

Telescopen en sondes



Een telescoop uit het containerpark, een kijkpas met negen levels en vier stipjes die Galileo al zag

 **schoolium**

Brecht Corbeel • schoolium.me

Dit boekje is van _____

Telescopen, sondes en onderzoek vanuit de ruimte

Tussen een kapotte barbecue en een droogrek in het containerpark ligt een witte buis op drie wiebelige poten. Emre neemt hem mee, en Kiko de neusbeer ziet meteen wat het is: een telescoop zonder oog. Samen met Farah, Jules en Lien heb je zes dagen en negen levels om hem te laten werken, en om te ontdekken hoe mensen met spiegels, schotels, sondes en satellieten de ruimte openbreken. Pak je logboek: jij bent het vijfde lid van de crew.

- Je ontdekt waarom een lens of een holle spiegel licht vangt als een emmer regen, en je rekent zelf uit hoeveel keer een telescoop vergroot.
- Je zoekt de vier stipjes die Galileo in 1610 zag, en je snapt waarom ze zo belangrijk waren.
- Je ontdekt wat Hubble, James Webb en radiotelescopen zien, waarom Webb ijskoud moet blijven en waarom sommige telescopen in de ruimte hangen.
- Je reist mee met sondes en rovers naar verre plekken, van Pluto en Mars tot de ijsmanen van Jupiter, en ontdekt waarom Juice een omweg neemt.
- Je speurt welke satellieten je elke dag helpen, wat België in de ruimte doet en hoe je zelf veilig de hemel bekijkt met een verrekijker.

Zaterdag, 9.40 uur: een kanon tussen het oud ijzer



Container 7 van het containerpark is voor metaal. Emres papa kiepert er een roestige fietskar in. Maar Emre kijkt naar iets anders: een witte buis die tussen een kapotte barbecue en een droogrek uitsteekt. 'Papa,' zegt hij. 'Daar ligt een kanon.'

Het is geen kanon. Het is een dikke witte buis van bijna een meter, op drie wiebelige poten. Bovenaan zit opzij een zwart dopje, onderaan zitten drie grote schroeven. Een man in een fluo hesje haalt zijn schouders op. 'Neem maar mee, jong. Anders wordt het blikjes.'

Een uur later ligt de buis op de werkbank in Emres garage. Hij noemt die garage zijn clubhut: een oude zetel, een bord vol schroevendraaiers en een kabelhaspel als tafel. Farah heeft haar logboek mee, want Farah heeft altijd haar logboek mee. Jules heeft chips mee. En Lien heeft een rugzak mee die beweegt.

In die rugzak zit Kiko de neusbeer, de knuffelmascotte van hun klas. Deze week logeert hij bij Lien. Wat meester Koen, hun leraar, niet weet: als er geen volwassene kijkt, praat hij. Veel. En over de hemel weet hij verdacht veel.

In de clubhut, met de garagepoort op een kier

Jules

Dat is een bazooka. Zeker weten. Level één: wapen gevonden.

J

Farah

Er zit geen trekker aan, Jules. En niemand gooit een bazooka bij het oud ijzer.

F

Lien

Er staan getallen op de buis. 114. En 900.

L

Kiko

(klimt uit de rugzak en snuffelt aan de buis) Honderdveertien millimeter breed, negenhonderd millimeter brandpuntsafstand. Dit is geen schroot. Dit is een lichtemmer.



Emre

Een wat?

E

Kiko

Een spiegeltelescoop. Met heel veel stof. En zonder het stukje waar je door kijkt.



Emre

Kan hij nog werken?

E

Kiko

Vrijdag is het kijknacht op de speelplaats, met het hele zesde. Als hij dan werkt, tonen jullie de klas wat Galileo in 1610 zag. Maar eerst moeten jullie ogen sterker worden.



Jules

Hoe dan? Is er een upgrade?

J

Kiko

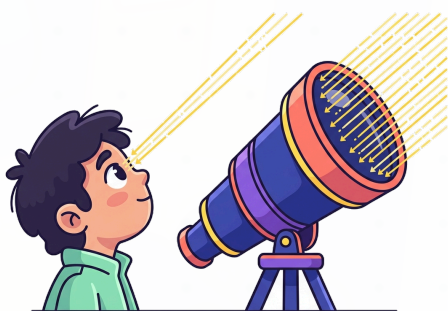
Negen upgrades. Ik noem het de kijkpas.



Dossier: de kijkpas

Kiko scheurt een blad uit Farahs logboek en tekent negen lege vakjes. Elk vakje is een level, en elk level maakt jullie ogen sterker: van je eigen oog tot telescopen in de ruimte, sondes, rovers en satellieten. Wie een level haalt, krijgt één letter als loot. Samen vormen de negen letters de naam van het stipje dat jullie vrijdag moeten vinden. Speedrunnen mag, skippen niet. Teken de negen vakjes in je eigen logboek, want jij bent het vijfde lid van de crew.

Level 1: een emmer van zeven millimeter



Zaterdagavond, 20.15 uur, in de tuin van Lien. Boven het dak van de burens staat een felle stip die rustig schijnt. 'Jupiter,' zegt Kiko. 'De grootste planeet. Hij heeft vier grote manen. Wie ziet ze?' Vier hoofden gaan naar achteren. Jules knijpt zijn ogen tot spleetjes. 'Ik zie één stip. Is dit een bug?'

Het is geen bug. Het is je oog. In het midden zit een zwart gaatje, je pupil, waardoor het licht naar binnen valt. In het donker gaat het open tot ongeveer 7 millimeter, zo breed als de gum op een potlood. Kiko noemt het een lichtemmer: hoe breder de emmer, hoe meer regen hij vangt.

Een telescoop doet twee dingen. Eén: met zijn veel bredere opening vangt hij veel meer licht dan je pupil. Zo zie je zwakke dingen die je oog mist. Twee: hij trekt dingen die vlak naast elkaar staan uit elkaar. Jupiters manen geven genoeg licht, maar ze staan zo dicht bij die felle planeet dat ze voor je oog versmelten.

En een bredere opening helpt meer dan je denkt. Is ze twee keer zo breed, dan vangt ze geen twee keer maar vier keer zoveel licht. Het gaat namelijk om de oppervlakte: twee keer zo breed én twee keer zo hoog. Drie keer zo breed? Dan vang je $3 \times 3 = 9$ keer zoveel licht.

Farah rent naar binnen en komt terug met de verrekijker van haar opa Driss: twee lenzen van 50 millimeter. Ze leunt tegen de schuur om niet te wiebelen. 'Er staan stipjes naast!' fluistert ze. 'Drie. Op een rij.' Jules wil ook kijken, maar zijn handen trillen van de kou. Alles danst. 'Het beeld schokt,' moppert hij.

Loot: de letter G. Kiko schrijft hem in het eerste vakje. 'Drie stipjes met een verrekijker,' zegt Lien. 'Hoeveel zien we er dan met die witte buis?' Emre straalt. 'Morgen weten we het.'



Wist je dat... je ogen een halfuur nodig hebben om aan het donker te wennen?

Je pupil gaat in een paar seconden open, maar je netvlies wordt daarna nog lang gevoeliger. Kijk je even naar een fel scherm, dan begint het wennen bijna opnieuw. Daarom gebruiken sterrenkijkers een zaklamp met rood licht: dat verstoort je nachtzicht het minst.

1

MEERKEUZE



Jules ziet met zijn blote oog maar één stip waar Jupiter staat. Waarom ziet hij de vier grote manen niet?

- A** De manen geven 's nachts geen licht.
- B** Ze staan zo dicht bij het felle Jupiter dat ze voor zijn oog in één stip versmelten.
- C** De manen staan altijd achter Jupiter verstopt.
- D** Manen kan je alleen zien als ze vol zijn, zoals onze Maan.

Een lens van de verrekijker van opa Driss is 50 millimeter breed. Je pupil is in het donker 7 millimeter breed. De lens is dus ongeveer 7 keer zo breed als je pupil. Hoeveel keer meer licht vangt die ene lens ongeveer?

Antwoord: _____

Level 2: een uitvinding uit Middelburg

Zondagochtend. Emre wil de witte buis meteen uit elkaar schroeven, maar Kiko zet eerst iets anders op tafel: een loep. 'Elke telescoop begint hiermee,' zegt hij. 'Met een stuk glas dat licht buigt.'



Een lens is een stuk glas dat in het midden dikker is dan aan de rand. Lichtstralen die erdoor gaan, buigen een beetje af en komen achter de lens samen in één punt: het brandpunt. Daar ontstaat een klein beeldje van wat voor de lens ligt. De afstand van de lens tot dat punt heet de brandpuntsafstand.

Lien houdt de loep boven een blad papier, met haar rug naar het raam. Plots verschijnt er een piepklein raampje op het papier, mét de boom erachter. Ondersteboven. 'Magie,' fluistert Jules. 'Een brandpunt,' zegt Kiko. 'En met twee lenzen bouw je een kijker.'

Zo werkt een lenzenkijker. Vooraan zit een grote lens, het objectief. Die vangt het licht en maakt in het brandpunt een klein beeldje. Achteraan, vlak bij je oog, zit een kleine lens: het oculair. Dat werkt als een loep en vergroot dat beeldje. In de meeste sterrenkijkers staat het beeld op zijn kop. Voor een planeet maakt dat niets uit.

In 1608 vroeg Hans Lipperhey, een brillenmaker uit Middelburg in Zeeland, een octrooi aan op zo'n kijker. Een octrooi is een bewijs dat alleen jij je uitvinding mag maken en verkopen.

Lipperhey kreeg het niet. Anderen zeiden dat ze hetzelfde hadden bedacht, en het toestel was te makkelijk na te maken. Een jaar later waren er al kijkers te koop in verschillende landen van Europa.

3 INVULLEN

● ○ ○

Lien schrijft in het logboek: 'Achter een lens komen de lichtstralen samen in één punt. Dat punt heet het _____. ' Welk woord ontbreekt?

E1 OEFEN VERDER · MEERKEUZE

● ○ ○

Noor kiest een telescoop. Wat doet zo'n instrument vooral?

- ☐ A Licht verzamelen
- ☐ B Alle sterren dichterbij brengen
- ☐ C Nieuwe sterren maken

Vang een raam op papier

METEN

20 minuten

Dit heb je nodig

- een loep (vergrootglas)
- een wit blad papier of een stuk wit karton
- een meetlat of meetlint
- een kamer met één raam waar de Zon niet rechtstreeks door schijnt
- een helper
- je logboek



Veiligheid

Gebruik de loep nooit in de zon. Een loep bundelt zonlicht tot een punt dat zo heet wordt dat papier, je huid of een tafel kan verbranden. Kijk nooit door een loep naar de Zon, ook niet even.

1

Maak de kamer zo donker mogelijk, maar laat de gordijnen van één raam open. De Zon mag niet rechtstreeks door dat raam schijnen: kies desnoods een raam aan de schaduwkant.

2

Ga aan de andere kant van de kamer staan. Houd het papier rechtop, met de witte kant naar het raam. Houd de loep tussen het raam en het papier.

3

Schuif de loep langzaam naar het papier toe en weer weg, tot je een scherp beeldje van het raam ziet.

4

Teken het beeldje in je logboek. Staat het rechtop of op zijn kop? En zijn links en rechts omgewisseld?

5

Laat je helper de afstand tussen de loep en het papier meten op het moment dat het beeldje scherp is. Dat is ongeveer de brandpuntsafstand van je loep. Noteer ze.

6

Probeer het met een tweede loep of met een leesbril. Welke lens heeft de kortste brandpuntsafstand? En welke vergroot het meest als je er gewoon door naar een krant kijkt?

Je beeldje stond op zijn kop. Waarom stoort dat een sterrenkundige die naar Jupiter kijkt niet, maar zou het een kapitein die naar een haven kijkt wel storen?

Jules typt in de groepschat: 'Galileo heeft de telescoop uitgevonden. Weet iedereen.' Waar of onwaar?



waar



onwaar

Level 2, deel 2: vier stipjes die niet stilstaan

Lien legt de loep terug op tafel. Emre grist een zaklamp en drie muntjes uit de la van de werkbank. 'Wie speelt Galileo?' vraagt Kiko. Niemand durft, dus hij klimt zelf op de oude zetel, hangt Farahs sjaal om zijn schouders en kucht plechtig. 'Italië, 1609. Ik, Galileo Galilei, hoor over een kijker uit de Nederlanden. Ik heb er nooit een gezien, dus slijp ik zelf lenzen.'

Hij draait met zijn pootjes aan een onzichtbare slijpsteen. 'Binnen enkele maanden vergroot mijn beste kijker ongeveer twintig keer. En nu iets wat bijna niemand voor mij deed: een hele winter lang richt ik hem op de nachthemel.'

'Schrijf op,' zegt hij tegen Farah, die haar logboek al open heeft. 'Op de Maan zie ik bergen en kraters. En de Melkweg is geen nevel, maar een zee van sterren.' Farah schrijft het met een tevreden gezicht neer.

'Nu het beste,' zegt Kiko, weer met zijn gewone stem. Hij legt de zaklamp midden op de werkbank: dat is Jupiter. Emre zet de drie muntjes in een rij ernaast. 'Zeven januari 1610. Drie sterretjes op een rij naast Jupiter.'

Emre schuift de muntjes een beetje op. 'De volgende nacht staan ze anders,' zegt Kiko. Een paar nachten later legt Emre er een vierde muntje bij. 'Vier. Ze schuiven heen en weer, maar ze blijven altijd bij Jupiter.'

'Dan zijn het geen verre sterren,' zegt Lien. 'Dan draaien ze rond Jupiter.' 'Dat snapte Galileo ook,' zegt Kiko. 'En dat was groot nieuws. De meeste geleerden dachten toen dat alles rond de Aarde draaide. Maar hier draaiden vier hemelbollen rond iets anders.'

'Later zag hij ook dat Venus fases heeft, net als onze Maan,' voegt hij toe. 'Dat klopte niet met het oude idee dat Venus rond de Aarde draaide, maar wel als Venus rond de Zon draaide.'

'In maart 1610 schreef Galileo alles op in een dun boekje,' vertelt Kiko. 'Daarna kreeg hij grote problemen.' 'Problemen?' Jules vergeet zijn chips. 'Waarom kreeg hij straf?'

'Omdat de leiders van de Kerk vonden dat de Aarde in het midden hoorde,' zegt Kiko. 'Hij moest zijn laatste jaren onder huisarrest doorbrengen. Maar zijn vier stipjes kreeg niemand nog van de hemel.'

'Die wil ik zien,' zegt Emre, en hij veegt de muntjes bij elkaar. 'Vanavond. Met onze buis.'

Loot: de letter A. Kiko schrijft hem in het tweede vakje.



Wist je dat... Galileo zijn manen eerst naar een rijke familie noemde?

Hij doopte ze 'de sterren van de Medici', naar de machtige familie in Florence die hem een baan kon geven. De namen die we nu gebruiken, komen uit de Griekse mythen en werden voorgesteld door de Duitse sterrenkundige Simon Marius. Eén van die namen is de geheime code van dit boekje.

Farah wil het bewijs van Galileo in haar eigen woorden opschrijven. Waarom bewezen vier bewegende stipjes naast Jupiter dat niet alles rond de Aarde draait? En waarom moest Galileo daarvoor verschillende nachten na elkaar kijken?

Level 3: langs de verkeerde kant

Zondagavond, 21.05 uur. Emre heeft het stof van de buis geblazen en de poten vastgeschroefd. Hij richt de buis op Jupiter, zoals een piraat zijn kijker richt, en drukt zijn oog tegen het brede, open uiteinde. Zwart. Hij draait aan alle schroeven. Nog altijd zwart. 'Hij is kapot,' zegt hij zacht. Jules kijkt ook. 'Game over.'



Kiko klimt op de vuilnisbak, gluurt in de buis en begint te giechelen. 'Jullie kijken langs de verkeerde kant naar binnen.' Maandag, in de clubhut, laat hij een zaklamp in de buis schijnen. Helemaal onderaan glanst een ronde spiegel, iets breder dan een koffiemok. Hij is een beetje hol, zoals de binnenkant van een lepel.

Een holle spiegel werkt bijna zoals een lens: hij kaatst alle lichtstralen terug naar één brandpunt. Maar dat punt ligt vooraan in de buis, midden in het licht dat binnenkomt. Daarom hangt daar een klein, plat spiegeltje, schuin. Het stuurt het licht opzij, naar een gaatje in de zijkant van de buis. Daar hoort het oculair. Daar moet je kijken.

Dat bedacht de Engelse geleerde Isaac Newton in 1668. Zijn eerste spiegeltelescoop was maar ongeveer 15 centimeter lang, en toch zag hij er de manen van Jupiter mee. Emre trekt het zwarte dopje aan de zijkant los. Erachter: een leeg gaatje. Zonder oculair maakt de spiegel wel een beeldje, maar is er geen loop om het te vergroten.

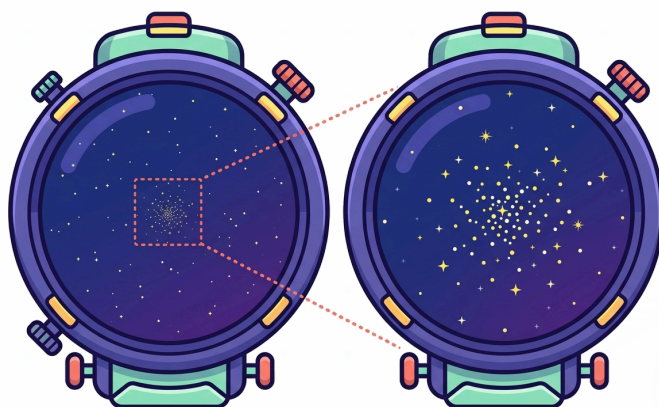
Dan stapt opa Driss de garage binnen. Kiko verstijft meteen tot een gewone knuffel. Opa was twintig jaar vrijwilliger in een volkssterrenwacht. Hij zet een houten doosje op de werkbank. Erin liggen twee oculairs: een dikke van 25 millimeter en een piepkleine van 4 millimeter. 'Kies maar,' zegt hij, en hij knipoogt.



Jij beslist: 36 keer of 225 keer?

De vergroting van een telescoop reken je zo uit: de brandpuntsafstand van de spiegel gedeeld door die van het oculair. Emres spiegel heeft 900 millimeter. Met het dikke oculair: $900 : 25 = 36$ keer. Met het piepkleine: $900 : 4 = 225$ keer. Jules roept meteen: 'Zo groot mogelijk! Altijd het maximum!' Farah twijfelt. Het eerste doelwit is de Maan. Plan A: het dikke oculair, 36 keer. Plan B: het piepkleine, 225 keer. Wat kies jij? Schrijf je keuze op en lees dan verder.

Level 3, deel 2: minder zoom, meer wauw



Jules kreeg zijn zin. Maandagavond, op de stoep voor Emres huis, zet hij het piepkleine oculair erin. Hij ziet een wazige grijze vlek die trilt bij elke ademhaling. Na enkele seconden schuift de Maan uit beeld, want de Aarde draait. Hij duwt de buis bij: alles danst. 'Het beeld schokt,' zucht hij. 'Alweer.'

Dan het dikke oculair, 36 keer. Eerst stilte. Dan roept Emre zo luid dat de buurman zijn gordijn openschuift. Kraters! Bergen met lange schaduwen! Langs de grens tussen licht en donker lijkt de Maan een kapotgeslagen ijsbaan.

'Onthoud dit,' zegt Kiko later. 'Een telescoop is eerst een lichtemmer en pas dan een zoomknop. Te veel vergroting maakt het beeld donker, wazig en wiebelig.'

Waarom hebben de grootste telescopen allemaal spiegels? Een lens kan je alleen aan de rand vasthouden. Is ze heel groot, dan zakt ze door haar eigen gewicht een beetje door. Het licht moet ook door al dat glas heen, en elke kleur buigt net iets anders, zodat er gekleurde randjes ontstaan. Bij een spiegel telt alleen het bovenvlak.

Een spiegel kan je dus van achteren ondersteunen en zelfs uit stukken maken. Bij lenzen ligt het record bij ongeveer 1 meter, in een telescoop uit 1897 in de Verenigde Staten.

Dan haalt opa Driss een verfrommelde ansichtkaart uit zijn houten doosje. 'Die hing vroeger op het prikbord van mijn volkssterrenwacht,' zegt hij. Op de kaart staat een tekening van een koepel in de bergen van Chili. 'De Extremely Large Telescope,' leest Farah voor. 'Een spiegel van 39 meter, van ESO, de Europese Zuidelijke Sterrenwacht.' 'Uit 798 zeshoekige stukken,' zegt opa Driss. Jules probeert ze te tellen op de tekening, maar bij 63 verliest hij de tel. 'Ik begin opnieuw.'

'En België hoort erbij,' zegt opa Driss trots. 'In 1962 was ons land een van de vijf landen die ESO oprichtten.'

Opa's gsm piept: een mailtje van een oud-collega uit de volkssterrenwacht, met een foto van een koepel op een berg. 'Vlaanderen heeft ook een eigen telescoop,' leest opa voor. 'De Mercator-telescoop van de KU Leuven, met een spiegel van 1,2 meter, op het Canarische eiland La Palma. Daar is de lucht droog en rustig, en de nacht heel donker.'

Loot: de letter N. 'Hoe hoger, hoe beter,' zegt Lien. 'En als je nóg hoger gaat?' Kiko grijnst. 'Dan kom je bij level 4.'



Wist je dat... Vlaamse sterrenkundigen hun telescoop besturen van op ongeveer 3 000 kilometer?

De Mercator-telescoop staat op La Palma, maar sterrenkundigen van de KU Leuven kunnen hem ook vanuit België bedienen, via een snelle internetverbinding. Zij zitten achter hun scherm in Leuven, terwijl de telescoop op het eiland naar de sterren draait.

6

REKENEN



Opa Driss vindt in zijn doosje nog een derde oculair, van 10 millimeter. Hoeveel keer vergroot Emres telescoop (brandpuntsafstand 900 millimeter) daarmee? En hoeveel keer vergroot een telescoop met een brandpuntsafstand van 1 200 millimeter met het oculair van 25 millimeter?

Antwoord: _____

Emre wil later een reuzentelescoop bouwen. Waarom kiest hij beter voor een spiegel dan voor een lens?

- A** Een spiegel vergroot altijd duizend keer.
- B** Een grote lens zakt door haar eigen gewicht en geeft gekleurde randjes; een spiegel kan je van achteren ondersteunen en uit stukken maken.
- C** Licht gaat sneller via een spiegel dan door glas.
- D** Met een spiegel hoef je nooit een oculair te gebruiken.

Level 4: boven de deken



Dinsdag, speeltijd. Jules heeft een theorie. 'Sterren fonkelen. Dat is gewoon een slechte verbinding met het heelal.' Kiko lacht. 'Bijna. Het ligt aan de lucht tussen ons en de sterren.'

Boven ons ligt een deken van lucht van tientallen kilometers dik, en die beweegt altijd: warme en koude lagen schuiven door elkaar. Het sterrenlicht wordt daardoor telkens een heel klein beetje afgebogen. Daarom fonkelt een ster, en trilt een beeld in een telescoop.

Die deken doet nog meer. Wolken houden het licht tegen. Straatlampen kleuren de hemel boven steden oranjegrijs. En sommige soorten licht komen er helemaal niet door. Je kan je telescoop op een hoge berg zetten, zoals in Chili of op La Palma. Maar de allerbeste plek ligt boven de lucht.

In april 1990 bracht een spaceshuttle de ruimtetelescoop Hubble naar een baan op ruim 500 kilometer hoogte. Hubble is zo groot als een bus en draait in ongeveer 95 minuten rond de Aarde.

Lien haalt haar map met missiebadges uit haar rugzak: elke ruimtemissie heeft er een. 'Die van Hubble is mijn lievelingsbadge,' zegt ze. 'Een spiegel van 2,4 meter, een spiegeltelescoop zoals die van Emre. Alleen hangt hij boven het gefonkel.'

Achter de badge zitten vijf kleine stickers, voor elk bezoek één. 'Astronauten hebben Hubble vijf keer bezocht om hem te herstellen en te verbeteren,' zegt Lien. 'En hij deed al ruim anderhalf miljoen waarnemingen.'

Kiko laat Farah een zandkorrel van de speelplaats rapen en op armlengte voor zich uit houden. 'Ongeveer zo klein is het stukje hemel waar Hubble in 1995 tien dagen lang naar keek,' zegt hij. 'Een stukje waar niets leek te staan. Hoeveel sterrenstelsels zitten daarin, denken jullie?' 'Nul,' zegt Jules. 'Tien,' gokt Emre. 'Duizend,' zegt Lien. 'Bijna drieduizend,' zegt Kiko. 'Elk met miljarden sterren.'

'Wacht,' zegt Farah. 'Dan is het licht van die sterrenstelsels heel lang onderweg.' 'Miljarden jaren,' zegt Kiko. 'En onderweg verandert het. Het wordt uitgerekt, tot het een soort licht is dat jullie ogen niet zien. Zelfs Hubble ziet het nauwelijks.' Loot: de letter Y. Lien fronst. 'Licht dat je niet kan zien? Bestaat dat?'



Wist je dat... Hubble ongelooflijk stil kan mikken?

Hubble raast met ongeveer 27 000 kilometer per uur rond de Aarde. Toch kan hij zo nauwkeurig op één punt blijven gericht als een laserstraal die een muntje raakt op ongeveer 320 kilometer afstand. Dat moet ook, want sommige foto's worden urenlang belicht.

Lien schrijft op: 'Hubble ziet zo scherp omdat hij in de ruimte veel dichterbij de sterren staat.' Waar of onwaar?



waar



onwaar

Level 5: licht dat je niet ziet



Woensdagmiddag, bij Lien thuis. Kiko richt de afstandsbediening van de tv op Lien en drukt op een knop. 'Zie je iets?' 'Niets.' Dan houdt hij Emres gsm-camera voor het lampje en drukt opnieuw. Op het scherm flitst het lampje paarsachtig wit. Jules laat zijn chips vallen.

Dat flitsende licht heet infrarood. Je ogen zien het niet, maar camera's wel, en je huid voelt het soms als warmte. Alles wat warm is, straalt infrarood uit: een radiator, een kat, jij. In 1800 ontdekte de

sterrenkundige William Herschel het met een prisma en een thermometer. Voorbij het rode licht, waar hij niets zag, werd zijn thermometer warmer.

Waarom wil een telescoop dat onzichtbare licht? Eén: infrarood gaat door stofwolken waar gewoon licht in blijft steken. Zo zie je sterren die net geboren worden. Twee: het licht van de verste sterrenstelsels is miljarden jaren onderweg. Het heelal dijt intussen uit, en dat rekt de lichtgolven uit tot ze infrarood geworden zijn.

Daarom bouwden NASA, ESA en het Canadese ruimteagentschap de James Webb-ruimtetelescoop. Een Europese Ariane 5-raket bracht hem op 25 december 2021 vanuit Kourou de ruimte in. Zijn spiegel van 6,5 meter bestaat uit 18 zeshoekige stukken met een flinterdun laagje goud, want goud kaatst infrarood heel goed terug. Hij paste niet in de raket, dus vertrok hij opgevouwen, als origami.

Een infraroodtelescoop moet ijskoud zijn. Anders straalt hij zelf warmte uit en ziet hij vooral zichzelf. Daarom hangt Webb op ongeveer 1,5 miljoen kilometer van ons, aan de kant van de Aarde die van de Zon wegstrekt. Een zonnescherm van vijf lagen, zo groot als een tennisveld, houdt het licht en de warmte van Zon, Aarde en Maan tegen.

Aan de zonkant is het heet genoeg om een ei te bakken, aan de schaduwkant kouder dan min 223 graden.

Ook België zit in Webb. Het instrument MIRI, dat naar het verste infrarood kijkt, kreeg onderdelen van onder meer de KU Leuven, het Centre Spatial de Liège en een bedrijf uit Oudenaarde. MIRI moet nog kouder zijn: ongeveer min 266 graden. Loot: de letter M.

De James Webb-telescoop in getallen

6,5 m

breedte van de spiegel, uit
18 zeshoekige stukken

ruim 5 keer

zoveel licht als de spiegel
van Hubble vangt

**ongeveer 21 x 14
m**

zonnescherm van vijf lagen,
zo groot als een tennisveld

**ongeveer 1,5
miljoen km**

afstand tot de Aarde,
ongeveer vier keer verder
dan de Maan

**kouder dan -223
°C**

temperatuur van de spiegel
en de instrumenten

**25 december
2021**

lancering met een Ariane 5
vanuit Kourou

Betrap het onzichtbare licht

PROEFJE

20 minuten

Dit heb je nodig

- een afstandsbediening van een tv of ander toestel, met een lampje vooraan
- een gsm of tablet met camera (vraag toestemming)
- een kamer die je donker kan maken
- dingen om te testen: je hand, een blad papier, een glas water, een zonnebril, een zwarte plastic zak, aluminiumfolie
- een helper
- je logboek



Veiligheid

Haal de afstandsbediening niet uit elkaar en laat de batterijen erin zitten.
Richt de camera nooit naar de Zon.

- 1 Kijk met je eigen ogen naar het lampje vooraan op de afstandsbediening en laat je helper op een knop drukken. Zie je iets? Noteer.
- 2 Zet de camera aan. Richt de afstandsbediening op de lens en druk opnieuw. Kijk op het scherm.
- 3 Probeer de camera aan de voorkant én die aan de achterkant. Sommige camera's hebben een filter dat infrarood tegenhoudt. Welke werkt bij jou het best?
- 4 Maak de kamer donker en probeer het nog eens. Ziet het flitsen er anders uit?
- 5 Houd telkens één testvoorwerp tussen de afstandsbediening en de camera. Gaat het infrarood erdoor? Maak een tabel met twee kolommen: 'gaat erdoor' en 'houdt tegen'.
- 6 Werkt de afstandsbediening nog als je via een spiegel naar de tv mikt? Probeer het.

Infrarood ging misschien door dingen waar je met je ogen niet door kan kijken. Hoe helpt dat de James Webb-telescoop om sterren te zien die verstopt zitten in stofwolken?



Wist je dat... er op de hele spiegel van Webb maar ongeveer 48 gram goud zit?

Dat is ongeveer zoveel als een golfbal weegt. Het laagje goud is honderden keren dunner dan een haar. Meer is niet nodig: alleen het bovensvlak van een spiegel kaatst het licht terug.

9

MEERKEUZE



Waarom moet de James Webb-telescoop zo ijskoud blijven?

- ☐ A Omdat goud smelt boven nul graden.
- ☐ B Omdat een warme telescoop zelf infrarood uitstraalt en zo het zwakke licht van verre sterrenstelsels overstraalt.
- ☐ C Omdat de raket anders zou ontploffen.
- ☐ D Omdat je sterren alleen kan zien als het vriest.

10

INVULLEN



Farah noteert: 'Webb hangt op ongeveer _____ kilometer van de Aarde, ongeveer vier keer verder dan de Maan.' Welk getal ontbreekt?

11

OPEN VRAAG



Lien vraagt: 'Waarom zie je de allerverste sterrenstelsels beter met infrarood dan met gewoon licht?' Leg het uit alsof je het aan een broertje van acht vertelt.

Groepschat Kijkpas-crew, woensdag, 18.12 uur

Farah

Slecht nieuws. Kijk naar buiten.

F

J

Jules

Regen?? Echt nu? En morgen ook volgens het weerbericht.

Emre

(stuurt een foto van de witte buis onder een vuilniszak) Hij staat droog. Wij niet.

E

L

Lien

Webb heeft nooit last van wolken. Oneerlijk.

J

Jules

GRRRRRR!!!

Farah

Jules. Gebruik woorden.

F

J

Jules

Ik ben boos. Dat zijn woorden.

Kiko

(via Liens tablet) Er bestaan telescopen die dwars door wolken kijken. Ook overdag. Morgen, speeltijd. Kijk eens naar de schotel op de flat naast de school.



Level 6: luisteren door de wolken

Donderdag regent het nog altijd. Aan de flat naast de speelplaats hangt een schotelantenne. 'Dat is een telescoop,' zegt Kiko. Jules lacht. 'Dat is tv.' 'Allebei,' zegt Kiko. 'Kijk naar de vorm. Hol, net als Emres spiegel. Alleen vangt die schotel geen licht, maar radiogolven.'



Radiogolven zijn familie van licht, maar hun golven zijn veel langer: van millimeters tot meters. Je ogen zien ze niet. Ze hebben wel een groot voordeel. Veel radiogolven gaan dwars door wolken, en het blauwe daglicht stoort ze niet. Een radiotelescoop werkt dus ook bij regen en midden op de dag.

Emre zit onder het afdak van de fietsenstalling met een oud radiootje en een kom van aluminiumfolie. Hij zet de radio tussen twee zenders in en houdt de folie erachter, als een mini-schotel. Gesis. 'Waar komt dat vandaan?' vraagt hij. 'Dat vroeg een ingenieur zich in 1932 ook af,' zegt Kiko. 'Karl Jansky, in Amerika. Hij zocht waar een vervelend gesis in radio-ontvangers vandaan kwam, en het bleek uit het midden van onze Melkweg te komen. Zo begon de radiosterrenkunde.'

'En een echte schotel?' vraagt Emre. 'Een radiotelescoop is een holle schotel die zwakke golven naar één brandpunt kaatst,' zegt Kiko. 'Daar zet een ontvanger ze om in getallen, en een computer maakt er een beeld van. Omdat radiogolven zo lang zijn, heb je wel een reuzenschotel nodig om scherp te zien.'

'Hoe reuze?' 'De grootste enkele schotel ter wereld ligt in China, in een natuurlijke kom tussen de bergen: 500 meter breed. Je kan ook veel schotels laten samenwerken. In de Andes in Chili staan er 66 op 5 000 meter hoogte, samen één reuzentelescoop.'

'Met schotels verspreid over de hele Aarde,' voegt Kiko toe, 'maakten sterrenkundigen in 2019 zelfs de eerste foto van de schaduw van een zwart gat.' Emre fluit. 'En in België?' 'België luistert mee. In Humain, in de Ardennen, volgt de Koninklijke Sterrenwacht de Zon sinds 1953 met radioantennes. Een uitbarsting op de Zon verradt zich in de radiogolven.'

Loot: de letter E. Emre kijkt naar de regen. 'Kijken, luisteren... Kunnen we er niet gewoon naartoe?' 'Dat,' zegt Kiko, 'is level 7.'

12 WAAR OF ONWAAR



Jules zegt: 'Radiotelescopen zijn net als gewone telescopen. Bij regen of overdag zie je er niets mee.' Waar of onwaar?



waar



onwaar

Level 7: als kijken niet genoeg is

Donderdag, middagpauze, in de bib. 'Sommige plekken ziet geen enkele telescoop goed,' zegt Kiko. 'Pluto, bijvoorbeeld. Zelfs voor Hubble was dat een vlekje van een paar pixels. Dus stuurden mensen er een robot naartoe.' Zo'n onbemand ruimtetuig dat naar planeten, manen of kometen reist om ze te onderzoeken, heet een ruimtesonde.

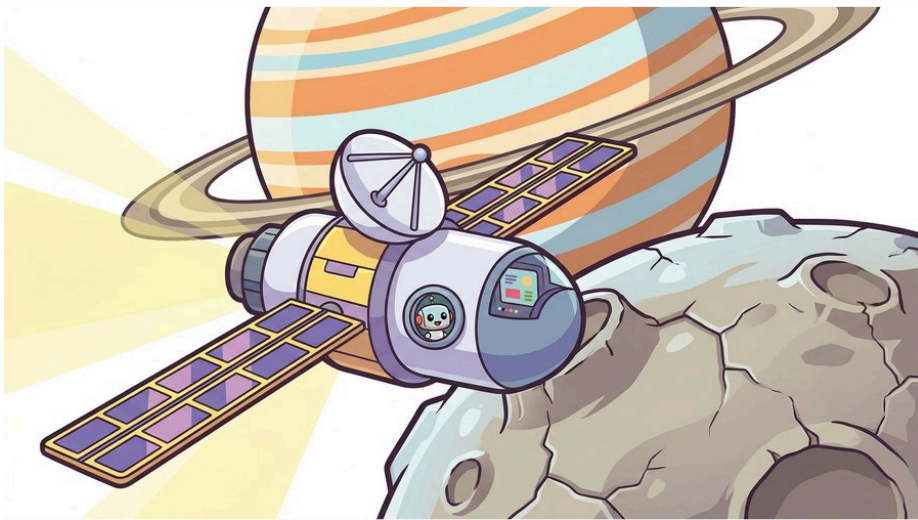
Er zijn drie soorten. Een scheervlucht-sonde vliegt voorbij en meet onderweg zoveel ze kan. Een orbiter remt af en gaat in een baan rond een planeet of maan, om die jarenlang te bestuderen. Een lander zet zich neer op de bodem. Remmen en landen kosten brandstof, dus elke soort is moeilijker dan de vorige.

De sonde New Horizons vertrok op 19 januari 2006. Ze verliet de Aarde met ongeveer 58 000 kilometer per uur, sneller dan enig ruimtetuig vóór haar. Toch duurde de reis naar Pluto ruim negen jaar. Op 14 juli 2015 scheerde ze er op 12 500 kilometer voorbij. De grote verrassing: een reusachtige ijsvlakte in de vorm van een hart.

Remmen deed New Horizons niet, dus had ze maar enkele uren om alles te fotograferen. Terugsturen ging traag: haar zender was trager dan een oud internetmodem. Het duurde ruim vijftien maanden voor alle Pluto-gegevens op Aarde waren.

Op 1 januari 2019 vloog ze nog langs Arrokoth, een ijsrots in de vorm van een sneeuwman: het verste ding dat ooit van dichtbij bezocht werd.

Lien bladert door haar map met missiebadges. De zeldzame badges ruilt ze alleen met haar neef. Ze tikt op een nieuwe, met een ijzige blauwe bol erop. 'Deze is van de Europese ruimtevaartorganisatie ESA. Juice. Die vertrok in 2023 naar Jupiter.' Kiko's snuit trilt. 'Naar Galileo's stipjes.'



Wist je dat... er een beetje as van de ontdekker van Pluto aan boord van New Horizons zit?

De Amerikaan Clyde Tombaugh vond Pluto in 1930. Hij stierf in 1997, en een klein deel van zijn as reist nu mee met New Horizons, voorbij Pluto, de verre ruimte in.

Jules vindt het dom: 'Negen jaar reizen en dan maar een paar uur kijken? Waarom remde New Horizons niet gewoon af bij Pluto?' Wat antwoord jij? Gebruik wat je weet over brandstof en snelheid.

Level 7, deel 2: de omweg van Juice

Juice is een sonde van ESA, de Europese ruimtevaartorganisatie. De naam is een Engelse afkorting voor 'verkenner van de ijzige manen van Jupiter'. Ze vertrok op 14 april 2023 met een Ariane 5 vanuit Kourou. Haar doel: drie van Galileo's vier stipjes. Onder hun ijskorst zitten misschien oceanen van vloeibaar water.

'Hoe lang duurt de reis?' vraagt Jules. 'Ruim acht jaar.' 'Acht? Neem gewoon de kortste weg!' Kiko tekent twee routes op het bord.

Route A: recht naar Jupiter. Dan had Juice veel meer snelheid nodig, en dus een veel grotere raket en veel meer brandstof dan ESA had. Route B: een omweg langs de Maan, de Aarde, Venus en nog twee keer de Aarde.

Jules kiest A. 'Speedrun.' Kiko schudt zijn kop. 'Dan kom je nooit van het lanceerplatform. Game over vóór het eerste level.'

Route B werkt met zwaartekrachtswiepen. De sonde scheert vlak langs een planeet. Die trekt haar mee en slingert haar weg, in een andere richting en vaak sneller, zonder brandstof. Zoals een schaatser die een vriend bij de hand grijpt en door de bocht gezwierd wordt.



Lien rolt de wandkaart van het zonnestelsel uit over de bank, prikt een speld in de Aarde en spant er een rood lint vanaf. 'Eerst scheert Juice langs de Maan en meteen daarna langs de Aarde, in 2024,' zegt ze. 'Dat had nog nooit een sonde gedaan.' Het lint gaat naar Venus. 'In 2025. Daarna terug naar de Aarde.' 'Weer de Aarde?!' roept Jules.

'Eind september 2026,' zegt Lien. 'Juice vloog toen op ongeveer 8 600 kilometer boven de Indische Oceaan langs ons en kreeg ruim 12 000 kilometer per uur extra.' Ze spant het lint nog één keer naar de Aarde: januari 2029. 'Alweer?!' 'Elke zwiep is een duwtje,' zegt Kiko. 'Die in 2029 is de laatste.'

Aan het einde van het lint prikt Lien een speld in Jupiter. 'In juli 2031 komt Juice aan. Ze vliegt er 35 keer langs de ijsmanen, en eind 2034 gaat ze in een baan rond een van hen: voor het eerst draait een sonde dan rond een andere maan dan de onze.'

Bij Jupiter is het zonlicht veel zwakker dan hier. Daarom heeft Juice zonnepanelen van 85 vierkante meter, groter dan een klaslokaal.

Toch leveren die panelen bij Jupiter maar ongeveer 850 watt, ongeveer wat een microgolfoven verbruikt. Loot: de letter D. Farah telt de letters op de kijkpas. 'Nog twee vakjes,' zegt ze. Lien kijkt naar de letters en dan naar haar badge van Juice. Ze zegt niets, maar ze glimlacht.

14 REKENEN



Kiko's lichtregel: sta je twee keer zo ver van een lamp, dan valt er $2 \times 2 = 4$ keer minder licht op je. Drie keer zo ver: $3 \times 3 = 9$ keer minder. Jupiter staat ongeveer 5 keer verder van de Zon dan de Aarde. Hoeveel keer zwakker is het zonlicht bij Jupiter? Wat betekent dat voor Juice?

Antwoord: _____

Zet de reis van Juice in de juiste volgorde.

Juice komt aan bij Jupiter.

Juice vertrekt met een Ariane 5 vanuit Kourou.

Juice scheert boven de Indische Oceaan langs de Aarde.

Juice zwiept langs Venus.

Juice gaat in een baan rond een ijsmaan.

Juice scheert kort na elkaar langs de Maan en de Aarde.

Juice maakt haar laatste zwiep langs de Aarde.

Jouw volgorde:

Level 8: twintig minuten vertraging



Donderdag na school, onder het afdak in Emres tuin, tussen twee buien. Emre heeft een nieuw plan. 'Een rover is toch gewoon een robotauto? Die bestuur je met een joystick.' Kiko schudt zijn kop. 'Niet op Mars.' Een rover is een robotwagentje dat op een andere hemelbol rondrijdt. En daar wacht een probleem dat elke gamer kent.

Signalen reizen met de snelheid van het licht: ongeveer 300 000 kilometer per seconde. Toch zijn ze naar Mars 3 tot 22 minuten onderweg, afhankelijk van waar de planeten staan. En het antwoord moet dezelfde weg terug. Stel je een game voor met twintig minuten vertraging: je ziet een afgrond pas als je rover er al lang in gereden is.

Daarom krijgt een rover zijn opdrachten voor een hele dag in één keer. Hij rijdt zelf, kijkt met camera's naar stenen en kuilen en stopt als iets niet klopt.

Ook de landing gaat vanzelf. Ze duurt ongeveer zeven minuten. Vaak is het signaal langer onderweg dan dat: bij de landing van Perseverance ongeveer elf minuten. Hoort de ploeg op Aarde dat de rover de dampkring van Mars binnenvliegt, dan staat hij al op de grond.

De eerste Marsrover, Sojourner, reed in 1997 rond en was zo groot als een microgolfoven. Opportunity moest 90 dagen meegaan, maar reed ruim veertien jaar rond en legde ongeveer 45 kilometer af, meer dan een marathon. Curiosity, zo groot als een kleine auto, rijdt sinds 2012 rond en klimt al jaren een berg op.

Sinds februari 2021 rijdt Perseverance door de krater Jezero, waar vroeger een meer lag. Hij boort stenen aan en bewaart stukjes in buisjes, voor als iemand ze ooit komt ophalen. Hij nam ook een helikoptertje van 1,8 kilo mee: Ingenuity. Op 19 april 2021 maakte dat de allereerste vlucht met een motor op een andere planeet. Het werden er 72.

ESA bouwt zelf een rover, Rosalind Franklin, met een boor die tot 2 meter diep kan gaan. Daar, onder het stof, zijn sporen van vroeger leven misschien beter bewaard. 'Genoeg uitleg,' zegt Kiko, en hij gooit Jules een sjaal toe. 'Blinddoek om. Jij bent de rover.' Loot: de letter E.

Bestuur een rover met Mars-vertraging

SPEL

45 minuten

Dit heb je nodig

- een blinddoek of sjaal per team
- flessen, kegels of schoenen als 'stenen'
- een gum of balletje als 'staal' dat de rover moet oprapen
- krijt of plakband voor een start- en eindvak
- een stopwatch
- een grote, lege ruimte zoals de turnzaal of de speelplaats



Veiligheid

Speel op een vlakke, lege plek, ver van trappen, muren en ramen. De rover stapt traag en mag de blinddoek altijd afdoen als hij zich niet veilig voelt.

1

Vorm teams van drie: de rover (geblinddoekt), de vluchtleider en de boodschapper. Leg een parcours met 'stenen' en leg ergens het 'staal'.

2

Ronde 1, zonder vertraging: de vluchtleider staat aan de rand en geeft commando's zoals 'twee stappen vooruit', 'kwartslag links', 'stop' en 'raap op'. Meet hoe lang de rover nodig heeft tot het staal.

3

Ronde 2, met Mars-vertraging: de vluchtleider geeft dezelfde soort commando's, maar de rover hoort ze niet meteen. De boodschapper telt 10 en roept dan het commando van de vluchtleider naar de rover. De rover luistert en wacht nog eens 10 tellen vóór hij beweegt. Zo duurt het 20 tellen voor een commando wordt uitgevoerd, en de rover doet alleen wat hij hoort.

Bestuur een rover met Mars-vertraging (vervolg)

SPEL

4

Raakt de rover een steen? Dan staat hij 30 seconden stil voor 'herstelling'.

5

Ronde 3, als een echte Marsrover: de vluchtleider kijkt één keer naar het parcours en schrijft een dagplan van vijf commando's. De boodschapper geeft het in één keer door. De rover voert het uit en mag zelf stoppen als hij met zijn voet een steen voelt.

6

Wissel van rol, zodat iedereen één keer rover is, en vergelijk de tijden van de drie rondes. Weinig tijd? Speel bij de volgende rollen dan enkel ronde 2 en 3.

In welke ronde ging het het snelst, en in welke het veiligst? Waarom laten ingenieurs echte rovers zelf beslissen over kleine dingen, zoals rond een steen rijden?

16

REKENEN

...

Perseverance rijdt op zijn snelst ongeveer 4 centimeter per seconde. Een signaal van Mars doet er vandaag 20 minuten over om de Aarde te bereiken. Op een nieuw beeld zie je een kuil vlak voor de rover, en je stuurt meteen 'stop!'. Als de rover op topsnelheid doorrijdt, hoeveel meter legt hij dan af tussen het moment van de foto en het moment dat je bevel aankomt?

Antwoord: _____

17

INVULLEN

...

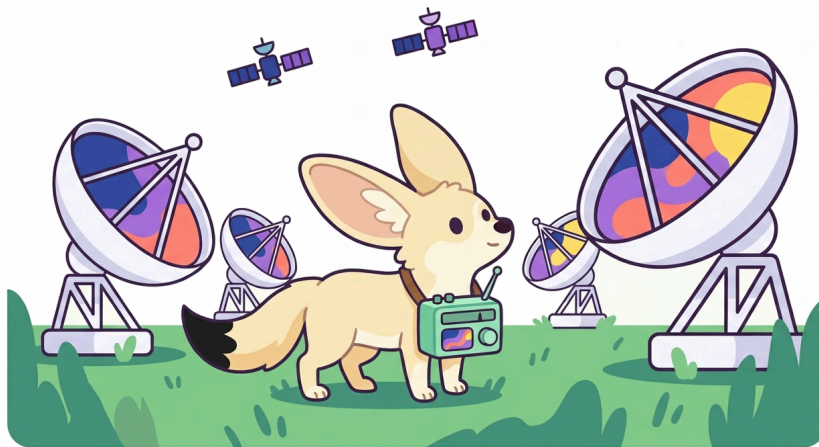
Lien schrijft op de achterkant van haar badge: 'Opportunity moest 90 dagen werken, maar reed ruim _____ jaar rond op Mars.' Welk getal ontbreekt?



Wist je dat... het helikoptertje Ingenuity een stukje van het allereerste vliegtuig meedroeg?

Onder zijn zonnepaneel zat een lapje stof zo groot als een postzegel. Het kwam van de vleugel van het vliegtuig waarmee de Amerikaanse gebroeders Wright in 1903 als eersten met een motor vlogen. Zo vloog het eerste vliegtuig nog één keer, op een andere planeet.

Level 9: de wachters boven je hoofd



Vrijdagochtend, in een hoekje van de speelplaats. 'Waar staan we nu?' vraagt Kiko. Jules wijst naar de grond. 'Hier.' 'En hoe weet de kaart op de klastablet dat, zonder internet?' Stilte. Rond de Aarde draaien meer dan tienduizend werkende satellieten: toestellen die mensen in een baan rond de Aarde brachten. De meeste kijken niet naar de sterren, maar naar ons.

'Satellieten hebben vier grote jobs,' zegt Kiko, en hij telt ze af op zijn pootjes: het weer volgen, de weg wijzen, berichten en tv doorgeven, en de Aarde fotograferen.

Hoe hoger een satelliet draait, hoe trager hij rondgaat. Op ongeveer 36 000 kilometer boven de evenaar doet hij er precies één dag over. Omdat de Aarde in dezelfde tijd één keer draait, lijkt hij stil te hangen boven één plek.

Zo'n geostationaire baan is ideaal voor weersatellieten zoals Meteosat, die om de paar minuten een nieuw beeld van Europa en Afrika maakt. Ook tv-satellieten hangen daar. Emre kijkt naar de schotel op de flat. 'Daarom wijzen schotelantennes altijd naar hetzelfde punt aan de hemel,' zegt Kiko. 'Ze hoeven nooit te draaien.'

En de kaart op de tablet? Die gebruikt GPS. Ongeveer dertig Amerikaanse GPS-satellieten draaien op zo'n 20 000 kilometer hoogte. Er is ook een Europees systeem, met een naam die je kent: Galileo. 'Net als de man met de vier stipjes!' zegt Farah.

'Elke satelliet heeft een superprecieze atoomklok aan boord en zendt voortdurend uit hoe laat het is en waar hij staat,' gaat Kiko verder. 'Je gsm of tablet luistert alleen. Hij stuurt zelf niets naar de satellieten.'

De laatste job is de Aarde fotograferen. Het Europese programma Copernicus heeft daarvoor satellieten die Sentinels heten. 'Sentinel?' gokt Jules. 'Een soort ridder?' 'Engels voor wachter,' zegt Kiko. 'Ze tonen waar een bos brandt, waar een rivier buiten haar oevers treedt, hoeveel ijs er smelt en of een akker droog staat. Op hun beste foto's zie je een voetbalveld als een klein rechthoekje, maar je fiets niet.'

Loot: de letter S. Alle negen vakjes zijn vol. Farah leest ze hardop: 'G, A, N, Y, M, E, D, E, S.'

'Ganymedes!' roept Lien. 'Ik wist het. De grootste maan van Jupiter. Groter dan de planeet Mercurius. En de maan waar Juice eind 2034 rond gaat draaien.' Kiko knikt. 'Vanavond zoeken we hem. Maar eerst nog een bonuslevel, voor wie in België woont.'

Satellieten op hun verdieping

Verdieping	Hoogte boven de Aarde	Eén rondje duurt	Wie draait daar?
laag	ongeveer 400 tot 2 000 km	ongeveer 1,5 tot 2 uur	het ISS, Hubble, de Sentinels, PROBA-2 en duizenden internetsatellieten
midden	ongeveer 20 000 tot 23 000 km	ongeveer 12 tot 14 uur	de Amerikaanse GPS-satellieten en het Europese Galileo
hoog: geostationair	ongeveer 36 000 km, boven de evenaar	precies één dag, dus hij lijkt stil te hangen	weersatellieten zoals Meteosat, tv- en communicatiesatellieten
heel ver weg	ongeveer 1,5 miljoen km	één jaar rond de Zon, samen met de Aarde	de James Webb-telescoop en de Europese Euclid

Zo weet je gsm waar je bent

- 1 Elke GPS- en Galileo-satelliet zendt voortdurend een radiosignaal uit: 'Ik ben satelliet nummer zoveel, ik sta hier, en het is nu precies zo laat.'
- 2 Je gsm vangt dat signaal op en vergelijkt het tijdstip in het bericht met zijn eigen klok. Zo weet hij hoe lang het signaal onderweg was. Van 20 000 kilometer ver is dat ongeveer zeven honderdsten van een seconde.
- 3 Tijd maal snelheid geeft de afstand. Je gsm weet nu: ik sta zoveel kilometer van satelliet 1. Dan kan hij nog overal staan op een gigantische bol rond die satelliet.
- 4 Met een tweede en een derde satelliet erbij snijden die bollen elkaar in maar twee punten. Eén ervan ligt ver in de ruimte en valt af.
- 5 De klok in je gsm is lang niet zo goed als een atoomklok. Daarom gebruikt hij een vierde satelliet om zijn eigen klok bij te stellen.
- 6 Resultaat: je plaats tot op enkele meters nauwkeurig, elke seconde opnieuw, zonder dat je gsm zelf iets terugzendt.

18 REKENEN

Radiosignalen leggen ongeveer 300 000 kilometer per seconde af. Stel dat de klok van een satelliet één duizendste van een seconde verkeerd loopt. Hoeveel kilometer zit je gsm er dan naast?

Antwoord: _____

19 WAAR OF ONWAAR

Emre zegt: 'Als ik mijn plaats bekijk op de kaart, stuurt mijn gsm een bericht naar de GPS-satelliet, en die stuurt mijn plaats terug.' Waar of onwaar?

**waar****onwaar****20 VERBINDEN**

Kiko gooit de satellieten door elkaar. Verbind elke satelliet met haar job.

1 Meteosat**A** toont waar een bos brandt en waar het water te hoog staat**2** GPS en Galileo**B** maakt om de paar minuten een beeld van de wolken boven Europa**3** een tv-satelliet**C** kijkt in infrarood naar de verste sterrenstelsels**4** een Sentinel van Copernicus**D** zendt de tijd en zijn plaats uit, zodat je gsm weet waar je bent**5** de James Webb-telescoop**E** E. stuurt programma's naar schotelantennes op duizenden daken

Mijn antwoord: _____

Speurtocht naar schotels

ONDERZOEK

30 minuten, met een volwassene

Dit heb je nodig

- een kompas (of een kompas op een gsm)
- je logboek en een potlood
- een volwassene die meegaat
- eventueel een kaartje van je straat of wijk



Veiligheid

Let op het verkeer en blijf op het voetpad. Kijk niet in de richting van de Zon als je naar een schotel omhoogkijkt.

1

Wandel met een volwassene een kwartier door je straat of wijk. Blijf op het voetpad en ga nooit op iemands terrein.

2

Zoek schotelantennes op daken, gevels en balkons. Tel ze.

3

Ga bij elke schotel zo staan dat je dezelfde kant op kijkt als de schotel. Lees op je kompas af welke windrichting dat ongeveer is. Noteer ze.

4

Teken een kaartje van je straat met bij elke schotel een pijltje in de richting waarin ze wijst.

5

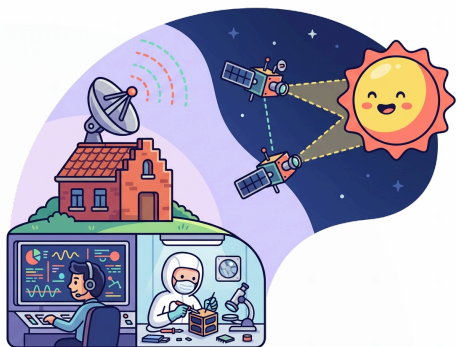
Wijzen de schotels ongeveer dezelfde kant op? Is er één die afwijkt? Kijk ook hoe schuin ze omhoog wijzen.

6

Vergelijk in de klas: wijzen de schotels in de wijken van je klasgenoten dezelfde kant op als bij jou?

De meeste schotels in België wijzen ongeveer naar het zuiden, een beetje naar het oosten, en schuin omhoog. Leg uit waarom ze nooit naar het noorden wijzen en nooit hoeven te draaien. Tip: denk aan de geostationaire baan boven de evenaar.

Bonuslevel: de thuisploeg



Vrijdag, middagpauze. Farah legt een briefje van opa Driss op de bank. 'Hij wil in de zomer met ons op uitstap. Eén plek in België, iets met ruimte erin. Wij mogen kiezen.' 'In België?' zegt Jules. 'Hier gebeurt toch niks?' Kiko spreidt een kaart van België uit over de bank. 'Jullie denken dat ruimtevaart alleen in Amerika gebeurt. Kijk eens hier.' Hij zet zijn poot op de Ardennen.

In Redu, in de provincie Luxemburg, staat een grondstation van ESA, met tientallen schotels tussen de weilanden. Daar worden ook Galileo-satellieten getest. Emre buigt zich al over de kaart. 'Echte schotels,' mompelt hij.

Vanuit Redu worden de PROBA-satellieten bestuurd: kleine, slimme satellieten, grotendeels gebouwd door een bedrijf in Kruibeke. PROBA-1 vertrok in 2001 en moest twee jaar meegaan. In 2021 vierde hij zijn twintigste verjaardag in de ruimte.

PROBA-2, niet veel groter dan een wasmachine, kijkt sinds 2009 naar de Zon. Twee van zijn zonne-instrumenten, SWAP en LYRA, worden gevolgd vanuit de Koninklijke Sterrenwacht in Ukkel.

PROBA-V volgde vanaf 2013 om de twee dagen hoe de planten op de hele Aarde groeien. En PROBA-3, gelanceerd in december 2024, bestaat uit twee satellieten die op ongeveer 150 meter van elkaar vliegen, tot op enkele millimeters precies. De ene houdt een ronde schijf van 1,4 meter voor de Zon.

In die schaduw fotografeert de andere satelliet de corona: de hete buitenste laag van de Zon, die je anders alleen bij een volledige zonsverduistering ziet. Een zonsverduistering op bestelling dus. Die foto's worden in Ukkel verwerkt.

De Sterrenwacht in Ukkel vierde in 2026 haar 200ste verjaardag. Ze telt al heel lang de zonnevlekken voor de hele wereld en meet ook aardbevingen.

Het ESA-station Redu en het Euro Space Center liggen vlak bij elkaar, bij de dorpen Redu en Transinne. In het Space Center kan je op ruimtekamp gaan en trainen in toestellen zoals astronauten. 'Ruimtekamp?' Jules veert op. 'Toestellen? Ik ben om.'

Wil je zelf door een echte telescoop kijken? Ga dan naar een volkssterrenwacht: een sterrenwacht voor iedereen, waar vrijwilligers je laten kijken en uitleg geven. De eerste van Vlaanderen is MIRA in Grimbergen. Urania in Hove heeft een planetarium en sinds 2026 een zonne-observatorium, waar je onder begeleiding veilig de Zon bekijkt door een telescoop met een speciale filter. En in het Planetarium van Brussel, op de Heizel, lig je onder een koepel vol kunstmatige sterren. Lien tikt met haar vinger op Hove. 'Ik weet al waar ik voor stem,' mompelt ze.

Jules telt de plekken op zijn vingers en komt aan zes. 'Eén plek,' herinnert Farah hem. 'Wij moeten het eens worden, want opa Driss wil vanavond ons antwoord. Dus kijk straks goed naar de tabel.' Kiko rolt de kaart op. 'En stem daarna in de groepschat.'



Wist je dat... de Koninklijke Sterrenwacht ouder is dan België?

Ze werd op 8 juni 1826 opgericht door koning Willem I, toen onze streken nog bij het Verenigd Koninkrijk der Nederlanden hoorden. België werd pas in 1830 een eigen land. De eerste directeur, Adolphe Quetelet, had het plan voor de sterrenwacht zelf voorgesteld.

Ruimte-uitstappen in eigen land

Plek	Waar?	Wat is het?	Wat kan je er doen?
Euro Space Center	Transinne (provincie Luxemburg)	ruimtevaartcentrum, open sinds 1991	op ruimtekamp gaan, trainen in toestellen zoals astronauten, een Marsdorp verkennen
ESA Redu	Redu (provincie Luxemburg), vlak bij het Euro Space Center	grondstation van ESA sinds 1968, met tientallen schotels	geen museum, maar je ziet de schotels die de PROBA's besturen van buitenaf
Koninklijke Sterrenwacht van België	Ukkel (Brussel)	onderzoeksinstituut, opgericht in 1826	op opendeurdagen en rondleidingen ontdekken hoe ze de Zon, het ruimteweer en aardbevingen volgen
Planetarium	Heizel (Brussel)	koepel van ongeveer 23 m breed, sinds 1976, hoort bij de Sterrenwacht	een voorstelling volgen onder een kunstmatige sterrenhemel
Volkssterrenwacht MIRA	Grimbergen (Vlaams-Brabant)	eerste volkssterrenwacht van Vlaanderen, sinds 1967	op kijkavonden door telescopen kijken, het planetarium bezoeken, een cursus volgen
Volkssterrenwacht Urania	Hove (bij Antwerpen)	volkssterrenwacht met planetarium en zonne-observatorium	onder begeleiding veilig de Zon bekijken, op sterrenkamp gaan, een cursus volgen

Groepschat Kijkpas-crew, vrijdag, 12.40 uur

Farah

Stemronde. Opa Driss wil vanavond ons antwoord over de uitstap in de zomer. Eén plek.

F

J

Jules

Euro Space Center. Ruimtekamp. Toestellen. Klaar.

Emre

Redu. Ik wil de schotels zien die de PROBA's besturen.

E

L

Lien

Urania. Zonnevlekken bekijken door die speciale telescoop. En ze hebben een planetarium.

J

Jules

Raketten! Raketten! Raketten!

Farah

Jules, 'raketten' is geen argument.

F

Emre

Het station en het Space Center liggen vlak bij elkaar. Twee in één.

E

J

Jules

Twee voor de prijs van één. Goedgekeurd.

Kiko

(via Liens tablet) Eerst de eindbaas. Vanavond, 20.30 uur, speelplaats. Warme kleren aan.



21 VERBINDEN



Kiko legt vijf kaartjes op de kaart van België. Verbind elke plaats met wat je er vindt.

1 Redu



2 Ukkel



3 Transinne



4 Grimbergen



5 Humain



A het Euro Space Center, met

- ruimtekampen en toestellen zoals voor astronauten

B de Koninklijke Sterrenwacht, die

- zonnevlekken telt en de foto's van PROBA-3 verwerkt

C een grondstation van ESA dat de PROBA-satellieten bestuurt



D radioantennes die luisteren naar uitbarstingen van de Zon



E E. MIRA, de eerste

- volkssterrenwacht van Vlaanderen

Mijn antwoord: _____

22 MEERKEUZE



Hoe maakt PROBA-3 een zonsverduistering op bestelling?

- A** Een van de satellieten schuift voor de Maan.
- B** Eén satelliet houdt een ronde schijf voor de Zon, zodat de andere, op ongeveer 150 meter, in de schaduw de corona kan fotograferen.
- C** De satellieten dimmen het licht van de Zon met een spiegel.
- D** Ze wachten tot de Aarde tussen hen en de Zon schuift.

Vrijdag, 20.30 uur: de eindbaas

De speelplaats is donker. Meester Koen heeft de lampen van de fietsenstalling uitgedaan. Het hele zesde staat in een rij, in jassen en mutsen. Opa Driss heeft drie verrekijkers op statieven gezet, en in het midden staat de witte buis uit het containerpark, met het dikke oculair erin. Kiko zit muisstil in Liens rugzak. Alleen zijn snuit steekt eruit.



Eerst de Maan, half verlicht, met kraters langs de schaduwrand. Iedereen zegt 'wauw', ook wie de hele week deed alsof sterrenkunde saai was. Dan draait Emre de buis naar Jupiter. Farah kijkt als eerste. Een klein, bleek schijfje met twee vage strepen. En ernaast, op een rij: één, twee, drie, vier stipjes.

'Welk is Ganymedes?' vraagt Jules. Opa Driss heeft een kaartje meegebracht dat toont waar de manen vanavond staan. Lien vergelijkt en wijst. 'Die daar. De tweede rechts.' Ze tekent alles in haar logboek, precies zoals Galileo op 7 januari 1610. Alleen had Galileo geen neusbeer in zijn rugzak.

Kiko fluistert, net luid genoeg voor de crew: 'Ergens in de ruimte is Juice nu onderweg naar dat stipje. Eind 2034 draait ze rond Ganymedes.' Jules rekent op zijn vingers hoe oud hij dan is. Emre kijkt naar de witte buis. Zaterdag was ze bijna blikjes. Vanavond vangt ze licht dat ruim een halfuur geleden van Jupiter vertrok.

'Missie geslaagd,' zegt Farah, en ze klapt haar logboek dicht. 'Bijna,' fluistert Kiko. 'Er is nog één eindbaas. En die is voor jou.'



Nooit naar de Zon

Richt een verrekijker, telescoop, camera of loop nooit naar de Zon, ook niet even en ook niet als ze laag staat bij zonsondergang. Het gebundelde zonlicht verbrandt je netvlies in minder dan een seconde, en die schade gaat nooit meer weg. Je voelt het niet eens meteen. Wil je de Zon toch zien? Ga naar een volkssterrenwacht, waar vrijwilligers telescopen met veilige zonnefilters gebruiken.

Zo kijk je met een verrekijker

- 1 Kies een donkere plek, weg van straatlampen, en laat je ogen zo'n kwartier wennen, een halfuur is nog beter. Gebruik alleen een zaklamp met rood licht.
- 2 Op een verrekijker staat bijvoorbeeld '10 x 50': hij vergroot 10 keer en heeft lenzen van 50 millimeter. Zo'n verrekijker is ideaal voor de hemel.
- 3 Steun de verrekijker tegen een muur, een hek of een statief. Trillende handen geven een schokkend beeld.
- 4 Begin bij de Maan, liefst als ze half is. Langs de grens tussen licht en donker zie je kraters met lange schaduwen.
- 5 Zoek Jupiter: een heel heldere stip die rustiger schijnt dan de sterren eromheen. Houd de verrekijker stil. Zie je kleine stipjes op een rij? Dat zijn de manen van Galileo.
- 6 In de herfst en de winter: richt op het Zevengesternte. In plaats van zes of zeven sterren zie je er tientallen.
- 7 Op een heel donkere plek: zoek het Andromedastelsel, een vaag langwerpig vlekje. Het licht dat je ziet, vertrok ongeveer 2,5 miljoen jaar geleden.
- 8 Wat niet lukt: de ringen van Saturnus zie je met een gewone verrekijker nauwelijks, hoogstens als een ovaal stipje. Daarvoor heb je een telescoop nodig.



Het logboek van Galileo

BUITEN

4 heldere avonden van ongeveer 15 minuten, met een volwassene

Dit heb je nodig

- een verrekijker, liefst 10 x 50
- iets om hem stil te houden: een statief, een hek of een muur
- je logboek en een potlood
- een zaklamp met rood licht, of een gewone zaklamp met rood papier erover
- warme kleren
- een volwassene die meegaat



Veiligheid

Ga 's avonds nooit alleen naar buiten. Richt de verrekijker nooit naar de Zon, ook niet net voor ze ondergaat.

- 1 Zoek samen met een volwassene op wanneer Jupiter 's avonds te zien is en in welke richting. Dat staat in sterrenkundeboeken en op de websites van volkssterrenwachten en de Koninklijke Sterrenwacht.
- 2 Ga op een heldere avond naar buiten en laat je ogen wennen. Zoek Jupiter: een heel heldere stip die rustig schijnt.
- 3 Houd de verrekijker stil en zoek de stipjes naast Jupiter. Teken in je logboek een lijn met een rondje in het midden voor Jupiter, en zet de stipjes precies zo ernaast als je ze ziet. Schrijf de datum en het uur erbij.
- 4 Herhaal dit op minstens vier avonden, liefst kort na elkaar.
- 5 Vergelijk je tekeningen. Welk stipje schuift het snelst? Zie je soms maar drie stipjes, of maar twee? Waar kunnen de andere dan zijn?
- 6 Vraag een volwassene om een kaartje van de manen van Jupiter voor die avonden op te zoeken. Schrijf bij elk stipje of het Io, Europa, Ganymedes of Callisto was.

Het stipje dat het dichtst bij Jupiter staat, schuift het snelst heen en weer. Wat vertelt dat je over manen die dicht bij hun planeet draaien? En hoe voelde het om hetzelfde te doen als Galileo in 1610?

Woordenlijst

lens

Stuk glas dat in het midden dikker is dan aan de rand en lichtstralen naar één punt buigt.

brandpunt

Punt waar lichtstralen na een lens of holle spiegel samenkomen en een klein beeldje vormen.

vergroting

Hoeveel keer groter iets lijkt: brandpuntsafstand van de spiegel of lens gedeeld door die van het oculair.

infrarood

Licht dat je ogen niet zien, maar dat je soms als warmte voelt. Alles wat warm is, straalt het uit.

ruimtesonde

Onbemand ruimtetuig dat naar planeten, manen of kometen reist om ze te onderzoeken.

rover

Robotwagentje dat op een andere hemelbol rondrijdt en over kleine dingen zelf beslist.

geostationaire baan

Baan op ongeveer 36 000 km boven de evenaar, waarin een satelliet boven dezelfde plek lijkt te hangen.

holle spiegel

Spiegel die gebogen is zoals de binnenkant van een lepel en licht naar één punt terugkaatst.

oculair

Kleine lens vlak bij je oog die het beeldje in een telescoop vergroot, zoals een loep.

ruimtetelescoop

Telescoop in een baan boven de lucht, waar wolken, stadslicht en fonkelen het beeld niet storen.

radiotelescoop

Grote holle schotel die radiogolven uit de ruimte opvangt, ook overdag en door wolken heen.

zwaartekrachtzwiep

Een sonde scheert langs een planeet en wordt door haar zwaartekracht weggeslingerd, zonder brandstof te verbruiken.

satelliet

Toestel dat mensen in een baan rond de Aarde brachten, bijvoorbeeld voor het weer, GPS, tv of foto's.

volkssterrenwacht

Sterrenwacht voor iedereen, waar vrijwilligers je door telescopen laten kijken en uitleg geven.

23 OPEN VRAAG

Eindbaas-vraag. Op de speelplaats speelt Kiko voorzitter van de ruimteraad. ESA krijgt geld voor één nieuwe missie, en elk crewlid pleit voor een plan. Emre kiest Plan A: een nog grotere ruimtetelescoop. Lien kiest Plan B: een sonde die op een ijsmaan landt en onder het ijs naar water zoekt. Farah kiest Plan C: extra satellieten die de Aarde bewaken, voor het weer, bosbranden en overstromingen. Jules houdt de stopwatch bij: elk plan krijgt één minuut. Jij bent het vijfde lid van de crew en jij beslist. Wiens plan kies je, en wat zeg je tegen de anderen? Verdedig je keuze met minstens drie argumenten uit dit boekje, en noem ook één nadeel van je keuze.

E2 OEFEN VERDER · OPEN VRAAG

Kiko vraagt waarom sommige telescopen in de ruimte staan. Noem één voordeel.

E3 OEFEN VERDER · WAAR OF ONWAAR

Sami zegt dat in elke ruimtesonde een astronaut zit. Klopt dat?

**waar****onwaar**

Wat neem ik mee?

- ✓ Mijn oog is een lichtemmer van ongeveer 7 millimeter. Een telescoop vangt veel meer licht en trekt dingen die dicht bij elkaar staan uit elkaar.
- ✓ Een lens buigt licht naar een brandpunt, en het oculair vergroot dat beeldje zoals een loep. De eerste kijkers kwamen in 1608 uit de Nederlanden.
- ✓ Galileo zag in januari 1610 vier manen rond Jupiter. Dat bewees dat niet alles rond de Aarde draait.
- ✓ Grote telescopen hebben holle spiegels. Vergroting is de brandpuntsafstand van de spiegel gedeeld door die van het oculair, en minder zoom geeft vaak een mooier beeld.
- ✓ Hubble hangt sinds 1990 boven de lucht, dus zonder fonkelen en wolken. James Webb kijkt sinds 2021 in infrarood, hangt op 1,5 miljoen kilometer en moet ijskoud blijven.
- ✓ Radiotelescopen zijn holle schotels voor radiogolven. Ze werken ook overdag en als het bewolkt is.
- ✓ Sondes gaan er zelf naartoe. New Horizons scheerde in 2015 langs Pluto. Juice gebruikt zwaartekrachtzwiepen, komt in 2031 bij Jupiter en gaat rond Ganymedes draaien.
- ✓ Signalen naar Mars hebben tot 22 minuten vertraging. Daarom rijden rovers grotendeels zelf, en Ingenuity was het eerste helikoptertje op een andere planeet.
- ✓ Satellieten volgen het weer, wijzen de weg met GPS en Galileo, geven tv door en fotograferen de Aarde. Geostationaire satellieten lijken stil te hangen boven de evenaar.
- ✓ België doet volop mee: de PROBA's worden bestuurd vanuit Redu, de Sterrenwacht in Ukkel werd 200 jaar, en bij MIRA, Urania en in het Planetarium kan je zelf de hemel ontdekken. En nooit, nooit naar de Zon kijken.



Tip voor ouders en leerkrachten

Volkssterrenwachten zoals MIRA in Grimbergen en Urania in Hove organiseren kijkavonden en kindercursussen; ook het Planetarium in Brussel en het Euro Space Center in Transinne zijn fijne uitstappen. Een eenvoudige verrekijker (bijvoorbeeld 10 x 50) die steunt op een hek of statief toont al kraters op de Maan en de manen van Jupiter: zoek samen op wanneer Jupiter 's avonds zichtbaar is. Herhaal de gouden regel: nooit met een verrekijker, telescoop of loop naar de Zon. Gespreksvraag aan tafel: welke satellieten gebruiken we ongemerkt elke dag, en wat zou er gebeuren als ze een dag uitvielen?

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