar heel veel mensen dicht bij elkaar wonen, zie je de Melkweg daardoor bijna nergens. Pas als het echt donker is, verschijnt ze. Vanavond is het hele dal donker.'

'Adresregel één,' zegt Kiko. 'Je straat, je dorp, België, de Aarde, het zonnestelsel. Die kende je al. Nu wordt het spannend. Waar in ons sterrenstelsel woont de Zon eigenlijk?'



Wist je dat... er melk aan de hemel hangt?

In veel talen heet een sterrenstelsel een 'galaxie', naar het Griekse woord 'gala': melk. Volgens een oude Griekse sage was de lichte streep gemorste melk van de godin Hera. Ook onze naam Melkweg verwijst naar die melk.

1

MEERKEUZE



Rayan houdt vol dat het rook is. Wat is de gloeiende streep boven het bos echt?

- ☐ A Een wolk die door de storm is blijven hangen.
- ☐ B Het samengevloeiende licht van miljarden verre sterren uit ons eigen sterrenstelsel.
- ☐ C Een streep die een vliegtuig heeft achtergelaten.
- ☐ D Licht van een verre stad dat tegen de wolken weerkaatst.

2

WAAR OF ONWAAR



Saar zegt: 'Thuis in Vlaanderen zie ik de Melkweg nooit. Dus vanuit Vlaanderen staat ze gewoon niet aan de hemel.' Waar of onwaar?



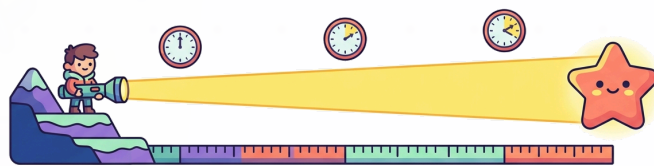
waar



onwaar

Zaterdag, 21.50 uur: een speedrun met de snelheid van het licht

Rayan ligt op zijn rug in het natte gras, op een deken. 'Oké. Hoe lang doe ik erover om die Melkweg over te steken? Met de snelste raket ooit?' Kiko grinnikt. 'Vergeet raketten. We nemen het snelste wat bestaat: licht. Licht gaat ongeveer 300 000 kilometer per seconde. In één seconde gaat het ruim zeven keer rond de Aarde.'



'Van de Maan tot hier doet licht er ongeveer 1,3 seconde over,' zegt Kiko. 'Van de Zon ongeveer 8 minuten. En de afstand die licht in één jaar aflegt, noemen we een lichtjaar. Dat is ongeveer 9 460 miljard kilometer.'

Een lichtjaar is dus geen tijd, maar een afstand, net als een kilometer. Alleen veel langer. Sterrenkundigen gebruiken het omdat kilometers in de ruimte veel te kleine stapjes zijn: je zou getallen krijgen met een hele rij nullen.

'De Melkweg is ongeveer 100 000 lichtjaar breed,' zegt Kiko. Rayan rekent. 'Dus zelfs als ik zo snel ga als licht, ben ik honderdduizend jaar onderweg?' 'Klopt. En niets gaat sneller dan licht. Ook jouw speedrun niet.' Rayan zucht diep. 'Slechtste level ooit.'

3 INVULLEN

Ines schrijft in haar logboek: 'Een lichtjaar is geen tijd, maar een afstand: hoe ver licht reist in één _____. ' Welk woord ontbreekt?

4 REKENEN

Rayan wil zijn eigen lichtrecord berekenen. Licht gaat ongeveer 300 000 km per seconde, en een minuut heeft 60 seconden. Hoeveel kilometer legt licht af in één minuut? En hoe ver komt het in 8 minuten?

Antwoord: _____

Level 2: een buitenwijk in een balkspiraal

'Hoe ziet de Melkweg er eigenlijk uit?' vraagt Ines. 'Van bovenaf zou ze eruitzien als een reusachtige draaikolk,' zegt Kiko. 'In het midden zit een dikke, gloeiende buik van oude sterren. Daar loopt een balk dwars doorheen: een langgerekte staaf vol sterren. Aan de uiteinden van die balk beginnen gebogen armen. Zo'n stelsel heet een balkspiraal.' Tibo tekent het na met zijn vinger op de glazen deur: een buik, een balk, twee gebogen armen.

'In de spiraalarmen zit veel gas en stof,' gaat Kiko verder, 'en daar ontstaan de meeste nieuwe sterren. De jongste zijn fel en blauwwit, en daardoor lichten de armen extra op. Tussen de armen staan ook sterren, maar die vallen minder op.'

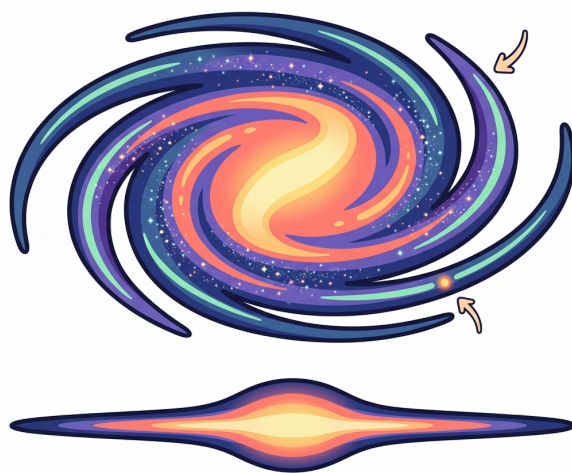
'Van opzij is de Melkweg verrassend plat,' zegt Kiko. 'Ze is ongeveer 100 000 lichtjaar breed, maar de schijf met sterren is maar ongeveer 1 000 lichtjaar dik.' Saar fronst. 'Hoe plat is dat?' 'Leg twee spiegeleieren met de onderkant tegen elkaar: de dooiers zijn de buik, het eiwit is de schijf.' Rayans maag rommelt. 'Nu heb ik honger.'

Saar speelt quizmeester. 'Vraag één: hoeveel sterren zitten er in de Melkweg? A: ongeveer tienduizend. B: ongeveer tien miljoen. C: honderden miljarden.' Rayan kiest meteen C. 'Altijd de grootste.' 'Juist,' zegt Kiko. 'Maar hoeveel precies, weet niemand, want tellen kan niet. Schattingen gaan van 100 tot 400 miljard. Dat zijn er ongeveer twaalf tot vijftig voor elke mens op Aarde.'

En de Zon? Die staat niet in het midden, maar ongeveer 26 000 lichtjaar ervandaan, ongeveer halfweg naar de rand. Ze zit in een kleinere arm, de Orionarm. 'Wij wonen dus niet in het centrum,' zegt Saar. 'Wij wonen in een buitenwijk.' 'Adresregel twee,' zegt Kiko. 'Orionarm, Melkweg.'

'Dus daarom is het een streep,' zegt Ines langzaam. 'Wij zitten er zelf in.' 'Juist,' zegt Kiko. 'Kijk je langs de schijf, dan staan er ontelbare sterren achter elkaar: de streep. Kijk je uit de schijf, dan zie je er veel minder. Zoals in een bos: rondom een muur van bomen, recht boven je de lucht.'

Ines kijkt omhoog. 'Als wij in die schijf zitten,' zegt ze langzaam, 'dan staan we niet stil, hè? Dan draait alles daarboven mee.' Kiko grijnst. 'Goed gevoel, Ines. Dat is precies de volgende vraag.'



Ons sterrenstelsel in getallen

**ongeveer 100
000 lichtjaar**

breedte van de Melkweg

**ongeveer 1 000
lichtjaar**

dikte van de schijf met
sterren

**100 tot 400
miljard**

aantal sterren (een
schatting)

**ongeveer 26
000 lichtjaar**

afstand van de Zon tot het
centrum

**ongeveer 230
miljoen jaar**

één rondje van de Zon rond
het centrum

**ongeveer 4
miljoen keer de
Zon**

massa van het zwarte gat in
het midden

5 WAAR OF ONWAAR

● ○ ○

Tibo zet een kruisje voor de Zon, precies in het midden van zijn tekening van de Melkweg. Waar of onwaar: de Zon staat in het centrum van de Melkweg.

☐ **waar**☐ **onwaar****6 MEERKEUZE**

● ● ○

Ines snapt het nog niet: 'Als de Melkweg een draaikolk is, waarom zien we dan een streep?' Welke uitleg klopt?

- ☐ **A** Omdat de Melkweg in het echt een lange, rechte lijn is.
- ☐ **B** Omdat wij zelf in de platte schijf zitten en er van binnenuit langs kijken.
- ☐ **C** Omdat we vanaf de Aarde alleen de balk in het midden kunnen zien.
- ☐ **D** Omdat de spiraalarmen 's nachts niet oplichten.

E1 OEFEN VERDER · MEERKEUZE

● ○ ○

Noor wil ons “kosmische adres” invullen. In welk sterrenstelsel ligt de Zon?

- ☐ **A** De Melkweg
- ☐ **B** De Andromedanevel
- ☐ **C** Het zonnestelsel is zelf een sterrenstelsel

E2 OEFEN VERDER · WAAR OF ONWAAR

● ○ ○

Sami zegt: “De Melkweg bevat alleen onze Zon en acht planeten.” Klopt dat?

☐ **waar**☐ **onwaar**

Level 3: een rondje van 230 miljoen jaar

Kiko loopt een rondje over de tuintafel. 'Alles in de Melkweg draait. De Zon ook, en ze neemt de Aarde en de andere planeten mee.' Ze gaat ruim 800 000 kilometer per uur. Toch duurt één rondje rond het centrum ongeveer 230 miljoen jaar. Dat heet een galactisch jaar.

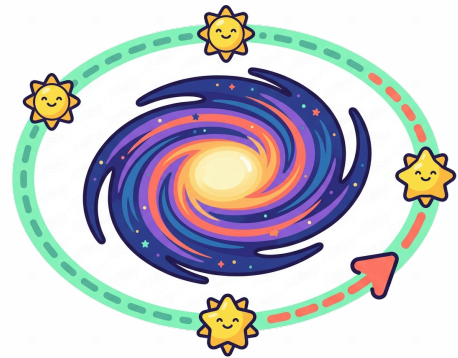
Rayan rekent hardop. 'De laatste dinosaurussen stierven 66 miljoen jaar geleden. Dat is nog maar ruim een kwart rondje.' 'Toen stond de Zon op een heel andere plek in de Melkweg,' zegt Kiko. 'De dinosaurussen zagen een andere sterrenhemel dan jij.'

Wat houdt al die sterren bij elkaar? Zwaartekracht, dezelfde kracht die de Aarde rond de Zon houdt. Elke ster trekt aan elke andere, en alle massa samen houdt het stelsel bijeen, ook al draait het razendsnel.

Helemaal in het midden zit een superzwaar zwart gat: Boogschutter A-ster. Een zwart gat is een plek waar zoveel massa samengeperst zit dat zelfs licht er niet uit kan ontsnappen. Dit zwarte gat weegt ongeveer 4 miljoen keer zoveel als de Zon. Eén ster in de buurt scheurt er in ongeveer 16 jaar omheen.

'Kunnen we erin vallen?' vraagt Tibo. 'Nee,' zegt Kiko. 'We staan op 26 000 lichtjaar, in een rustige baan. Veiliger dan dit wordt het niet.'

Tibo kijkt omhoog naar de streep. 'En morgen?' vraagt hij. 'Morgen,' zegt Kiko, 'laten we de Melkweg even achter ons. Dan zoeken we een vlekje dat er niet hoort.'



Wist je dat... er een foto bestaat van ons zwarte gat?

In mei 2022 toonden sterrenkundigen de eerste foto van Boogschutter A-ster. Acht radiotelescopieën verspreid over de wereld werkten samen alsof ze één telescoop zo groot als de Aarde waren. Je ziet een gloeiende ring van heet gas rond een donkere schaduw.

7 REKENEN



De Zon en de Aarde bestaan ongeveer 4,6 miljard jaar, dat is 4 600 miljoen jaar. Een galactisch jaar duurt ongeveer 230 miljoen jaar. Hoeveel rondjes rond het centrum van de Melkweg heeft de Zon al gemaakt? Hoeveel galactische jaren is ze dus oud?

Antwoord: _____

De Melkweg op de speelplaats

METEN

30 minuten

Dit heb je nodig

- stoepkrijt in twee kleuren
- een touw van ongeveer 60 cm
- een meetlint van minstens 25 meter, of een meetlat en veel geduld
- een speelplaats, oprit of stoep zonder verkeer
- een helper



Veiligheid

Teken alleen op een plek waar geen auto's of fietsen komen, en vraag eerst toestemming als het niet je eigen speelplaats of oprit is.

1

Rayan wil de hele Melkweg in één blik zien. Op jullie model staat 1 centimeter voor 1 000 lichtjaar. Reken eerst: hoe breed wordt de Melkweg dan? Juist: 100 cm, één meter.

2

Knoop het krijt aan het touw, zodat er 50 cm touw tussen het krijt en het andere eind zit. Je helper houdt dat eind in het midden vast, jij trekt een cirkel van één meter breed.

3

Teken in het midden een dikke buik met een balk erdoor van ongeveer 25 cm lang. Laat aan beide uiteinden van de balk een gebogen arm vertrekken en teken er nog een paar kleinere armen bij.

De Melkweg op de speelplaats (vervolg)

METEN

4

Zet met de andere kleur een stip voor de Zon, op 26 cm van het midden. Ons hele zonnestelsel, tot ver voorbij Neptunus, is op deze schaal kleiner dan een stofje.

5

Hoe dik is de schijf op deze schaal? Ongeveer 1 cm, de dikte van een pink. Leg je pink op de tekening om het te voelen.

6

Meet nu 25 meter af vanaf het midden van je Melkweg. Teken daar een tweede, schuine schijf van 1,5 tot 2 meter breed: het Andromedastelsel, ons grote buurstelsel. In level 4 ontdek je meer over die buur.

Op dit model zijn de sterren onzichtbaar klein en staan ze ontzettend ver uit elkaar, maar de Melkweg en Andromeda liggen maar 25 keer hun eigen breedte van elkaar. Wat zegt dat over waarom sterrenstelsels soms botsen, maar sterren bijna nooit?

Zondag, 20.30 uur: een vlekje dat er niet hoort



De stroom is terug, maar niemand wil nog binnen zitten. Tante Lot draait de buitenlamp uit en legt een oude verrekijker op de tuintafel. Saar heeft haar verzamelmap mee, die met de glimmende kaarten in plastic hoesjes. 'Mijn zeldzaamste kaart is een glimmende kaart met een draak met drie koppen,' zegt ze. 'Maar vanavond zoek ik iets zeldzamers.'

Kiko wijst naar vijf heldere sterren hoog in het noordoosten. Samen vormen ze een grote W. 'Cassiopeia. Kijk nu naar het grote vierkant van vier sterren hoog in het zuiden: Pegasus. Ongeveer halfweg tussen de W en de hoek van het vierkant die er het dichtst bij ligt, hangt Saars nieuwe kaart.'

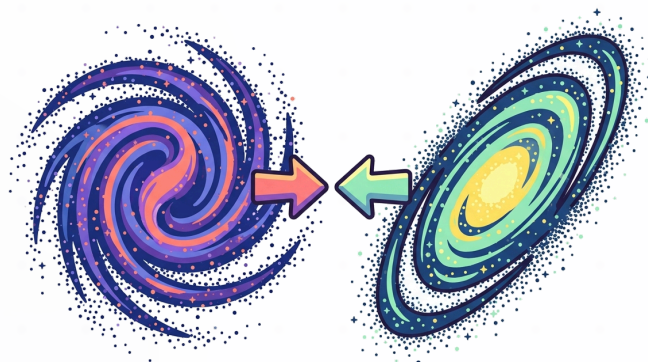
Rayan grijpt meteen de verrekijker. 'Mijn beurt! Even mijn lamp aan om die sterrenkaart te lezen.'



Jij beslist: hoe vang je een vaag vlekje?

Rayan wil zijn lamp aanzetten om de sterrenkaart te lezen. Saar heeft liever een ander plan. Plan A: Rayan zet de felle witte lamp van zijn telefoon aan, leest de kaart en richt meteen de verrekijker op de plek. Plan B: Saar leest de kaart met een rood lampje, wacht minstens een kwartier in het donker en kijkt een klein beetje naast het vlekje, want de rand van je oog ziet zwak licht beter dan het midden. Wat kies jij? Denk aan wat fel licht met je ogen doet. Lees verder en kijk welk plan werkt.

Level 4: de buren aan de overkant



Rayan probeert plan A: lamp aan, kaart lezen, verrekijker omhoog. Hij ziet niets, behalve zwart. Fel licht maakt je ogen tijdelijk ongevoelig: daarna hebben ze minstens een kwartier in het donker nodig, liefst twintig minuten, om weer goed te zien. Dus wordt het plan B. Twintig minuten later, met een rood lampje, probeert Saar het opnieuw. Eerst niets. Dan, net naast de plek waar ze kijkt, een langgerekt wolkje. Geen ster, geen puntje. Een veegje licht. 'Dat,' zegt Kiko plechtig, 'is je zeldzaamste kaart ooit. Een ander sterrenstelsel. Andromeda.'

Honderd jaar geleden wist niemand dat zeker. Veel sterrenkundigen dachten dat de Melkweg het hele heelal was, en dat wazige vlekjes zoals Andromeda gaswolken binnen de Melkweg waren. Anderen dachten aan verre eilanden van sterren. Het werd een flinke ruzie.

De Amerikaan Edwin Hubble maakte er een einde aan. In oktober 1923 fotografeerde hij Andromeda met de grootste telescoop van toen, op een berg in Californië. Op zijn glazen fotoplaat vond hij een ster die regelmatig feller en zwakker werd. Opgewonden schreef hij erbij: 'VAR!', van variabele ster.

Zulke knippersterren had de Amerikaanse Henrietta Leavitt al eerder onderzocht. Zij ontdekte dat hoe trager zo'n ster knippert, hoe feller ze in het echt is. Weet je hoe fel ze echt is en hoe zwak je haar ziet, dan kan je uitrekenen hoe ver ze staat.

Hubble kwam uit op ongeveer een miljoen lichtjaar: ver buiten de Melkweg. Hij zat er nog naast, want Andromeda staat ongeveer 2,5 miljoen lichtjaar ver. Maar het grote nieuws bleef overeind: het heelal is veel groter dan ons eigen sterrenstelsel.

Andromeda is een spiraalstelsel met ongeveer duizend miljard sterren, meer dan de Melkweg. Samen met de Melkweg, het kleinere Driehoekstelsel en tientallen dwergstelsels vormt ze de Lokale Groep: onze buurt. 'Adresregel drie,' zegt Kiko. 'Lokale Groep.'

Andromeda komt met ongeveer 110 kilometer per seconde naar ons toe. Lang dachten sterrenkundigen dat de twee stelsels over ongeveer 4,5 miljard jaar zeker zouden botsen. Metingen uit 2025 maken het spannender: de kans dat ze in de komende 10 miljard jaar samensmelten, is ongeveer half om half. Kop of munt, op kosmische schaal.



Wist je dat... Andromeda zes volle manen breed is?

Met het blote oog zie je van Andromeda alleen het felle midden. Op foto's met een lange belichting blijkt het stelsel ongeveer zes keer zo breed als de volle maan aan de hemel. Als je ogen veel gevoeliger waren, zou ze een van de grootste dingen aan de nachthemel zijn.



Wist je dat... sterren bijna nooit botsen?

Ook als twee sterrenstelsels samensmelten, botsen er bijna geen sterren. Tussen de sterren zit zoveel lege ruimte dat ze langs elkaar glijden. Wel worden de vormen door elkaar gegooid: van twee spiralen blijft vaak één grote, ronde wolk van sterren over.

8

MEERKEUZE



Saar wil weten waarom één krabbel 'VAR!' zo belangrijk was. Wat bewees Hubbles knipperster?

- ☐ **A** Dat Andromeda een gaswolk binnen de Melkweg is.
- ☐ **B** Dat Andromeda een apart sterrenstelsel is, ver buiten de Melkweg.
- ☐ **C** Dat Andromeda met ongeveer 110 kilometer per seconde naar ons toe komt.
- ☐ **D** Dat de Melkweg in het midden van het heelal staat.

Rayan zegt over de walkietalkie: 'Over 4,5 miljard jaar crasht Andromeda gegarandeerd in de Melkweg, en dan knallen alle sterren tegen elkaar.' Waar of onwaar?

☐

waar

☐

onwaar

Ogen als een uil: op jacht naar Andromeda

BUITEN

45 minuten op een heldere avond, het best in oktober of november

Dit heb je nodig

- warme kleren en een deken of matje
- een zaklamp met rood cellofaan of rood plastic erover
- een draaibare sterrenkaart of een sterrenkaart uit de bib
- een verrekijker, als je er een hebt
- je logboek en een potlood
- een volwassene die meegaat



Veiligheid

Ga 's avonds nooit alleen op pad en blijf weg van wegen en water. Richt een verrekijker overdag nooit naar de hemel in de buurt van de Zon: dat kan je ogen in een flits blijvend beschadigen.

1

Kies een heldere avond zonder maan. Zoek samen met een volwassene een plek zo ver mogelijk van straatlampen: achteraan in de tuin, aan de rand van een veld, op een duin.

2

Doe alle lampen uit en kijk niet op een scherm. Wacht minstens een kwartier, liefst twintig minuten. Gebruik alleen je rode lamp om de kaart te lezen.

3

Zoek de Melkweg. Zie je haar niet? Vorm dan met je duimen en wijsvingers een driehoek, strek je armen en tel hoeveel sterren je erin ziet. Dat getal vertelt hoe donker jouw hemel is.

Ogen als een uil: op jacht naar Andromeda (vervolg)

BUITEN

- 4 Zoek de W van Cassiopeia, hoog in het noordoosten, en daarna het grote vierkant van Pegasus, hoog in het zuiden. Die richtingen kloppen rond 21 uur in oktober en november; in andere maanden helpt je sterrenkaart.
- 5 Kijk ongeveer halfweg tussen de W en de hoek van het vierkant die er het dichtst bij ligt. Kijk er een klein beetje naast. Zie je een langgerekt, wazig veegje? Dat is Andromeda.
- 6 Teken wat je zag in je logboek, met de datum, het uur en het aantal sterren uit stap 3.

Het licht dat vanavond in je oog valt, vertrok ongeveer 2,5 miljoen jaar geleden uit Andromeda, lang voor er mensen zoals wij bestonden. Hoe voelt het om iets te zien wat zo oud is?

Level 5: licht met vertraging



Rayan laat de verrekijker zakken. 'Wacht. Als dat licht 2,5 miljoen jaar onderweg was, dan zien we Andromeda niet zoals ze nu is.' 'Precies,' zegt Kiko. 'Je ziet haar zoals ze was toen dat licht vertrok. Je kijkt terug in de tijd.'

Rayan kent dat van online gamen. Bij lag zie je een andere speler op de plek waar hij een fractie van een seconde geleden stond: het signaal moest nog tot bij jou reizen. In het heelal is de vertraging gigantisch, omdat de afstanden zo groot zijn. Al het licht dat je ziet, is een bericht uit het verleden.

Hoe verder je kijkt, hoe verder terug in de tijd. De Maan zie je zoals ze 1,3 seconde geleden was. Het licht van het centrum van de Melkweg vertrok toen er in onze streken mammoeten rondliepen. Dat van Andromeda vertrok toen vroege mensachtigen in Afrika eenvoudige stenen werktuigen maakten.

'Misschien bestaat die ster daar dus al lang niet meer,' zegt Tibo. Dat kan, maar het is heel onwaarschijnlijk. De sterren die je met het blote oog ziet, staan meestal op tientallen tot duizenden lichtjaar. Ze leven miljoenen tot miljarden jaren. De kans dat er net één ontplofte terwijl haar licht onderweg was, is heel klein.

Daarom bouwen sterrenkundigen telescopen die zo ver mogelijk kunnen kijken. Verder kijken is vroeger kijken. Met de James Webb-ruimtetelescoop, die sinds 2022 foto's maakt, zien ze sterrenstelsels zoals ze waren toen het heelal nog geen 300 miljoen jaar oud was. Hun licht was meer dan 13 miljard jaar onderweg.

Kiko kijkt naar de sterren boven het dal. 'Andromeda is maar één kaart,' zegt hij geheimzinnig. 'Morgen tellen we hoeveel kaarten er in de hele verzameling zitten. Jullie gaan het niet geloven.'

Hoe oud is het licht dat je ziet? (afgerond)

Waar komt het licht vandaan?	Hoe lang was het onderweg?	Wat gebeurde er toen op Aarde?
de Maan	ongeveer 1,3 seconde	je knipperde net met je ogen
de Zon (nooit rechtstreeks in kijken!)	ongeveer 8 minuten en 20 seconden	je was net aan je soep begonnen
Proxima Centauri, de dichtstbijzijnde ster na de Zon	ongeveer 4,2 jaar	jij was nog een kleuter of zat in de eerste jaren van de lagere school
het centrum van de Melkweg	ongeveer 26 000 jaar	het was ijstijd, en in onze streken liepen mammoeten rond
het Andromedastelsel	ongeveer 2,5 miljoen jaar	vroege mensachtigen in Afrika maakten eenvoudige stenen werktuigen
de verste sterrenstelsels van de James Webb-telescoop	meer dan 13 miljard jaar	de Zon en de Aarde bestonden nog lang niet

10 VERBINDEN



Kiko gooit vijf lichtbronnen en vijf reistijden door elkaar. Verbind elke lichtbron met hoe lang haar licht onderweg was naar jouw oog.

1 de Maan



A ongeveer 26 000 jaar

2 de Zon



B ongeveer 1,3 seconde

3 Proxima Centauri



C ongeveer 2,5 miljoen jaar

4 het centrum van de Melkweg



D ongeveer 8 minuten

5 het Andromedastelsel



E E. ongeveer 4,2 jaar

Mijn antwoord: _____

11 OPEN VRAAG



Stel: in het Andromedastelsel leeft een wezen met een supertelescoop. Vanavond richt het die op de Aarde. Wat ziet het? Leg uit waarom.

12 MEERKEUZE



Ines ziet een heldere ster op ongeveer 500 lichtjaar. Ze zegt: 'Ik zie die ster nu, dus ze ziet er nu precies zo uit.' Welke verbetering is de beste?

- ☐ A Je hebt gelijk, licht komt meteen aan.
- ☐ B Je ziet licht van ongeveer 500 jaar geleden. Dat de ster nu nog bestaat, is heel waarschijnlijk, maar hoe ze er nu uitziet, kan je niet zien.
- ☐ C Die ster bestaat zeker niet meer, want alle sterren die je ziet, zijn al ontploft.
- ☐ D Je ziet licht van gisteren, dus ze ziet er bijna hetzelfde uit.

Level 6, maandag 10.00 uur: de verzamelmap van het heelal

Maandag regent het pijpenstelen. Geen sterren vandaag. Saar begint een verzamelmap voor sterrenstelsels. 'Elk soort een eigen bladzijde,' zegt ze. 'Zeldzame kaarten krijgen een glimmend randje.' Op de laptop van tante Lot bekijkt de crew foto's van ruimtetelescopen.



Bladzijde één: spiraalstelsels. Platte, draaiende schijven met armen, zoals het Draaikolkstelsel (M51). Heeft het midden een balk van sterren, dan is het een balkspiraal, zoals onze Melkweg. Ze zitten vol gas en stof, en er ontstaan nog veel nieuwe sterren.

Bladzijde twee: elliptische stelsels. Ze zien eruit als een gloeiend ei of een rugbybal, zonder armen. Er zit bijna geen gas meer in, dus er worden weinig nieuwe sterren geboren. Hun sterren zijn meestal oud en roodachtig. De grootste stelsels die we kennen, zijn reuzen van dit soort.

Bladzijde drie: onregelmatige stelsels, zonder duidelijke vorm. Vaak zijn het kleine stelsels die door een grote buur uit vorm getrokken zijn. Twee bekende voorbeelden draaien rond de Melkweg: de Grote en de Kleine Magelhaense Wolk. Vanuit België zie je ze nooit, want ze staan aan de zuidelijke hemel.

'Ze groeien, net als mijn verzameling!' roept Saar. Een beetje klopt dat. Sterrenstelsels groeien door gas op te slokken en door kleinere stelsels in te slikken. Twee spiralen die botsen, kunnen samen één elliptisch stelsel worden. Ook de Melkweg heeft in haar verleden al kleinere stelsels opgegeten.

En hoeveel kaarten zou de volledige map tellen? In 1995 richtte de ruimtetelescoop Hubble zich tien dagen lang op een piepklein, schijnbaar leeg stukje hemel, ruim tien keer smaller dan de volle maan. Op de foto: ongeveer 3 000 sterrenstelsels. In het hele heelal dat we kunnen zien, zijn er volgens schattingen honderden miljarden.

Vanuit de keuken roept tante Lot dat ze vanmiddag rozijnenbrood gaat bakken. Op de vensterbank zit Kiko, een knuffel met een gestreepte staart, doodstil. Alleen Tibo ziet dat zijn snuit even trilt, alsof hij een geheim bewaart.

13 VERBINDEN

● ○ ○

Saar maakt de bladzijden van haar map. Verbind elk soort sterrenstelsel met zijn kenmerk.

1 spiraalstelsel



A als een gloeiend ei, met vooral oude sterren en bijna geen gas

2 balkspiraal



B zonder duidelijke vorm, vaak uit vorm getrokken door een grote buur

3 elliptisch stelsel



C platte, draaiende schijf met armen die rechtstreeks uit het midden vertrekken

4 onregelmatig stelsel



D schijf met armen en een staaf van sterren door het midden

Mijn antwoord: _____

Ruilkaarten van het heelal

SPEL

45 minuten

Dit heb je nodig

- acht stevige kaartjes per speler, ongeveer zo groot als een speelkaart
- kleurpotloden of stiften
- een computer of boeken over sterrenkunde uit de bib
- twee tot vier spelers

- 1 Saar wil een volledige set. Kies elk acht sterrenstelsels uit deze lijst van twaalf, en probeer niet allemaal dezelfde te kiezen: de Melkweg, Andromeda, het Driehoekstelsel, het Draaikolkstelsel (M51), het spiraalstelsel M81, het balkspiraalstelsel NGC 1300, de elliptische reus M87, het elliptische stelsel M49, het kleine elliptische stelsel M32, de Grote Magelhaense Wolk, de Kleine Magelhaense Wolk en het onregelmatige stelsel NGC 6822.
- 2 Zoek per stelsel op welk soort het is, hoe ver het staat in lichtjaar en één opvallend weetje. Gebruik boeken uit de bib of de websites van NASA of ESA, samen met een volwassene.
- 3 Teken het stelsel op de voorkant van de kaart. Schrijf de soort, de afstand en het weetje op de achterkant.
- 4 Geef elke kaart een zeldzaamheid van één tot drie sterretjes: hoe verder of hoe moeilijker te zien, hoe zeldzamer.
- 5 Speel 'Verder of dichterbij' met alle kaarten van de groep samen in één stapel: leg een kaart open. De volgende speler raadt of de bovenste kaart van de stapel verder of dichterbij staat dan de open kaart. Juist geraden? Dan mag je de kaart houden.
- 6 Ruil daarna met de andere spelers, één kaart voor één kaart. Wie na het ruilen kaarten heeft van de meeste verschillende soorten (spiraal, balkspiraal, elliptisch en onregelmatig), wint de ruilronde. Een kaart van een soort die je al hebt, is ideaal ruilmateriaal.

Welke kaart is het zeldzaamst in jullie verzameling, en waarom: omdat zo'n stelsel zelf zeldzaam is, of omdat het voor ons moeilijk te zien is?



Wist je dat... een zandkorrel duizenden sterrenstelsels verbergt?

De eerste diepe foto van de James Webb-ruimtetelescoop, uit juli 2022, toont een stukje hemel zo groot als een zandkorrel die je met gestrekte arm vasthoudt. Toch staan er duizenden sterrenstelsels op.

Level 7, maandag 15.00 uur: het heelal rijst als deeg

Tante Lot heeft een rozijnenbrood in de oven geschoven en is even naar boven om de was op te hangen. Buiten gutst de regen en de lucht is zo donker dat Kiko durft te praten. Tibo zit met zijn neus voor het ovenraampje. 'Die rozijnen gaan uit elkaar. Niet omdat ze lopen: het deeg groeit.' Kiko springt op het aanrecht. 'Tibo, je hebt net het grootste sterrenkundenieuws van de vorige eeuw uitgelegd. Met een brood.'

'Wie ontdekte dat de sterrenstelsels wegvluchten?' vraagt Saar. 'Het begon met een Amerikaan, Vesto Slipher,' zegt Kiko. 'Vanaf 1912 mat hij het licht van verre sterrenstelsels. Bijna allemaal bleken ze van ons weg te bewegen. Dat zag hij aan hun licht: het was een beetje naar de rode kant van de regenboog verschoven. Dat heet roodverschuiving.'

Hoe komt dat? Licht reist als een golf. Wordt de ruimte groter terwijl het licht onderweg is, dan wordt die golf mee uitgerekt. Uitgerekt licht wordt roder. Hoe langer het licht onderweg was, hoe meer het uitgerekt is, en hoe roder het aankomt.

'En wie vond de verklaring?' vraagt Tibo. 'Een Belg,' zegt Kiko. 'In 1927 kwam Georges Lemaître ermee, priester en natuurkundige uit Charleroi, die les gaf in Leuven. Volgens hem wordt de ruimte zelf groter: het heelal dijt uit. Hoe verder een sterrenstelsel, hoe sneller het van ons weg schuift. Hij schreef het in het Frans, in een Belgisch tijdschrift, en bijna niemand las het.'

'Maar Hubble heeft dat toch bedacht?' vraagt Rayan. 'Dat dachten veel mensen lang,' zegt Kiko. 'Twee jaar later toonde Hubble met nieuwe metingen hetzelfde verband, en lange tijd kreeg vooral hij de eer. In 2018 stemden de leden van de Internationale Astronomische Unie, de wereldvereniging van sterrenkundigen, voor een nieuwe naam: de wet van Hubble-Lemaître.'

Denk terug aan het brood. Elke rozijn ziet alle andere van zich weg schuiven, en de verste het snelst. Geen enkele rozijn ligt in het midden. Zo is het ook in het heelal: vanuit elk sterrenstelsel lijkt het alsof alle andere wegvluchten.

Maar Andromeda komt toch naar ons toe? Op kleinere afstanden wint de zwaartekracht. Die houdt de Lokale Groep, elk sterrenstelsel, de Zon en de Aarde bij elkaar. Jij en je kamer worden niet groter door het uitdijen, want de krachten tussen de atomen houden jullie bijeen. Alleen de enorme ruimtes tussen de groepen sterrenstelsels groeien.



14 REKENEN



Tibo drukt twee rozijnen in het deeg: rozijn B ligt 1 cm van rozijn A, rozijn C ligt 3 cm van A. Na een uur is het deeg overal twee keer zo groot. Hoe ver liggen B en C nu van A? Hoeveel centimeter is elke rozijn in dat uur opgeschoven?

Antwoord: _____

15 WAAR OF ONWAAR

Tibo: 'Als het heelal uitdijt, wordt mijn kamer elk jaar een beetje groter. Dan krijg ik eindelijk plaats voor een tweede bureau.' Waar of onwaar?

☐**waar**☐**onwaar****Wist je dat... Lemaître naar de ruimte vloog?**

In 2014 bracht een Europees vrachtschip voorraden naar het internationale ruimtestation. Op voorstel van België droeg het de naam Georges Lemaître. Na een half jaar verbrandde het, zoals gepland, hoog boven de Stille Oceaan.

E3**OEFEN VERDER · WAAR OF ONWAAR**

Wout zegt dat het zonnestelsel en het hele heelal hetzelfde betekenen. Klopt dat?

☐**waar**☐**onwaar****E4****OEFEN VERDER · OPEN VRAAG**

Noor gebruikt kilometers voor een afstand tussen sterren. Waarom gebruiken sterrenkundigen vaak lichtjaren?

Een heelal in een ballon

PROEFJE

25 minuten

Dit heb je nodig

- een grote ronde ballon, liefst in een lichte kleur
- een stift
- een wasknijper om de ballon tussendoor dicht te knijpen
- een touwtje en een meetlat
- je logboek



Veiligheid

Blaas de ballon niet te hard op en houd hem weg van je gezicht. Ben je allergisch voor latex, gebruik dan een latexvrije ballon. Ruim stukjes van een geknapte ballon meteen op: kleine kinderen en huisdieren kunnen erin stikken.

- 1 Blaas de ballon een klein beetje op en knijp het mondstuk dicht met de wasknijper.
- 2 Teken er acht stippen op, verspreid over de ballon. Dat zijn sterrenstelsels. Zet een T naast één stip: het stelsel van Tibo. Let op: in dit model is alleen het oppervlak van de ballon het heelal. De lucht binnenin en de kamer erbuiten horen er niet bij.
- 3 Leg het touwtje over het oppervlak van de ballon van T naar drie andere stippen. Meet telkens het stukje touw met de meetlat en noteer de afstanden in een tabel.
- 4 Blaas de ballon verder op, tot hij ongeveer twee keer zo breed is. Meet dezelfde drie afstanden opnieuw.

Een heelal in een ballon (vervolg)

PROEFJE

5

Reken voor elke stip uit hoeveel centimeter ze verder van T is gekomen. Welke stip schoof het meest op: de dichtste of de verste?

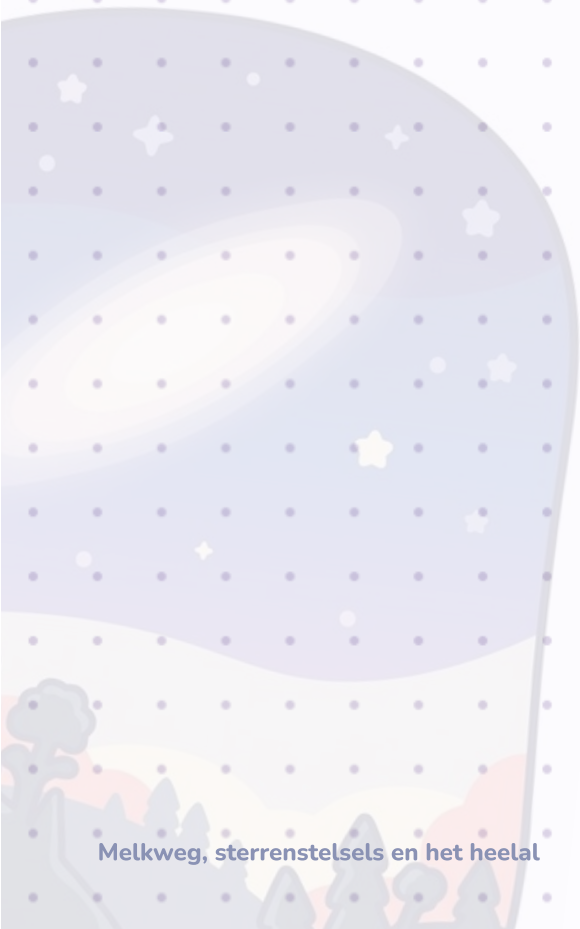
6

Kies nu een andere stip als 'thuis' en meet opnieuw. Wat merk je?

7

Kijk ten slotte naar de stippen zelf. Wat gebeurt er met hun grootte? Klopt dat met het echte heelal?

Vanuit elke stip leek het alsof alle andere wegvluchtten. Kan je op het oppervlak van de ballon een midden aanwijzen? Wat betekent dat voor het heelal?



Level 8, maandag 17.30 uur: Tibo's superbom

Het is half zes en door de regen is het buiten al bijna donker. Rayan kijkt naar de ballon en krijgt een idee. 'Als alles uit elkaar gaat, moet je de film gewoon terugspoelen. Dan komt alles dicht bij elkaar. Steeds dicht.' 'Tot alles op één hoop zit,' zegt Ines. 'Heel heet, heel dicht. En dan?'



Tibo grijpt een stift en tekent een bom in het midden van een blad, met pijlen naar buiten.

'Simpel. Ergens in de lege ruimte stond een superbom. Boem. Alle stukken vliegen weg, en wij zitten op een van de stukken.' Hij kijkt trots rond. Kiko schudt langzaam zijn snuit.

'Mooi getekend. Maar test het eens. Bij jouw bom is er een middelpunt. In de ene richting zou je naar dat midden kijken, in de andere naar de rand waar de stukken wegvliegen. Sterrenkundigen zien in alle richtingen ongeveer hetzelfde. Je bom faalt de test.' Tibo mikt zijn blad naar de papiermand. Mis. 'Respawn. Nieuwe poging.'

Poging twee. De oerknal was geen bom in een lege ruimte, want er was geen ruimte rondom. Het hele heelal was overal heet en dicht, en het dijt sindsdien overal tegelijk uit. Het gebeurde dus niet op één plek. Het gebeurde overal, ook op de plek waar jij nu zit.

Dat begon ongeveer 13,8 miljard jaar geleden. Die leeftijd rekenen sterrenkundigen uit met de snelheid van het uitdijen en met het oudste licht dat we opvangen. Lemaître noemde het begin in 1931 het 'oeratoom'. De naam 'Big Bang', oerknal, kwam later van een tegenstander: de Britse sterrenkundige Fred Hoyle, in 1949 op de radio.

In het begin was het zo heet dat er nog geen atomen konden bestaan. Er was een gloeiende soep van piepkleine deeltjes waar licht niet door kon, zoals dikke mist. Na ongeveer 380 000 jaar was het genoeg afgekoeld. De eerste atomen ontstonden en het licht kon eindelijk vrij reizen.

Dat licht reist nog altijd. Door het uitdijen is het zo uitgerekte dat we het nu opvangen als zwakke radiogolven, uit alle richtingen tegelijk. Het heet de kosmische achtergrondstraling. Ze is ongeveer $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ koud, amper 3 graden boven het koudste wat kan bestaan. Kiko noemt het de babyfoto van het heelal.

En wat was er vóór de oerknal? Dat weet niemand. Misschien begon de tijd zelf toen, en is de vraag zoiets als: wat ligt er ten noorden van de Noordpool? Misschien was er wel iets. Eerlijk antwoord: dit is een van de grootste open vragen van de wetenschap.



Wist je dat... de oerknal eerst voor duivenpoep doorging?

In 1964 vingen de Amerikanen Arno Penzias en Robert Wilson een ruis op in hun grote antenne, en ze dachten eerst dat duivenpoep de schuld was. Ze maakten de antenne schoon en joegen de duiven weg, maar de ruis bleef: het was de restgloed van de oerknal, en in 1978 kregen ze er de Nobelprijs voor.

Van oerknal tot jij

- 1 Ongeveer 13,8 miljard jaar geleden: het hele heelal is extreem heet en dicht en begint overal uit te dijen.
- 2 In de eerste minuten: de kernen van waterstof en helium, de lichtste stoffen, ontstaan. Bijna alle waterstof in jouw lichaam komt uit die eerste minuten.
- 3 Na ongeveer 380 000 jaar: het heelal is genoeg afgekoeld voor de eerste atomen en het licht kan vrij reizen. Dat licht vangen we nu op als de kosmische achtergrondstraling.
- 4 Daarna volgen de donkere eeuwen: nog geen sterren, alleen gas dat langzaam samenklontert, getrokken door zwaartekracht.
- 5 Na ongeveer 100 tot 200 miljoen jaar: de eerste sterren gaan branden, en uit klonten van gas en sterren groeien de eerste sterrenstelsels.
- 6 Meer dan 12 miljard jaar geleden: de Melkweg begint te groeien en slokt in de loop van de tijd kleinere stelsels op.
- 7 Ongeveer 4,6 miljard jaar geleden: uit een wolk van gas en stof in de Melkweg ontstaan de Zon en de Aarde.
- 8 Ongeveer 300 000 jaar geleden: de eerste mensen zoals wij. En een jaar of elf geleden: jij.

Het heelal in één jaar: de kosmische kalender (1 dag is ongeveer 38 miljoen jaar)

Wat gebeurde er?	Hoe lang geleden?	Op de kosmische kalender
de oerknal	ongeveer 13,8 miljard jaar	1 januari, 0.00 uur
de eerste sterren gaan branden	ongeveer 13,6 tot 13,7 miljard jaar	begin januari
de Zon en de Aarde ontstaan	ongeveer 4,6 miljard jaar	1 september
het eerste leven op Aarde	meer dan 3,5 miljard jaar	eind september
de laatste dinosaurussen sterven	66 miljoen jaar	30 december, rond 6 uur 's ochtends
de eerste mensen zoals wij	ongeveer 300 000 jaar	31 december, rond 23.48 uur
Lemaître schrijft over het uitdijende heelal	ongeveer 100 jaar (1927)	de laatste kwart seconde van het jaar
jouw leven tot nu	ongeveer 11 jaar	de laatste 0,025 seconde

16 IN VOLGORDE

● ● ○

Ines' tijdlijnkaartjes zijn door de tocht van de deur door elkaar gewaaid. Leg ze in de juiste volgorde, van het allereerste naar het laatste.

De Zon en de Aarde ontstaan.

De eerste sterren gaan branden.

Het heelal is overal heet en dicht en begint uit te dijen.

De eerste atomen ontstaan en het licht kan vrij reizen.

De laatste dinosaurussen sterven uit.

Jouw volgorde:

17 MEERKEUZE

Welke zin zou Kiko goedkeuren als Tibo's tweede poging?

- ☐ A Er ontplofte een bom in het midden van een lege ruimte.
- ☐ B Het heelal was overal heet en dicht, en het dijt sindsdien overal tegelijk uit.
- ☐ C De Zon ontplofte, en uit de stukken ontstonden de sterren.
- ☐ D Alle sterrenstelsels botsten op één plek en vlogen toen uit elkaar.

18 INVULLEN

Rayan schrijft de leeftijd van het heelal als highscore op de koelkast: 'ongeveer _____ miljard jaar'. Welk getal ontbreekt?

19 OPEN VRAAG

Kiko noemt de kosmische achtergrondstraling 'de babyfoto van het heelal'.
Waarom past die naam? En waarom kunnen we niet nog verder terugkijken?

E5 OEFEN VERDER · OPEN VRAAG

Kiko sorteert foto's van sterrenstelsels. Noem één vorm die hij kan tegenkomen.

Walkietalkies, kanaal 'Crew Kosmos', maandag 21.04 uur (iedereen ligt al in bed)

Saar

Ik las net dat bijna alles in het heelal onzichtbaar is. 95 procent. Kiko, is dat echt? Over.

S

Tibo

(laat drie geschrokken kreetjes horen en een spookachtig 'oehoe')

T

Rayan

Onzichtbaar betekent dat het niet bestaat. Opgelost. Slaapwel. Over en uit.

R

Ines

Wind is ook onzichtbaar. En die blies zaterdag de stroom uit.

I

Rayan

Oké. Punt voor Ines.

R

Saar

Kiko zit niet eens op ons kanaal. Hij heeft geen walkietalkie.

S

Kiko

Ik heb die van Ines. Allemaal naar beneden. Neem een sok mee.



Tibo

Een sok?!

T

Kiko

En een knikker. Level 9 begint.



Level 9: de sok, de knikker en de onzichtbare massa



Kiko stopt de knikker in de sok en zwierd hem rond. 'Hoe sneller ik zwier, hoe harder ik moet trekken. Anders vliegt de knikker weg.' Zo werkt het ook in een sterrenstelsel. De zwaartekracht van alle massa samen houdt de sterren in hun baan. Hoe sneller ze draaien, hoe meer massa er nodig is om ze vast te houden.

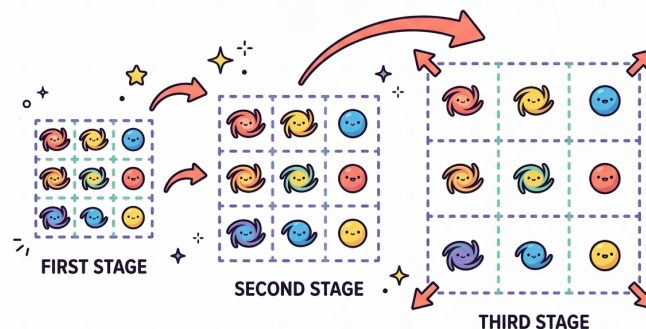
'Daar kwam een sterrenkundige achter die goed durfde te kijken,' zegt Kiko. 'Vera.' 'Wie was die Vera?' vraagt Tibo. 'Vera Rubin, een Amerikaanse sterrenkundige. Rond 1970 mat ze, samen met Kent Ford, hoe snel sterren en gas rond het centrum van Andromeda draaien, en later bij veel andere stelsels. De buitenste sterren zouden trager moeten gaan, zoals de verste planeten rond de Zon. Maar ze draaiden bijna even snel als die dichterbij het midden.'

'Met alleen de sterren en het gas die we zien, zouden die buitenste sterren de bocht uit vliegen,' zegt Kiko. 'Er moet dus veel meer massa zijn dan we zien. Die onzichtbare massa noemen we donkere materie.' 'Was Vera de enige die dat dacht?' vraagt Saar. 'Nee. Al in 1933 vermoedde de Zwitserse sterrenkundige Fritz Zwicky iets gelijkaardigs bij een grote groep sterrenstelsels.'

Donkere materie geeft geen licht, weerkaatst geen licht en houdt geen licht tegen. We merken haar alleen aan haar zwaartekracht. Zwarte massa buigt licht af dat erlangs komt, een beetje zoals een vergrootglas. Achter grote groepen sterrenstelsels zien sterrenkundigen verdere stelsels vervormd tot bogen. Ook daarvoor is veel meer massa nodig dan zichtbaar is.

Wat donkere materie is? Dat weet niemand. Gewone stofwolken zijn het niet, want die zouden we zien. Misschien is het een soort deeltje dat nog nooit iemand heeft gevangen. Onderzoekers zoeken ernaar met gevoelige toestellen diep onder de grond. Tot nu toe zonder succes.

Level 9, bonus: de duw die niemand snapt



In 1998 maten twee teams van sterrenkundigen de afstand tot heel verre ontploffende sterren. Een bepaald soort sterexplosie is altijd ongeveer even fel en werkt daardoor als een meetlat. De teams verwachtten dat het uitdijen stilaan zou vertragen, afgeremd door de zwaartekracht. Het omgekeerde bleek waar: het uitdijen gaat steeds sneller.

Ze kregen er in 2011 de Nobelprijs voor. Iets duwt het heelal dus steeds sneller uit elkaar. Dat iets noemen we donkere energie. De naam betekent eigenlijk: we weten niet wat het is. Metingen uit 2024 en 2025 doen vermoeden dat donkere energie misschien verandert in de loop van de tijd. Of dat klopt, is nog niet zeker.

Tel je alles samen, dan is gewone materie maar ongeveer 5 procent van het heelal: alle sterren, planeten, gaswolken, jij en Kiko. Donkere materie is ongeveer 27 procent, donkere energie ongeveer 68 procent.

'Dus 95 procent is een mysterie,' zegt Saar. 'Dat is geen verzamelmap meer,' zegt Rayan. 'Dat is een map met bijna alleen lege vakjes.' Ines schrijft het op. 'Lege vakjes zijn niet erg,' zegt Kiko. 'Ze vertellen je precies waar je moet zoeken.'

Ines klapt haar logboek dicht. 'Morgen is de laatste avond,' zegt ze. 'Dan stel ik de vraag waar het allemaal mee begon.'



Wist je dat... Europa jaagt op het onzichtbare?

Sinds 2023 brengt de Europese ruimtetelescoop Euclid meer dan een miljard sterrenstelsels in kaart. Uit hun vormen en afstanden willen sterrenkundigen afleiden waar de donkere materie zit en hoe de donkere energie het heelal uit elkaar duwt.



Eerlijk is eerlijk: wat we (nog) niet weten

Wetenschap is geen boek met alle antwoorden. Dit weten we zeker: het heelal dijt uit, het was vroeger heet en dicht, en sterrenstelsels draaien sneller dan hun zichtbare massa toelaat. Dit weten we niet: wat donkere materie is, wat donkere energie is, wat er vóór de oerknal was en hoe groot het hele heelal is. Een goede onderzoeker zegt 'dat weten we nog niet' zonder zich te schamen. En dan gaat ze meten.

20 MEERKEUZE



Rayan blijft koppig: 'Als je donkere materie niet kan zien, hoe weet je dan dat ze er is?' Welk antwoord klopt?

- A** Je kan ze zien met een gewone verrekijker, als het donker genoeg is.
- B** De buitenste sterren van sterrenstelsels draaien zo snel dat er veel meer massa moet zijn dan we zien.
- C** Ze maakt de nachthemel donker tussen de sterren.
- D** Ze geeft een zwak rood licht dat je alleen met een speciale bril ziet.

Saar zegt over de walkietalkie: 'Als niemand weet wat donkere energie is, dan is het gewoon verzonnen.' Wat antwoord jij? Gebruik het verschil tussen iets meten en iets verklaren.

Level 10, dinsdag 22.00 uur: de eindbaas



Laatste avond. De hemel is weer helder en de Melkweg hangt als een brug boven het dal. De crew ligt in slaapzakken op het terras, Tibo met twee dekens over zijn benen. Ines heeft haar logboek op haar knieën. 'Nu de eindbaas,' zegt ze. 'Waar houdt het op? En waar is het midden?'

'Begin met wat je kan zien,' zegt Kiko. Licht heeft maar 13,8 miljard jaar gehad om ons te bereiken. Wat verder ligt, kunnen we niet zien: dat licht is er nog niet. Alles wat we in principe kunnen zien, heet het waarneembare heelal. Het is een reusachtige bol, met ons in het midden.

Die bol is groter dan je zou denken. Terwijl het oudste licht onderweg was, dijde de ruimte verder uit. De plekken waar het vertrok, liggen nu ongeveer 46 miljard lichtjaar ver. Zo wordt de bol ongeveer 93 miljard lichtjaar breed.

Rayan veert recht. 'Zoals de kijkafstand in mijn bouwspel! Verder dan dat zie je de wereld niet, maar ze is er wel.' 'Goed gezien,' zegt Kiko. 'Alleen heeft elke plek in het heelal zo'n eigen bol. Een wezen in Andromeda ziet een bol rond Andromeda.'

Staat de Aarde dan toch in het midden? Alleen in het midden van haar eigen bol, zoals jij altijd in het midden van je eigen horizon staat. Het heelal zelf heeft, voor zover we weten, geen middelpunt. Het dijt overal tegelijk uit, net als het deeg rond elke rozijn.

Tussen de Lokale Groep en de rand van de bol past nog één adresregel. Onze Lokale Groep hoort bij een gigantische familie van ongeveer honderdduizend sterrenstelsels: de supercluster Laniakea. Sterrenkundigen tekenden haar grenzen in 2014. Laniakea is Hawaïaans voor 'onmetelijke hemel'.

En hoe groot is het hele heelal, ook buiten onze bol? Dat weet niemand. Het kan veel groter zijn dan wat we zien, misschien zelfs oneindig groot. Een rand heeft nog nooit iemand gevonden. Ines schrijft het in haar logboek en onderstreept het twee keer.

22 INVULLEN



Ines noteert: 'Alles wat we vanaf de Aarde in principe kunnen zien, heet het _____ heelal. Het is ongeveer 93 miljard lichtjaar breed.' Welk woord ontbreekt?

23 IN VOLGORDE



Ines schrijft het kosmische adres op een kaart, maar de regels zijn door elkaar geraakt. Zet ze in volgorde van klein naar groot.

de Lokale Groep

de Aarde

het waarneembare heelal

de Melkweg

het zonnestelsel

de supercluster Laniakea

de Orionarm

Jouw volgorde:

24 OPEN VRAAG

Eindbaas-vraag van Ines: 'Waar is het midden van het heelal?' Schrijf het antwoord dat de eindbaas verslaat. Gebruik het rozijnenbrood of de ballon in je uitleg.

Een postkaart naar Andromeda

SCHRIJVEN

25 minuten

Dit heb je nodig

- een postkaart of een stevig kaartje
- kleurpotloden of stiften
- je logboek met alle adresregels

- 1 Schrijf op de adreskant je volledige kosmische adres, van je straat en je gemeente tot het waarneembare heelal. Gebruik alle adresregels uit dit boekje.
- 2 Stel je voor dat je kaart met de snelheid van het licht naar Andromeda reist. Hoe lang is ze onderweg? Schrijf het jaar van aankomst op de kaart: tel 2,5 miljoen jaar bij het jaartal van vandaag.
- 3 Schrijf op de andere kant een bericht van hoogstens vijf zinnen. Wat moet een wezen in Andromeda weten over de Aarde en over de mensen?
- 4 Reken uit: als het wezen meteen terugschrijft, ook met de snelheid van het licht, hoeveel jaar na het versturen komt het antwoord dan bij de Aarde aan?
- 5 Teken een postzegel met iets wat volgens jou typisch is voor de Aarde.
- 6 Lees je kaart voor aan de crew, de klas of je familie. Welke kaart zou jij het liefst ontvangen, en waarom?

Het antwoord komt pas na 5 miljoen jaar terug. Wat zou je anders schrijven als je weet dat jij het antwoord nooit zal lezen?

Woensdag, 9.15 uur: op de achterbank, op weg naar huis

Rayan

Eindstand: één record kwijt, één heelal gevonden. Ik vind dat een eerlijke ruil.

R

Saar

S

Mijn map telt acht sterrenstelsels. Andromeda krijgt een glimmend randje. Ik heb haar zelf gevangen.

Tibo

Ik heb de ballon nog. Hij is wel gekrompen. Mijn heelal is aan het terugspoelen.

T

Ines

I

Het adres is af. Maar ik zit met een nieuwe vraag, en die laat me niet los.

Kiko



(fluistert vanuit het donker van Ines' rugzak, zodat niemand voorin het hoort) Vertel.

Ines

I

Honderden miljarden sterrenstelsels, met elk miljarden sterren. Misschien ligt er ergens iemand anders op een terras. Die ook een adres schrijft.

Rayan

En die net haar record kwijt is.

R

Kiko



Of daar iemand ligt, weet niemand. Maar zoeken kan je wel. En daar heb ik nog een heel dossier over liggen.

Woordenlijst

sterrenstelsel

Reusachtige groep van miljoenen tot duizenden miljarden sterren, met gas en stof, bijeengehouden door zwaartekracht.

lichtjaar

De afstand die licht in één jaar aflegt: ongeveer 9 460 miljard kilometer.

lichtvervuiling

Kunstlicht dat omhoog strooit en de nachthemel grijs maakt, zodat je minder sterren ziet.

Lokale Groep

Onze buurt: de Melkweg, Andromeda, het Driehoekstelsel en tientallen kleine dwergstelsels.

uitdijen

Groter worden. Het heelal dijt uit: de ruimte tussen groepen sterrenstelsels wordt steeds groter.

kosmische achtergrondstraling

Het oudste licht dat we kunnen opvangen, vrijgekomen ongeveer 380 000 jaar na de oerknal.

donkere energie

Onbekende oorzaak waardoor het heelal steeds sneller uitdijt.

Melkweg

Het sterrenstelsel waarin de Zon en de Aarde staan; aan de hemel een lichte streep.

balkspiraal

Spiraalstelsel met een langgerekte balk van sterren door het midden, zoals de Melkweg.

zwart gat

Plek waar zoveel massa samengeperst zit dat zelfs licht er niet uit kan ontsnappen.

roodverschuiving

Licht van verre sterrenstelsels komt roder aan, omdat de ruimte onderweg uitrekt.

oerknal

Het begin van het heelal, ongeveer 13,8 miljard jaar geleden: alles was heet en dicht en begon uit te dijen.

donkere materie

Onzichtbare massa die we alleen merken aan haar zwaartekracht. Niemand weet nog wat het is.

waarneembaar heelal

Alles wat we vanaf de Aarde in principe kunnen zien: een bol van ongeveer 93 miljard lichtjaar breed.



Jouw eindbaas: waarom is de nacht donker?

Een uitdaging voor echte eindbaasverslaanders. Als er honderden miljarden sterrenstelsels zijn, waarom is de nachthemel dan niet overal fel verlicht? Sterrenkundigen braken er eeuwenlang hun hoofd over. Leg het in drie minuten uit aan iemand thuis. Tip: denk aan hoe lang licht al onderweg kan zijn sinds de oerknal, en aan wat het uitdijen met licht doet.

Wat neem ik mee?

- ✓ De streep boven het bos is geen wolk en geen rook. Het is de Melkweg: ons eigen sterrenstelsel, van binnenuit bekeken. Je ziet haar alleen als het echt donker is, want lichtvervuiling maakt de nacht grijs.
- ✓ De Melkweg is een balkspiraal. Ongeveer 100 000 lichtjaar breed, maar slechts ongeveer 1 000 lichtjaar dik. Met 100 tot 400 miljard sterren.
- ✓ Een lichtjaar is geen tijd maar een afstand: hoe ver licht in één jaar gaat, ongeveer 9 460 miljard kilometer. Rayan, vergeet je speedrun: niets gaat sneller dan licht.
- ✓ Adresregel twee: Orionarm, Melkweg. De Zon woont in een buitenwijk, op ongeveer 26 000 lichtjaar van het centrum, waar een superzwaar zwart gat zit. Eén rondje van de Zon duurt ongeveer 230 miljoen jaar.
- ✓ Andromeda is ons grote buurstelsel, op ongeveer 2,5 miljoen lichtjaar. Edwin Hubble ontdekte in 1923 in Andromeda een knipperster en rekende daarmee uit dat ze ver buiten de Melkweg staat. Samen horen we bij de Lokale Groep: adresregel drie.
- ✓ Licht heeft tijd nodig. Hoe verder je kijkt, hoe verder je terugkijkt in de tijd. Andromeda zie je zoals ze 2,5 miljoen jaar geleden was.
- ✓ Er zijn spiraalstelsels, elliptische en onregelmatige stelsels, en ze groeien door samen te smelten. Saars map wordt nooit af: in het heelal dat we kunnen zien, zijn er honderden miljarden.
- ✓ Het heelal dijt uit, zoals rozijnenbrood in de oven. Tibo zag het eerst in het brood. De Belg Georges Lemaître legde dat in 1927 als eerste uit: hoe verder een stelsel, hoe sneller het van ons weg schuift.
- ✓ De oerknal was geen bom op één plek. Ongeveer 13,8 miljard jaar geleden was het hele heelal heet en dicht, en sindsdien dijt het overal uit. De restgloed vangen we nog altijd op. Tibo, je bom faalde de test.
- ✓ Gewone materie is maar ongeveer 5 procent van het heelal. De rest is donkere materie en donkere energie, en niemand weet nog wat dat is. Het waarneembare heelal is ongeveer 93 miljard lichtjaar breed, en een midden heeft het voor zover we weten niet. Mijn adres is af. Mijn vragen niet.



Tip voor ouders en leerkrachten

Op een heldere, maanloze avond in de herfst kan je Andromeda met het blote oog of een gewone verrekijker vinden, als je ver genoeg van straatlampen gaat; laat de ogen minstens een kwartier, liefst twintig minuten, wennen en gebruik een rood lampje.

Volkssterrenwachten zoals Urania in Hove, MIRA in Grimbergen, Armand Pien in Gent en Beisbroek in Brugge, en het Planetarium in Brussel, organiseren publieksavonden waarop kinderen door een telescoop kijken; kijk ook of je gemeente meedoet aan de Nacht van de Duisternis, die meestal in oktober plaatsvindt. Gespreksvraag aan tafel: waarom vinden we het soms moeilijk om 'dat weten we nog niet' te zeggen, en waarom is dat in de wetenschap juist een sterke zin?

De antwoorden staan in het apart antwoordenboekje van dit boekje.

Ruimte! Veertien boekjes

Van het zonnestelsel tot de rand van het heelal, van de eerste raket tot leven op andere werelden. Elk boekje is een eigen avontuur met een crew, missies, vragen en proefjes. Lees ze in volgorde voor het hele verhaal, of kies het boekje dat je nu wil.

Alle boekjes

1 Ons zonnestelsel

2 De Zon

3 De rots- planeten

4 De reuzen

5 Manen, kometen en asteroiden

6 Aarde en Maan

7 Sterren en sterrenbeelden

8 Melkweg en heelal

9 Zwarte gaten

10 Ruimtevaart door de tijd

11 Raketten en astronauten

12 Telescopen en sondes

13 Leven in de ruimte?

14 Proefjes en ruimtequiz

Over dit boekje. Alle personages zijn verzonnen. Cijfers zijn afgerond en kunnen veranderen als sterrenkundigen nieuwe metingen doen; zoek de nieuwste cijfers op bij NASA of ESA. Nooit rechtstreeks naar de Zon kijken. Vrij te kopiëren voor gebruik in de klas.

Tekst en opmaak: Brecht Corbeel · schoolium.me