

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

De rots- planeten



Vier werelden van steen, één spel vol bugs en vijf dagen om het te fixen

 **schoolium**

Brecht Corbeel · schoolium.me

Dit boekje is van _____

De rotsplaneten

Een testspeler van zeven laat haar poppetje in korte broek rondhuppelen op Venus, en Kiko de neusbeer zegt één woord: 'Bug.' Samen met Tess, Ayoub, Lotte en Vic heb je vijf dagen om vier planeten van steen écht te laten kloppen, voor zaterdag de deuren van de bib opengaan. Je maakt kraters in een bak bloem, bouwt een broeikas in een bokaal en bestuurt een rover die altijd te laat is.

- Je legt Kiko uit hoe een rotsplaneet is opgebouwd en vergelijkt de vier rotsplaneten op Lottes statskaart.
- Je vertelt Vic waarom Mercurius vol kraters ligt en waarom het er tegelijk gloeiend heet en ijskoud is.
- Je verklaart aan Ayoub met het broeikaseffect waarom Venus heter is dan Mercurius, en wat dat betekent voor de Aarde.
- Je beschrijft aan Juna hoe Mars eruitziet, van Olympus Mons tot de sporen van oud water.
- Je legt Tess uit wat Curiosity, Perseverance en Ingenuity op Mars doen en waarom ze voor een deel zelf moeten beslissen.
- En je vertelt Lotte hoe het zou voelen om op elk van de vier rotsplaneten te staan.

Maandag, 16.12 uur: Juna landt op Venus



Juna, het zusje van Vic, is zeven en ze is de allereerste testspeler. Ze zit op de oude zetel op de zolder van Ayoub, met de controller vlak voor haar neus. Op het scherm verschijnt het logo dat Vic tekende: ROTSRACE. Daaronder, in kleine letters: Echte planeten. Echt overleven.

'Kies je planeet,' zegt Tess. Zij heeft het spel drie weken lang geprogrammeerd. Juna kiest de gele bol: Venus. Haar poppetje ploft neer in een zonnig landschap met een blauwe lucht en een palmboom en huppelt rond in korte broek. 'Makkelijk,' zegt Juna. 'Ik win.'

Van de bovenste plank van de boekenkast klinkt een droge stem. 'Bug.' Daar zit Kiko, de neusbeer van de klas. Ayoub mag hem deze week mee naar huis nemen, samen met het klasdagboekje. Kiko's lange snuit wiebelt. 'Bug. Bug. Bug. En die palmboom is ook een bug.'

Lotte, die altijd een notitieboekje bij heeft, schrijft bovenaan een lege bladzijde: BUGRAPPORT. 'Zaterdag staat ons spel op de spelletjesmarkt van de bib,' zegt ze. 'Hoeveel bugs zijn het, Kiko?'

Bugrapport, bladzijde één



Kiko

Op Venus is het ongeveer 464 graden. Juna's poppetje is binnen een paar seconden gaar. Daarna geplet. En daarna aangevreten door zuur.

Juna
leuw.

J



Tess

Het is een spel. Het moet niet echt kloppen.



Kiko

Dan moet je dat zinnetje op de poster schrappen. 'Echte planeten. Echt overleven.' Wie heeft dat bedacht?

Vic

Ik. Het klonk gewoon heel cool.

V



Ayoub

En de andere levels? Mercurius, de Aarde, Mars?



Kiko

Vol bugs. Zwaartekracht fout, dagen fout, lucht fout. Op jullie Mars is de hemel blauw en ligt er een plas water.

Lotte

Vijf dagen tot zaterdag. Vier planeten. Eén planeet per dag, en dan nog één dag over.

L



Kiko

Voor de eindbaas.



Tip voor ouders en leerkrachten

Leg na de kratermaker een foto van Mercurius of de Maan naast de bak: kinderen herkennen dan zelf de randen en de witte stralen. NASA zet de ruwe beelden van Curiosity en Perseverance gratis online; kies samen een foto van deze week en zoek uit wat de rover onderzoekt. Ongeveer elke 26 maanden staat Mars de hele nacht aan de hemel, de volgende keer rond 19 februari 2027: een publieksavond bij een volkssterrenwacht (zoals MIRA in Grimbergen, Urania in Hove of Armand Pien in Gent) of een bezoek aan het Planetarium in Brussel sluit mooi aan. Gespreksvraag aan tafel: waarom is het broeikaseffect voor de Aarde tegelijk levensnoodzakelijk en een probleem?

De antwoorden staan in het apart antwoordenboekje van dit boekje.

Missie volbracht!

Wat neem ik mee?

- ✓ Mercurius, Venus, de Aarde en Mars zijn rotsplaneten: klein, van steen en metaal, met een kern, een mantel en een korst, zoals een gekookt ei.
- ✓ Mercurius is de kleinste en de snelste. Zonder lucht wordt het er overdag ongeveer 430 °C en 's nachts -180 °C, en blijven al zijn kraters bewaard.
- ✓ Eén dag op Mercurius, van zonsopgang tot zonsopgang, duurt 176 aardse dagen: twee van zijn jaren. De schemering schuift er op wandeltempo.
- ✓ Venus is de heetste planeet, ongeveer 464 °C, door het broeikaseffect: haar dikke deken van koolstofdioxide laat warmte binnen maar bijna niet meer buiten. Ze draait achterstevoren.
- ✓ De Aarde heeft een dunne deken die ons leefbaar warm houdt. Als die dikker wordt door het verbranden van steenkool, olie en gas, warmt de Aarde op.
- ✓ Mars is rood door roest, ijskoud en heeft heel dunne lucht. Er staat Olympus Mons, de grootste vulkaan van het zonnestelsel, en vroeger stroomde er water.
- ✓ Curiosity (2012) en Perseverance (2021) zoeken sporen van oud water en misschien oud leven. Perseverance bewaart rotsstalen in buisjes.
- ✓ Ingenuity was de eerste helikopter op een andere planeet: vijf vluchten waren gepland, het werden er 72.
- ✓ Een radiosignaal tussen Aarde en Mars doet er 3 tot 22 minuten over. Daarom moeten rovers en helikopters voor een deel zelf beslissen.
- ✓ Op Mercurius is de hemel zwart, op Venus dof oranje, op Aarde blauw en op Mars roze-bruin, met een blauwe zonsondergang.

MISSIE

Dossier Rotsrace

Jullie missie: zorg dat Rotsrace zaterdag om 14 uur vier levels heeft die écht kloppen. Elke planeet krijgt een statskaart met de juiste zwaartekracht, temperatuur, lucht, daglengte en landschap. Elke vraag die je oplost, is een bugfix in Lottes bugrapport. Elke opdracht is een level-up. En op het einde wacht een eindbaas die niemand zag aankomen.

De lobby: vier werelden van steen



Diezelfde avond ligt Ayoub's stenencollectie op de vloer: vijf eierdozen vol keien, kristallen en een stuk lava van de Etna. 'Elke steen die ik ooit opdraapte, komt uit de korst van de Aarde,' zegt hij. 'Het dunne buitenste laagje.'

Mercurius, Venus, de Aarde en Mars heten de rotsplaneten. Ze zijn klein, vast en opgebouwd in lagen. Kiko pelt een hardgekookt ei. 'De dooier is de kern, van ijzer en nikkel. Het wit is de mantel, van heet gesteente. De schaal is de korst.'

De korst van de Aarde is in verhouding nog dunner dan die eierschaal. Bij Mercurius is de kern reusachtig, ongeveer 85 procent van de straal van de planeet. 'Als Mercurius een ei was,' zegt Kiko, 'was het bijna helemaal dooier.'

Op een rotsplaneet kan je staan, anders dan op de reuzen verderop, die geen vaste grond hebben. Samen hebben de vier maar drie manen: de Aarde één en Mars twee kleintjes. Lotte zet de vier op één statskaart. Kijk naar de dagen: valt het je op dat een dag op Mercurius langer duurt dan zijn jaar?

Lottes statskaart: de vier startplekken (afgerond)

Planeet	Doorsnede (km)	Afstand tot de Zon (miljoen km)	Een jaar (aardse dagen)	Een dag: van zonsopgang tot zonsopgang	Zwaartekracht (Aarde = 100)
Mercurius	4 879	58	88	176 aardse dagen	38
Venus	12 104	108	225	117 aardse dagen	90
Aarde	12 756	150	365	24 uur	100
Mars	6 792	228	687	24 uur en 40 minuten	38

1 INVULLEN

Kiko's eiertruc in één zin, voor het bugrapport. Vul in: een rotsplaneet heeft een kern van _____ en nikkel, een mantel van heet gesteente en een dunne korst.

2 MEERKEUZE

Tess is een recordjager. Ze wil als eerste level de planeet met het kortste rondje om de Zon. Welke planeet kiest ze?

- ☐ A Mercurius
- ☐ B Venus
- ☐ C Aarde
- ☐ D Mars

Eindbaas: ontwerp level 5

SCHRIJVEN

50 minuten

Dit heb je nodig

- een A4-blad of een stuk karton
- kleurpotloden
- Lottes bugrapport (dit boekje), met de tabellen en de tekst
- een klasgenoot die ook een level ontwerpt

- 1 Kies een plek op een rotsplaneet voor jouw level 5: de top van Olympus Mons, een ijskrater aan de pool van Mercurius, de grond van Venus, de krater Jezero of een plek die je zelf in het bugrapport vond.
- 2 Teken de map: wat zie je aan de hemel, hoe ziet de grond eruit, waar liggen de gevaren?
- 3 Schrijf een statskaart met minstens vijf echte feiten: zwaartekracht, temperatuur, lucht, daglengte en iets over het landschap.
- 4 Bedenk drie gevaren en één slimme overlevingstruc die klopt met de natuur van die planeet. 'Een toverdrankje' telt niet. 'Wandel mee met de schemering' wel.
- 5 Schrijf een postkaart van ongeveer 50 woorden vanuit jouw level, zoals Vic deed.
- 6 Verstop één bug: één feit dat niet klopt. Ruil met je klasgenoot. Wie vindt als eerste de bug van de ander, en kan uitleggen wat het juiste feit is?

Welke bug van je klasgenoot was het moeilijkst te vinden, en waarom trapte je er bijna in?

Woordenlijst

rotsplaneet

Een kleine planeet van steen en metaal met vaste grond: Mercurius, Venus, de Aarde en Mars.

mantel

De dikke laag heet gesteente tussen de kern en de korst.

atmosfeer

De laag gas rond een planeet: haar lucht.

koolstofdioxide (CO₂)

Een gas dat jij uitademt en dat warmtestraling tegenhoudt; de lucht van Venus en Mars bestaat er bijna helemaal uit.

krater

Een ronde kuil die ontstaat als een rotsblok uit de ruimte met enorme snelheid inslaat.

sol

Een dag op Mars, van zonsopgang tot zonsopgang: ongeveer 24 uur en 40 minuten.

rover

Een robotvoertuig op wielen dat over een planeet rijdt en metingen doet.

kern

Het binnenste van een planeet; bij de rotsplaneten vooral van ijzer en nikkel.

korst

De dunne, harde buitenste laag van een rotsplaneet, waarop jij staat.

luchtdruk

Hoe hard de lucht boven je op je drukt; op Venus ongeveer 90 keer zo hard als op Aarde.

broeikaseffect

Gassen in de atmosfeer houden warmte vast, als een deken rond een planeet.

schildvulkaan

Een brede vulkaan met flauwe hellingen, opgebouwd uit laag na laag vloeibare lava, zoals Olympus Mons.

sonde

Een ruimtetuig zonder mensen aan boord dat een planeet onderzoekt, vanuit een baan of na een landing.

staal

Een klein stukje rots, grond of lucht dat onderzoekers bewaren om het nauwkeurig te onderzoeken.

3 REKENEN

Tess is 11 jaar. Een jaar op Aarde duurt ongeveer 365 dagen, een jaar op Mercurius 88 dagen. Hoeveel Mercuriusjaren oud is Tess ongeveer? Rond af op een heel getal.

Antwoord: _____

Level 1: Mercurius, de recordjager

Dinsdag, 16.05 uur. 'Mercurius is mijn planeet,' zegt Tess. 'Hij is de snelste.' Dat klopt: hij raast met gemiddeld ongeveer 47 kilometer per seconde rond de Zon, de Aarde met ongeveer 30. Hij is ook de kleinste planeet, amper anderhalf keer zo breed als onze Maan.



Zijn zwaartekracht is maar 38 procent van die op Aarde. 'Dan springt mijn poppetje ruim twee en een half keer zo hoog,' zegt Tess. Klopt, als je het zware ruimtepak even vergeet.

Dan het echte probleem. Mercurius heeft bijna geen atmosfeer, de laag gas rond een planeet. Er is dus geen deken die warmte vasthoudt. Aan de dagkant wordt de grond ongeveer 430 °C, heet genoeg om lood te laten smelten. Aan de nachtkant zakt het tot ongeveer -180 °C.

Zonder lucht is er ook geen wind, geen geluid en een zwarte hemel, zelfs overdag. De Zon lijkt er twee tot drie keer zo breed als bij ons. En de dagen zijn eindeloos: van zonsopgang tot zonsopgang duurt 176 aardse dagen, precies twee Mercuriusjaren.

Mercurius bezoeken is lastig. Wie naar de Zon toe reist, valt als het ware naar binnen en moet vooral remmen. De Europees-Japanse sonde BepiColombo vertrok in 2018 en is gepland om in november 2026 in een baan rond Mercurius te komen.

'Mijn poppetje kookt overdag en bevriest 's nachts,' zegt Tess. 'Waar zet ik het startpunt?' Ayoub wijst op zijn tekening naar de dunne lijn tussen licht en donker. 'Hier. Op de grens tussen dag en nacht. En dan blijven wandelen.'



Kiko Fluistert

Kiko buigt zich naar Tess. 'Op sommige plaatsen op Mercurius komt de Zon op, zakt ze even terug onder de horizon en komt ze daarna opnieuw op. Dat gebeurt wanneer Mercurius het dichtst bij de Zon staat: dan schiet hij in zijn baan zo snel vooruit dat de Zon aan zijn hemel even achteruit lijkt te schuiven.' 'Dat is echt gek,' zegt Tess. 'Lotte, schrijf dat op!'

4

INVULLEN



Lotte noteert in het bugrapport: 'Op Mercurius is het overdag ongeveer 430 °C en 's nachts ongeveer -180 °C, omdat hij bijna geen _____ heeft om de warmte vast te houden.' Welk woord ontbreekt?

5

REKENEN



Ayoub's plan wordt getest. De omtrek van Mercurius aan de evenaar is ongeveer 15 300 km. De grens tussen dag en nacht schuift in 176 aardse dagen één keer helemaal rond de planeet. Hoeveel kilometer per uur schuift die grens ongeveer op? Een dag heeft 24 uur.

Antwoord: _____

Hemeljacht: Venus en Mars met je eigen ogen (vervolg)

BUITEN

4

Teken de horizon met een boom of een huis als herkenningspunt en zet de planeet erbij. Noteer de datum en het uur.

5

Zoek twee heldere sterren vlak bij je planeet en teken ze mee: jouw lichtpunt staat nu tussen die twee. Kijk na een week (of twee) opnieuw, op hetzelfde uur, en teken weer. Staat jouw lichtpunt nog op dezelfde plek tegenover die twee sterren?

Hoe wist je zeker dat jouw lichtpunt een planeet was en geen ster? Welke aanwijzingen uit Lottes aantekeningen hielpen je?

23

OPEN VRAAG



Ayoub zoekt om middernacht naar Venus, hoog aan de hemel. Hij vindt haar nooit. Leg uit waarom dat niet kan lukken. Tip: teken de Zon, de baan van Venus en de baan van de Aarde. Naar welke kant kijk jij om middernacht?

24

OPEN VRAAG



Eindbaas-vraag van de crew: welke rotsplaneet, buiten de Aarde, zou jij kiezen voor de eerste basis van mensen? Kies er één en noem minstens drie dingen uit Lottes bugrapport waartegen je basis moet beschermen of waarvoor ze moet zorgen.

Hemeljacht: Venus en Mars met je eigen ogen

BUITEN

2 avonden van 15 minuten, met een week ertussen

Dit heb je nodig

- een plek met vrij zicht op de horizon in het westen of het oosten
- een kompas
- een gratis sterrenkaart of de website van een volkssterrenwacht
- een notitieboekje en een potlood
- warme kleren
- een volwassene die meegaat



Veiligheid

Kijk nooit naar de Zon, ook niet als ze bijna onder is, en richt nooit een verrekijker naar de Zon. Begin pas te zoeken als de Zon helemaal onder is, of stop ruim voor ze opkomt. Ga 's avonds alleen naar buiten met een volwassene.

- 1 Zondagavond, de dag na de spelletjesmarkt. Lotte wil bewijzen dat de planeten uit het spel echt bestaan. Zoek samen met een volwassene op of Venus deze maand 's avonds of 's ochtends te zien is, en waar Mars staat.
- 2 Venus zie je altijd in de buurt van de Zon. Zoek haar laag in het westen, kort na zonsondergang (dan heet ze avondster), of laag in het oosten, kort voor zonsopgang (morgenster). Na de Maan is ze het helderste lichtpunt aan de nachthemel.
- 3 Mars is een oranje-rode stip die minder fonkelt dan de sterren. Ongeveer elke 26 maanden staat Mars recht tegenover de Zon: dan komt hij op als de Zon ondergaat en blijft hij de hele nacht aan de hemel. De volgende keer is rond 19 februari 2027, in het sterrenbeeld Leeuw.

De kratermaker

PROEFJE

40 minuten

Dit heb je nodig

- een ovenschaal of bak van ongeveer 30 cm breed
- ongeveer 1 kg bloem
- 2 eetlepels cacao-poeder en een klein zeefje
- 3 knikkers of ronde stenen van verschillende grootte
- een meetlat
- een lepel
- oude kranten
- papier en potlood



Veiligheid

Werk buiten of op kranten en blaas niet in de bloem, zodat je geen stof inademt of in je ogen krijgt. Laat de knikkers vallen, gooi ze niet, en houd je gezicht weg van de bak. Was na afloop je handen.

- 1 Ayoub tekent de grond van het level en kan niet stoppen met kraters. 'Waarom zijn ze eigenlijk altijd rond?' vraagt Lotte. 'Geen idee,' zegt Ayoub. 'Laten we het testen.' Leg kranten op de grond en vul de bak met een laag bloem van ongeveer 4 cm. Strijk ze glad met de meetlat.
- 2 Zeef er een dun laagje cacao over. Dat is je korst: zo zie je straks hoe het puin van onderen naar boven spat.
- 3 Laat de kleinste knikker vallen van 30 cm hoog. Neem hem er voorzichtig uit met de lepel en meet de doorsnede van de krater. Strijk de bloem daarna opnieuw glad en zeef er een nieuw dun laagje cacao over, of werk op een nieuwe plek van de bak, zodat de kraters elkaar niet overlappen. Doe hetzelfde van 60 cm en van 1 meter hoog.

De kratermaker (vervolg)

PROEFJE

- 4 Herhaal met de grootste knikker, telkens op een gladde plek met een vers laagje cacao. Laat de laatste krater (grootste knikker, 1 meter hoog) staan. Noteer alles in een tabel met drie kolommen: knikker, hoogte, doorsnede van de krater.
- 5 Kijk naar de witte strepen rond die laatste krater: bloem van onderen die over de cacao is gespat. Zulke stralen zie je ook rond jonge kraters op Mercurius en op de Maan.
- 6 Laat tot slot op een nieuwe, gladde plek een knikker schuin binnenkomen door hem over een schuin gehouden meetlat te laten rollen. Is die krater nog rond?

Wat maakt een krater groter: een zwaardere knikker of een grotere hoogte, en dus een hogere snelheid? Echte inslagen ontploffen en geven bijna altijd ronde kraters. Waarom kan dat bij jouw trage knikker anders zijn?

Debat: mensen naar Mars?

DEBAT

45 minuten

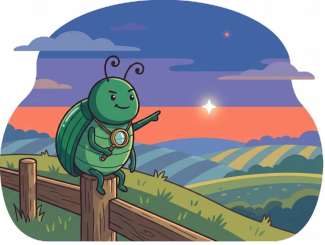
Dit heb je nodig

- Lottes bugrapport (dit boekje)
- kaartjes om argumenten op te schrijven
- een klok voor de spreektijd
- een gespreksleider: de leerkracht of een klasgenoot

- 1 Op de spelletjesmarkt vroeg een bezoeker aan de crew: 'Moeten er echt mensen naar Mars, of laten we het aan de robots?' Verdeel de klas in twee groepen, voor en tegen. Je kiest niet zelf: het lot beslist.
- 2 Verzamel argumenten uit het bugrapport. Denk aan: een reis naar Mars duurt met de huidige raketten ongeveer zeven maanden, de lucht is dun en ijskoud, een radiob bericht doet er tot 22 minuten over, robots bereiken al veel, mensen kunnen sneller beslissen, en we moeten Mars niet besmetten met bacteriën van de Aarde.
- 3 Schrijf elk argument op een kaartje, met een feit uit het bugrapport erbij. Een argument zonder feit telt niet.
- 4 Elke groep krijgt 2 minuten om te beginnen. Daarna mogen de groepen om beurten reageren, telkens 1 minuut.
- 5 Op het einde mag iedereen van kant wisselen als hij overtuigd is. Wie wisselt, zegt welk argument hem overhaalde.

Welk argument van de andere groep vond je het sterkst, ook al was je het er niet mee eens?

Zaterdag, 16.40 uur: de laatste bug



De spelletjesmarkt is een succes. Een opa probeert op Mercurius de schemering bij te houden en wandelt in het echt mee door de bib. Een meisje uit het vijfde leerjaar laat haar rover landen en telt de zeven minuten luidop af. Een mevrouw met een boodschappentas speelt het Marslevel uit en vraagt aan de crew: 'Moeten er echt mensen naar Mars, of laten we het aan de robots?' Niemand weet het zo gauw. Lotte

schrijft de vraag op.

Dan komt er een jongen met een petje naar de tafel. Hij speelt alle vier de levels, zonder één keer dood te gaan. Daarna kijkt hij Tess aan. 'Leuk,' zegt hij. 'Maar waarom stopt het bij Mars? Daarachter liggen nog vier planeten.' 'Daar kan je niet op staan,' zegt Ayoub. 'Die hebben geen grond.'

De jongen grijnst. 'Weet je dat zeker?' Hij is weg voor iemand iets kan zeggen. Lotte slaat het bugrapport open, op een nieuwe bladzijde. Kiko leunt naar voren en snuift. 'Oei,' zegt hij. 'Dit wordt een veel groter spel.'

Een grond die niets vergeet

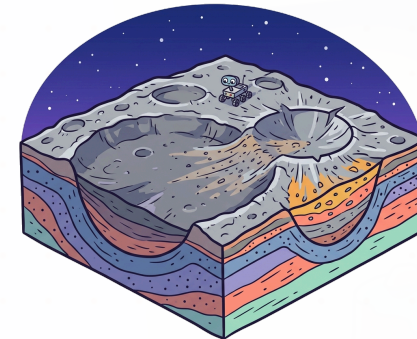
Een uur later hangt Ayoub's level vol kraters en staat zijn bak vol witte strepen op de vensterbank. 'Mijn schuine knikker maakte een scheve kuil,' zegt Lotte. 'Maar de kraters op Mercurius zijn bijna allemaal rond. Hoe kan dat?' Kiko knikt. 'Goed gezien. Een krater is een kuil die ontstaat als een rotsblok uit de ruimte inslaat. Zo'n blok vliegt meestal meer dan tien kilometer per seconde en ontploft bij de klap. Daarom zijn kraters bijna altijd rond, ook als het blok schuin aankwam. Jouw knikker ontplofte niet.'

De grootste krater van Mercurius, Caloris, is ongeveer 1 500 kilometer breed. Wetenschappers denken dat de schokgolven van die inslag dwars door de planeet trokken en aan de andere kant de grond verfrommelden. 'Eén aanval die de hele map beschadigt,' zegt Tess.

'Maar waarom ligt Mercurius vol kraters en de Aarde bijna niet?' vraagt Vic. 'Ook de Aarde werd bekogeld,' zegt Kiko. 'Maar bij ons wissen wind, regen, rivieren, planten en schuivende stukken korst de sporen uit, en kleine brokken verbranden in onze lucht als vallende sterren. Op Aarde kennen we maar ongeveer tweehonderd inslagkraters.'

Op Mercurius blijft elke kras miljarden jaren staan. Toen zijn ijzeren kern afkoelde, kromp de planeet bovendien, tot zo'n zeven kilometer in straal. Kiko houdt een uitgedroogde appel omhoog. De korst kreeg rimpels, zoals die schil: kliffen van honderden kilometers lang. 'Een planeet die krimpt,' zegt Vic. 'Dat wordt mijn filmpje.'

Die avond belt Juna haar broer: 'Mag ik morgen weer op Venus? Met de palmboom?' Kiko zucht diep. 'Morgen wordt het pijnlijk.'





Een kunstuitstap op Mercurius

Ayoub bladert door een kaart van Mercurius en leest voor: 'De kraters van Mercurius zijn genoemd naar beroemde kunstenaars. Je vindt er de Vlaamse schilders Van Eyck (een krater van ongeveer 270 kilometer breed), Rubens, Bruegel en Van Dijck, en ook de Belgen Magritte en Ensor.' 'Een heel museum,' zegt Lotte, 'op de planeet die het dichtst bij de Zon staat.'

6

WAAR OF ONWAAR

• • •

Vic leest de tekst van zijn filmpje voor: 'Mercurius zit vol kraters en de Aarde bijna niet. Dus wordt de Aarde bijna nooit door rotsblokken uit de ruimte geraakt.' Lotte wil het als bug noteren. Waar of onwaar?



waar



onwaar



Ijs op de planeet naast de Zon

De as van Mercurius staat bijna kaarsrecht. Daardoor schijnt de Zon nooit in de bodem van sommige diepe kraters bij de polen. Daar blijft het altijd ijskoud, en de sonde MESSENGER, die van 2011 tot 2015 rond Mercurius draaide, vond er sporen van waterijs.

E1

OEFFEN VERDER · OPEN VRAAG

• • •

Noor vergelijkt een foto van Mercurius met de Maan. Welk zichtbaar kenmerk kunnen ze allebei hebben?

21

VERBINDEN

• • •

Juna heeft de postkaarten door elkaar gegooid. Verbind elke planeet met wat je er overdag aan de hemel ziet.

1 Mercurius



2 Venus



3 Aarde



4 Mars



A een roze-bruine hemel en een blauwe zonsondergang



B een zwarte hemel met een grote, felle Zon



C een doffe oranje gloed, de Zon niet scherp te zien



D een blauwe hemel

Mijn antwoord: _____

22

MEERKEUZE

• • •

Vic wil de Zon op de Marspostkaart juist tekenen. Hoe groot ziet de Zon eruit vanaf Mars, vergeleken met vanaf de Aarde?



A twee tot drie keer zo breed



B precies even groot

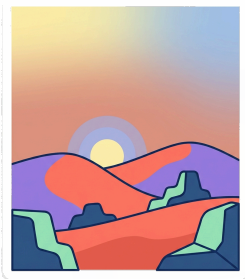


C ongeveer twee derde zo breed



D zo klein als een ster

Zaterdag, 13.10 uur: vier postkaarten



Nog vijftig minuten tot de bib opengaat. Vic heeft zijn filmpje omgegooid: geen ontploffingen meer, maar vier postkaarten, telkens één minuut op een andere planeet, met zijn stem erover. Lotte controleert elke zin.

Postkaart van Mercurius: 'De hemel is zwart, ook overdag. De Zon is twee tot drie keer zo breed als thuis en verblindend fel. Ik hoor niets, want zonder lucht is er geen geluid. Mijn rugzak voelt licht. Achter me schuift de nacht aan, op wandeltempo.'

Postkaart van Venus: 'Alles is dof oranje, alsof er elk moment een onweer losbarst. De lucht drukt op me als een oceaan. Ik zie de Zon niet, alleen een vage gloed. Zonder een pak dat nog niemand kon bouwen, hield ik het hier geen minuut vol.'

Postkaart van Mars: 'De hemel is roze-bruin, als karamel. De Zon is kleiner dan thuis, ongeveer twee derde zo breed. Bij zonsondergang kleurt de lucht rond de Zon blauw. Geluid klinkt stiller en draagt minder ver. En ik spring hoger dan ooit.'

Postkaart van de Aarde: die mag Juna schrijven. 'Blauwe lucht. Zuurstof. Een palmboom. Ik win.' Kiko zegt niets. Voor het eerst deze week vindt hij geen enkele bug.

Level 2: de Venusbug

Woensdagmiddag. Juna wil weer Venus spelen. Tess heeft de palmboom gewist. 'Wat komt er in de plaats?' vraagt Juna. 'Iets wat niet meteen doodgaat,' zegt Tess. Lotte kijkt op van het bugrapport. 'Daar gaat alles dood, Tess.'



'Maar Venus is toch de tweelingzus van de Aarde?' vraagt Juna. 'Dan is het daar vast gewoon leuk.' Kiko hangt over de rand van de boekenkast. 'Ze is bijna even groot als wij, ongeveer 12 100 kilometer breed, en ze komt dichterbij ons dan elke andere planeet. Een zus die je nooit wil bezoeken.'

Lotte schrijft: BUG 1, de lucht. 'Haar atmosfeer bestaat voor ongeveer 96,5 procent uit koolstofdioxide, kort CO₂,' zegt Kiko. 'Het gas dat jij uitademt, Juna. Alleen is er ontzettend veel van.' Juna ademt voor de grap diep uit. 'En de luchtdruk op de grond is ongeveer 90 keer zo hoog als bij ons. Het is alsof je bijna een kilometer diep in de zee zit.' 'Dan blijf ik liever op de zetel,' zegt Juna.

'En warm?' vraagt Tess. 'Heel warm,' zegt Kiko. 'Op de grond is het gemiddeld ongeveer 464 °C, dag en nacht, aan de evenaar en aan de polen. De zinken dakgoot van je huis zou er smelten. En hoog in de lucht hangen wolken van druppeltjes zwavelzuur, een bijtend zuur.' Lotte schrijft BUG 2 en BUG 3 op en zet er twee uitroepetekens achter.

'Hoe weten we dat eigenlijk allemaal?' vraagt Ayoub. 'Je ziet de grond toch niet door die wolken?' 'Radar,' zegt Kiko. 'De sonde Magellan keek er van 1990 tot 1994 met radar dwars door de wolken. Onder de wolken liggen vulkanen en gestolde lavavlaktes. En een studie uit 2023 vond aanwijzingen dat er nog altijd vulkanen uitbarsten.'

'Nog één ding,' zegt Kiko, en hij draait zich op de boekenkast om, met zijn staart naar hen toe. 'Venus draait achterstevoren. Eén rotatie om haar as duurt ongeveer 243 aardse dagen, langer dan haar jaar van 225 dagen. De Zon komt er op in het westen, en pas ongeveer 117 aardse dagen later opnieuw.' Tess kijkt naar haar scherm. 'Dan laat ik de Zon in het westen opkomen. Of is dat ook een bug?' Lotte kauwt op haar potlood.

Ayoub fronst. 'Mercurius staat dicht bij de Zon. Waarom is het op Venus dan heter?' Kiko springt van de boekenkast op de zetel. 'Eindelijk. De beste vraag van de week.'

19 VERBINDEN

Lotte maakt kaartjes voor de stand op de spelletjesmarkt, maar de uitleg is losgeraakt. Verbind elke robot of elk toestel met het juiste kenmerk.

1 Curiosity

2 Perseverance

3 Ingenuity

4 NOMAD

A de eerste helikopter die op een andere planeet vloog

B klimt sinds 2014 de berg in de krater Gale op

C Belgisch meettoestel dat vanuit een baan rond Mars de gassen in de lucht meet

D boort rotsstalen en sluit ze op in metalen buisjes voor een mogelijke terugreis naar de Aarde

Mijn antwoord: _____

20 IN VOLGORDE

Vic maakt een tijdlijn voor zijn filmpje. Zet deze gebeurtenissen in de juiste volgorde, van de oudste naar de nieuwste.

Ingenuity maakt zijn laatste vlucht

Curiosity landt in de krater Gale

Venera 13 stuurt kleurenfoto's van de grond van Venus

Perseverance landt in de krater Jezero

Ingenuity maakt zijn eerste vlucht

Jouw volgorde:



Kiko vertelt over Opportunity

Kiko vertelt: 'De rover Opportunity moest het vanaf 2004 ongeveer 90 Marsdagen volhouden, maar reed ruim veertien jaar rond en legde meer dan 45 kilometer af, meer dan een marathon. In 2018 bedekte een stofstorm de hele planeet. Zijn zonnepanelen kregen geen licht meer en hij werd nooit meer wakker.' Het blijft even stil. 'Dat is het droevigste weetje van de week,' zegt Juna.



Op de achterkant van Vics tijdlijn

Vic heeft het opgezocht en schrijft het op: 'Onder het zonnepaneel van Ingenuity zat een stukje stof, zo groot als een postzegel. Het kwam van de vleugel van het vliegtuigje waarmee de gebroeders Wright in 1903 de eerste gemotoriseerde vlucht op Aarde maakten. Een stukje van het eerste vliegtuig vloog zo mee met de eerste helikopter op Mars.' 'Dat is echt gek,' zegt Lotte. 'Schrijf op!'

18 WAAR OF ONWAAR

Waar of onwaar: de wieken van Ingenuity moesten zo snel draaien omdat de zwaartekracht op Mars sterker is dan op Aarde.

☐ waar

☐ onwaar



Een stukje België rond Mars

Het meettoestel NOMAD werd ontworpen onder leiding van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie in Ukkel en gebouwd door een bedrijf in Oudenaarde. Het zit aan boord van de Europese sonde Trace Gas Orbiter, die rond Mars draait, en meet sinds 2018 welke gassen er in de Marslucht zitten.

Waarom Venus heter is dan Mercurius: het broeikaseffect

- 1 Kiko zet een bureaulamp aan: dat is de Zon. 'Zonlicht valt op Venus. Haar wolken kaatsen ongeveer drie kwart ervan terug de ruimte in, maar een deel komt toch tot op de grond.'
- 2 Juna legt haar hand op een donkere steen in het lamplicht. 'Warm!' De grond van Venus warmt op door dat licht, zoals een donkere steen in de zomerzon.
- 3 Ayoub schuift zijn stoel naast de kachel. 'Ik voel de warmte naar me toe komen.' Dat klopt: alles wat warm is, stuurt zelf onzichtbare warmtestraling uit: infrarood.
- 4 Lotte trekt een deken over Ayoub's schouders. 'Koolstofdioxide is zo'n deken,' zegt Kiko. 'Ze laat zonlicht goed door, maar houdt infrarood tegen. Ze slurpt die warmte op en stuurt een deel terug naar de grond.'
- 5 'Dus de warmte raakt wel binnen, maar niet meer buiten,' vult Tess aan. 'Bijna,' zegt Kiko. 'Heel moeilijk buiten. De grond wordt warmer en warmer, tot er even veel warmte ontsnapt als er binnenkomt. Op Venus gebeurt dat pas bij ongeveer 464 °C.'
- 6 Vic wijst op zijn tekening van Mercurius. 'Mercurius heeft geen deken: zijn warmte straalt meteen weg en zijn nachtkant bevroest.' 'En de dikke deken van Venus,' zegt Kiko, 'verdeelt de warmte over de hele planeet, ook 's nachts.'

7 MEERKEUZE

Ayoub vraagt het nog eens, nu voor het bugrapport: waarom is het op Venus heter dan op Mercurius, terwijl Mercurius dichterbij de Zon staat?

- A Venus heeft een kern van gloeiend ijzer die de grond verwarmt.
- B De dikke koolstofdioxide-atmosfeer van Venus houdt de warmte vast.
- C Venus draait zo snel dat ze opwarmt door wrijving.
- D De wolken van Venus laten meer zonlicht door dan de lucht op Aarde.

8 WAAR OF ONWAAR



Tess laat in het Venuslevel de Zon opkomen in het westen. Lotte wil het als bug schrappen. Waar of onwaar: op Venus komt de Zon op in het westen.

☐ waar

☐ onwaar

E2 OEFEN VERDER · OPEN VRAAG



Sami wil op Venus even een raampje openzetten tegen de hitte. Leg uit waarom Venus zo heet is.

Ingenuity: vijf vluchten gepland, 72 gevlogen



Onder Perseverance hing bij de landing een passagier: Ingenuity, een helikoptertje van ongeveer 1,8 kilogram, bijna zo zwaar als twee pakken suiker. Op 19 april 2021 steeg hij op en bleef ongeveer 40 seconden in de lucht. Voor het eerst vloog een gestuurd toestel met een motor op een andere planeet.

De lucht op Mars is zo dun dat wieken amper iets hebben om tegen te duwen. Daarom heeft Ingenuity twee rotoren boven elkaar, elk ongeveer 1,2 meter breed. Ze draaien in tegengestelde richting en ongeveer 2 400 keer per minuut, veel sneller dan bij een helikopter op Aarde. Met een joystick sturen kon niet, door de vertraging: Ingenuity vloog zelf.

Er waren vijf testvluchten gepland. Het werden er 72, verspreid over bijna drie jaar: samen ruim twee uur in de lucht en ongeveer 17 kilometer ver. Op 18 januari 2024 raakte bij de landing van vlucht 72 een wijk beschadigd. Vic zet in zijn filmpje een minuut stilte.

Die avond belt Lotte iedereen. 'Alle cijfers kloppen. Maar weet iemand hoe het voelt om daar te staan? Niet de getallen. Het gevoel.' Het blijft even stil. Dan zegt Vic: 'Ik heb een idee.'

De rover met vertraging op de speelplaats (vervolg)

SPEL

- 4 Het andere groepje meet met de stopwatch hoe lang de rover over het parcours doet. Elke botsing en elke stap in het zandvlak telt als schade.
- 5 Ronde 2: de commandant geeft één doel, bijvoorbeeld 'naar de hoepel'. De rover mag nu zelf obstakels ontwijken, maar alleen door te stoppen en eromheen te stappen. Meet opnieuw.
- 6 Wissel van rol, zodat iedereen een keer commandant, rover en radiosignaal is. Wissel daarna van groepje, zodat het andere groepje op hetzelfde parcours aan de beurt komt.

Hoeveel sneller was ronde 2? Wat zou er gebeuren als de vertraging geen twintig tellen maar twintig minuten duurde, zoals soms bij Mars?



De dekenruzie

Vic

Dus CO2 is slecht. Ik zet in mijn filmpje: CO2 is de eindbaas.

V

Lotte

Bron? Want zonder broeikaseffect was het hier ook niet leuk, denk ik.

L

Kiko

Lotte heeft gelijk. Ook de Aarde heeft een deken. Zonder broeikaseffect zou het hier gemiddeld ongeveer -18 °C zijn.



Ayoub

In plaats van?

A

Kiko

Ongeveer 15 °C. Het natuurlijke broeikaseffect maakt de Aarde leefbaar.



Tess

Dus een deken is goed. Maar niet te dik.

T

Kiko

Precies. Op Aarde is maar ongeveer 0,04 procent van de lucht CO2. Op Venus is het bijna alles, en er is negentig keer zoveel lucht.



Vic

Oké. Nieuw filmpje. CO2 is geen eindbaas. Het is een power-up waarvan je niet te veel mag nemen.

V

Juna

Ik wil nog altijd een palmboom.

J

9 OPEN VRAAG



Lotte heeft nog een bug in haar hoofd: 'De wolken van Venus kaatsen ongeveer drie kwart van het zonlicht terug. Dan komt er op de grond toch minder zonlicht aan dan op Aarde? Hoe kan het daar dan 464 °C zijn?' Leg het haar uit.



Uit Lottes notitieboekje

Lotte leest voor wat ze noteerde: 'In 1982 landde Venera 13, een sonde van de toenmalige Sovjet-Unie, op Venus. Ze hield het 127 minuten vol in de hitte en de druk en stuurde de eerste kleurenfoto's van de grond van Venus naar de Aarde. Geen enkele lander heeft het daar ooit langer uitgehouden.' 'Ruim twee uur,' zegt Juna. 'En mijn poppetje hield het geen tien seconden vol.'

E3 OEFEN VERDER · OPEN VRAAG



Yara kiest de Aarde als voorbeeld van een planeet met leven. Noem twee omstandigheden die hierbij helpen.

De rover met vertraging op de speelplaats

SPEL

45 minuten

Dit heb je nodig

- een speelplaats of grasveld
- 6 tot 10 obstakels per parcours: kegels of zachte voorwerpen, zoals kussens of rugzakken
- een hoepel of een krijtcirkel als stalenplek
- stoepkrijt voor een verboden zandvlak
- kleine papiertjes en een potlood
- een stopwatch of klok per parcours
- groepjes van drie: rover, commandant en radiosignaal (twee groepjes delen één parcours)



Veiligheid

Speel met open ogen, op wandeltempo en alleen met kegels of zachte obstakels. Een volwassene houdt het parcours vrij van fietsen, palen en ander verkeer.

- 1 Bouw met de obstakels een Marslandschap. Eén parcours per twee groepjes: terwijl het ene groepje speelt, kijkt het andere mee. Teken met krijt een zandvlak: wie erin stapt, zit vast. Leg ergens de hoepel: daar moet de rover een staal nemen.
- 2 De commandant zit met de rug naar het parcours en mag niet kijken. De rover beweegt alleen op commando, op wandeltempo.
- 3 Ronde 1: de commandant schrijft één commando per briefje, zoals 'drie stappen vooruit' of 'kwartslag naar links'. Het radiosignaal telt traag tot twintig en brengt dan het briefje. Daarna vertelt het radiosignaal de commandant wat de rover ziet, weer na twintig tellen.

17 OPEN VRAAG



Je hebt gekozen. Leg nu uit: met welke keuze komt een echte Marsrover op één dag het verst, en waarom? Gebruik het woord vertraging.

E5 OEFEN VERDER · REKENEN



Gebruik voor een Marsdag 24 uur en 40 minuten. Hoeveel minuten langer is dat dan een Aardedag van 24 uur?

Antwoord: _____

Broeikas in een bokaal

METEN

60 minuten

Dit heb je nodig

- twee gelijke, lege glazen bokaal
- twee gelijke keukenthermometers of aquariumthermometers (geen kwikthermometer)
- huishoudfolie en een elastiekje
- een zonnige vensterbank of tuintafel
- een klok of timer
- een droge doek
- papier en potlood



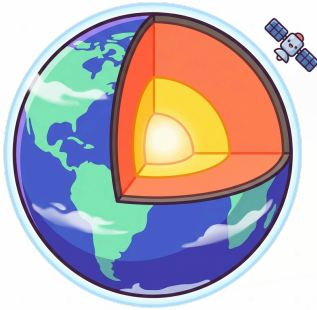
Veiligheid

Kijk nooit naar de Zon, ook niet om te controleren of ze op je bokaal schijnt: kijk naar de schaduwen. Glas kan heet worden, pak de bokaal daarom vast met een doek. Gebruik geen kwikthermometer en laat een volwassene meekijken.

- 1 Vic wil in zijn filmpje bewijzen dat een deken warmte vasthoudt. Zet in elke bokaal een thermometer, zo dat je hem van buitenaf kan aflezen.
- 2 Zet beide bokaal eerst 10 minuten in de schaduw en lees de thermometers af. Ze moeten ongeveer gelijk staan. Noteer de temperatuur.
- 3 Span huishoudfolie over één bokaal en zet er een elastiekje rond. De andere bokaal blijft open.
- 4 Zet beide bokaal naast elkaar in de zon, zodat het licht op dezelfde manier op allebei valt. Kijk naar de schaduwen om dat te controleren.
- 5 Lees om de 5 minuten beide thermometers af, een halfuur lang. Noteer alles in een tabel.
- 6 Zet de bokaal daarna terug in de schaduw en meet nog 15 minuten verder. Welke koelt het snelst af?

In welke bokaal werd het het warmst, en welke bleef het langst warm? Jouw folie houdt warme lucht binnen, de koolstofdioxide op Venus houdt warmtestraling tegen: wat is hetzelfde en wat is anders?

Level 3: de Aarde, het veilige startpunt



Donderdag landt Juna's poppetje op de Aarde. Een grasveld, een blauwe lucht, één wolkje. 'Saai,' zegt Juna. 'Saai is een superkracht,' zegt Kiko. 'Kijk eens hoeveel dingen hier juist zijn. Ik haal er een paar weg, dan zie je het.'

Eerst de afstand. Op 150 miljoen kilometer van de Zon, met de juiste deken, blijft water op de grond vloeibaar. Zo'n strook rond een ster heet de leefbare zone. 'Daarom is het hier niet bevroren of gekookt,' zegt Ayoub. 'Meer dan 70 procent van de Aarde is bedekt met water,' zegt Kiko. 'Het is de enige planeet waarvan we zeker weten dat er leven is.'

Dan tikt Kiko op Juna's scherm. 'Ik wis het laagje ozon, dat het gevaarlijkste uv-licht van de Zon tegenhoudt.' Het poppetje wordt knalrood. 'Nu het magnetisch veld van de Aarde, het onzichtbare schild dat geladen deeltjes van de Zon afbuigt.' Over het scherm hagelen puntjes. 'En nu de lucht: ongeveer 78 procent stikstof en 21 procent zuurstof, het gas dat jij inademt.' Het poppetje zakt door zijn knieën. 'Stop!' roept Juna. 'Zet alles terug!' Kiko zet alles terug.

Ook de korst is bezig. Ayoub houdt zijn stuk lava omhoog. 'Ze is gebroken in platen die elk jaar een paar centimeter schuiven, botsen en onder elkaar duiken,' zegt Kiko. 'Zo ontstaan bergen en vulkanen.' 'Daar komt mijn stuk lava vandaan,' zegt Ayoub.

Vrijdag, 17.30 uur: de rover met vertraging crasht

In Tess' Marslevel komt elk commando pas na twintig seconden aan. Niemand haalt het einde. 'Onspeelbaar,' zegt Vic. 'Echt,' zegt Kiko. 'Kom mee naar buiten.'



Op het pleintje achter Ayoub's huis wordt Vic de rover: hij beweegt alleen als er een briefje met een commando aankomt. Tess is de commandant en zit met haar rug naar het pleintje. Juna is het radiosignaal. Zij brengt de briefjes heen en weer, heel, heel traag.

'Twee stappen vooruit,' schrijft Tess. Juna slentert. Twintig seconden later zet Vic twee stappen. Tegen de tijd dat Tess hoort dat er een zandbak voor hem ligt, staat hij er al met beide voeten in. 'Game over,' zegt Juna. Ze vindt het geweldig.

Zo verging het ook de echte rover Spirit: hij raakte in 2009 vast in los zand en kwam nooit meer vrij. Kiko haalt een stift boven. 'Nieuwe regel. Tess kiest een doel. Vic mag zelf kleine dingen beslissen: stoppen als er iets in de weg ligt, eromheen lopen.'

'Zo werken echte rovers ook,' zegt Kiko. 'Ingenieurs kiezen een doel, de rover zoekt met zijn eigen camera's een veilige weg.' Ronde twee duurt vier minuten. Vic komt terug met een staal: een gewone kiezel, die Ayoub meteen in een eierdoos legt.



Jij beslist: hoe stuur jij de rover?

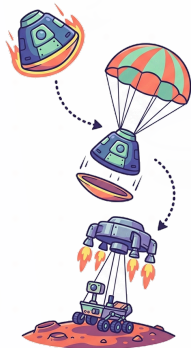
Keuze A: je geeft de rover elke stap afzonderlijk door en wacht telkens op een nieuwe foto voor je de volgende stap kiest. Keuze B: je geeft één doel, bijvoorbeeld 'rij naar die grote steen', en de rover ontwijkt zelf kuilen en los zand. Schrijf eerst op wat jij kiest. Bedenk dan wat er gebeurt als de vertraging geen twintig seconden is, maar twintig minuten.

Zeven minuten

Vic is niet meer te houden. 'Zeven minuten van angst,' leest hij voor. Zo noemden ingenieurs de landing van Curiosity. In zeven minuten moest de rover afremmen van ongeveer 20 000 kilometer per uur tot stilstand, met een hittedek, een reuzenparachute en raketmotoren.

Op het einde liet een vliegende kraan met raketmotoren de rover aan kabels zakken en vloog daarna weg. Alles ging vanzelf: niemand op Aarde kon nog ingrijpen. Een radiosignaal van Mars deed er toen ongeveer 14 minuten over om de Aarde te bereiken.

Lotte rekent hardop. 'De landing duurt zeven minuten. Het signaal doet er veertien over. Toen de ingenieurs hoorden dat hij begon te landen, stond hij dus al lang op de grond. Of lag hij al lang in stukken.' 'Daarom heet het angst,' zegt Kiko.



16 MEERKEUZE

Lottes rekensom. Op het moment dat op Aarde het signaal binnenkwam dat Curiosity de lucht van Mars indook, waar was de rover toen echt?

- ☐ A Nog in de ruimte, op weg naar Mars.
- ☐ B Halverwege de landing, aan zijn parachute.
- ☐ C Al ongeveer zeven minuten op de grond, geland of gecrasht.
- ☐ D Nog op de lanceerbasis op Aarde.

En de deken? Lotte zet twee mokken warme chocolademelk op tafel, één met een dikke sok eromheen. Een kwartier later steekt ze er een thermometer in. 'De mok met de sok is nog warm,' zegt ze. 'Een dikkere laag houdt de warmte langer vast.' 'Daar gaat het om,' zegt Kiko. 'Sinds mensen op grote schaal steenkool, olie en gas verbranden, komt er extra koolstofdioxide in de lucht. De deken wordt dikker. Sinds ongeveer 1850 is de Aarde gemiddeld al meer dan 1 °C warmer geworden.'

'Dus Venus is een deken die helemaal ontspoorde,' zegt Lotte. 'Een extreem voorbeeld,' zegt Kiko. 'De Aarde wordt geen Venus. Maar enkele graden warmer betekent al meer hittegolven, meer droogte en een stijgende zee.'

Om 22.48 uur belt Tess naar Lotte. 'Ik heb echte vertraging in het Marslevel ingebouwd,' zegt ze. 'Ik zie een rode vlakte, een roze lucht en een rover die ondersteboven in een kuil ligt. Nu crasht mijn rover elke keer.'

Drie dekenen en een planeet zonder

Planeet	Hoeveel lucht? (luchtdruk, Aarde = 1)	Deel koolstofdioxide in de lucht	Temperatuur aan de grond	Kleur van de hemel overdag
Mercurius	bijna niets	geen echte lucht	van -180 °C tot 430 °C	zwart
Venus	ongeveer 90	ongeveer 96,5 %	gemiddeld 464 °C	dof oranje
Aarde	1	ongeveer 0,04 %	gemiddeld 15 °C	blauw
Mars	minder dan 0,01	ongeveer 95 %	gemiddeld -60 °C	roze-bruin, als karamel

10 INVULLEN

Vic zet Kiko's dekenles in zijn filmpje. Vul in: zonder broeikaseffect zou het op Aarde gemiddeld ongeveer _____ °C zijn, in plaats van ongeveer 15 °C.

11 IN VOLGORDE

Tess wil de levels sorteren van de dikste naar de dunste deken. Zet de vier planeten in volgorde, van de meeste lucht naar de minste.

Mars Aarde Mercurius Venus

Jouw volgorde:

12 OPEN VRAAG

Eindbaas-vraag van Kiko: 'Ook de lucht van Mars bestaat voor ongeveer 95 procent uit koolstofdioxide, net als op Venus. Waarom is Mars dan ijskoud in plaats van gloeiend heet?' Gebruik de tabel 'Drie dekens en een planeet zonder'.

E4 OEFEN VERDER · WAAR OF ONWAAR

Wout zegt dat Mars rood lijkt door ijzerhoudend stof en roestachtige verbindingen. Klopt dat?

☐ waar

☐ onwaar

Kiko rolt een papieren kaart van de krater Jezero uit over de vloer. 'Zoek de delta,' zegt hij. Juna legt haar vinger op een waaier van vertakte beddingen. 'Hier!' 'Daar landde Perseverance op 18 februari 2021,' zegt Kiko, 'in de krater Jezero, waar vroeger een meer met een rivierdelta lag. Hij boort staafjes uit rotsen, elk zo groot als een krijtje, en sluit ze op in metalen buisjes. Hij gebruikte er al meer dan dertig.'

In 2024 boorde hij in een rots met vlekjes als die van een luipaard. Zulke vlekjes kunnen ontstaan door piepkleine levende wezens, maar ook zonder leven. Zeker weten kan pas als zo'n staal in een labo op Aarde ligt. Wanneer en hoe de buisjes naar de Aarde komen, is nog onzeker.

Perseverance heeft ook microfoons, de eerste die echte geluiden van Mars opnamen. En hij had een toestel aan boord dat zuurstof maakte uit de koolstofdioxide van de Marslucht: een test voor astronauten die later willen ademen of brandstof willen maken.

Statskaart van de robots

6 augustus 2012

Curiosity landt in de krater Gale

18 februari 2021

Perseverance landt in de krater Jezero

bijna 900 kg

gewicht van Curiosity, zo zwaar als een kleine auto

meer dan 30

buisjes die Perseverance al gebruikte voor stalen

72

vluchten van de helikopter Ingenuity

3 tot 22 minuten

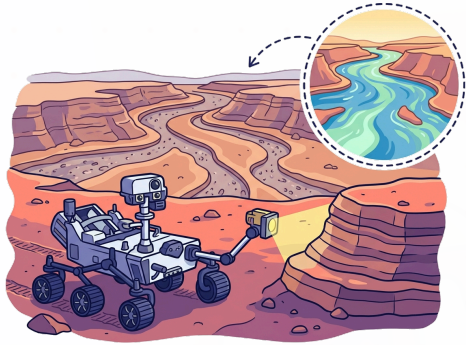
reistijd van een radiosignaal tussen Aarde en Mars

15 INVULLEN

Vic wil een scène over de nieuwste rover. Vul in: Perseverance landde in 2021 in de krater _____, waar vroeger een meer met een rivierdelta lag.

Sporen van water, en twee robots die ze zoeken

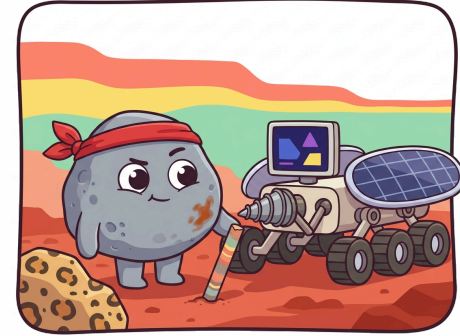
Kiko tekent op Juna's krijtbordje een rivier die uitwaaiert als de vingers van een hand. 'Een delta,' zegt Lotte. 'Waar een rivier in een meer uitmondt.' 'Die vind je ook op Mars,' zegt Kiko. 'Alleen is het water er al miljarden jaren weg.'



Sondes rond Mars zien droge rivierbeddingen, delta's en kraters die ooit meren waren. Ruim drie miljard jaar geleden was Mars natter, met een dikkere atmosfeer. Waar water was, kon misschien leven ontstaan: geen groene mannetjes, maar piepkleine eencelligen. Of dat ooit gebeurde, weet niemand. Daarom rijden er rovers rond.

Curiosity landde op 6 augustus 2012 in de krater Gale. Hij is zo groot als een kleine auto, weegt bijna 900 kilogram en rijdt op een kernbatterij, die warmte van plutonium omzet in stroom. Hij vond bewijs dat er in Gale ooit een meer lag. Sinds 2014 klimt hij een berg op, laag na laag.

Level 4: Mars, het eindlevel



Vrijdag, 16.10 uur. Tess heeft volgens haarzelf niet geslapen, wat betekent dat ze om tien uur in slaap viel. 'Mars wordt het eindlevel,' zegt ze. 'De enige planeet waar mensen echt naartoe willen.' Lotte opent het bugrapport. Bij Mars staan zeven bugs.

Bug één: de kleur. Ayoub wijst naar het roestige fietswiel in de hoek van de zolder. 'Mars is rood door roest,' zegt Kiko. 'In het stof en de rotsen zit ijzer dat zich met zuurstof verbond tot ijzeroxide, net als bij dat wiel, dat jaren buiten stond. Fijn rood stof waait voortdurend op en kleurt de hemel overdag roze-bruin.'

Bug twee: de plas water. Vic had er een getekend. 'Mars is ongeveer half zo breed als de Aarde en heeft een heel dunne atmosfeer, minder dan één procent van onze luchtdruk,' zegt Kiko. 'Vloeibaar water verdampt of bevriest daar snel. Water is er wel, als ijs: in de poolkappen en onder de grond.'

Bug drie: de temperatuur. 'Gemiddeld is het er ongeveer $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$,' leest Lotte voor. 'Op een zomerdag aan de evenaar kan het tot ongeveer $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ worden, maar 's nachts zakt het diep onder nul. Aan de polen kan het $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ worden.' 'Dan ga ik zeker niet in korte broek,' zegt Vic.

Tess plakt drie gele briefjes op haar scherm: bug vier, vijf en zes. Een dag op Mars, een sol, duurt ongeveer 24 uur en 40 minuten. Een jaar duurt 687 aardse dagen. De as van Mars staat schuin zoals bij ons, dus Mars heeft seizoenen, ongeveer twee keer zo lang. En soms bedekt een stofstorm wekenlang de hele planeet.

'En bug zeven?' vraagt Vic. Ayoub wijst naar het heuveltje midden op de map. 'Daar staat in het echt de grootste vulkaan van het zonnestelsel.'

Olympus Mons en een kloof van 4 000 kilometer



Ayoub bouwt op de zetel een heuvel van kussens. 'Zo steil is Olympus Mons,' zegt hij trots. 'Veel te steil,' zegt Kiko. 'Olympus Mons is een schildvulkaan: breed, met flauwe hellingen, opgebouwd uit laag na laag vloeibare lava. Hij is ongeveer 22 kilometer hoog, bijna twee en een half keer de Mount Everest. Zijn voet is ongeveer 600 kilometer breed: België zou er ongeveer negen keer op passen.' Hij legt een lat van een meter neer en tilt één kant ongeveer 5 centimeter op. 'Zo flauw loopt zijn helling gemiddeld op: minder dan 5 graden. Als je erop stond, merkte je nauwelijks dat je omhoog liep.'

Op Mars is er geen zee en dus geen zeeniveau. Sterrenkundigen spreken daarom een nulhoogte af. Afhankelijk van hoe je meet, lees je soms 22 en soms 25 kilometer. Lotte noteert allebei: 'Verschillende metingen. Allebei waar.'

Waarom zo enorm? Op Aarde schuift de korst langzaam over hete plekken in de mantel. Daar ontstaat telkens een nieuwe vulkaan naast de vorige, zoals de rij eilanden van Hawaï. De grootste vulkaan van de Aarde, Mauna Loa, is vanaf de zeebodem ongeveer 9 kilometer hoog.

Op Mars schuift de korst niet. De lava kwam honderden miljoenen jaren op dezelfde plek naar boven en stapelde zich op tot één reus. Door de zwakkere zwaartekracht zakt zo'n berg ook minder snel in. 'Zoals in een bouwspel,' zegt Ayoub. 'Altijd op hetzelfde blokje bijbouwen.'

Ernaast ligt Valles Marineris, de grootste kloof van het zonnestelsel: meer dan 4 000 kilometer lang en tot 7 kilometer diep. Op Aarde zou ze ongeveer van Lissabon tot Moskou reiken. Tess bouwt er een brug over. Lotte schrijft: 'Brug: fantasie. Kloof: echt.'

13 REKENEN

Ayoub weegt 40 kilogram. Op Mars is de zwaartekracht 38 procent van die op Aarde. Wat zou een weegschaal op Mars aangeven als hij erop gaat staan?

Antwoord: _____

14 OPEN VRAAG

Bugrapport, vraag van Lotte: 'Waarom kan er op Aarde geen vulkaan zo groot als Olympus Mons groeien?' Geef twee redenen.



Tess zoekt het op

Tess zoekt het op en leest voor: 'Mars heeft twee maantjes die op aardappels lijken: Phobos, ongeveer 22 kilometer breed, en Deimos, ongeveer 12 kilometer. Phobos komt elk jaar een heel klein beetje dichterbij Mars. Over tientallen miljoenen jaren valt hij te pletter of brokkelt hij uiteen tot een ring rond de planeet.' 'Een maantje dat in stukken valt,' zegt Vic. 'Dat wordt het einde van mijn filmpje.'