Docentenhandleiding: Het zonnestelsel op schaal

Groep 7 · rekenen, natuur en techniek · Het heelal · 260 min

Doelen

- Ik lees, schrijf en vergelijk getallen tot in de miljarden
- Ik reken met een schaal van echt naar model en terug
- Ik vergelijk grootes en afstanden met "hoeveel keer zo groot?"
- Ik meet buiten met mijn eigen stappen en zet een model uit op het plein
- Ik reken afstanden om naar reistijden en controleer een schatting
- Ik leg uit wat een model goed laat zien en wat niet

Overzicht

Over dit project

De leerling krijgt een bouwopdracht van sterrenkundige Fenna: maak een **model van het zonnestelsel op het schoolplein**, alles op schaal. Het boekje is het bouwplan, in vijf stappen: hoe groot is groot, de planeten op schaal, de plek van elke planeet op het plein, reistijden door het model, en tot slot een bord voor bezoekers en een plan voor het eigen plein.

Het verrassende zit in stap 3: op dezelfde schaal als de planeten staat Neptunus een halve kilometer van de zon. Het model past alleen met een **tweede schaal voor de afstanden**. De leerling zet dat model echt uit, meet met de eigen stappen, en ontdekt dat de vier binnenste planeten binnen vijf meter van de zon staan en de rest tientallen meters verder.

Waarom dit past bij snelle rekenaars: er komt geen nieuwe rekenstof bij. Het gaat zijwaarts: echte, heel grote getallen, schaal en verhouding in twee richtingen, eenheden omrekenen (mm, m, km; seconde, uur, dag, jaar), schatten en controleren. En de vraag die elke onderzoeker stelt: wat laat mijn model goed zien, en wat niet? Het sluit aan bij de conceptkerndoelen voor rekenen-wiskunde over getallen, verhoudingen, meten en modelleren, en bij natuur en techniek (de aarde en het zonnestelsel).

Materialen

- Een liniaal
- Rekenmachine alleen bij de extra uitdagingen
- Voor het plein (per groepje van twee of drie): een meetlint of een touw van 10 meter, een bal voor de zon, acht kaartjes met de namen van de planeten en iets om ze neer te zetten (pionnen, stokjes, stoepkrijt)
- Een groot vel papier voor het bord (deel 5)
- Een kaart of atlas van Europa (extra uitdaging deel 5)

Voorbereiding

- Meet vooraf hoe lang en breed uw schoolplein ongeveer is. Het bouwplan in deel 3 gaat uit van een plein van 60 bij 40 meter; zeg het de leerling als uw plein veel anders is.
- Spreek voor deel 3 een moment af waarop de leerling 20 tot 30 minuten op het plein mag, liefst met een of twee klasgenoten. Ook deel 5 vraagt een paar minuten buiten (het eigen plein afstappen).

- Een deel kost 35 tot 70 minuten. Niet alles hoeft in één keer.

Introductie

Vraag: als de aarde zo groot is als een knikker, hoe groot is de zon dan? Laat de leerling een voorwerp noemen en opschrijven. Bewaar die schatting: in deel 1 komt het antwoord. Vertel dan dat het boekje een bouwplan is voor een echt model op het schoolplein, en lees samen Fenna's opdracht.

Differentiatie

- Snel klaar: de extra uitdaging aan het eind van elk deel. Die gaan zijwaarts: de maan in het model, banen als cirkels, Voyager 1 en de dichtstbijzijnde ster.
- Moeite met grote getallen: laat de leerling rekenen met "miljoen" als eenheid (150 miljoen : 50 miljoen = 3) en eerst afronden. De groepjes van drie cijfers uit deel 1 helpen.
- Moeite met de schaal: laat de leerling hardop zeggen wat 1 mm in het model "betekent" (10 000 km) en een tabelletje maken: 1 mm, 2 mm, 10 mm.
- Het buitenwerk kan ook met een maatje dat het boekje niet doet: die houdt het meetlint vast.

Beoordeling

De meeste rekenvragen worden automatisch nagekeken; per vraag ziet u waar het misging. De open vragen, het logboek op het plein, het plan voor het eigen plein en het bord beoordeelt u met de criteria in deze handleiding. Kijk vooral naar twee dingen: rekent de leerling zelf na of het model klopt (past Neptunus? klopt de aarde bij de zon?), en kan hij uitleggen wat een model op schaal wel en niet laat zien?

Notities

Echte gegevens, afgerond: middellijnen uit de factsheets van NASA, afstanden tot de zon zijn gemiddelden, afgerond op miljoenen (de grote planeten op tientallen miljoenen), want de banen zijn geen perfecte cirkels. Andere bronnen geven soms iets andere getallen; dat is een mooi gesprek (waarom?), geen fout.

Machten van tien, wetenschappelijke notatie en lichtjaren komen bewust niet aan bod. Grote getallen staan in groepjes van drie cijfers of met "miljoen" en "miljard".

De twee schalen van het project:

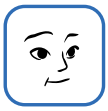
- Groottes (deel 2): 1 mm in het model is 10 000 km in het echt.
- Afstanden op het plein (deel 3 en 4): 1 meter is 50 miljoen km.

1. Hoe groot is groot? · 35 min

De opdracht, en kennismaken met de getallen van het zonnestelsel. Het plaatje "zoals in veel boeken" is bewust fout: gelijke afstanden en bijna gelijke groottes. De leerling noteert nu wat hij denkt dat er niet klopt; in deel 5 komt hij erop terug. De schatting met de knikker is belangrijk: bijna iedereen schat de zon veel te klein.

Vragen voor het gesprek:

- Hoe dicht zat je schatting bij het echte antwoord?
- Hoe lees je 1 392 000 hardop? En 4 500 000 000?
- Wat denk je nu al dat er niet klopt aan plaatjes in boeken?



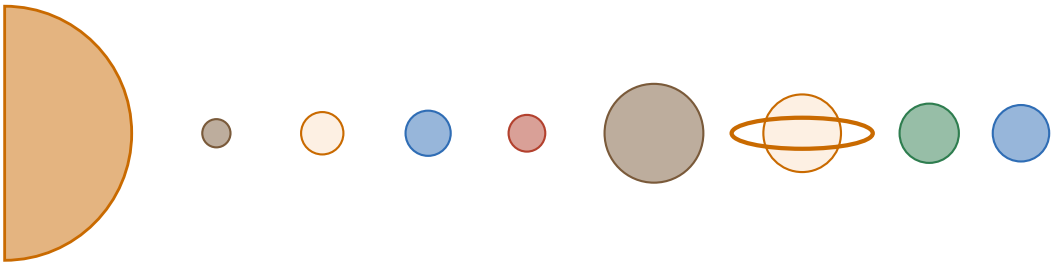
Fenna *sterrenkundige*

Ik ben Fenna, sterrenkundige. Op plaatjes passen alle planeten op één bladzijde. Maar in het echt is het zonnestelsel onvoorstelbaar groot. Daarom wil ik dat jullie school een echt model krijgt, op het schoolplein. Alles op schaal. Dit boekje is het bouwplan.

Het bouwplan

- **Stap 1.** Hoe groot is groot? De getallen leren kennen.
- **Stap 2.** De planeten op schaal: hoe groot wordt elke planeet?
- **Stap 3.** De bouwtekening: waar komt elke planeet op het plein?
- **Stap 4.** Reizen door het model: hoe lang ben je onderweg?
- **Stap 5.** Het bord bij het model, en een plan voor jullie eigen plein.

Zo staat het zonnestelsel vaak in boeken en op posters. Links de zon, dan de acht planeten op een rij.



Een plaatje zoals in veel boeken.

1 Wat denk je dat er niet klopt aan dit plaatje? Noem twee dingen. Je mag gokken.

Toelichting: Een voorspelling, geen toets. Wat er niet klopt, ontdekt de leerling in deel 2 (groottes) en deel 3 (afstanden). In deel 5 kijkt hij terug op dit antwoord.

Doorvragen:

- Waarom zou een tekenaar het zo tekenen, als het niet klopt?

Beoordelingscriteria:

- Noemt twee dingen die over het plaatje gaan (grootte, afstand, de zon past er niet op, de planeten

staan niet op een rij)

- Probeert een reden te geven

De zon is een ster: een enorme bal van heet gas. Haar middellijn (de afstand dwars door het midden) is **1 392 000 km**. De middellijn van de aarde is **12 756 km**.

Zulke getallen lees je makkelijker in groepjes van drie cijfers, van rechts naar links. 1 392 000 is één miljoen driehonderdtweeënnegentigduizend.

Alleen. Eerst schatten, dan rekenen.

2 Stel dat de aarde een knikker van 1 cm is. Hoe groot is de zon dan? Schat eerst, zonder te rekenen.

A een tennisbal

B een voetbal

C een grote skippybal van ongeveer 1 meter

D een tuinhuisje

Antwoord: C (een grote skippybal van ongeveer 1 meter)

Toelichting: De zon is ongeveer 109 keer zo breed als de aarde: een knikker van 1 cm wordt een bal van ongeveer 1,1 meter.

Veelgemaakte fouten:

- Kiest de voetbal of de tennisbal: onderschat hoe groot '100 keer' is.

Doorvragen:

- Hoe kun je je schatting straks controleren?

3 Hoeveel aardes passen er naast elkaar over de middellijn van de zon? Rond af op een heel getal.

Tip: Deel de middellijn van de zon door die van de aarde. Rond eerst af op duizendtallen om te schatten.

Antwoord: 109 ± 2 aardes

Toelichting:

- Schatten: 1 400 000 : 14 000 = 100, of 1 400 000 : 13 000 is ongeveer 108.
- Precies: 1 392 000 : 12 756 = 109,1.
- 107 tot en met 111 is goed.

Veelgemaakte fouten:

- Antwoordt 1 092 of 10,9: een nul te veel of te weinig. Laat de leerling eerst schatten.

In dit bouwplan kom je getallen tegen tot in de miljarden. Eén miljard is duizend miljoen.

4 Neptunus staat ongeveer vier miljard vijfhonderd miljoen kilometer van de zon. Hoe schrijf je dat in cijfers?

A 4 500 000 km

B 4 500 000 000 km

C 45 000 000 000 km

D 4 000 500 000 km

> **Antwoord:** B (4 500 000 000 km)
>
> **Toelichting:** Vier miljard is 4 000 000 000 (negen nullen), plus 500 000 000.
>
> **Veelgemaakte fouten:**
>
> - Kiest D: schrijft 'vier miljard' en 'vijfhonderd' los achter elkaar, zonder te zien dat het vijfhonderd miljoen is.

5 Hoeveel keer past 1 miljoen in 1 miljard?

> **Antwoord:** 1.000 keer
>
> **Toelichting:** 1 000 000 000 heeft drie nullen meer dan 1 000 000, dus 1 000 keer.
>
> **Doorvragen:**
>
> - Hoe lang duurt het om tot een miljoen te tellen, één getal per seconde? En tot een miljard? (Ruim 11 dagen; bijna 32 jaar.)

> **Extra uitdaging**
>
> Hoeveel aardes passen er ín de zon, als je haar helemaal zou vullen? Denk aan een kubus van blokjes. Hoeveel blokjes heeft een kubus van 109 bij 109 bij 109?

> **Over de extra uitdaging**
>
> 109 × 109 × 109 is ongeveer 1 300 000: ruim een miljoen aardes. Echte bollen passen niet zonder gaten, maar wie met de inhoud rekent, komt op ongeveer 1,3 miljoen. Goed gesprek: waarom niet alleen 109 × 109 (een vlak), maar nog een keer keer 109?

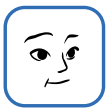
> **Terugblik.** Aan het eind van dit deel vult de leerling op het antwoordblad een korte terugblik in: hoe moeilijk en hoe leuk het was, hoeveel hulp nodig was, en wat de leerling er nog over kwijt wil. Er is geen goed of fout. Gebruik het om de leerling bij te sturen en als begin van een gesprek met de leerling.

2. De planeten op schaal · 50 min

Rekenen met één schaal: 1 mm in het model is 10 000 km in het echt (alles tien miljoen keer zo klein). De leerling vult de tabel aan, vergelijkt met "hoeveel keer zo groot" en ziet op de tekening op ware grootte hoe klein de aarde is naast de zon. Plan B (de aarde 1 cm) laat zien dat je bij een schaal altijd iets moet opgeven.

Vragen voor het gesprek:

- Hoe heb je de schaal gebruikt om de zon uit te rekenen?
- Welk voorwerp past bij de aarde in het model? En bij de zon?
- Wat wordt er beter en wat slechter met plan B?



Fenna *sterrenkundige*

In ons model maken we alles tien miljoen keer zo klein. Dan is **1 mm in het model 10 000 km in het echt**. Dat is onze schaal voor de grootte.

Hemellichaam	Middellijn in het echt	Middellijn in het model
Zon	1 392 000 km	?
Mercurius	4 879 km	ongeveer 0,5 mm
Venus	12 104 km	ongeveer 1,2 mm
Aarde	12 756 km	?
Mars	6 792 km	ongeveer 0,7 mm
Jupiter	142 984 km	?
Saturnus	120 536 km	ongeveer 12 mm
Uranus	51 118 km	ongeveer 5 mm
Neptunus	49 528 km	ongeveer 5 mm

Schaal: 1 mm in het model is 10 000 km in het echt.

Alleen. Reken de vraagtekens in de tabel uit.

6 Hoe groot is de aarde in het model? Rond af op één cijfer achter de komma.

Tip: Hoe vaak past 10 000 km in 12 756 km?

Antwoord: 1,3 ± 0,1 mm

Toelichting: 12 756 : 10 000 = 1,2756, afgerond 1,3 mm.

Veelgemaakte fouten:

- Antwoordt 13 of 128: deelt door 1 000 of door 100 in plaats van door 10 000.

7 Hoe groot is Jupiter in het model? Rond af op hele millimeters.

Antwoord: 14 ± 1 mm

Toelichting: 142 984 : 10 000 = 14,3, afgerond 14 mm: een knikker.

8 Hoe groot is de zon in het model? Rond af op hele millimeters.

Antwoord: 139 ± 1 mm

Toelichting: 1 392 000 : 10 000 = 139,2, afgerond 139 mm. Bijna 14 cm: een kleine meloen of een handbal.

9 Welk voorwerp is ongeveer zo groot als de aarde in het model?

A een speldenknop

B een erwt

C een knikker

D een pingpongbal

Antwoord: A (een speldenknop)

Toelichting: Een speldenknop is 1 tot 2 mm. Een erwt (ongeveer 8 mm) is al meer dan zes keer te groot.

10 De middellijn van Mars is ongeveer welk deel van die van de aarde? Kies een eenvoudige breuk.

Tip: Rond beide getallen eerst af op duizendtallen.

Antwoord: 1/2 (gelijkwaardige breuken goed)

Toelichting: 6 792 is ongeveer 7 000; 12 756 is ongeveer 13 000 of 14 000. 7 000 van 14 000 is de helft.

Veelgemaakte fouten:

- Schrijft 6792/12756: klopt, maar is geen eenvoudige breuk. Vraag welke breuk er dichtbij ligt.

11 Hoeveel keer zo breed als de aarde is Uranus ongeveer?

Antwoord: 4 keer

Toelichting: 51 118 : 12 756 is ongeveer 4,0. In het model: 5 mm tegen 1,3 mm.

12 Zet de planeten op volgorde van klein naar groot.

A Neptunus

B Saturnus

C Mercurius

D Uranus

E Mars

F Jupiter

G Venus

H Aarde

Antwoord: C › E › G › H › A › D › B › F

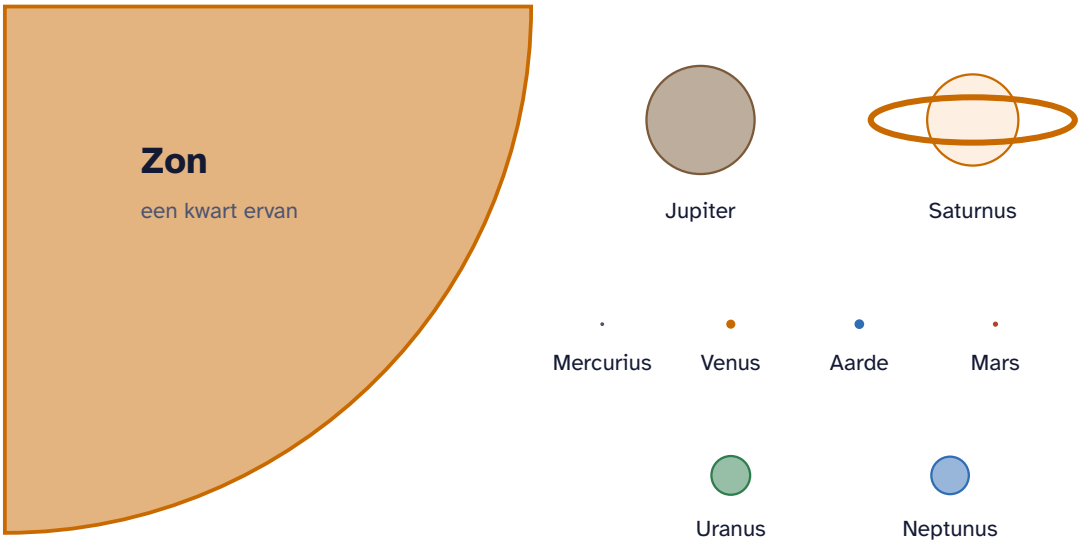
Toelichting: Venus en de aarde lijken veel op elkaar (12 104 en 12 756 km), net als Uranus en Neptunus: goed lezen.

Veelgemaakte fouten:

- Zet de planeten in de volgorde vanaf de zon in plaats van op grootte.

1	2	3	4	5	6	7	8
C	E	G	H	A	D	B	F

Zo ziet het model eruit op **ware grootte**. Meet maar na met je liniaal.



De planeten en een kwart van de zon, op de schaal van het model (1 mm is 10 000 km). De hele zon is 139 mm breed.

Plan B

Een bezoeker van de sterrenwacht vindt de aarde in het model te klein. "Een speldenknop ziet niemand. Maak de aarde toch 1 cm!"

13 Als de aarde 1 cm wordt, hoe groot wordt de zon dan? Is plan B een goed plan voor het schoolplein? Leg uit.

Toelichting: Met de aarde op 1 cm (bijna 8 keer zo groot) wordt de zon 109 cm: een skippybal van ruim een meter. Jupiter wordt 11 cm. Dat past nog op het plein, maar alle afstanden worden ook bijna 8 keer zo groot (zie deel 3). Een leerling die alleen naar de groottes kijkt en plan B goed vindt, heeft een punt; vraag dan wat er met de afstanden gebeurt.

Doorvragen:

- Mag je de planeten groter maken dan de schaal, als je dat op een bordje erbij zet?

Beoordelingscriteria:

- Rekent uit dat de zon ongeveer 1 meter (109 cm) wordt
- Geeft een oordeel over het plan met een reden (zichtbaarheid, een bal van een meter, of de afstanden die ook groter worden)

Extra uitdaging

De maan is 3 475 km breed en staat 384 000 km van de aarde. Hoe groot is de maan in ons model? En hoe ver staat ze van de speldenknop-aarde? Zoek voor allebei een voorwerp of een afstand in de klas.

Over de extra uitdaging

Maan: 3 475 : 10 000 is ongeveer 0,35 mm, een korreltje zand. Afstand: 384 000 : 10 000 = 38,4 mm, bijna 4 cm: ongeveer een duim lang. Verrassend voor veel leerlingen: op deze schaal past de hele baan van de maan op een bierviltje, terwijl de zon 15 meter verderop staat.

Terugblik. Aan het eind van dit deel vult de leerling op het antwoordblad een korte terugblik in: hoe moeilijk en hoe leuk het was, hoeveel hulp nodig was, en wat de leerling er nog over kwijt wil. Er is geen goed of fout. Gebruik het om de leerling bij te sturen en als begin van een gesprek met de leerling.

3. De bouwtekening · 70 min

De verrassing van het project: op dezelfde schaal als de groottes staat de aarde 15 meter van de zon en Neptunus 450 meter. Dat past op geen enkel plein. Daarom een tweede schaal, alleen voor afstanden. Fenna's bouwtekening maakt een bocht om Neptunus op het plein te krijgen; de leerling meet na en ontdekt dat Neptunus dan te dicht bij de zon staat (66 m in plaats van 90 m). Daarna echt naar buiten: de eigen stap ijken, het model uitzetten en een logboek bijhouden.

Vragen voor het gesprek:

- Waarom gebruiken we op het plein een andere schaal dan in deel 2?
- Wat is er mis met de bocht in de bouwtekening? Wat zou jij doen?
- Wat vond je het meest verrassend op het plein?

Fenna *sterrenkundige*

De zon is in het model zo groot als een meloen en de aarde als een speldenknop. Nu de grote vraag. Hoe ver staan ze van elkaar?

Planeet	Gemiddelde afstand tot de zon
Mercurius	58 miljoen km
Venus	108 miljoen km
Aarde	150 miljoen km
Mars	228 miljoen km
Jupiter	778 miljoen km
Saturnus	1 430 miljoen km
Uranus	2 870 miljoen km
Neptunus	4 500 miljoen km

Afgerond. 4 500 miljoen km is 4 miljard 500 miljoen km.

Alleen. Gebruik eerst dezelfde schaal als bij de grootte: 1 mm is 10 000 km.

14 Hoe ver staat de aarde in het model van de zon af? Geef je antwoord in meters.

Tip: Reken eerst uit hoeveel millimeter het is. 1 000 mm is 1 meter.

Antwoord: 15 meter

Toelichting: 150 000 000 : 10 000 = 15 000 mm = 15 m.

Veelgemaakte fouten:

- Stopt bij 15 000 en vergeet de millimeters om te rekenen naar meters.

15 Hoe ver staat Neptunus in het model van de zon af? Geef je antwoord in meters.

Antwoord: 450 ± 10 meter

Toelichting: 4 500 000 000 : 10 000 = 450 000 mm = 450 m. Bijna een halve kilometer, voor een meloen en een paar speldenknoppen.

16 Hoeveel keer zo ver van de zon als de aarde staat Neptunus?

Antwoord: 30 keer

Toelichting: 4 500 : 150 = 30. Ook in het model: 450 m : 15 m = 30. Een schaal verandert de verhoudingen niet.

Doorvragen:

- Waarom is het antwoord in het echt en in het model hetzelfde?

17 Een schoolplein is vaak 40 tot 60 meter lang. Wat klopt in dit model?

A Het hele model past op het schoolplein.

B Mercurius tot en met Mars passen erop. Neptunus staat bijna een halve kilometer verderop.

C Alleen de zon past erop.

> **Antwoord:** B (Mercurius tot en met Mars passen erop. Neptunus staat bijna een halve kilometer verderop.)
>
> **Toelichting:** Mars staat op 23 m, Jupiter op 78 m. Op een kleiner plein past Mars nog net.

Een tweede schaal

Het plein is te klein. Daarom kiest Fenna een nieuwe schaal, alleen voor de afstanden:

1 meter op het plein is 50 miljoen km in het echt.

De zon wordt een bal. Elke planeet wordt een kaartje op een stok.

18 Hoeveel meter van de zon staat de aarde op het plein?

> **Antwoord:** 3 meter
>
> **Toelichting:** 150 miljoen : 50 miljoen = 3 m.

19 Hoeveel meter van de zon staat Mars op het plein? Geef twee cijfers achter de komma.

> **Antwoord:** 4,56 ± 0,05 meter
>
> **Toelichting:** 228 : 50 = 4,56 m: 4 meter en 56 centimeter.
>
> **Veelgemaakte fouten:**
>
> - Schrijft 4,6 of 4,5: rondt te vroeg af. Vraag hoeveel centimeter 0,56 m is.

20 Waar komen deze planeten op het plein? Zet de letters op de goede plek op de lijn. De zon staat bij 0.

Tip: Deel de afstand in miljoenen km door 50.

A Jupiter

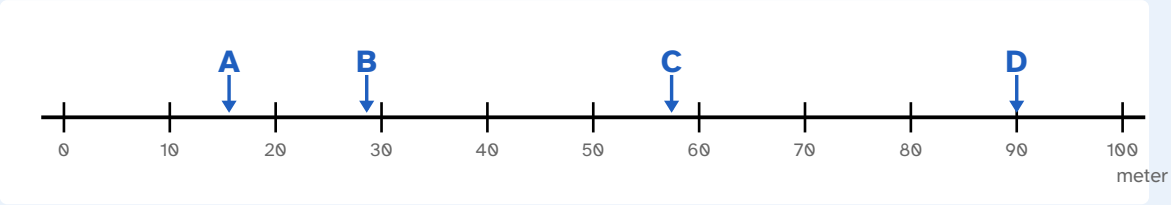
B Saturnus

C Uranus

D Neptunus

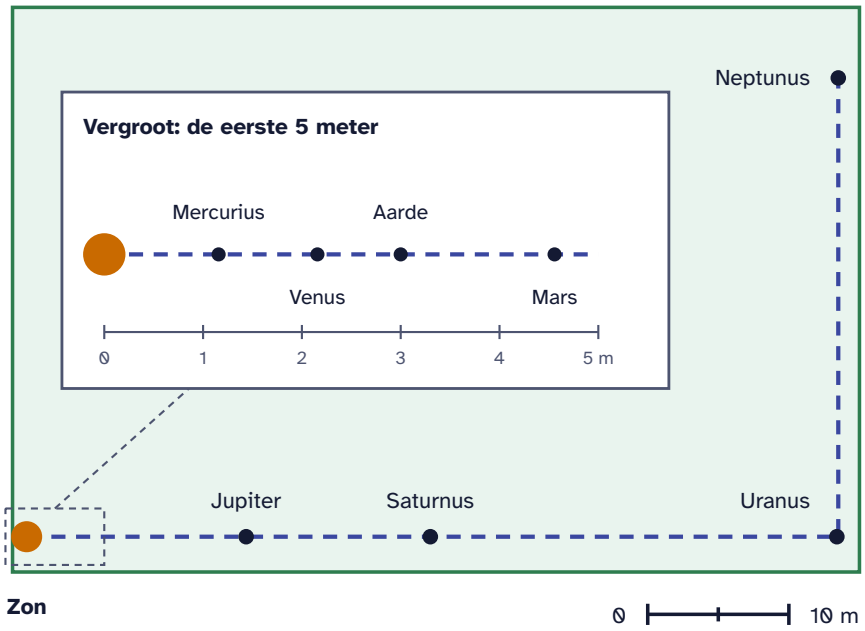
> **Antwoord:** A: 15,6, B: 28,6, C: 57,4, D: 90
>
> **Toelichting:**
>
> - Jupiter: 778 : 50 is ongeveer 15,6 m
> - Saturnus: 1 430 : 50 = 28,6 m
> - Uranus: 2 870 : 50 = 57,4 m
> - Neptunus: 4 500 : 50 = 90 m

Een letter binnen 3 meter van de juiste plek is goed.



Fenna heeft een bouwtekening gemaakt voor een plein van 60 bij 40 meter. Neptunus past niet op een rechte lijn. Daarom maakt de rij planeten een bocht.

Schoolplein: 60 meter lang, 40 meter breed



De bouwtekening. De stippellijn is de route langs de planeten: 90 meter van de zon tot Neptunus.

21 Meet op de tekening hoe ver Neptunus in een rechte lijn van de zon staat. Gebruik de schaalstok. Hoeveel meter is dat?

Tip: Meet eerst de schaalstok van 10 m. Hoe vaak past die op de lijn van de zon naar Neptunus?

Antwoord: 66 ± 5 meter

Toelichting: De rechte lijn van de zon naar Neptunus is ongeveer 6,6 keer zo lang als de schaalstok van 10 m (op de tekening ongeveer 12,3 cm tegen 1,9 cm). Dat is ongeveer 66 m. 61 tot en met 71 m is goed.

22 Klopt het model met de bocht? Leg uit, en bedenk een betere plek voor Neptunus.

Toelichting: De afstand die telt, is de afstand tot de zon, in een rechte lijn. Met de bocht staat Neptunus op 66 m in plaats van 90 m: te dicht bij de zon. Echte planeten staan bovendien bijna nooit op een rij: elke planeet draait in een bijna ronde baan om de zon. Neptunus mag dus in elke richting staan, als het maar 90 m van de zon is. Goede oplossingen: Neptunus buiten het hek, op de stoep of in het park; of een andere schaal. De zon in een hoek en Neptunus schuin over het plein lukt niet: de schuine lijn is 72 m.

Veelgemaakte fouten:

- Vindt de bocht goed omdat de route 90 meter is: meet de weg, niet de afstand tot de zon.

Doorvragen:

- Op welke plekken mag Neptunus allemaal staan? (Op een cirkel met de zon in het midden.)

Beoordelingscriteria:

- Ziet dat Neptunus met de bocht te dicht bij de zon staat (met de gemeten afstand als bewijs)
- Stelt een oplossing voor die de afstand tot de zon goed houdt, of kiest bewust een andere schaal

Naar buiten

Onderzoek. Een meetlint is maar 10 meter. Daarom meet je verder met je eigen stappen.

23 Hoeveel van jouw stappen is het van de zon naar Neptunus op het plein (90 meter)? Schat eerst.

Antwoord: ongeveer 150 stappen (goed: 100 tot en met 220)

Stap voor stap:

1. Een gewone stap is ongeveer 60 cm.

2. 10 stappen is dan 6 meter.

3. 90 meter is 15 keer 6 meter, dus 15 × 10 = 150 stappen.

4. Elke schatting van 100 tot en met 220 stappen is goed. Kijk bij een schatting daarbuiten naar hoe de leerling schatte: vaak klopt de aanpak en zit één stap ernaast.

24 Leg het meetlint 10 meter uit. Loop het af met gewone stappen en tel. Hoe lang is één stap van jou, in centimeters?

Tip: Deel 1 000 cm door het aantal stappen.

Uitwerking: Bij 16 stappen is één stap 1 000 : 16 = 62,5 cm. Bij leerlingen van deze leeftijd is een stap meestal 50 tot 70 cm.

Toelichting: Geen vast antwoord. Check of het getal past bij het aantal stappen dat de leerling noemt, en tussen 45 en 80 cm ligt.

Samen. Bouw het model met z'n tweeën of drieën. Neem mee: een meetlint, een bal voor de zon en acht kaartjes.

25 Zet de zon neer. Meet tot Mars met het meetlint, daarna met je stappen. Vul het logboek in.

Toelichting:

Meters: Mercurius 1,16; Venus 2,16; Aarde 3; Mars 4,56; Jupiter 15,6; Saturnus 28,6; Uranus 57,4; Neptunus 90.

Stappen = meters : staplengte. Bij een stap van 60 cm: Jupiter 26, Saturnus 48, Uranus 96, Neptunus 150.

Beoordelingscriteria:

- De meters kloppen met de schaal (1 m is 50 miljoen km)

- De stappen passen bij de eigen staplengte
- Zegt in het gesprek wat er gedaan is als het plein te klein was

Bespreek. Ga bij de zon staan en kijk naar de kaartjes.

26 Wat valt je op aan het model op het plein? Noem twee dingen die je niet had verwacht.

Doorvragen:

- Waarom staan de planeten op plaatjes vaak op gelijke afstanden?

Beoordelingscriteria:

- Noemt twee concrete waarnemingen (bijvoorbeeld: de vier binnenste planeten staan binnen 5 meter van de zon, daarna worden de gaten heel groot)
- Vergelijkt met wat hij vooraf verwachtte, of met het plaatje uit deel 1

Stopmoment

Houd na het plein een kort gesprek. Wat viel op? Vraag ook wat het model niet laat zien: de planeten zijn op deze schaal niet te zien (de aarde zou 0,26 mm zijn), ze bewegen, en ze staan niet op een rij.

Extra uitdaging

Neptunus draait in een bijna ronde baan om de zon. Hoe breed is die cirkel in het pleinmodel? Past de baan van Neptunus op het plein? En die van Jupiter?

Over de extra uitdaging

Neptunus staat 90 m van de zon, dus de cirkel is 2 × 90 = 180 m breed: past nergens. Jupiter: 2 × 15,6 = 31 m, dat past op een plein van 40 m breed. Dit sluit aan bij de bocht in de bouwtekening: een planeet mag overal op haar cirkel staan.

Terugblik. Aan het eind van dit deel vult de leerling op het antwoordblad een korte terugblik in: hoe moeilijk en hoe leuk het was, hoeveel hulp nodig was, en wat de leerling er nog over kwijt wil. Er is geen goed of fout. Gebruik het om de leerling bij te sturen en als begin van een gesprek met de leerling.

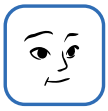
4. Reizen door het model · 55 min

Afstanden omrekenen naar tijd: de auto naar de maan en de zon, het licht, een ruimtesonde. Het mooiste moment: in het pleinmodel kruipt het licht (6 mm per seconde), maar doet het er van de zon tot de aarde precies even lang over als in het echt. Een schaal maakt afstanden kleiner, geen tijd. Laat de leerling dat zelf verwoorden.

Vragen voor het gesprek:

- Welke reistijd verbaasde je het meest?

- Waarom duurt het in het model even lang als in het echt?
- Wat zou jij antwoorden op de bewering over vakantie op Neptunus?



Fenna *sterrenkundige*

Miljoenen kilometers zeggen je misschien niet zoveel. Tijd wel. Hoe lang ben je onderweg in ons zonnestelsel?

Wat	Snelheid
🚶 Wandelen	5 km per uur
🚗 Auto op de snelweg	100 km per uur
🛰️ Snelle ruimtesonde	50 000 km per uur
⚡ Licht	300 000 km per **seconde**

De maan staat ongeveer **384 000 km** van de aarde. Stel dat je er met de auto heen kunt rijden, zonder te stoppen.

27 Hoeveel dagen rijd je met de auto naar de maan?

Tip: Reken eerst uit hoeveel uur het is. Een dag heeft 24 uur.

Antwoord: 160 dagen

Toelichting: 384 000 : 100 = 3 840 uur. 3 840 : 24 = 160 dagen: ruim vijf maanden.

28 Hoe lang rijd je met de auto naar de zon (150 miljoen km)? Kies wat het dichtst in de buurt komt.

A ongeveer 17 jaar

B ongeveer 170 jaar

C ongeveer 1 700 jaar

D ongeveer 17 000 jaar

Antwoord: B (ongeveer 170 jaar)

Toelichting: 150 000 000 : 100 = 1 500 000 uur. 1 500 000 : 24 = 62 500 dagen. 62 500 : 365 is ongeveer 171 jaar.

Veelgemaakte fouten:

- Kiest 17 jaar: rekent met 15 miljoen in plaats van 150 miljoen km.

29 En wandelen naar de zon, dag en nacht door? Hoeveel jaar ben je onderweg? Schat, en rond flink af.

Antwoord: ongeveer 3.400 jaar (goed: 2.000 tot en met 6.000)

Stap voor stap:

1. Wandelen is 20 keer zo langzaam als de auto (100 km per uur tegen 5).

2. Met de auto was het ongeveer 170 jaar.

3. 170 × 20 = 3 400 jaar.

4. Elke schatting van 2.000 tot en met 6.000 jaar is goed. Kijk bij een schatting daarbuiten naar hoe de leerling schatte: vaak klopt de aanpak en zit één stap ernaast.

Toelichting: Ook goed: opnieuw beginnen bij 150 000 000 : 5 = 30 000 000 uur. Wie slim de vorige vraag gebruikt, is veel sneller klaar.

Doorvragen:

- Hoe kon je deze vraag oplossen zonder alles opnieuw te rekenen?

Licht is het snelste wat er is. Toch doet ook het licht er even over om bij ons te komen.

30 Hoeveel seconden doet het zonlicht over de weg van de zon naar de aarde?

Antwoord: 500 seconden

Toelichting: 150 000 000 : 300 000 = 500 seconden.

Veelgemaakte fouten:

- Rekent met 300 000 km per uur: lees 'per seconde' nog eens.

31 Hoeveel minuten is dat ongeveer? Rond af op hele minuten.

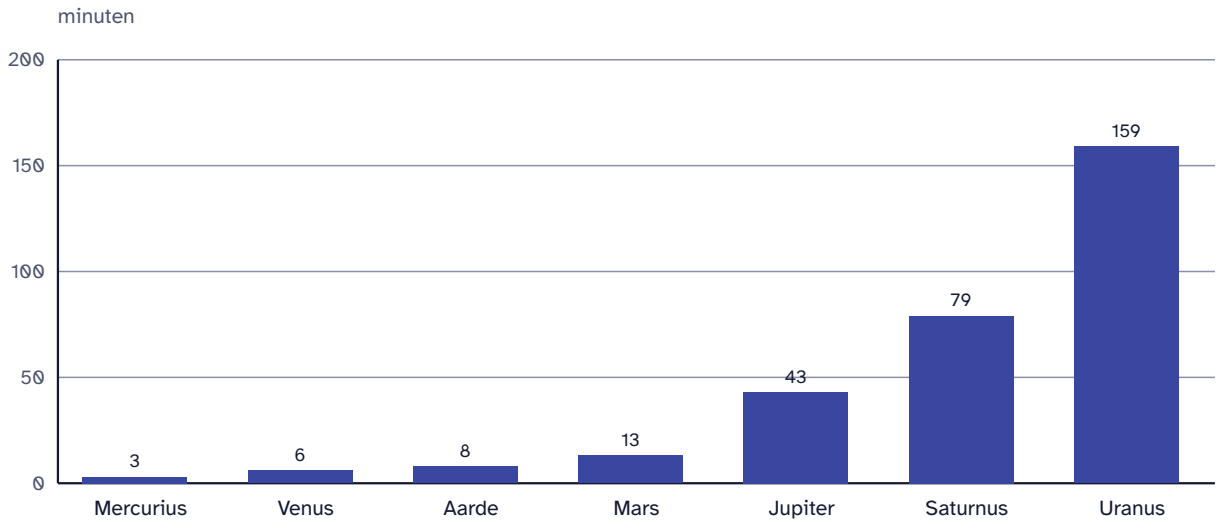
Antwoord: 8 minuten

Toelichting: 500 : 60 = 8 rest 20: 8 minuten en 20 seconden.

Doorvragen:

- Het zonlicht dat je nu ziet, vertrok 8 minuten geleden. Wat betekent dat?

Hoe lang is het zonlicht onderweg?



Berekend met de afstanden uit stap 3, afgerond op hele minuten.

32 Neptunus ontbreekt in de grafiek. Hoeveel minuten is het zonlicht onderweg naar Neptunus?

Tip: Neptunus staat 30 keer zo ver als de aarde. Of reken met 4 500 miljoen km.

Antwoord: 250 ± 5 minuten

Toelichting: 4 500 000 000 : 300 000 = 15 000 seconden. 15 000 : 60 = 250 minuten: 4 uur en 10 minuten. Of: 30 × 8 min 20 s = 250 min. Wie 30 × 8 = 240 rekent, is net te grof; 245 tot en met 255 is goed.

33 Hoeveel keer zo lang als naar de aarde is het licht onderweg naar Jupiter? Rond af op een heel getal.

Antwoord: 5 keer

Toelichting: 43 : 8 is ongeveer 5. Hetzelfde als 778 : 150, ongeveer 5,2: twee keer zo ver is twee keer zo lang.

Het licht in het model

In het pleinmodel is 1 meter 50 miljoen km. Hoe snel gaat het licht dan, als je het door het model laat lopen?

34 Het licht gaat 300 000 km in één seconde. Hoeveel millimeter is dat in het pleinmodel?

Tip: Hoeveel meter is 300 000 km in het model? 50 miljoen km is 1 meter.

Antwoord: 6 mm

Toelichting: 300 000 : 50 000 000 = 0,006 m = 6 mm. Het licht kruipt in het model met 6 mm per seconde, ongeveer zo snel als een slak.

Veelgemaakte fouten:

- Komt op 0,006 en schrijft dat op: vergeet dat de vraag millimeters wil.

35 Het licht kruipt op het plein van de zon naar de aarde (3 meter). Hoeveel seconden duurt dat? Waarom is dat hetzelfde als in het echt?

Toelichting: 3 m = 3 000 mm. 3 000 : 6 = 500 seconden: precies de 8 minuten en 20 seconden van het echte licht. De schaal maakt de afstand kleiner, en de snelheid in het model op dezelfde manier. Afstand gedeeld door snelheid geeft dan dezelfde tijd. Tijd zit niet in de schaal.

Beoordelingscriteria:

- Rekent uit dat het 500 seconden duurt
- Legt uit dat afstand en snelheid allebei even veel kleiner worden, zodat de tijd gelijk blijft

Een ruimtesonde vliegt van de aarde naar Neptunus. Als de twee planeten aan dezelfde kant van de zon staan, is dat ongeveer 4 350 miljoen km.

36 Hoeveel jaar is de ruimtesonde ongeveer onderweg?

Tip: Reken eerst het aantal uren uit, dan dagen, dan jaren. Rond tussendoor gerust af.

Antwoord: 10 ± 1 jaar

Toelichting:

4 350 000 000 : 50 000 = 87 000 uur. 87 000 : 24 is ongeveer 3 600 dagen. 3 600 : 365 is ongeveer 10 jaar. 9 tot en met 11 is goed.

> De echte sonde Voyager 2 (gelanceerd in 1977) was in 1989 bij Neptunus: 12 jaar, omdat hij onderweg ook langs Jupiter, Saturnus en Uranus vloog.

Iemand zegt in een filmpje "Over twintig jaar gaan mensen gewoon op vakantie naar Neptunus."

37 Klopt deze bewering, denk je? Gebruik minstens één berekening uit dit boekje in je uitleg.

> **Toelichting:** Met een snelle sonde ben je ongeveer 10 jaar onderweg, en terug nog eens 10 jaar. Een vakantie is het dus niet. Een leerling die zegt dat raketten later sneller worden, heeft een punt als hij uitrekent hoeveel sneller ze dan moeten zijn (voor een reis van een maand ongeveer 120 keer zo snel).
>
> **Doorvragen:**
>
> - Wat zou er allemaal mee moeten op een reis van tien jaar?
>
> **Beoordelingscriteria:**
>
> - Neemt een standpunt in (of een onderbouwd "alleen als...")
> - Gebruikt minstens één berekening uit het boekje als bewijs
> - De berekening klopt en past bij de uitleg

Extra uitdaging

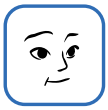
De ruimtesonde Voyager 1 vliegt al sinds 1977 en is nu ongeveer 25 000 miljoen km van de zon. Waar staat hij in het pleinmodel? En hoe lang is een radiobericht naar Voyager 1 onderweg? Radio gaat zo snel als licht.

> **Over de extra uitdaging**
>
> Pleinmodel: 25 000 : 50 = 500 m, ruim vijf keer zo ver als Neptunus. Radiobericht: 25 000 000 000 : 300 000 is ongeveer 83 000 seconden, bijna een dag (ongeveer 23 uur). Een vraag aan Voyager 1 krijgt dus pas na bijna twee dagen antwoord. (Stand van 2026; de sonde komt er elk jaar ruim 500 miljoen km bij.)

> **Terugblik.** Aan het eind van dit deel vult de leerling op het antwoordblad een korte terugblik in: hoe moeilijk en hoe leuk het was, hoeveel hulp nodig was, en wat de leerling er nog over kwijt wil. Er is geen goed of fout. Gebruik het om de leerling bij te sturen en als begin van een gesprek met de leerling.

5. Het bord bij het model · 50 min

> De leerling maakt het product: een plan voor het eigen plein en een bord voor bezoekers van het model. Het plan laat zien of de leerling zelf een schaal kan kiezen en controleren; het bord of hij kan uitleggen wat het model laat zien. Tot slot kijkt de leerling terug op het plaatje uit deel 1.
>
> **Vragen voor het gesprek:**
>
> - Welke schaal heb je voor jullie plein gekozen, en hoe weet je dat Neptunus past?
> - Wat moet er op je bord staan, zodat een bezoeker het model snapt?
> - Wat weet je nu over het plaatje uit deel 1 dat je toen nog niet wist?



Fenna *sterrenkundige*

Het model staat! Nu nog twee dingen. Een plan, zodat andere scholen het ook kunnen bouwen. En een bord, zodat bezoekers snappen wat ze zien.

Een plan voor elk plein

Een school met een plein van 30 meter wil ook een model. Neptunus moet op een rechte lijn op het plein passen.

38 Welke schalen passen op een plein van 30 meter? Kleur alle goede bolletjes.

A 1 meter is 50 miljoen km

B 1 meter is 100 miljoen km

C 1 meter is 150 miljoen km

D 1 meter is 200 miljoen km

Antwoord: C (1 meter is 150 miljoen km), D (1 meter is 200 miljoen km)

Toelichting: Neptunus: 4 500 : 50 = 90 m; : 100 = 45 m; : 150 = 30 m (precies, met de zon helemaal aan het begin); : 200 = 22,5 m. C en D passen.

Veelgemaakte fouten:

- Kiest alleen D, omdat C 'precies' is: dat mag ook. Vraag waar de zon dan moet staan.

39 Stap jullie eigen plein af. Hoeveel meter is de langste rechte lijn die je kunt uitzetten?

Tip: Tel je stappen en gebruik je staplengte uit stap 3.

Uitwerking: Vergelijk met de maat die u vooraf hebt opgemeten. Een fout van 10 tot 15 procent is normaal bij stappen tellen.

Toelichting: Geen vast antwoord; check of het getal past bij de lengte van uw plein.

40 Kies een schaal voor jullie plein. Reken uit waar de aarde, Jupiter en Neptunus komen. Waarom kies je deze schaal?

Toelichting: Er is geen één goed antwoord. Met de langste lijn L in meters moet 1 meter minstens 4 500 miljoen km gedeeld door L zijn. Een ronde schaal (100 of 150 miljoen km per meter) rekent makkelijker. Hoe kleiner het getal in de schaal, hoe verder de binnenste planeten uit elkaar staan.

Beoordelingscriteria:

- Kiest een schaal en controleert met een berekening dat Neptunus op de eigen lijn past
- De afstanden voor de aarde, Jupiter en Neptunus kloppen bij die schaal
- Geeft een reden voor de keuze (past precies, rekent makkelijk, de binnenste planeten staan niet te dicht op elkaar)

Het bord

Maak. Ontwerp een bord voor bij het model op het plein.

Een bezoeker loopt langs het model en ziet een bal en een paar kaartjes. Jouw bord legt uit wat hij ziet. Zet erop:

- wat het model is, en de schaal voor de afstanden;
- hoe groot de planeten zouden zijn op dezelfde schaal (zoek een voorwerp);
- één verrassing uit je berekeningen, met het getal erbij;
- wat het model níet goed laat zien.

41 Maak een schets van je bord. Schrijf de getallen erop die je hebt uitgerekend.

> **Toelichting:** Op de schaal van de afstanden (1 m is 50 miljoen km) is de aarde 0,26 mm: een stofje. Wie dat zelf uitrekent, heeft de twee schalen echt begrepen.
>
> **Beoordelingscriteria:**
>
> - De vier gevraagde onderdelen staan erop
> - De getallen kloppen met de eigen berekeningen
> - Een bezoeker die het boekje niet kent, snapt het bord (korte zinnen, een tekening of pijl)

42 Kijk terug naar het plaatje uit stap 1 en naar je antwoord daar. Wat klopt er niet aan het plaatje? Gebruik getallen.

> **Doorvragen:**
>
> - Is het plaatje dan fout, of is het een ander soort model?
> - Welk model is beter voor wat je wilt laten zien?
>
> **Beoordelingscriteria:**
>
> - Noemt de groottes: de zon is 109 keer zo breed als de aarde, de planeten verschillen veel meer in grootte
> - Noemt de afstanden: niet gelijk; Neptunus staat 30 keer zo ver als de aarde, de binnenste vier staan dicht bij de zon

> **Extra uitdaging**
>
> De dichtstbijzijnde ster na de zon heet Proxima Centauri. Ze staat ongeveer 40 000 000 miljoen km van ons af. Waar zou ze staan in het pleinmodel (1 meter is 50 miljoen km)? Zoek op een kaart een stad die ongeveer zo ver van je school ligt.

> **Over de extra uitdaging**
>
> 40 000 000 : 50 = 800 000 m = 800 km. Vanuit het midden van Nederland is dat in een rechte lijn ongeveer zo ver als Milaan (ruim 800 km); Praag is ruim 700 km, Wenen ruim 900 km. Het hele zonnestelsel past op het plein, de eerste ster ligt in een ander land. Het heelal tussen de sterren is vooral leeg.

Terugblik. Aan het eind van dit deel vult de leerling op het antwoordblad een korte terugblik in: hoe moeilijk en hoe leuk het was, hoeveel hulp nodig was, en wat de leerling er nog over kwijt wil. Er is geen goed of fout. Gebruik het om de leerling bij te sturen en als begin van een gesprek met de leerling.

Afbeeldingen: makers en licenties

Lorelei Neutral (DiceBear) van Lisa Wischofsky (CC0 1.0)

Phosphor Icons (MIT): alleen, onderzoek, samen, bespreek, maak

Fluent Emoji van Microsoft Corporation (MIT): person walking, automobile, satellite, high voltage