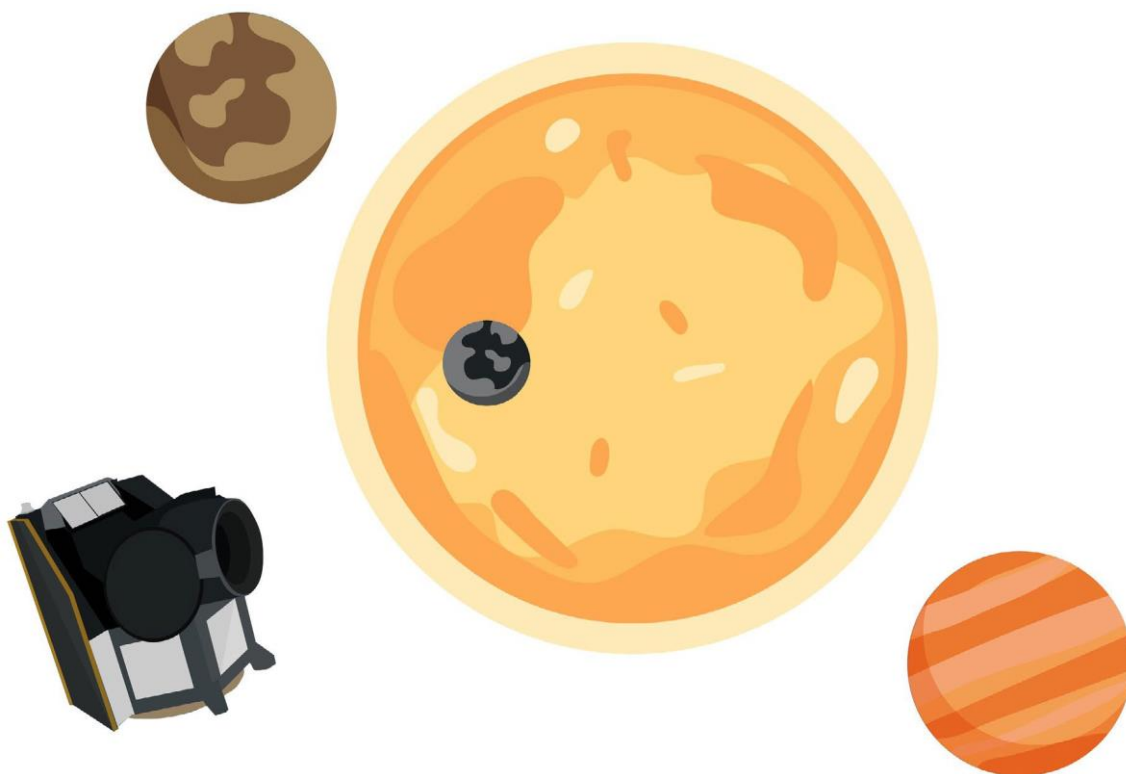
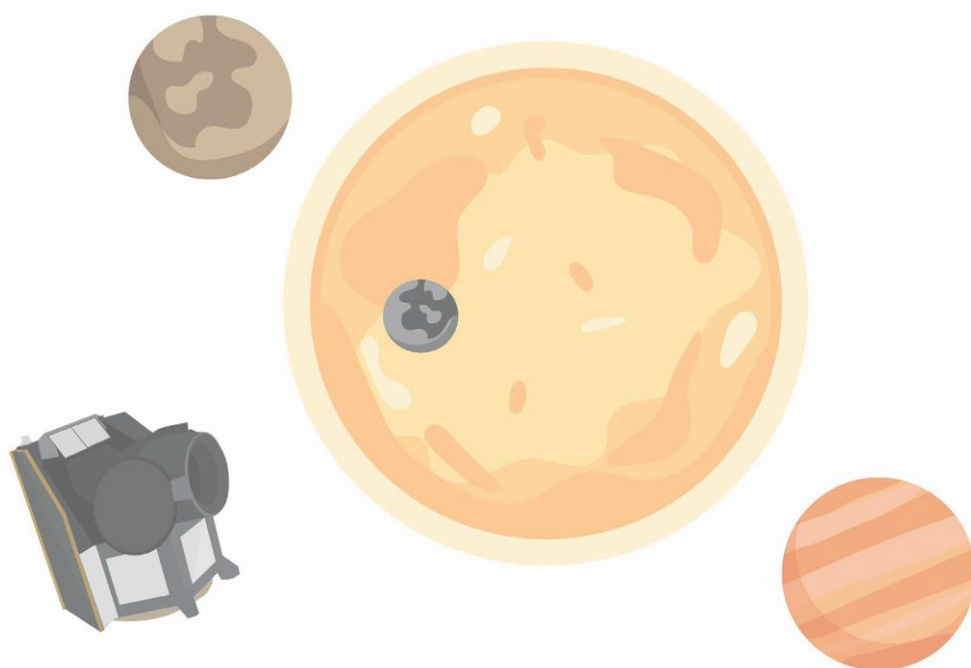


leren met ruimte

→ BEWEGENDE EXOPLANETEN

Je eigen exoplanetair systeem bouwen





Docentenhandleiding

Snelle feiten

Pag. 3

Pag. 4

Samenvatting van de activiteiten Inleiding

Pag. 5

Activiteit 1: Inleiding tot exoplaneten

Pag. 6

Activiteit 2: Transiting Exoplanet Model

Pag. 7

Werkblad voor
studenten

Pag. 11

Pag. 17

Bijlage 1: Draaischijf-editie

Pag. 18

Bijlage 2: Rover-editie

Pag. 20

Bijlage 3: 3D-geprinte editie

Pag. 24

leren met de ruimte - exoplaneten in beweging | P32
www.esa.int/education

Het ESA Onderwijsbureau verwelkomt feedback en opmerkingen
teachers@esa.int

Een ESA Education productie
Copyright 2023 © Europees Ruimteagentschap

→ BEWEGENDE EXOPLANETEN

Modellering van exoplaneet-transities

SNELLE FEITEN

Onderwerp: Wiskunde, Natuurkunde, Astronomie

Leeftijdscategorie: 10-18 jaar

Type: Studentenactiviteit, hands-on modellering

Complexiteit: Medium

Lestijd: 60 minuten

Kosten: Laag (0-10 euro) - gemiddeld (10-30 euro)

Locatie: Klas

Inclusief gebruik van: Lichtmeter app of datalogger, 3D-geprinte onderdelen (optioneel), rover (optioneel) **Trefwoorden:** Natuurkunde, Wiskunde, Astronomie, Exoplaneten, Lichtkrommen, Transitie, Banen, Schalen, Grafieken, Periode, Robotica, 3D printen

Korte beschrijving

In deze reeks activiteiten leren de leerlingen hoe wetenschappers exoplaneten bestuderen met satellieten zoals Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite), met behulp van de transitiemethode. Leerlingen bouwen hun eigen model-exoplanetair systeem en observeren en interpreteren vervolgens de lichtkrommen van het model.

Er worden montage-instructies gegeven voor drie verschillende transitiemodellen: draaischijf (eenvoudig), rover (gemiddeld) en 3D-geprint (gevorderd).

Deze activiteit maakt deel uit van een reeks, waaronder "**Exoplaneten Detective**", waarbij leerlingen echte gegevens van de Cheops-satelliet van ESA analyseren, en "**Exoplaneten in een doos**", waarbij leerlingen een transitiemodel in een schoenendoos bouwen en de grootte van een exoplaneet berekenen.

Leerdoelen

- Begrijpen wat exoplaneten zijn en hoe satellieten ze onderzoeken.
- Begrijpen hoe de transitiemethode wordt gebruikt voor de detectie en karakterisering van exoplaneten.
- Het verbeteren van experimentele vaardigheden door het observeren en interpreteren van gemeten lichtkrommen.
- Het ontwikkelen van teamwerkvaardigheden door het gezamenlijk oplossen van problemen.
- Het communiceren van wetenschappelijke en wiskundige bevindingen aan collega's.

→ Samenvatting van de activiteiten

Samenvatting van de activiteiten					
	Titel	Beschrijving	Resultaat	Eisen	Tijd
1	Inleiding tot Exoplaneten	Inleidende activiteit waarin de grondbeginselen van exoplaneten en de transitmethode worden verkend.	Leer wat exoplaneten zijn en hoe de transitmethode kan worden gebruikt om ze te vinden en er meer over te weten te komen.	Geen	20 minuten
2	Transitionerend Exoplanet en Model	Leerlingen maken hun eigen model exoplanetair systeem en gebruiken het om de transitmethode te verkennen door metingen te doen met een lichtmeter-app/datalogger.	Instructies volgen om een model-exoplanetair systeem te maken. Schets en interpreteer grafieken en begrijp hoe de grootte van de model-exoplaneten het door de detector gemeten licht zal beïnvloeden.	Kennis uit activiteit 1	40 minuten, afhankelijk van het gebruikte doorvoermodel kan het langer duren

→ Inleiding

Exoplaneten, of bextrasolaire planeten, zijn planeten buiten ons eigen zonnestelsel, die om een andere ster dan onze zon draaien. Exoplaneten worden opgespoord en bestudeerd met telescopen op aarde en in de ruimte.

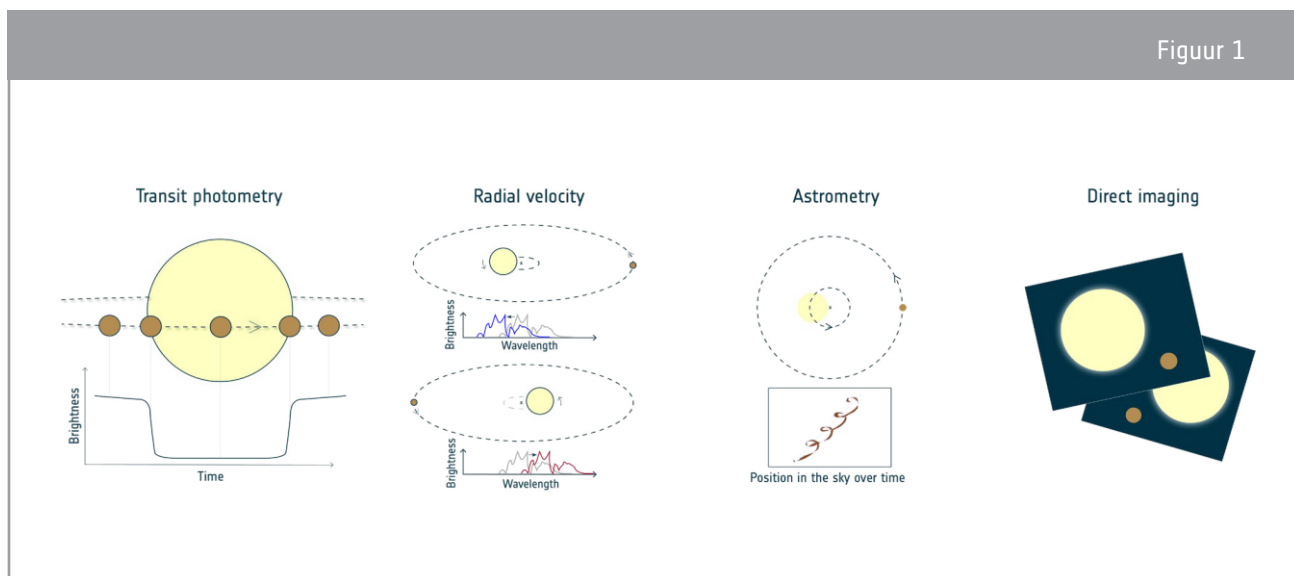
Exoplaneten zijn moeilijk te detecteren, omdat het signaal dat wij van hen ontvangen klein is in vergelijking met het veel grotere signaal van hun grotere, helderdere gastheersterren. Gewoonlijk veel minder dan 1%.

Er worden verschillende methoden gebruikt om exoplaneten te zoeken en te vinden, dit zijn de belangrijkste:

- **Directe beeldvorming** - zoals de naam al zegt, wordt de exoplaneet direct in beeld gebracht. Dit is de enige methode die de exoplaneet detecteert en zijn licht direct meet.
- **Overgangsfotometrie** - de exoplaneet wordt gedetecteerd door een dipje in het licht van de ster te meten.

Wanneer een ster door een exoplaneet wordt omcirkeld, draaien de ster en de exoplaneet rond het massamiddelpunt van het hele systeem. De kleine baanbeweging van de ster wordt door de volgende twee methoden gebruikt om de exoplaneten die rond de ster draaien te karakteriseren.

- **Omloopsnelheid** - de exoplaneet wordt opgespoord door verschuivingen in het spectrale profiel van de ster te meten.
- **Astrometrie** - de exoplaneet wordt opgespoord door de wiebel in de positie van de ster te meten.



↑ [Methoden om exoplaneten op te sporen.](#)

In deze reeks activiteiten bouwen de leerlingen een transitmodel van een exoplaneet. De diepte van de dip hangt rechtstreeks af van het percentage van het licht van de ster dat wordt tegengehouden door de passerende exoplaneet, wat weer afhangt van de grootte van de exoplaneet ten opzichte van de ster. Hoe groter de planeet ten opzichte van de ster is, hoe meer licht hij blokkeert. Als we de grootte van de ster kennen, kunnen we de grootte van de planeet bepalen.

→ Activiteit 1: Kennismaking met exoplaneten

Om de leerlingen kennis te laten maken met het onderwerp exoplaneten kunt u gebruik maken van het videomateriaal in de onderstaande links of de achtergrondinformatie gebruiken als aanvullende bron.

Hieronder staan enkele suggesties van ESA-videomateriaal:

- **Ontmoet de Experts serie - Andere Werelden:**

esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/07/Meet_the_Experts_Other_worlds

- **Ontmoet Cheops, de karakteriserende exoplaneetsatelliet:**

esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_de_Karakteriserende_Exoplaneet_Satelliet

- **Paxi verkent exoplaneten!**

esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi_explores_exoplanets

Zodra de leerlingen kennis hebben gemaakt met exoplaneten, de transitmethode en Cheops, kunnen ze activiteit 1 van het werkblad voor de leerlingen doornemen.

Oefening 1 - Grondbeginselen voor exoplaneten

Hieronder staan mogelijke antwoorden op de vragen 1 en 2 van het werkblad voor studenten.

- 1.1 Exoplaneten zijn planeten buiten het zonnestelsel. Net zoals planeten, waaronder de aarde, om de zon draaien, kunnen er om andere sterren planeten draaien.
- 1.2 Licht

Extra informatie: Cheops heeft slechts één wetenschappelijk instrument aan boord: een gespecialiseerde camera die fotometer wordt genoemd. Het licht van de sterren bereikt de fotometer via een telescoop met een diameter van 32 centimeter. Cheops is gevoelig voor optisch licht (dat wij ook met onze ogen kunnen waarnemen; ca. 400-750nm), maar ook voor licht dat blauwer (<400nm) en roder (>750nm) is, met name licht met een golflengte van 350 nm tot ongeveer 1100 nm.

Oefening 2 - De overgangsmethode

Hieronder volgt een mogelijk antwoord op vraag 2.1.

- 2.1 *Met deze methode meten we direct de hoeveelheid licht die de planeet tegenhoudt als hij voor de ster langs gaat en kunnen we indirect de grootte van de planeet berekenen. Als de telescoop twee opeenvolgende dips in de lichtcurve waarneemt, kunnen we ook de omlooptijd van de planeet afleiden, dat is de tijd die de planeet nodig heeft om één volledige baan rond zijn gastheerster te voltooien.*

Extra informatie: In combinatie met andere metingen kunnen we ook de dichtheid van de planeet berekenen en informatie over zijn atmosfeer afleiden. Cheops zal ook de *fasekromme* en het *albedo* van sommige exoplaneten kunnen bepalen. Die geven inzicht in hun temperatuur, reflectiviteit en klimaat.

Discussie

Na afloop van de activiteiten moeten de leerlingen worden aangemoedigd hun antwoorden te bespreken. U kunt de klas eerst in paren of groepen verdelen, voordat u de antwoorden met de hele klas bespreekt.

Voordat u begint met activiteit 2, waarbij de leerlingen een transitie-model gaan bouwen, kunt u met hen voorstellen bespreken over hoe zij een exoplanetair modelsysteem zouden maken.

→ Activiteit 2: Model voor transitionerende exoplaneten

In deze activiteit bouwen en testen de leerlingen hun eigen model van een exoplanetair systeem dat rond een ster draait, voorgesteld door een gloeilamp. Montage-instructies voor drie verschillende exoplaneetovergangsmoellen zijn beschikbaar in de bijlagen: draaischijf (eenvoudig), rover (gemiddeld) en 3D-geprint (gevorderd). Kies het exoplaneetovergangsmoel dat het beste bij uw leerlingen past.

- **Draaischijfversie (eenvoudig):** een draaischijf wordt gebruikt om de cirkelvormige beweging van het model exoplaneet tot stand te brengen en een baan te simuleren. De draaitafelversie van het exoplaneetmoel is de eenvoudigste van de drie mogelijke moellen voor deze bron. Montagehandleiding link: <https://youtu.be/oTibvYu3vyA>

- **Rover-editie (intermediair):** een rover wordt gebruikt om de cirkelvormige beweging van de model-exoplaneet te creëren en een baan te simuleren. De roverversie kan worden gecombineerd met programmering, robotica en bewegingsanalyse. Montagehandleiding link: <https://youtu.be/VlrTvsamQrg>

- **3D Printed Edition (geavanceerd):** een aangepast open-source 3D-geprint mechanisme wordt gebruikt om de cirkelvormige beweging van het model exoplaneet te creëren en een baan te simuleren. De 3D-geprinte versie van het exoplanetaire systeemmoel vereist toegang tot een 3D-printer om het moel te printen. Het mechanisme is aanpasbaar en kan naar eigen wens worden bewerkt. Montagehandleiding link: <https://youtu.be/GyEK6WNOhFA>

Vorbereide 3D-bestanden: esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint_files_ExoplanetsInMotion.zip

Na het opzetten van het moel meten de leerlingen het licht van de lamp terwijl de model-exoplaneten in een baan om de aarde draaien en observeren zij het effect dat de grootte en de snelheid van de model-exoplaneten hebben op de gemeten lichtcurve.

Deze activiteit kan worden uitgevoerd als demonstratie voor de klas, of als groepsactiviteit in groepjes van 3 tot 5 leerlingen.

Extra: Hoewel niet onderzocht in deze reeks activiteiten, kan het exoplanetaire systeemmoel worden gebruikt om de wetten van Kepler over de beweging van planeten te introduceren. Een planeet in een cirkelvormige baan beweegt met constante snelheid (tweede wet van Kepler). Deze snelheid wordt bepaald door de massa van de ster en de afstand tussen de planeet en de ster (derde wet van Kepler).

Apparatuur

Lijst van materiaal:

- fitting en steun voor lampen
- lamp met hoge lichtsterkte
- plasticine/modelleerklei
- liniaal
- houten spiesen
- lichtmeter (bv. telefoon met lichtmeter app, of datalogger)
- Aanvullend materiaal voor het exoplaneet transitie-model per groep:
 - o **Turntable Edition:** draaitafel (bv. platenspeler, draaiend dienblad, fietswiel)
 - o **3D Printed Edition:** motor, 3D geprinte onderdelen van het model
 - o **Rover Editie:** Rover (bijv. WeDo 2.0)
 - o **Aanbevolen apps:** Android en IOS: Physics Toolbox Sensor Suite en Phyphox

Oefening 1: Maak je Exoplaneten

In deze oefening gebruiken de leerlingen plasticine of boetseerklei om 2 of 3 verschillende model-exoplaneten te maken. De parameter die een grotere impact zal hebben op de overgang is de grootte van de exoplaneet, maar zorg ervoor dat de planeten niet te groot of te zwaar zijn, zodat ze nog met de mechanismen kunnen werken. De leerlingen worden ook gevraagd hun planeten een creatieve naam te geven.

U kunt uw eigen tijdslimiet stellen aan deze activiteit, zodat er genoeg tijd overblijft om de andere oefeningen af te maken.

Oefening 2: Bouw uw exoplaneet transitie-model

In deze oefening zetten de leerlingen het model-exoplanetair systeem op, testen het en analyseren de lichtcurve die met de lichtmeter is gemeten. Kies het exoplaneetovergangsmoedel dat het beste bij uw leerlingen past. De montage-instructies voor drie verschillende exoplaneetovergangsmoedellen zijn beschikbaar in afzonderlijke documenten: draaischijf (eenvoudig), rover en 3D-geprint (geavanceerd).

Het werkblad van de leerling geldt voor alledrie de modellen.

Oefening 3: Analyse van een transitie met je exoplaneet transitie-model

Aangezien de leerlingen worden gevraagd hun waarnemingen in hun eigen woorden te beschrijven, zijn de volgende antwoorden slechts voorbeelden. Het is mogelijk dat sommige leerlingen hun resultaten beschrijven onder verwijzing naar het model en anderen naar het echte exoplanetensysteem, dus het is belangrijk hier onderscheid te maken tussen waarneming en model.

Het is belangrijk dat de model-exoplaneet in een gestaag tempo ronddraait, ongeacht de snelheid. Afhankelijk van de rotatiesnelheid van het model kan de dip in de lichtkromme verschijnen als een scherpere "v-vorm" of een bredere "u-vorm".

3.1 Ster - Gloeilamp

Telescoop - **Smartphone / detector**

Exoplaneet - **Plasticine bal**

3.2 Voor elk scenario moeten de leerlingen een schets maken van de lichtcurve die zij hebben waargenomen en deze in hun eigen woorden beschrijven.

a) De lichtintensiteit op de grafiek zal ongeveer constant zijn, behalve wanneer de model-exoplaneet tussen de sensor en de lichtbron komt. Op dat moment zien we een daling van de gemeten lichtintensiteit.

Schets: 

b) Telkens wanneer de model-exoplaneet tussen de detector en de lichtbron komt, daalt de lichtintensiteit. De diepte en breedte van elk van de drie dips is hetzelfde, en de afstand tussen opeenvolgende dips verandert niet.

Schets: 

c) Een grotere model-exoplaneet geeft een diepere dip in de lichtintensiteit, een kleinere model-exoplaneet geeft een ondiepere dip op de grafiek.

Schets: 
kleiner/kleiner groter/dieper

d) Elke model-exoplaneet die voor de lamp passeert, veroorzaakt een eigen dip in de lichtintensiteit. De grotere model-exoplaneet veroorzaakt een diepere dip dan de kleinere model-exoplaneet, terwijl de breedte van de dip vergelijkbaar is.

Schets: 

Discussie

Na afloop van deze activiteit moet elke groep zijn resultaten aan de klas presenteren. De leerlingen moeten de componenten van het transitmodel kunnen beschrijven en begrijpen hoe belangrijk de grootte van de exoplaneet voor dit experiment is. De leerlingen moeten ook een idee hebben van de beperkingen van het model.

Als afsluiting van de activiteit en ter bevordering van de discussie kunt u uw leerlingen de volgende vraag stellen om de verbanden tussen het model en het echte exoplanetaire systeem te introduceren:

Vraag: *Wat verwacht je, nadat je het licht van je model-exoplanetair systeem hebt geobserveerd, te zien in de lichtcurve wanneer de satelliet een exoplaneetovergang waarneemt?*

Het verwachte antwoord zou zijn: een dip in de lichtcurve.

Als bonusactiviteit kunt u de leerlingen vragen de gegevens van de lichtdetector kwantitatief te analyseren en bijvoorbeeld activiteit 3 van het lespakket **Exoplaneten in een doos** te voltooien.

Als u met uw leerlingen wilt doorgaan met het analyseren van lichtkrommen, kunt u de activiteit **Exoplaneten detective** voltooien, waarbij leerlingen modelgegevens en een echte satelliet uit de Cheops-missie van ESA kunnen vergelijken.

→ BEWEGENDE EXOPLANETEN

Je eigen exoplanetair systeem bouwen

→ Inleiding

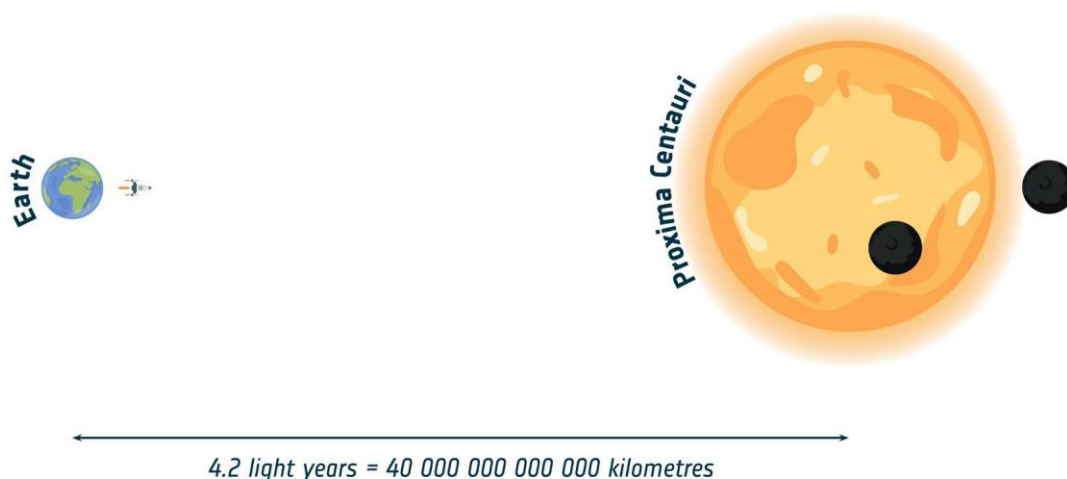
Net zoals de planeten in ons zonnestelsel rond onze ster, de zon, draaien er in het heelal ook andere planeten rond andere sterren! Exoplaneten, of buitensolaire planeten, zijn planeten buiten ons eigen zonnestelsel.

Sinds de eerste ontdekking van een exoplaneet rond een ster die lijkt op onze zon, in 1995, zijn er meer dan 4000 exoplaneten ontdekt en we vinden er nog steeds meer. Elke exoplaneet is uniek. Sommige zijn groot en gasvormig, zoals Jupiter, andere zijn klein en rotsachtig, zoals de Aarde en Mars, en weer andere lijken in niets op wat we in ons zonnestelsel hebben gezien.

In deze activiteit bouw je je eigen exoplaneetsysteem en leer je hoe wetenschappers deze onbekende werelden ver weg van ons in de ruimte vinden.

Wist je dat?

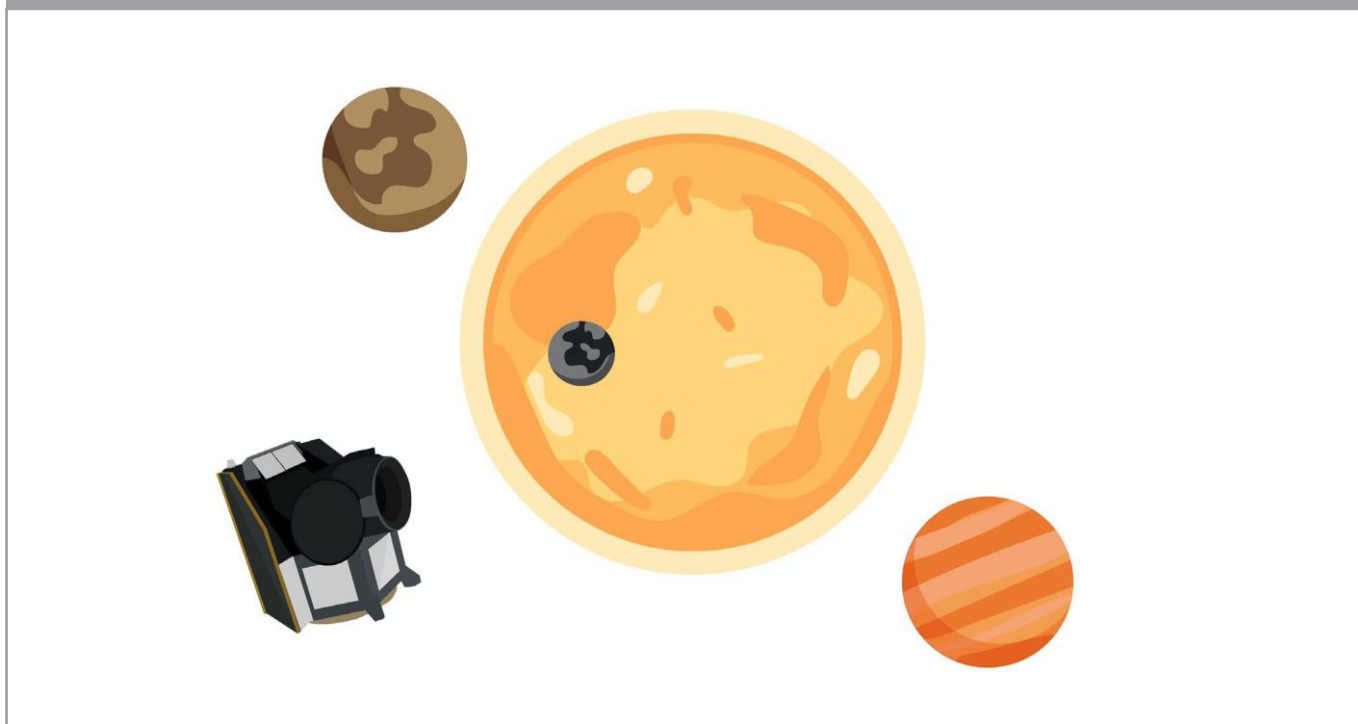
De dichtstbijzijnde exoplaneet is een planeet die rond de ster Proxima Centauri draait. Licht doet er slechts 4,2 jaar om van Proxima Centauri naar de aarde te reizen, maar het zou meer dan zes miljoen jaar duren voor het snelste ruimteschip dat momenteel bestaat om deze exoplaneet te bereiken!



→ Activiteit 1: Kennismaking met exoplaneten

In deze activiteit leer je meer over exoplaneten.

Figuur 1



↑ Artistieke impressie van ESA's satelliet Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite)

Oefening 1: Grondbeginselen van exoplaneten

1.1. Leg in je eigen woorden uit wat een exoplaneet is.

1.2 Cheops is een satelliet die exoplaneten bestudeert. Wat meet Cheops?
Omcirkel de juiste optie:

Temperatuur

Kleur

Afstand

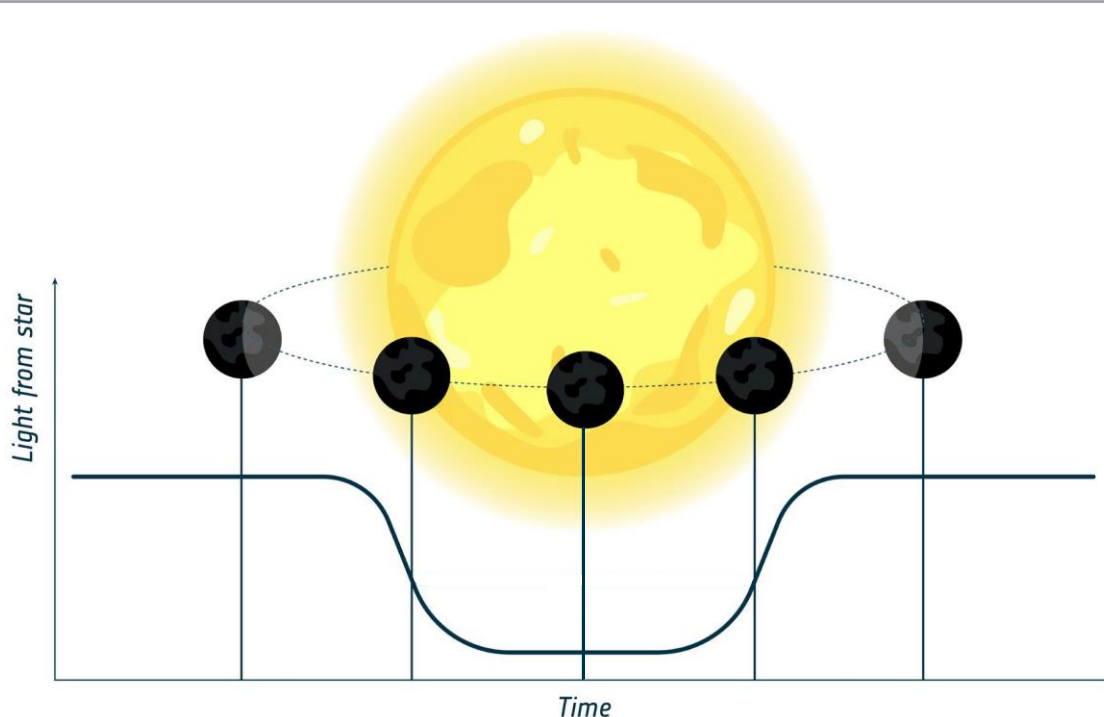
Licht

Geluid

Oefening 2: De overgangsmethode

De **transitiemethode** kan worden gebruikt om nieuwe exoplaneten te vinden en meer over ze te weten te komen. Om deze methode te kunnen gebruiken, moet de exoplaneet direct tussen ons en de ster waar hij omheen draait doorschuiven. Als een exoplaneet voor de ster langs gaat, blokkeert hij een deel van het licht dat wij van de ster kunnen zien. Met een telescoop kunnen we het licht van een ster in de tijd volgen. De grafiek die het licht van de ster weergeeft als functie van de tijd wordt een **lichtkromme genoemd** (zie figuur 2).

Figuur 2



↑ Weergave van een lichtkromme gemeten tijdens een exoplaneetovergang

2.1. Cheops gebruikt de transitiemethode om exoplaneten te bestuderen. Wat kunnen we met deze methode leren over exoplaneten?

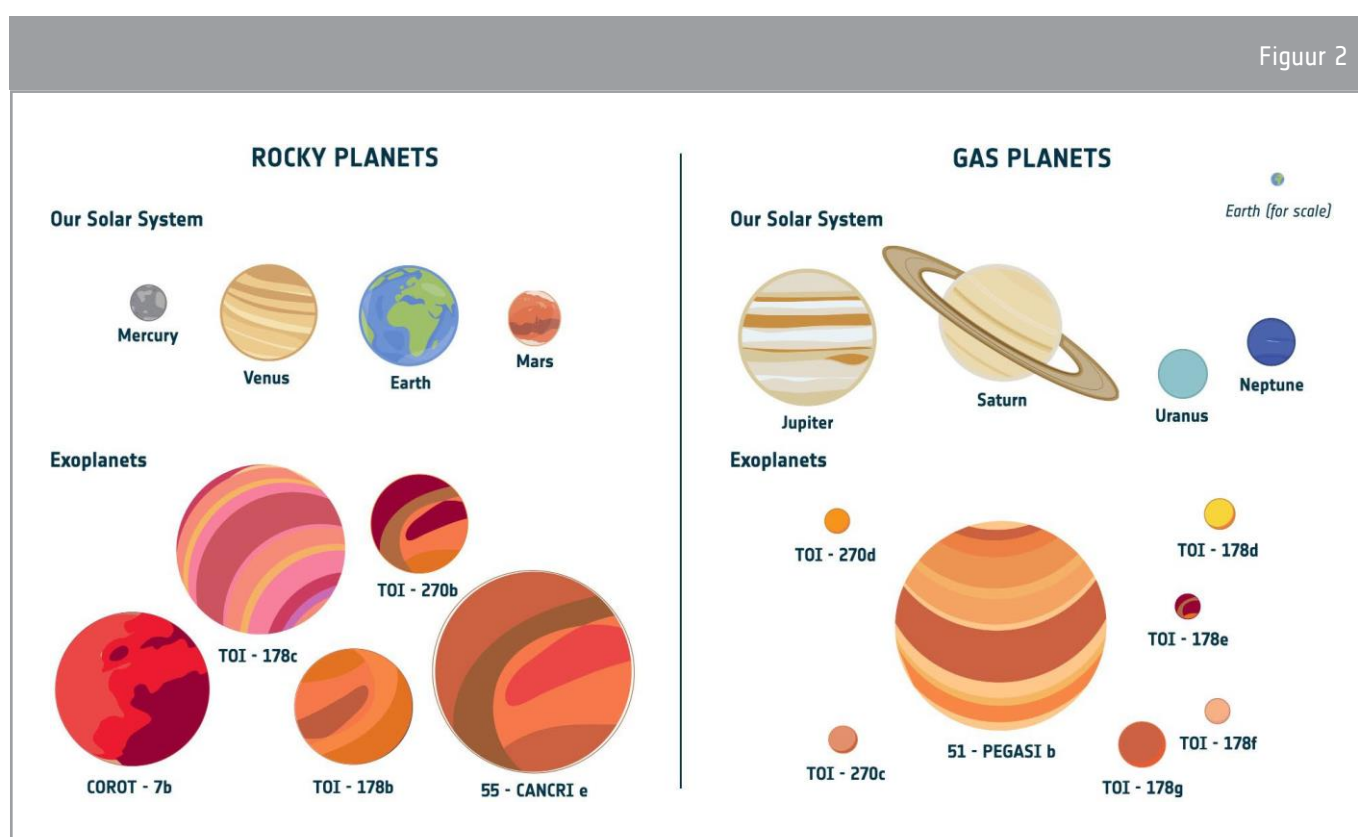
→ Activiteit 2: Model voor transitionerende exoplaneten

In deze activiteit bouw je je eigen exoplanetaire modelstelsel, met plastic exoplaneten die rond een lichtbron bewegen die de ster voorstelt. Je meet de intensiteit van het licht van de lichtbron terwijl de model-exoplaneten eromheen bewegen en kijkt welk effect de grootte van de model-exoplaneten heeft op de hoeveelheid licht die je meet.

Oefening 1: Maak je exoplaneten

Maak in je groep met behulp van de verstrekte materialen twee of drie model-exoplaneten die in je model zullen worden gebruikt.

De plasticine ballen moeten een diameter van ongeveer 1 cm tot 3 cm hebben en van verschillende groottes zijn.



↑ Voorbeelden van artistieke impressies van echte exoplaneten die al ontdekt zijn bij nabije sterren!

1. Geef je exoplaneten namen; wees creatief.

Wist je dat?

Volgens afspraak worden exoplaneten genoemd naar de ster waar ze omheen draaien, gevolgd door een kleine letter die begint met b (dan c, dan d, enz.), om aan te geven in welke volgorde ze ontdekt zijn. Bijvoorbeeld, de eerste planeet die werd ontdekt bij de ster 51 Pegasi heet 51 Pegasi b (of kortweg 51 Peg b).

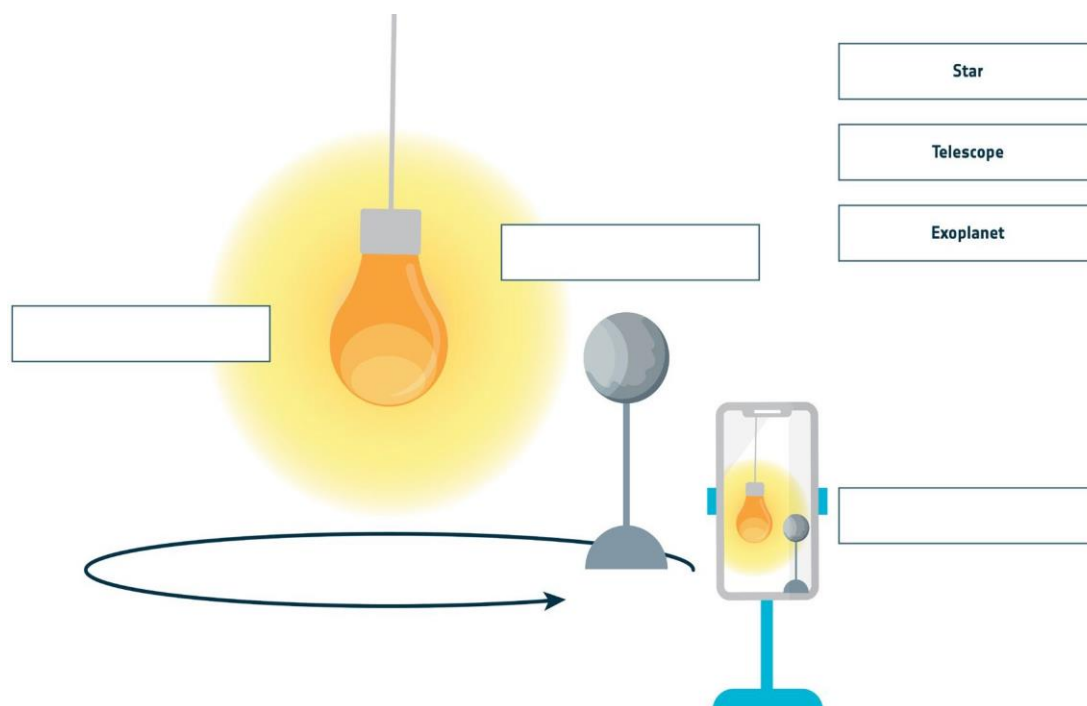
Oefening 2: Bouw je exoplaneet transitie model

Maak volgens de aanwijzingen van je leraar een exoplanetair systeem met behulp van een van de exoplaneten uit de vorige oefening.

Zorg ervoor dat de detector, het model van de exoplaneten en de lichtbron op één lijn staan. Test je exoplaneetdoorgangmodel.

Oefening 3: Analyse van een transitie met je exoplaneet transitie model

3.1. Vul de labels op het diagram in met behulp van de gegeven woorden



3.2. De grafiek die je op het scherm van je detector ziet, toont de intensiteit van de lichtbron in je model exoplanetair systeem.

Volg de aanwijzingen bij elk van de onderstaande vragen. Maak een schets van de lichtcurve die je waarneemt en beschrijf deze ook in woorden.

- Plak een plasticine exoplaneet op het model en begin de rotatie. Stop de rotatie wanneer de plasticine exoplaneet één volledige baan rond de bol heeft afgelegd:

Beschrijving:	Schets:
----------------------	----------------

- b. Begin de rotatie opnieuw en stop ze wanneer de plasticine exoplaneet 3 volledige banen rond de bol heeft afgelegd:

Beschrijving:	Schets:
----------------------	----------------

- c. Verander de grootte van de plasticine exoplaneet. Laat de nieuwe plasticine exoplaneet 3 volledige banen om de bol maken:

Beschrijving:	Schets:
----------------------	----------------

- d. Voeg een tweede plasticine exoplaneet van een andere grootte aan het model toe. Begin de rotatie en stop wanneer beide plasticine exoplaneten 3 volledige banen rond de bol hebben afgelegd:

Beschrijving:	Schets:
----------------------	----------------

→ Links

Montage-instructies voor de transit modellen van exoplaneten:

De 3D Printed Edition: youtu.be/GyEK6WNOhFA

De Rover Edition: youtu.be/VlrTvsamQrg

Turntable Edition: youtu.be/oTibvYu3vyA

Voorbereide 3D-bestanden: esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint_files_ExoplanetsInMotion.zip

ESA-middelen

ESA-lesmateriaal: esa.int/Education/Classroom_resources

Lesgeven met exoplaneten: esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets

Maak kennis met Cheops: de Characterising Exoplanet Satellite:
esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_de_Karakteriserende_Exoplaneet_Satelliet

Ontmoet de Experts serie - Andere Werelden:
esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/07/Meet_the_Experts_Other_worlds

Paxi verkent exoplaneten! esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi_explores_exoplaneten

Hack een Exoplaneet hackanexoplanet.esa.int

ESA-ruimteprojecten

Tijdslijn van ESA's exoplanet-missies: sci.esa.int/exoplanets/60649-exoplanet-mission-timeline

Cheops - CHaracterising EXOPlanet Satellite: esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cheops

Webb - James Webb Space Telescope: esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webb

Opsporen van exoplaneten met Gaia: sci.esa.int/web/gaia/-/58784-exoplanets

PLATO - PLANetaire overgangen en oscillaties van sterren: sci.esa.int/plato

ARIEL - de Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey: sci.esa.int/ariel

CoRoT - Convectie, rotatie en planeetovergangen ruimtemissie: sci.esa.int/corot

→ Turntable Editie

Instructies voor het bouwen van een transitiemodel voor exoplaneten

Het exoplaneet transitie model **turntable editie** gebruikt een draaitafel om de cirkelvormige beweging van het model exoplaneet te creëren en een baan te simuleren. De ster wordt voorgesteld door een gloeilamp.

Volg deze montagehandleiding om het draaiplateau op te zetten.

Aanvullend ondersteunend videomateriaal is hier te vinden: youtu.be/oTibvYu3vyA



Apparatuur

- Model exoplaneten
- Lamp met hoge lichtsterkte
- Armatuur en steun voor de lamp
- Lichtmeter (bijv. smartphone met lichtmeter app, of datalogger)
- Houten spiesen
- Draaischijf (bv. platenspeler, draaiend dienblad, fietswiel)

Uw model in elkaar zetten:

Stap 1:

Plak een model-exoplaneet op een houten spies en bevestig de spies met plasticine op de draaitafel.

Stap 2:

Hang de lamp boven het midden van het draaiplateau, zodat hij zich op dezelfde hoogte bevindt als het model van de exoplaneet.

Stap 3:

Richt je lichtdetector op de gloeilamp en het model van de exoplaneet.



Stap 4:

U bent nu klaar om te beginnen met het verzamelen van gegevens. Controleer de opzet van uw model:

- Controleer of de lichtdetector is uitgelijnd en licht ontvangt van de juiste lichtbron.
- Draai de draaitafel langzaam en gelijkmatig rond. Zorg ervoor dat er een dip in de lichtcurve wordt waargenomen wanneer de model-exoplaneet tussen de detector en de lamp doorgaat.

Stap 5:

(Optioneel) U kunt meerdere exoplaneten aan uw model toevoegen.



→ The Rover Edition

Instructies voor het bouwen van een transitiemodel voor exoplaneten

Het exoplaneet transitie model **rover editie** gebruikt een rover om de cirkelvormige beweging van het model exoplaneet te creëren en een baan te simuleren. De ster wordt voorgesteld door een gloeilamp.

De LEGO WeDo 2.0 rover wordt in deze instructie als voorbeeld gebruikt, maar in dit transitiemodel kunnen ook andere rovers worden gebruikt. Volg deze montagehandleiding om het rover-model op te zetten.

Aanvullend ondersteunend videomateriaal is hier te vinden: <https://youtu.be/VlrTvsamQrg>



Apparatuur

- Rover
- Model exoplaneten
- Lamp met hoge lichtsterkte
- Armatuur en steun voor de lamp
- Lichtmeter (bijv. smartphone met lichtmeter app, of datalogger)
- Whiteboard marker of potlood (optioneel)

Je model klaarmaken:

1. Zet je rover in elkaar en zorg ervoor dat hij in een cirkel beweegt. Als u de WeDo 2.0 rover gebruikt, kunt u de stap-voor-stap instructies volgen die u kunt vinden in Het opzetten van de WeDo 2.0 "Exoplanet Rover". U kunt een pen aan de rover bevestigen, om te bevestigen dat de cirkelvormige beweging is bereikt. Vergeet niet je model-exoplaneet aan de rover te bevestigen.
2. Zoek het middelpunt van de cirkel waar je rover op rijdt.
3. Hang je lamp zo dat hij zich op dezelfde hoogte bevindt als de exoplaneet op de rover en recht boven het midden van de baan van de rover.
4. Stel de lichtmeter zo op dat hij op één lijn staat met de lamp.
5. U bent nu klaar om te beginnen met het verzamelen van gegevens. Controleer de opzet van uw model:
 - Controleer of de lichtdetector is uitgelijnd en licht ontvangt van de juiste lichtbron.
 - Zorg ervoor dat er een dip in de lichtcurve wordt waargenomen wanneer de model-exoplaneet tussen de detector en de lamp doorgaat.

Het opzetten van de WeDo 2.0 "Exoplanet Rover".

Volg de montage-instructies op de foto's stap voor stap om de rover met het model van de exoplaneet op te stellen.

Een timelapse-video van de montage is te vinden op <https://youtu.be/VlrTvsamQrg?t=15>

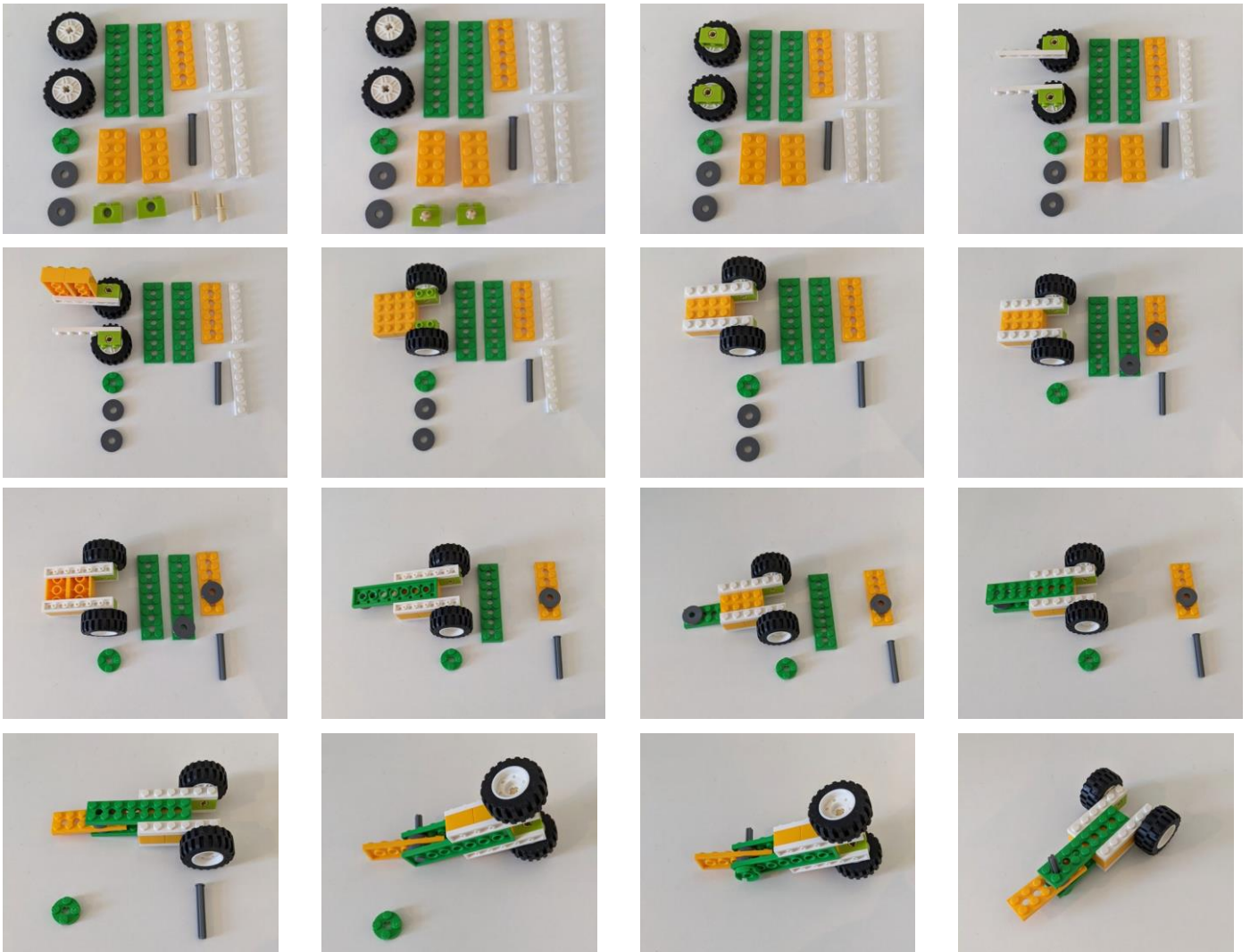
Stap 1:

Zoek het benodigde materiaal. De benodigde onderdelen staan op de afbeelding rechts.



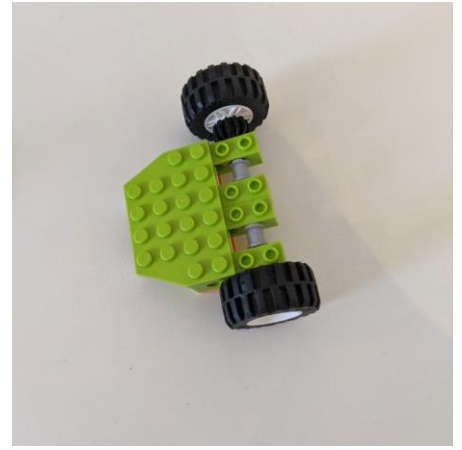
Stap 2:

Bouw de voorkant van de WeDo rover:



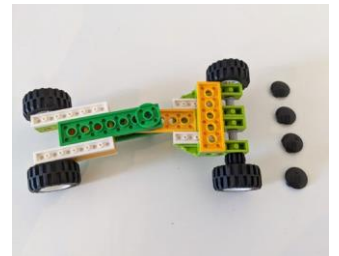
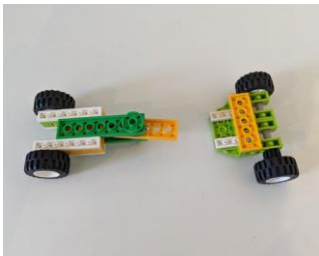
Stap 3:

Bouw de achterkant van de WeDo rover:



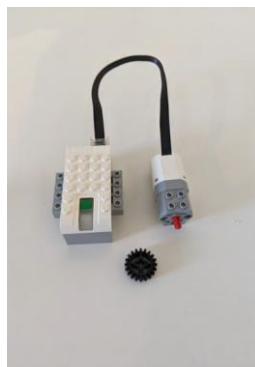
Stap 4:

Verbind de voor- en achterkant van de WeDo rover:



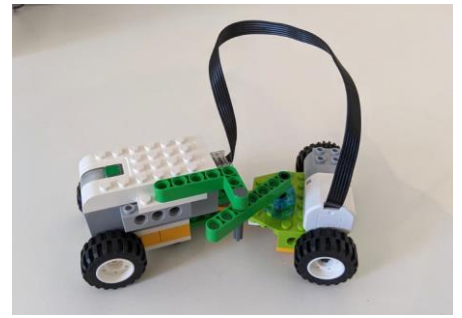
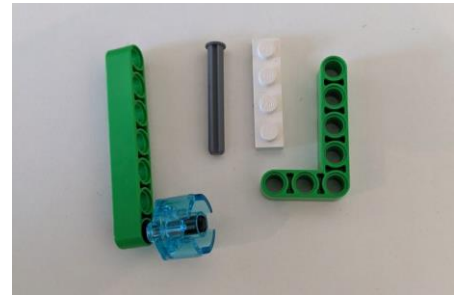
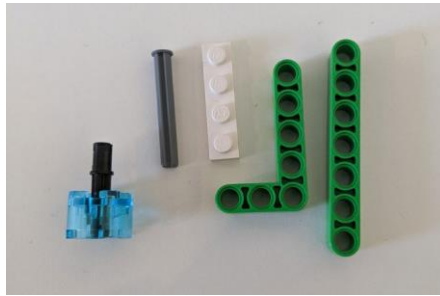
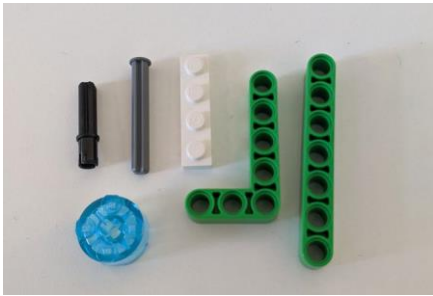
Stap 5:

Monteer de motor:



Stap 6:

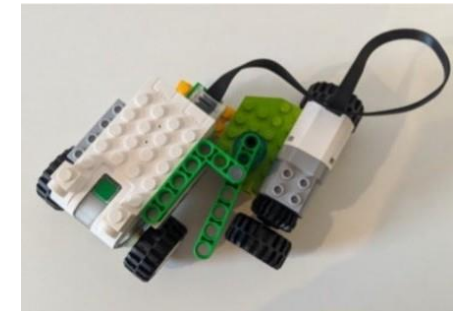
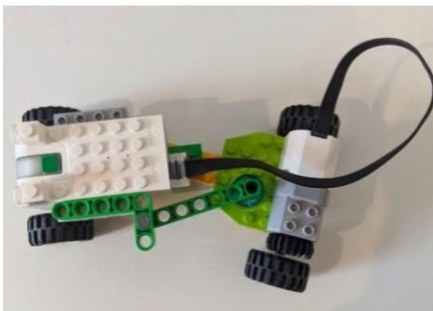
Bevestig het hoekinstelsysteem aan uw WeDo rover:



Stap 7:

Kies een hoek voor je rover om de diameter van zijn baan te bepalen:

Om de hoek van de rover te veranderen, verwijdert u de pin uit de groene steunen, stelt u de rover bij en plaatst u de pin tussen een andere set gaten.



Stap 8:

Bevestig de exoplaneet om de rover af te maken:



Stap 9:

Sluit de rover aan op de WeDo-software en maak je klaar om te experimenteren!

→ De 3D-geprinte editie

Assemblage-instructies voor het transitmodel voor exoplaneten

Het exoplaneet transitie model **3D geprinte editie** gebruikt een aangepast open-source 3D geprint mechanisme om de cirkelvormige beweging van de model-exoplaneet te creëren en een baan te simuleren. De ster wordt voorgesteld door een gloeilamp.

Het model stelt een stellair systeem voor met twee exoplaneten die rond een ster draaien. De baan van de modelplaneten rond de centrale lichtbron wordt gerealiseerd door twee armen die in verschillende perioden rond de lichtbron draaien.

Het mechanisme is aanpasbaar en kan naar eigen wens worden bewerkt. Volg deze montagehandleiding om het 3D-geprinte model te printen en op te stellen.

Aanvullend ondersteunend videomateriaal is hier te vinden:

<https://youtu.be/GyEK6WNOhFA>

U vindt de voorbereide 3D-bestanden en instructies voor het afdrukken hier:

esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint_files_ExoplanetsInMotion.zip

Apparatuur

- Model exoplaneten
- Lamp met hoge lichtsterkte
- Lichtmeter (bijv. smartphone met lichtmeter app, of datalogger)
- 2mm diameter houten spiesen
- 3D-printer
- PLA materiaal
- Motor (~100rpm) en voeding
- Armatuur en steun voor een lamp met hoge lichtopbrengst (E27 armatuur)



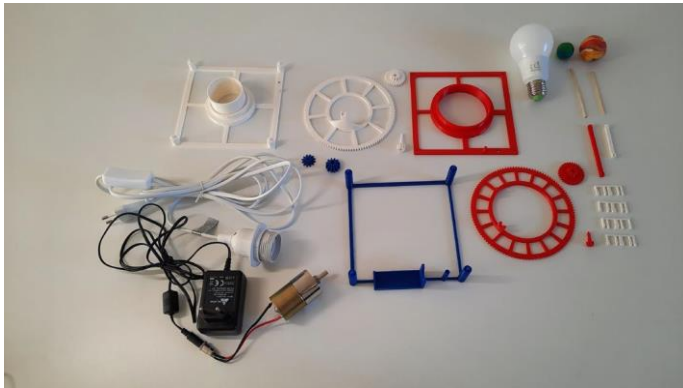
Je model klaarmaken:

1. Download de [3D printing .stl bestanden](#) en print uw model. Verdere instructies zijn beschikbaar in de 3D-printgids. U hoeft het 3D-model niet aan te passen als u de volgende onderdelen gebruikt:
 - lampfitting: E27 met snoerschakelaar en montagering (Ø 40 mm)
 - Gelijksstroommotor: 12V 100RPM 166 oz-in geborsteld met een 6 mm D-vormige as
2. Zet uw model in elkaar volgens deze stap-voor-stap instructies.

Het opzetten van het 3D-geprinte mechanisme

Volg de montage-instructies op de foto's stap voor stap om het 3D-geprinte mechanisme dat het model van de exoplaneet transporteert op te zetten.

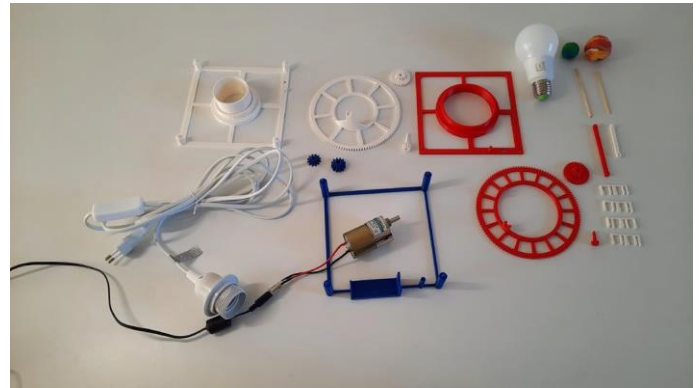
Een timelapse-video van de montage is te vinden op <https://youtu.be/GyEK6WNOhFA?t=28>



Stap 1:

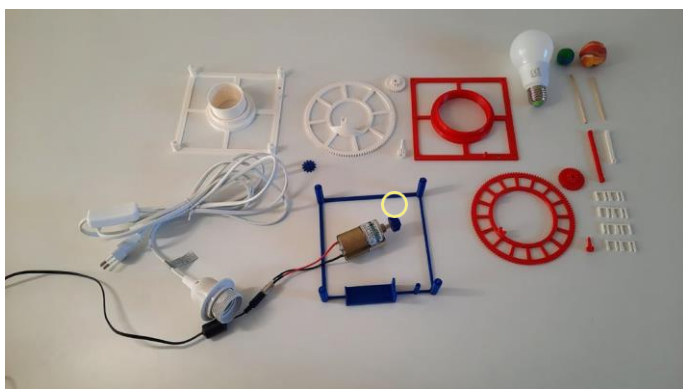
Zorg voor alle benodigde apparatuur, klaar voor het opzetten van het model van het exoplanetaire systeem.

Opmerking: Zorg ervoor dat je model-exoplaneten niet te zwaar zijn.



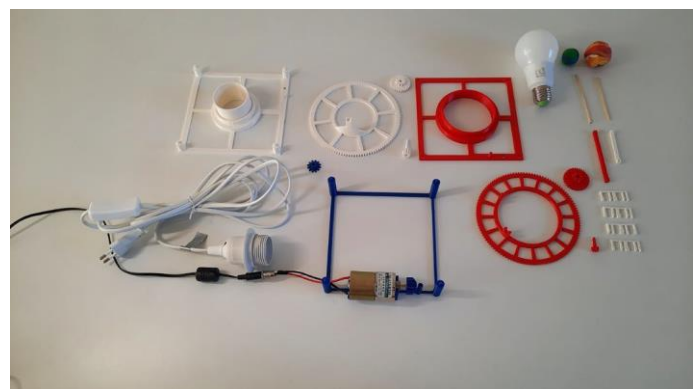
Stap 2:

Neem de motorbasis en de **motor** om met de montage te beginnen.



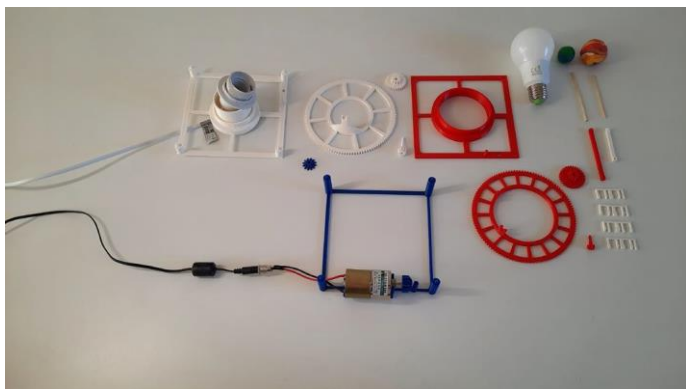
Stap 3:

Plaats het **motortandwiel** op de as van de motor.



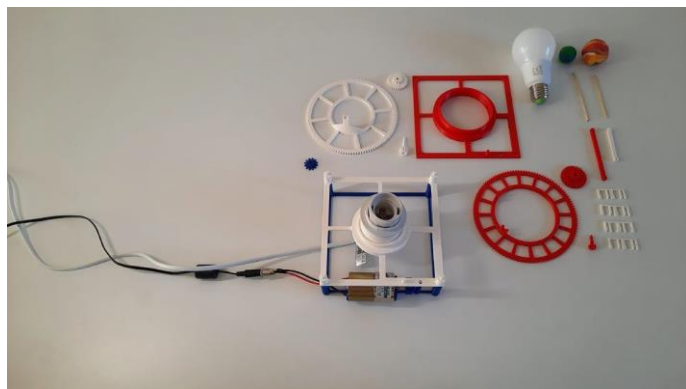
Stap 4:

Bevestig de motor aan de **motorbasis**.



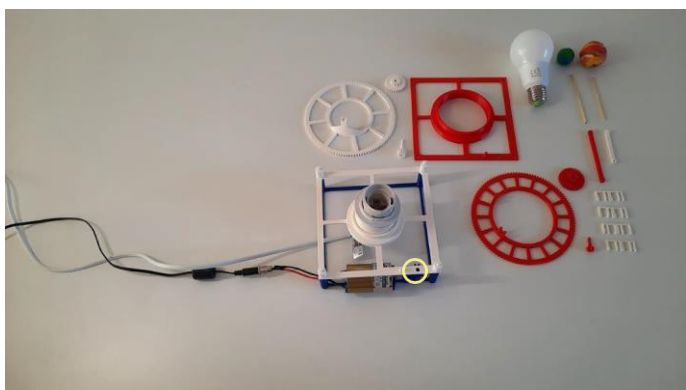
Stap 5:

Trek de kabel van de lampfitting door de **lager niveau basis** om hem voor te bereiden op de montage.



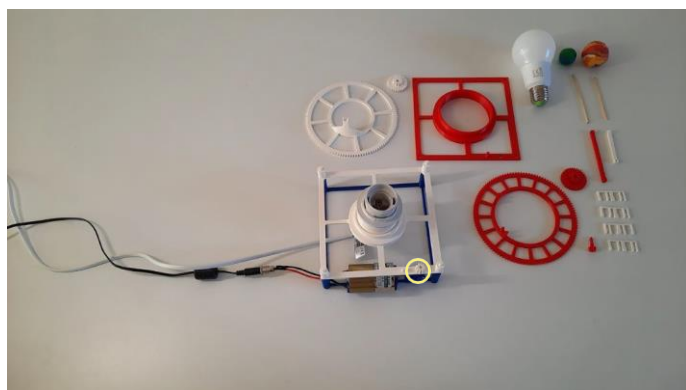
Stap 6:

Plaats de **onderste niveaubasis**, inclusief de lampfitting, op de **motorbasis**.



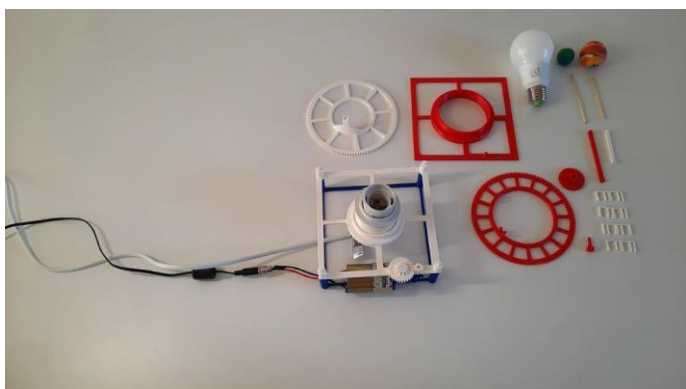
Stap 7:

Plaats de **aandrijving** tussen de **motorbasis** en de **onderste niveaubasis**.



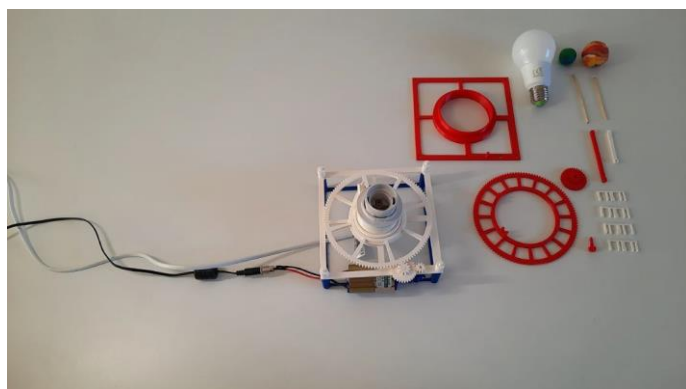
Stap 8:

Steek het **ruimtetuig** door het gat in de **lager niveau basis** om de **aandrijving** te bevestigen.



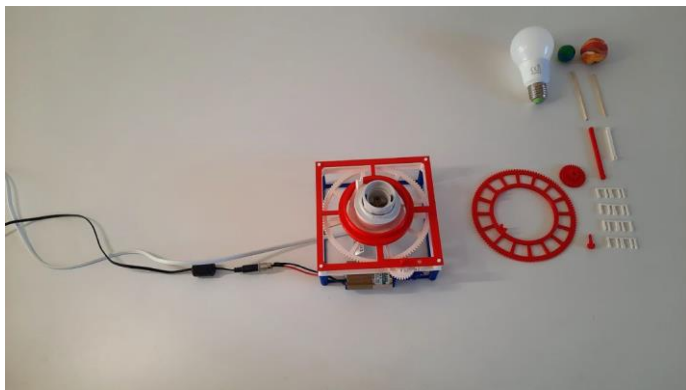
Stap 9:

Verbind versnelling 1 met de pin op de **lager niveau**.



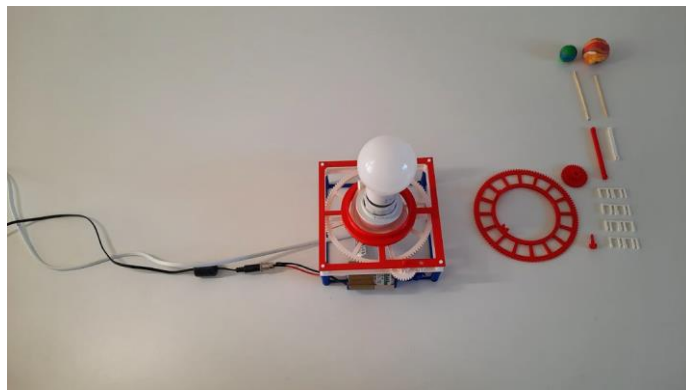
Stap 10:

Plaats het **exoplaneet tandwiel 1** over de lampfitting en controleer of de tandwielen goed in elkaar grijpen.



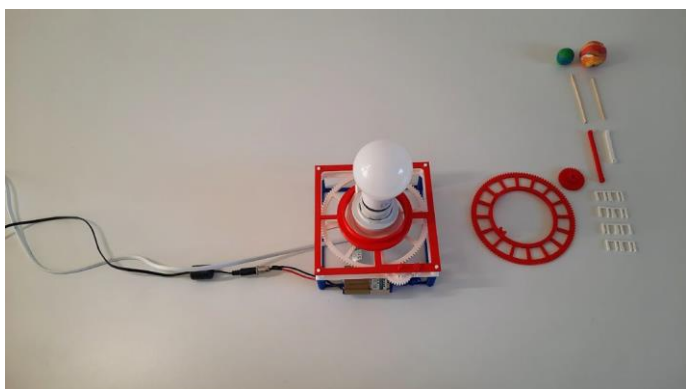
Stap 11:

Plaats het **bovenste niveau** op het **onderste niveau**.



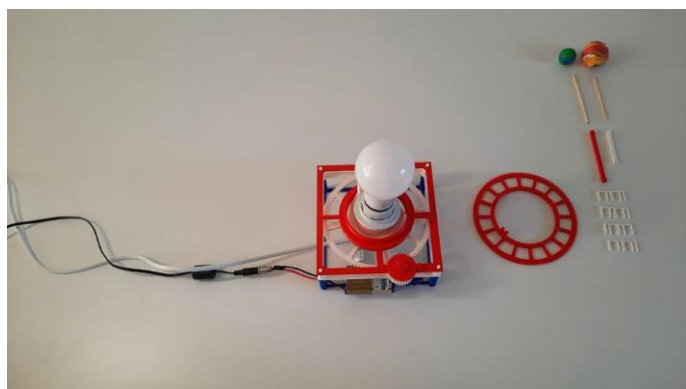
Stap 12:

Schroef de gloeilamp in de fitting.



Stap 13:

Steek het **bovenste motortandwiel** door het gat in de **bovenste niveaubasis**.



Stap 14:

Rijg het **verbindingsstuk 2** op de pin van de **bovenverdieping**.



Stap 15:

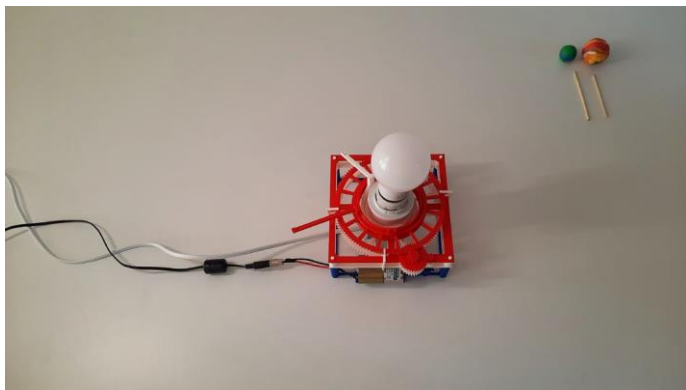
Plaats de exoplaneet versnelling 2 over de lamp en rust op de bovenste basis.

Het tandwielstelsel is nu volledig gemonteerd. Controleer of de tandwielen goed in elkaar grijpen.



Stap 16:

Voeg een van de vier **bevestigingsclips** toe aan het midden van elk van de vier zijden van het 3D-model. Deze clips houden de verschillende lagen op hun plaats.



Stap 17:

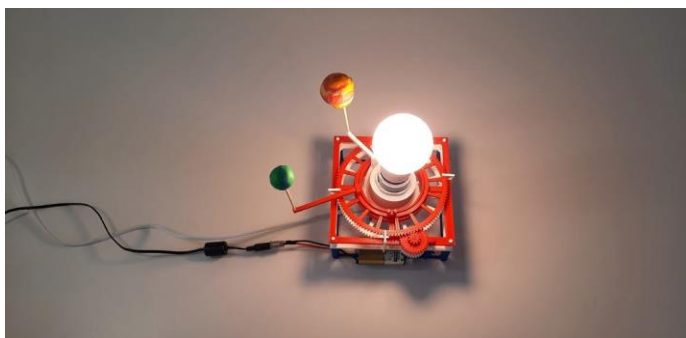
Bevestig de **exoplaneetarm 1** en de **exoplaneetarm 2** aan respectievelijk **exoplaneetversnelling 1** en **exoplaneetversnelling 2**.



Stap 18:

Steek één uiteinde van de houten spiesen in de gaten aan de uiteinden van **exoplaneetarmen 1 & 2**. Bevestig de model-exoplaneten aan de andere uiteinden van de spiesen.

De spiesen moeten een zodanige lengte hebben dat het middelpunt van de model-exoplaneten en het middelpunt van de lamp op één lijn liggen.



Stap 19:

Zet de lamp aan en start de motor om je 3D-geprinte exoplanetaire model te testen.

3. Richt je lichtdetector op de gloeilamp en het model van de exoplaneet.
4. U bent nu klaar om te beginnen met het verzamelen van gegevens. Controleer de opzet van uw model:
 - Controleer of de lichtdetector is uitgelijnd en licht ontvangt van de juiste lichtbron.
 - Zorg ervoor dat er een dip in de lichtcurve wordt waargenomen wanneer de model-exoplaneet tussen de detector en de lamp doorgaat.

De 3D print bestanden wijzigen

De meegeleverde bestanden zijn ontworpen op basis van de specificaties van een bepaalde motor. Als u een andere motor gebruikt, kan het nodig zijn de 3D ontworpen **motorvoet** en **het motortandwiel** aan te passen.

Hieronder staan instructies voor het wijzigen van de bestanden met

Fusion 360: Stap-voor-stap instructies:

1. Open EXTRA-verstelbare motorversnelling.f3d en EXTRA-verstelbare motorvoet.f3d in Fusion 360
2. Ga naar MODIFY > parameters wijzigen
3. Pas de parameters aan aan uw motor

U kunt dit overzicht gebruiken om de maten te vinden die u moet nemen:

