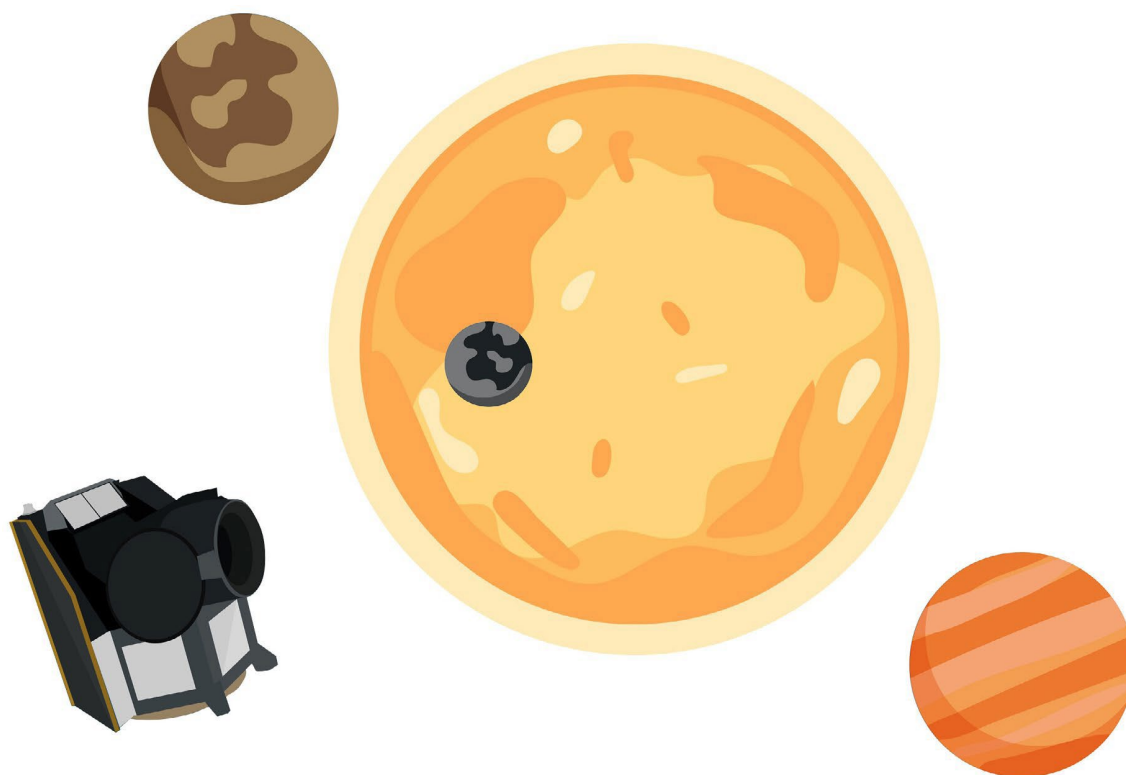
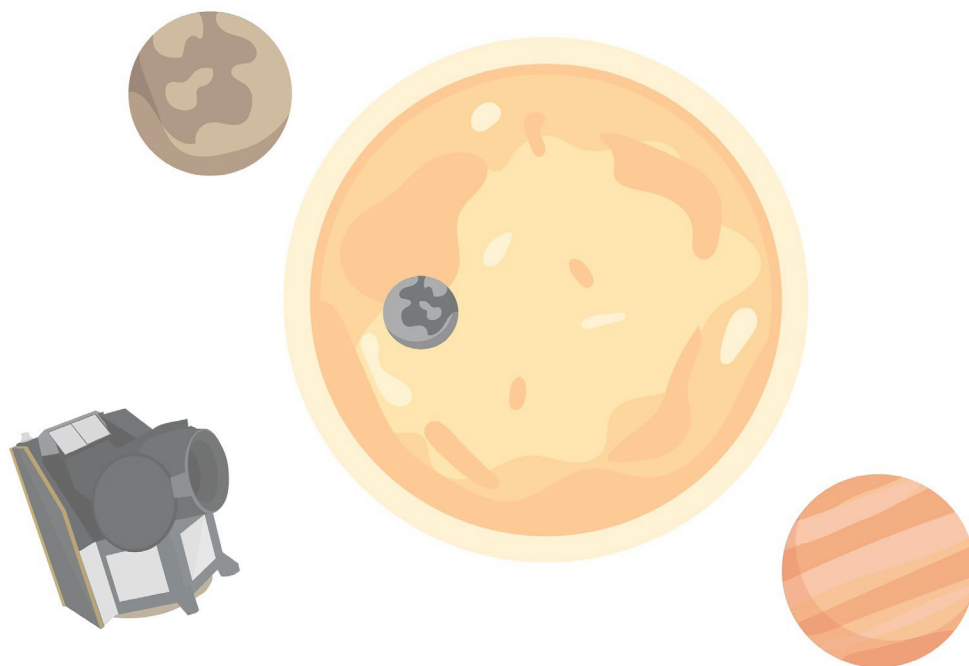


undervise med

→ EXOPLANETER I BEVÆGELSE

Byg dit eget exoplanetsystem





Vejledning for lærere

Hurtige fakta	side 3
Resumé af aktiviteterne	side 4
Indledning	side 5

Aktivitet 1: Introduktion til exoplaneter	side 6
Aktivitet 2: Model for	side 7

Arbejdsark for studerende	side 11
	side 17

Bilag 1: Drejeskiveudgave	side 18
Bilag 2: Rover-udgave	side 20
Bilag 3: 3D-printet udgave	side 24

teach with space - exoplaneter i bevægelse | P32
www.esa.int/education

ESA's uddannelseskonto modtager gerne feedback og kommentarer
teachers@esa.int

En ESA Education produktion
Copyright 2023 © European Space Agency

→ EXOPLANETER I BEVÆGELSE

Modellering af exoplaneters passage

FAKTA FAKTA

Emneord: Matematik, Fysik, Astronomi

Aldersgruppe: Alder: 10-18 år

Type: Elevaktivitet, hands-on modellering

Sværhedsgrad: Medium

Lektionstid: 60 minutter

Omkostninger: Pris: Lav (0-75 kr.) - middel (75-225 kr.)

Sted: Klasseværelse

Materialer: lysmåler-app eller datalogger, 3D-printede komponenter (valgfrit), rover (valgfrit)

Nøgleord: Fysik, matematik, astronomi, exoplaneter, lyskurver, transitter, baner, skalering, grafer, periode, robotteknologi, 3D-print

Kort beskrivelse

I dette sæt aktiviteter lærer eleverne, hvordan forskere undersøger exoplaneter med satellitter som Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite) ved hjælp af transitmetoden. Eleverne skal bygge deres egen model af et exoplanetarsystem og derefter observere og fortolke modellens lyskurver.

Der er monteringsvejledninger til tre forskellige transitmodeller: drejeskive (enkel), rover (mellemliggende) og 3D-printet (avanceret).

Denne aktivitet er en del af en serie, der omfatter "**Exoplanets Detective**", hvor eleverne analyserer virkelige data fra ESA's Cheops-satellit, og "**Exoplanets in a Box**", hvor eleverne bygger en transitmodel i en skotøjsæske og beregner størrelsen af en exoplanet.

Læringsmål

- Forståelse af, hvad exoplaneter er, og hvordan satellitter undersøger dem.
- Forståelse af, hvordan transitmetoden bruges til at opdage og karakterisere exoplaneter.
- Forbedring af eksperimentelle færdigheder ved at observere og fortolke målte lyskurver.
- Udvikling af færdigheder i teamarbejde gennem problemløsning i samarbejde.
- Formidling af videnskabelige og matematiske resultater til jævnaldrende.

→ Oversigt over aktiviteter

Oversigt over aktiviteter					
	Titel	Beskrivelse	Resultater	Krav	Tid
1	Introduktion til exoplaneter	Indledende aktivitet, der udforsker det grundlæggende om exoplaneter og transitmetoden.	Lær, hvad exoplaneter er, og hvordan transitmetoden kan bruges til både at finde og lære mere om dem.	Ingen	20 minutter
2	Model for Exoplaneter på gennemrejse	Eleverne skal skabe deres egen model af et exoplanetarisk system og bruge det til at udforske transitmetoden ved at foretage målinger med en lysmåler-app/data logger.	Følg instruktionerne for at oprette en model af et exoplanetarisk system. Skitsér og fortolk grafer og forstå, hvordan størrelsen af modellen exoplaneter vil påvirke det lys, der måles af detektoren.	Viden fra aktivitet 1	40 minutter, afhængigt af den anvendte transitmodel kan det tage længere tid

→ Indledning

Exoplaneter, eller ekstrasolære planeter, er planeter uden for vores eget solsystem, som kredser om en anden stjerne end vores sol. Exoplaneter opdages og studeres ved hjælp af teleskoper både på Jorden og i rummet.

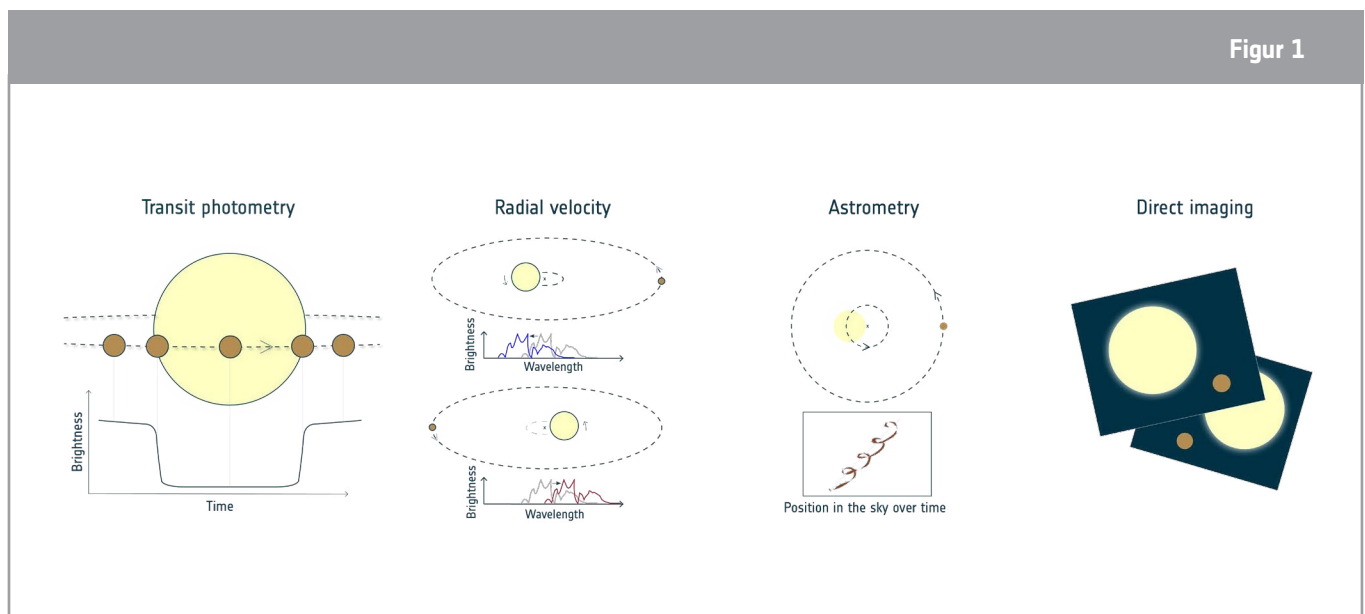
Exoplaneter er svære at opdage, da det signal, vi modtager fra dem, er lille i forhold til det meget større signal, der kommer fra deres større og lysere værtsstjerner. Typisk meget mindre end 1 %.

Der er flere hovedmetoder, der bruges til at søge efter og finde exoplaneter, og her er de vigtigste:

- **Direkte afbildning** - som navnet antyder, afbildes exoplaneten direkte. Det er den eneste metode, hvor man registrerer exoplaneten og måler dens lys direkte.
- **Transitfotometri** - exoplaneten opdages ved at måle en dæmpning af det lys, der kommer fra stjernen.

Når en stjerne kredser om en exoplanet, vil stjernen og exoplaneten kredse om hele systemets massecentrum. De to næste metoder bruger stjernens lille kredsløbsbevægelse til at karakterisere de exoplaneter, der kredser om stjernen.

- **Radialhastighed** - exoplaneten opdages ved at måle forskydninger i stjernens spektralprofil.
- **Astrometri** - exoplaneten opdages ved at måle afvigelser (wobbel) i stjernens position.



↑ Metoder til påvisning af exoplaneter.

I dette sæt aktiviteter skal eleverne bygge en transitmodel af et exoplanetarisk system. Dybden af kurvens dyk afhænger direkte af, hvor stor en procentdel af lyset fra stjernen der blokeres af den forbigående exoplanet, hvilket afhænger af størrelsen af exoplaneten i forhold til stjernen. Jo større planeten er i forhold til stjernen, jo mere af lyset vil den blokere. Hvis vi kender stjernens størrelse, kan vi bestemme planetens størrelse.

→ Aktivitet 1: Introduktion til exoplaneter

For at introducere eleverne til emnet exoplaneter kan du bruge det videomateriale, der er tilgængeligt på nedenstående links, eller bruge baggrundsinformationen som en supplerende ressource.

Nedenfor er nogle forslag til ESA-videomateriale:

- **Mød eksperterne - Andre verdener:**

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

- **Mød Cheops, den karakteriserende exoplanetsatellit:**

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

- **Paxi udforsker exoplaneter!**

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

Når eleverne er blevet introduceret til exoplaneter, transitmetoden og Cheops, kan de gennemgå aktivitet 1 i elevopgavearket.

Øvelse 1 - Grundlæggende om exoplaneter

Nedenfor er angivet mulige svar på spørgsmål 1 og 2 på elevarbejdsarket.

- 1.1 Exoplaneter er planeter uden for solsystemet. På samme måde som planeter, herunder Jorden, kredser om Solen, kan andre stjerner have planeter i kredsløb om dem.
- 1.2 Lys

Yderligere oplysninger: Cheops har et enkelt videnskabeligt instrument om bord: et specialiseret kamera kaldet et fotometer. Lyset fra stjernerne når frem til fotometeret via et teleskop med en diameter på 32 centimeter. Cheops er følsom over for optisk lys (som vi også kan registrere med vores øjne) samt for lys, der er mere blått og mere rødt, nærmere bestemt lysbølglængder i området fra 350 nm til ca. 1100 nm.

Øvelse 2 - Transitmetoden

Nedenfor er vist et muligt svar på spørgsmål 2.1.

- 2.1 *Med denne metode kan vi direkte måle den mængde lys, som planeten blokerer, når den passerer foran stjernen, og indirekte kan vi beregne planetens størrelse.
Hvis teleskopet observerer to på hinanden følgende dyk i lyskurven, kan vi også udlede planetens omløbstid, som er den tid, det tager planeten at fuldføre et fuldt kredsløb om sin værtsstjerne.*

Yderligere oplysninger: Når det kombineres med andre målinger, kan vi også beregne planetens massefylde og udlede oplysninger om dens atmosfære. Cheops vil også kunne bestemme fasekurven og albedo for nogle exoplaneter, hvilket giver indsigt i deres temperatur, refleksionsevne og klima.

Diskussion

Efter at have gennemført aktiviteterne bør eleverne opfordres til at diskutere deres svar. Du kan eventuelt dele klassen op i par eller grupper, før du diskuterer svarene med hele klassen.

Før du starter aktivitet 2, hvor eleverne skal bygge en transitmodel, kan du diskutere forslag med dem til, hvordan de vil skabe et exoplanetarisk modelsystem.

→ Aktivitet 2: Model for Exoplaneter på gennemrejse

I denne aktivitet skal eleverne bygge og afprøve deres egen model af et exoplanetsystem, der kredser om en stjerne, repræsenteret ved en glødepære. Samlevejledninger til tre forskellige exoplanet transitmodeller findes i bilagene: drejeskive (enkel), rover (mellem) og 3D-printet (avanceret). Vælg den exoplanet transitmodel, der passer bedst til dine elever.

- **Drejeskiveudgave (simpel):** Der bruges en drejeskive til at skabe den cirkulære bevægelse af model-exoplaneter og simulere en bane. Drejeskiveudgaven af modellen af det exoplanetariske system er den enkleste af de tre mulige modeller for denne ressource.

Samlevejledning link: <https://youtu.be/oTibvYu3vyA>

- **Rover Edition (mellem):** En rover bruges til at skabe den cirkulære bevægelse af model-exoplaneter og simulere en bane. Rover-versionen kan kombineres med programmering, robotteknik og bevægelsesanalyse.

Samlevejledning link: <https://youtu.be/VlrTvsamQrg>

- **3D-printet udgave (avanceret):** En specialfremstillet 3D-printet model med åben kildekode bruges til at skabe den cirkulære bevægelse af model-exoplaneter og simulere en bane. Den 3D-printede version af modellen af det exoplanetariske system kræver adgang til en 3D-printer for at printe modellen. Mekanismen kan tilpasses og kan redigeres, så den passer til dine egne behov.

Samlevejledning link: <https://youtu.be/GyEK6WNOhFA>

Forberedte 3D-filer: esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint_files_ExoplanetsInMotion.zip

Når I har opstillet modellen, måler eleverne lyset fra pæren, mens model-exoplaneterne kredser om jorden, og observerer den effekt, som størrelsen og hastigheden af model-exoplaneterne har på den målte lyskurve.

Denne aktivitet kan enten udføres som en demonstration for klassen eller som en gruppeaktivitet, der kan udføres i grupper på 3-5 elever.

Ekstra: Selv om det ikke er undersøgt i dette sæt aktiviteter, kan modellen med det exoplanetariske system bruges til at introducere Keplers love for planets bevægelse. En planet i en cirkulær bane vil bevæge sig med konstant hastighed (Keplers anden lov). Denne hastighed er bestemt af stjernens masse og afstanden mellem planeten og stjernen (Keplers tredje lov).

Udstyr

Liste over materiale:

- montering og fatning til pærer
- pære med høj lysstyrke
- plasticin/modellervoks eller andet modeleringsmateriale
- lineal
- træspyd
- lysmåler (f.eks. telefon med lysmåler-app eller datalogger)
- Yderligere materiale til exoplaneternes transitmodel pr. gruppe:
 - o **Drejeskive udgave:** drejeskive (f.eks. pladespiller, roterende serveringsbakke, cykelhjul)
 - o **3D-printet udgave:** motor, 3D-printede dele af modellen
 - o **Rover-udgave:** Rover: Rover (f.eks. LEGO WeDo 2.0, Spike Prime eller EV3)
 - o **Foreslåede apps:** Android og IOS: Physics Toolbox Sensor Suite og Phyphox

Øvelse 1: Lav dine exoplaneter

I denne øvelse skal eleverne bruge plasticine eller modellervoks til at lave 2 eller 3 forskellige modeller af exoplaneter. Den parameter, der vil have størst betydning for transit, er størrelsen af exoplaneten, men sørg for, at planeterne ikke er for store eller for tunge, så de stadig kan fungere med modellen. Eleverne bliver også bedt om at navngive deres planeter på en kreativ måde.

Du kan eventuelt sætte din egen tidsgrænse for denne aktivitet for at sikre, at der er tid nok til at gennemføre de andre øvelser.

Øvelse 2: Opbyg din exoplanet transitmodel

I denne øvelse skal eleverne opstille modellen af det exoplanetariske system, afprøve det og analysere den lyskurve, der er målt med lysmåleren. Vælg den exoplanet transitmodel, der passer bedst til dine elever. Der findes monteringsvejledninger til tre forskellige exoplanet transitmodeller i separate dokumenter: drejeskive (simpel), rover og 3D-printet (avanceret).

Elevens arbejdsark er gyldigt for de tre modeller.

Øvelse 3: Analyser en transit med din exoplanet-transitmodel

Da eleverne bliver bedt om at beskrive deres observationer med deres egne ord, er de følgende svar blot eksempler. Det er muligt, at nogle elever vil beskrive deres resultater med henvisning til modellen og andre med henvisning til det virkelige exoplanetsystem, så det er vigtigt at skelne mellem observation og model her.

Det er vigtigt, at modellen af exoplaneten roterer i et stabilt tempo, uanset hastigheden. Afhængigt af modellens rotationshastighed kan dykningen i lyskurven fremstå som en skarpere "v-form" eller en bredere "u-form".

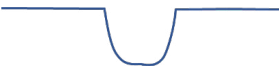
3.1 Stjerne - Glødepære

Teleskop - **Smartphone / detektor**

Exoplanet – **Plasticine- modellervoksbold**

3.2 For hvert scenarie skal eleverne lave en skitse af den observerede lyskurve og beskrive den med deres egne ord.

a) Den lysintensitet, der vises på grafen, vil være omtrent konstant, undtagen når model exoplaneter passerer mellem sensoren og lyskilden. På dette tidspunkt kan vi observere et fald i den målte lysintensitet.

Skitse: 

b) Lysintensiteten vil falde, hver gang model exoplaneter passerer mellem detektoren og lyskilden. Dybden og bredden af hvert af de tre dyk er den samme, og afstanden mellem de på hinanden følgende dyk ændres ikke.

Skitse: 

c) En større model exoplanet giver et dybere dyk i lysintensiteten, mens en mindre model exoplanet giver et mindre eller mindre dybt dyk på grafen.

Skitse: 
mindre/lavere dybde større/dybere

d) Hver model af en exoplanet, der passerer foran pæren, vil give sit eget fald i lysintensiteten. Den større model exoplanet skaber et dybere dyk end den mindre model exoplanet, mens bredden af dykningen er den samme.

Skitse: 

Diskussion

Når de har gennemført denne aktivitet, skal hver gruppe præsentere deres resultater for klassen. Eleverne skal være i stand til at beskrive komponenterne i transitmodellen og forstå betydningen af exoplanetens størrelse for dette eksperiment. Eleverne skal også have en idé om modellens begrænsninger.

Som afslutning på aktiviteten og for at fremme diskussionen kan du stille eleverne følgende spørgsmål for at introducere forbindelserne mellem modellen og det virkelige exoplanetarsystem:

Spørgsmål: *Når du har observeret det lys, der er registreret fra dit model-exoplanetsystem, hvad forventer du så at se i lyskurven, når satellitten observerer en exoplanettransit?*

Det forventede svar ville være: et dyk i lyskurven.

Som en bonusaktivitet kan du bede eleverne om at analysere de data, der er indsamlet fra lysdetektoren, kvantitativt og f.eks. gennemføre aktivitet 3 i undervisningsmaterialet **Exoplanets in a Box**.

Hvis du ønsker at fortsætte med at analysere lyskurver med dine elever, kan du gennemføre aktiviteten **Exoplanets Detective**, hvor eleverne kan sammenligne model- og reelle satellitdata fra ESA's Cheops-mission.

→ EXOPLANETER I BEVÆGELSE

Opbygning af dit eget exoplanetarsystem

→ Indledning

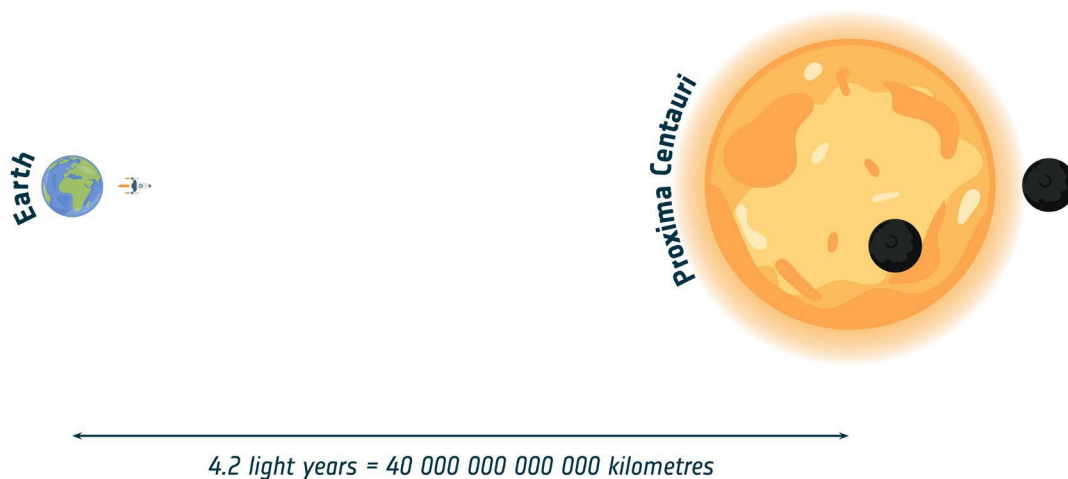
Ligesom planeterne i vores solsystem kredser om vores stjerne, Solen, er der også andre planeter i universet, der kredser om andre stjerner! Exoplaneter, eller ekstrasolære planeter, er planeter uden for vores eget solsystem.

Siden den første opdagelse af en exoplanet i kredsløb om en stjerne, der ligner vores sol i 1995 er der blevet opdaget mere end 4000 exoplaneter, og vi finder stadig flere. Hver enkelt exoplanet er unik. Nogle er store og gasfyldte som Jupiter, andre er små og stenede som Jorden og Mars, og nogle ligner ikke noget, vi har set i vores solsystem.

I denne aktivitet skal du bygge dit eget exoplanetsystem og lære, hvordan forskerne finder disse ukendte verdener langt væk fra os i rummet.

Vidste du det?

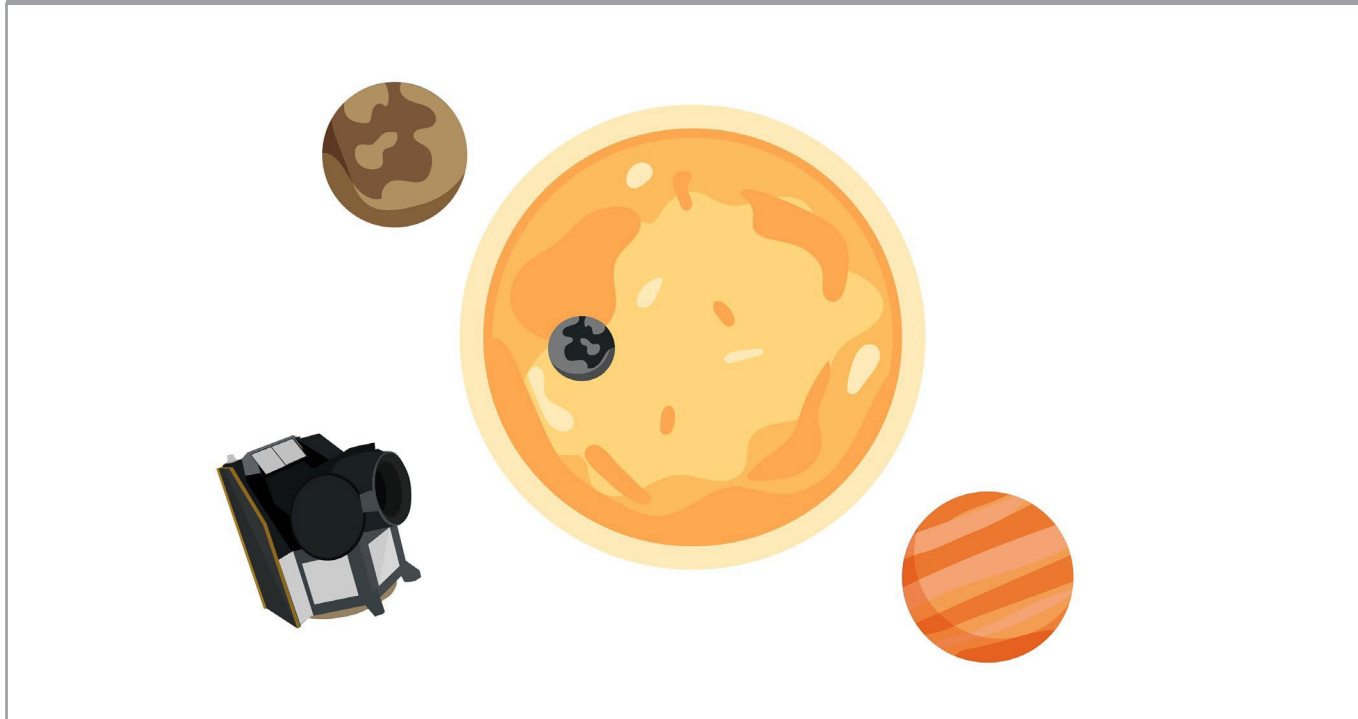
Den nærmeste exoplanet til os er en planet i kredsløb om stjernen Proxima Centauri. Lyset tager kun 4,2 år at rejse fra Proxima Centauri til Jorden, men det ville tage over seks millioner år for det hurtigste rumfartøj der findes i øjeblikket, at nå frem til denne exoplanet!



→ Aktivitet 1: Introduktion til exoplaneter

I denne aktivitet vil du lære mere om exoplaneter.

Figur 1



↑ Kunstnerisk indtryk af ESA's satellit Cheops (CHArcterising EXOPlanet Satellite)

Øvelse 1: Grundlæggende om exoplaneter

1.1. Forklar med dine egne ord, hvad en exoplanet er.

1.2 Cheops er en satellit, der undersøger exoplaneter. Hvad måler Cheops?
Omkreds den rigtige mulighed:

Temperatur

Farve

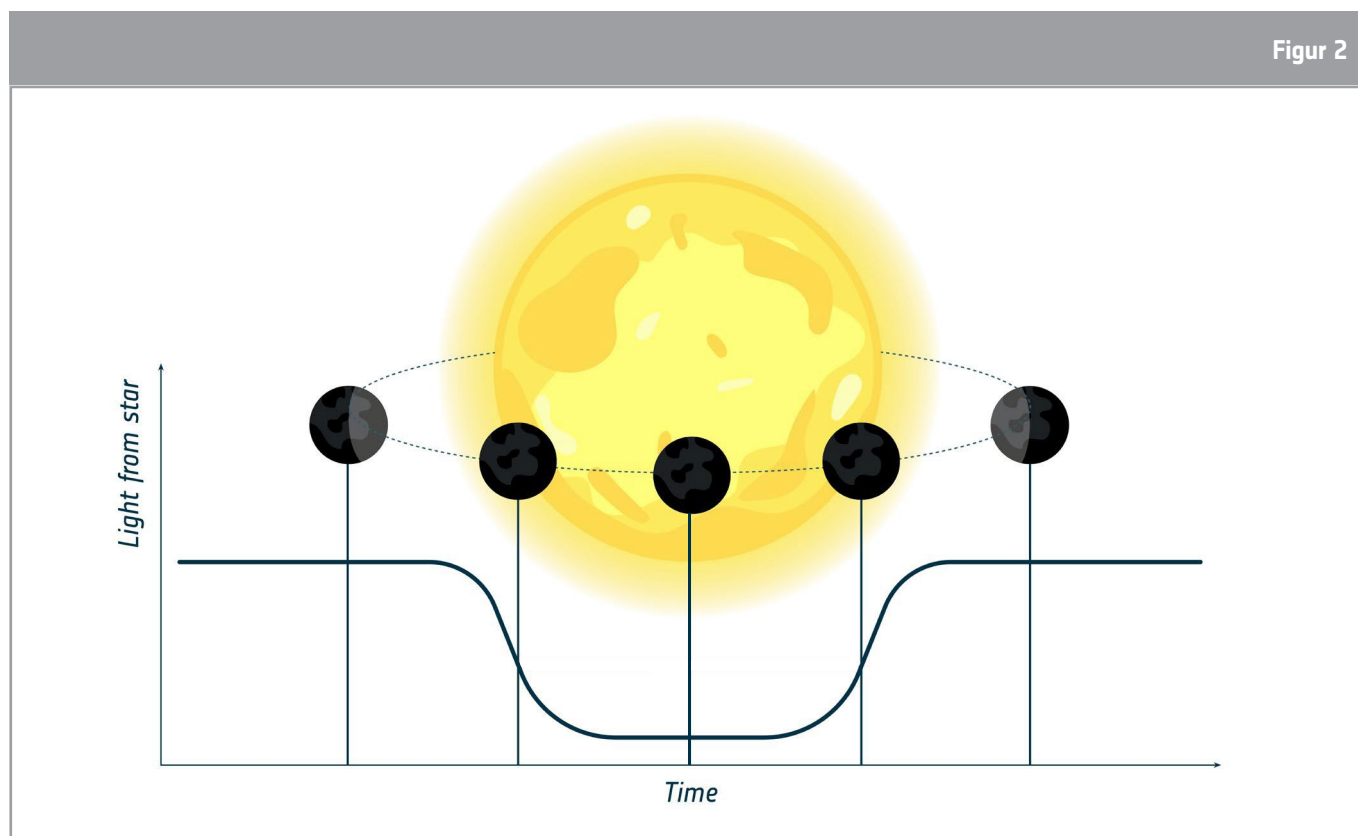
Afstand

Lys

Lyd

Øvelse 2: Transitmetoden

Transitmetoden kan bruges til både at finde nye exoplaneter og til at lære mere om dem. For at kunne bruge denne metode skal exoplaneten passere direkte mellem os og den stjerne, som den kredser om. Når en exoplanet passerer foran stjernen, vil den blokere noget af det lys, som vi kan se fra stjernen. Vi kan overvåge det lys, der kommer fra en stjerne over tid ved hjælp af et teleskop. Den graf, der repræsenterer stjernens lys som en funktion af tiden, kaldes en **lyskurve** (se figur 2).



↑ Repræsentation af en lyskurve målt under en exoplanets transit

2.1. Cheops bruger transitmetoden til at studere exoplaneter. Hvad kan vi lære om exoplaneter ved hjælp af denne metode?

→ Aktivitet 2: Model for Exoplaneter på gennemrejse

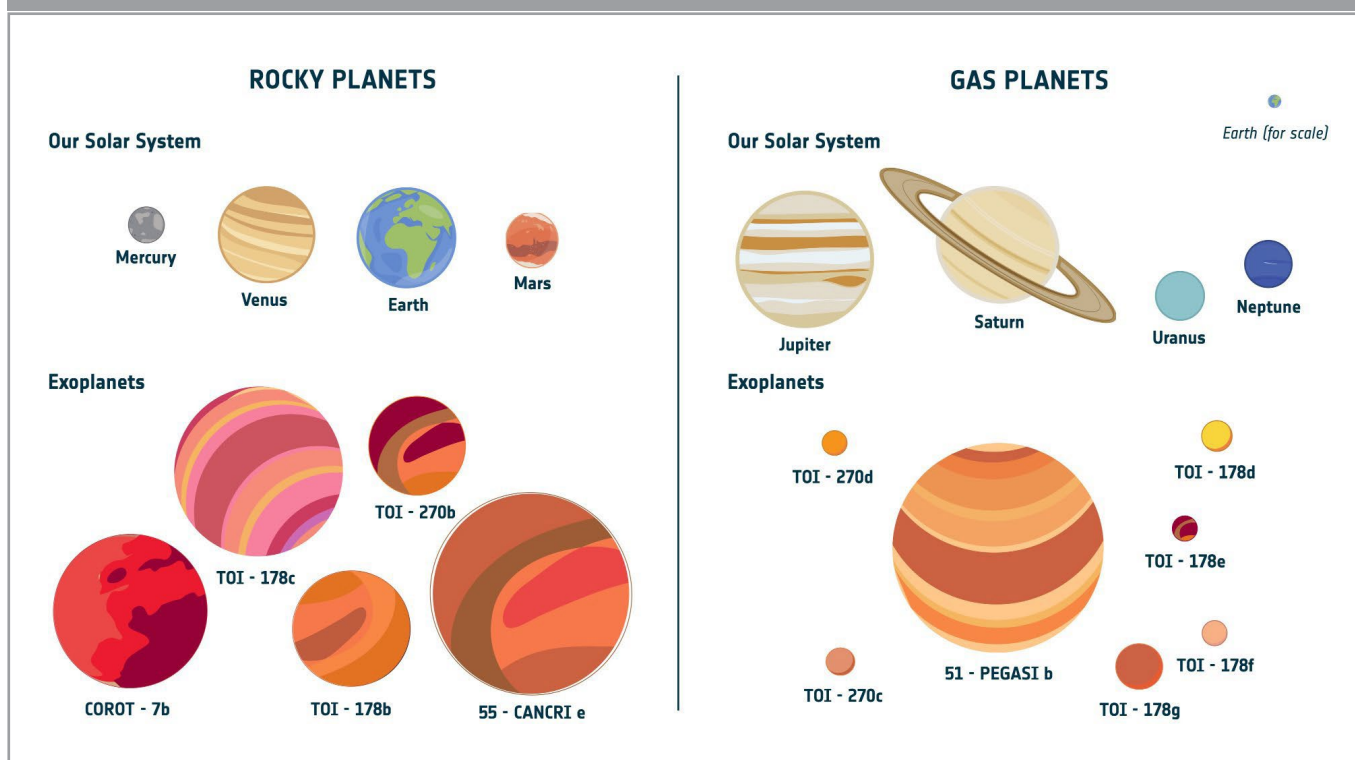
I denne aktivitet skal du bygge din egen model af et exoplanetarsystem med exoplaneter af plasticine eller modellervoks, der bevæger sig rundt om en lyskilde, som repræsenterer stjernen. I skal måle intensiteten af det lys, der registreres fra lyskilden, mens model-exoplaneterne bevæger sig rundt om den, og I skal observere, hvilken effekt størrelsen af model-exoplaneterne har på den lysmængde, I måler.

Øvelse 1: Lav dine exoplaneter

Med det udleverede materiale skal I, i jeres gruppe skabe to eller tre model-exoplaneter, som skal bruges i jeres model.

Plasticinekuglerne skal have en diameter på mellem 1 og 3 cm og være af forskellig størrelse.

Figur 2



↑ Eksempler på kunstneriske indtryk af virkelige exoplaneter, der allerede er blevet opdaget i kredsløb om nærliggende stjerner.

1. Giv dine exoplaneter navne, du er velkommen til at være kreativ

Vidste du det?

Det er en konvention, at exoplaneter navngives efter den stjerne, som de kredser om, efterfulgt af et lille bogstav, der starter med b (derefter c, derefter d osv.), for at angive den rækkefølge, de blev opdaget i. F.eks. kaldes den første planet, der blev opdaget i kredsløb om stjernen 51 Pegasi, 51 Pegasi b (eller 51 Peg b forkortet).

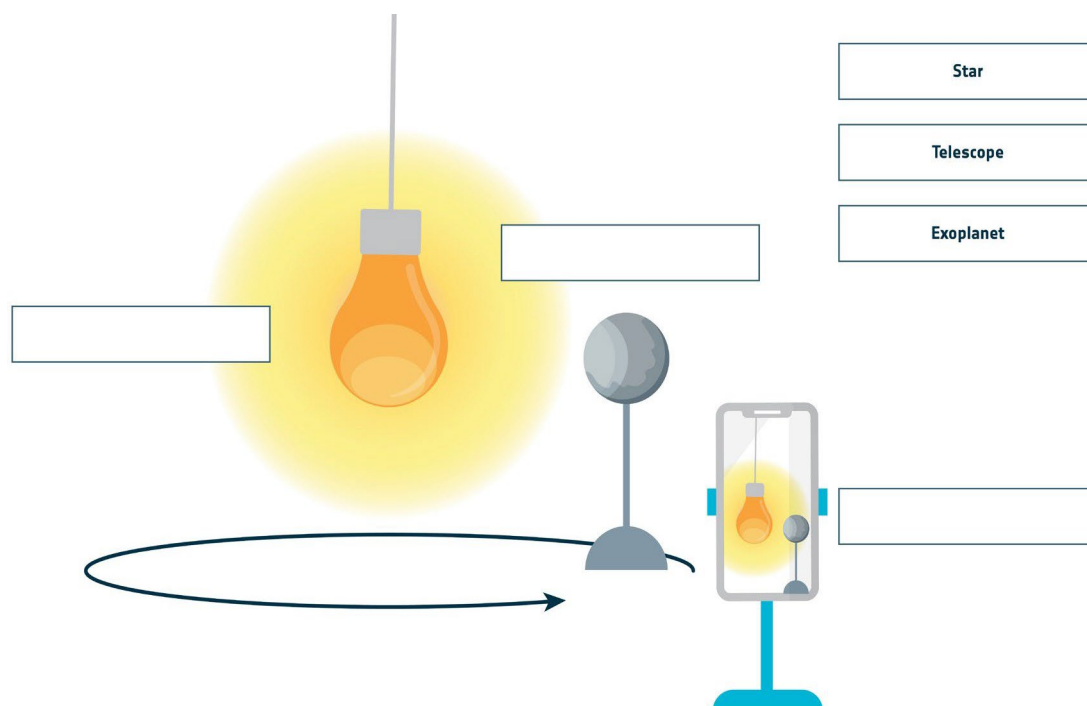
Øvelse 2: Byg en exoplanet transitmodel

Saml din model af et exoplanetsystem efter instruktionerne fra din lærer ved at bruge en af de model-exoplaneter, som du lavede i den foregående øvelse.

Sørg for, at detektoren, model-exoplaneterne og lyskilden er justeret. Afprøv din exoplanet-transitmodel.

Øvelse 3: Analyser en transit med din exoplanet-transitmodel

3.1. Udfyld kasserne på diagrammet ved hjælp af de angivne ord



3.2. Den graf, der vises på skærmen på din detektor, viser lysintensiteten af lyskilden i din model af et exoplanetarisk system.

Følg instruktionerne i hvert af spørgsmålene nedenfor. Lav en skitse af den observerede lyskurve og beskriv den også med ord.

- Sæt en exoplanet af plasticine fast på modellen og begynd rotationen. Stop rotationen, når exoplaneten af plasticin har fuldført en hel bane rundt om pæren:

Beskrivelse:	Skitse:
---------------------	----------------

- b. Begynd rotationen igen og stop den, når exoplaneten af plasticin har fuldført 3 kredsløb om pæren:

Beskrivelse:	Skitse:
--------------	---------

- c. Ændre størrelsen på exoplaneten af plasticine. Lad den nye exoplanet af plasticine gennemføre 3 fulde kredsløb om pæren:

Beskrivelse:	Skitse:
--------------	---------

- d. Tilføj en anden exoplanet af plasticine af en anden størrelse til modellen. Begynd rotationen, og stop, når begge exoplaneter af plasticin har fuldført 3 fulde baner omkring pæren:

Beskrivelse:	Skitse:
--------------	---------

→ Links

Samlevejledning til transit exoplanetmodellerne:

Den 3D-printede udgave:

youtu.be/GyEK6WNOhFA

Rover-udgaven: youtu.be/VlrTvsamQrg

Drejeskive-udgaven: youtu.be/oTibvYu3vyA

Forberedte 3D-filer: esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint_files_ExoplanetsInMotion.zip

ESA's ressourcer

ESA's ressourcer til klasseværelset:

esa.int/Education/Classroom_resources

Undervis med exoplaneter: esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets

Mød Cheops: Satellitten til karakterisering af exoplaneter:

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

Mød eksperterne - Andre verdener:

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

Paxi udforsker exoplaneter! esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi_udforsker_exoplaneter

Hack en exoplanet hackanexoplanet.esa.int

ESA's rumfartsprojekter

ESA's tidslinje for exoplanetmissioner: 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

Opsporing af exoplaneter med Gaia: sci.esa.int/web/gaia/-/58784-exoplanets

PLATO - PLANetary Transits and Oscillations of stars: sci.esa.int/plato

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

CoRot - konvektion, rotation og planetariske transitter rumfartsmission: sci.esa.int/corot

→ Drejeskive-udgave

Samlevejledning til transit exoplanetmodellen

Exoplanet transit model **Drejeskive udgaven** bruger en drejeskive til at skabe den cirkulære bevægelse af exoplanetmodellen og simulere en bane. Stjernen er repræsenteret af en glødepære. Følg denne monteringsvejledning for at opsætte drejeskivemodellen.

Yderligere videounderstøttende materiale kan findes her: youtu.be/oTibvYu3vyA



Udstyr

- Model exoplaneter
- Glødepære med høj lysstyrke
- Fatning og montering til pæren
- Lysmåler (f.eks. smartphone med lysmåler-app eller datalogger)
- Træspyd
- Drejeskive (f.eks. pladespiller, roterende serveringsbakke, cykelhjul)

Samling af din model:

Trin 1:

Sæt en model af en exoplanet på et træspyd, og fastgør spyddet på drejeskiven med modellervoks.

Trin 2:

Hæng pæren op over midten af drejeskiven, så den er i samme højde som modellen af exoplaneten.

Trin 3:

Juster din lysdetektor med pæren og modellen af exoplaneten.



Trin 4:

Du er nu klar til at begynde at indsamle data. Kontroller opsætningen af din model:

- Bekræft, at lysdetektoren er justeret og modtager lys fra den korrekte lyskilde.
- Drej pladespilleren med langsom og jævn hastighed. Sørg for, at der registreres et dyk i lyskurven, når modellen af exoplaneten passerer mellem detektoren og pæren.

Trin 5:

(Valgfrit) Du kan tilføje flere exoplaneter til din model.



→ Rover-udgaven

Samlevejledning til transit exoplanetmodellen

Exoplanet transit model **rover-udgaven** bruger en rover til at skabe den cirkulære bevægelse af model exoplaneten og simulere en bane. Stjernen er repræsenteret af en glødepære.

LEGO WeDo 2.0 roveren er brugt som eksempel i denne vejledning, men der kan bruges andre rovere i denne transitmodel. Følg denne samlevejledning for at sætte rovermodellen op.

Yderligere videomateriale kan findes her: <https://youtu.be/VlrTvsamQrg>



Udstyr

- Rover
- Model exoplaneter
- Glødepære med høj lysstyrke
- Fatning og holder til pæren
- Lysmåler (f.eks. smartphone med lysmåler-app eller datalogger)
- Viskelæder (valgfrit)

Gør din model klar:

1. Saml din rover, og sørg for, at den bevæger sig i en cirkel. Hvis du bruger WeDo 2.0-roveren, kan du følge trin-for-trin vejledningen under Opsætning af WeDo 2.0 "Exoplanet Rover". Du kan sætte en kuglepen på roveren for at tjekke, at den kører i en cirkel. Glem ikke at fastgøre din model af exoplaneten til roveren.
2. Find centrum af den cirkel, som din rover bevæger sig på.
3. Hæng din pære op, så den er i samme højde som exoplaneten på roveren og direkte over centrum af roverens bane.
4. Sæt lysmåleren op, så den er rettet ind efter pæren.
5. Du er nu klar til at begynde at indsamle data. Kontroller opsætningen af din model:
 - Bekræft, at lysdetektoren er justeret og modtager lys fra den korrekte lyskilde.
 - Sørg for, at der registreres et dyk i lyskurven, når modelexoplaneten passerer mellem detektoren og pæren.

Opsætning af WeDo 2.0 "Exoplanet Rover"

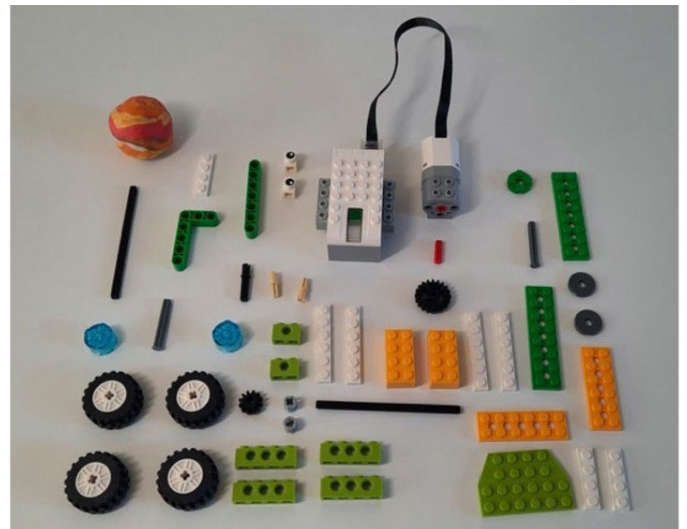
Følg monteringsvejledningen, der er vist på billederne, trin for trin for at sætte roveren op, der transporterer modellen af exoplaneten.

En time-lapse-video af samlingen kan ses på

<https://youtu.be/VlrTvsamQrg?t=15>

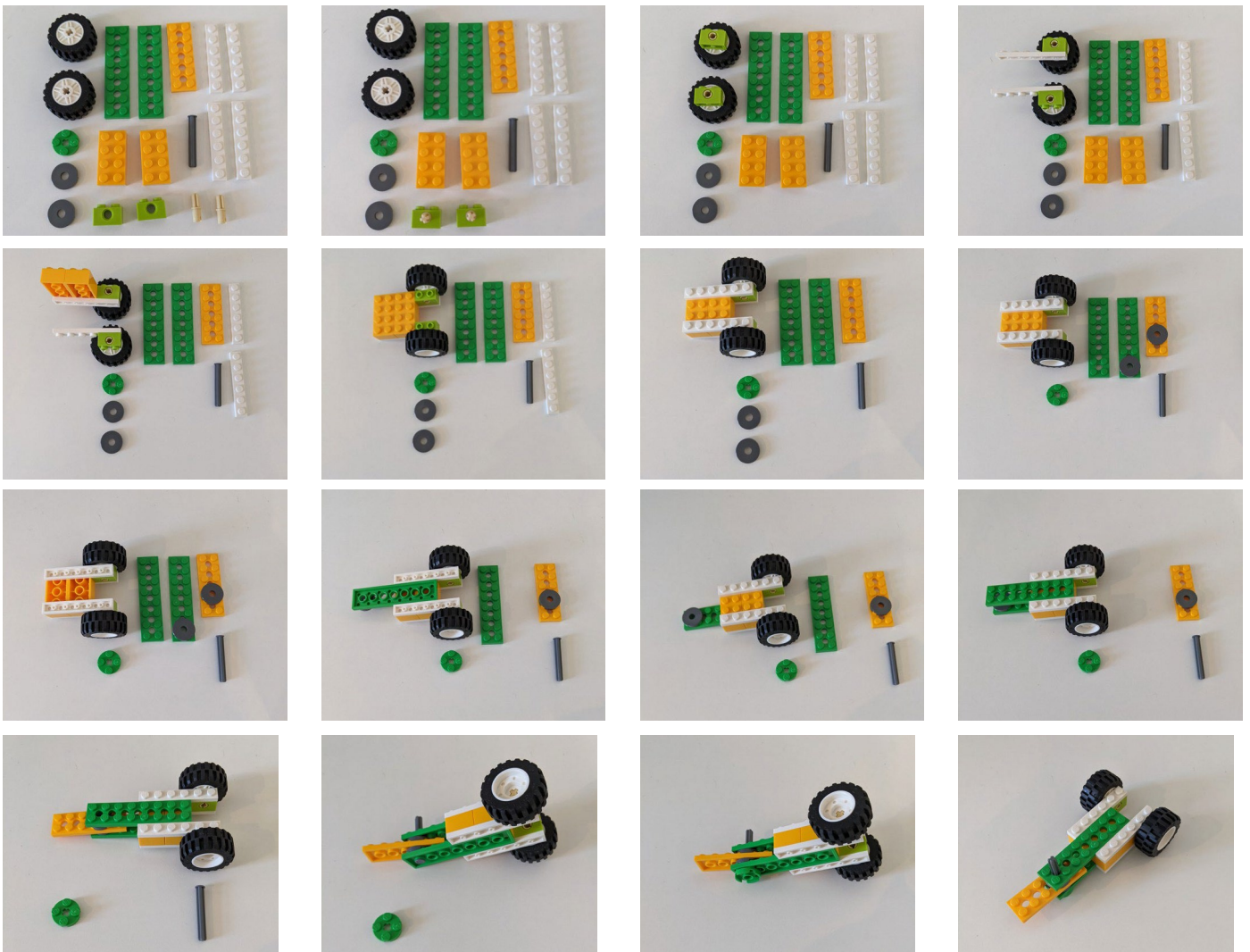
Trin 1:

Find det nødvendige materiale. De nødvendige dele er vist på billedet til højre.



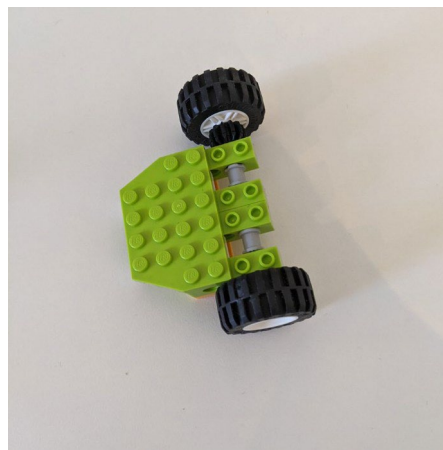
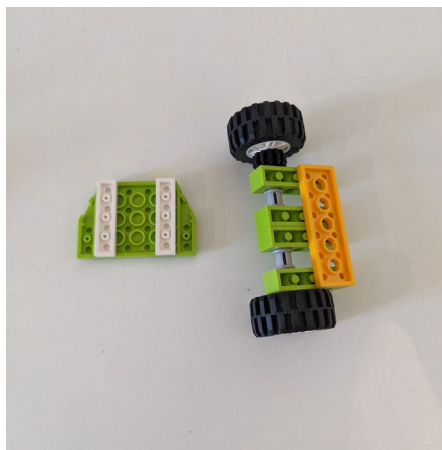
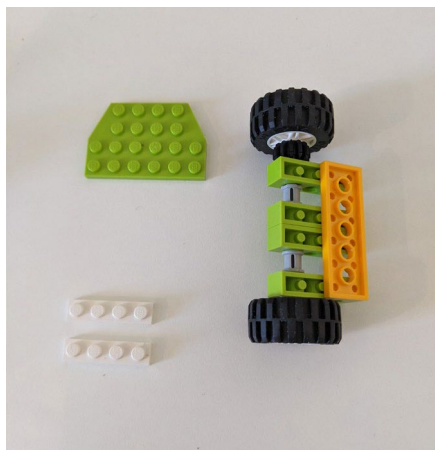
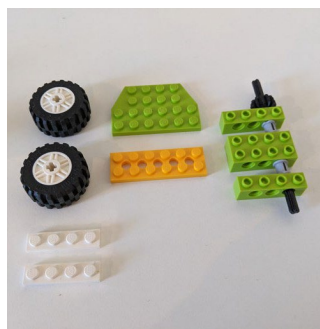
Trin 2:

Byg forsiden af WeDo-roveren:



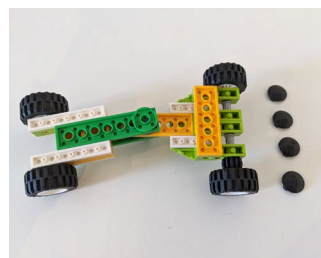
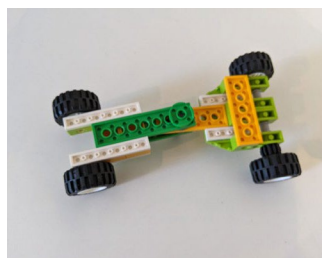
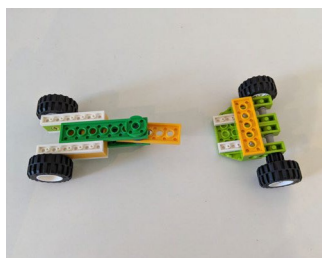
Trin 3:

Byg bagsiden af WeDo-roveren:



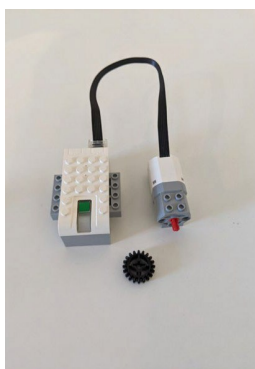
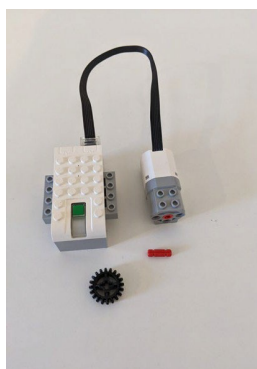
Trin 4:

Saml forsiden og bagsiden af WeDo-roveren:



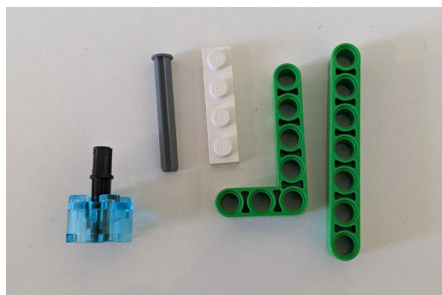
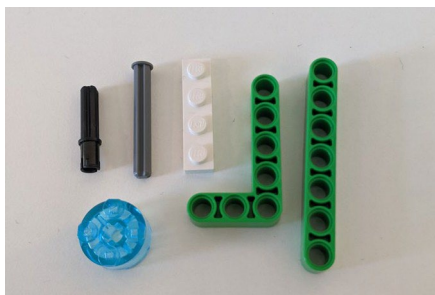
Trin 5:

Saml og monter motoren:



Trin 6:

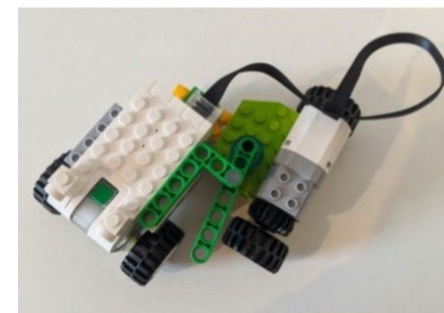
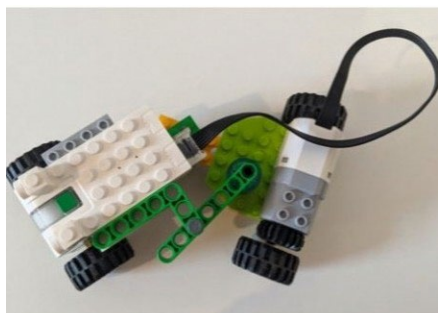
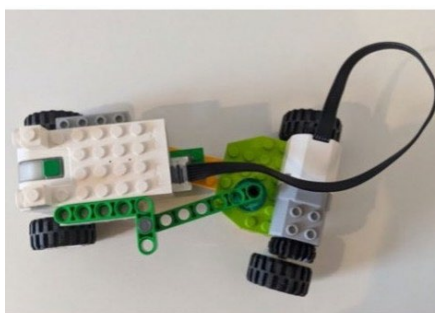
Fastgør vinkel-indstillingssystemet til din WeDo rover:



Trin 7:

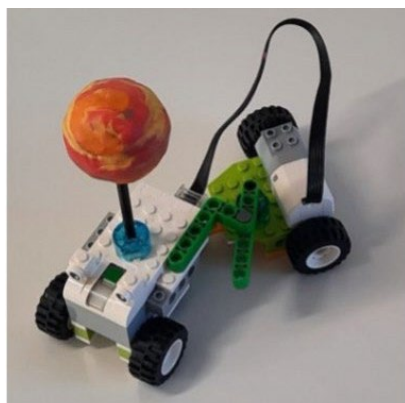
Vælg en vinkel for din rover for at bestemme diameteren af dens bane:

Hvis du vil ændre vinklen på roveren, skal du fjerne stiften fra de grønne LEGO stav, justere roveren og placere stiften i et andet sæt huller.



Trin 8:

Fastgør exoplaneten for at gøre roveren færdig:



Trin 9:

Tilslut roveren til WeDo-softwaren, og gør dig klar til at eksperimentere!

→ Den 3D-printede udgave

Samlevejledning til transit exoplanetmodellen

Den **3D-printede udgave** af exoplanetens transitmodel bruger en specialfremstillet 3D-printet model med åben kildekode til at skabe exoplanetens cirkulære bevægelse og simulere en bane. Stjernen er repræsenteret af en glødepære.

Modellen repræsenterer et stjernesystem med to exoplaneter i kredsløb om en stjerne. Modelplaneternes kredsløb om den centrale lyskilde opnås ved hjælp af to arme, der roterer i forskellige perioder omkring lyspæren.

Mekanismen kan tilpasses og kan redigeres, så den passer til dine egne behov. Følg denne samlevejledning for at udskrive og opsætte den 3D-printede model.

Yderligere videooptagelser kan findes her:

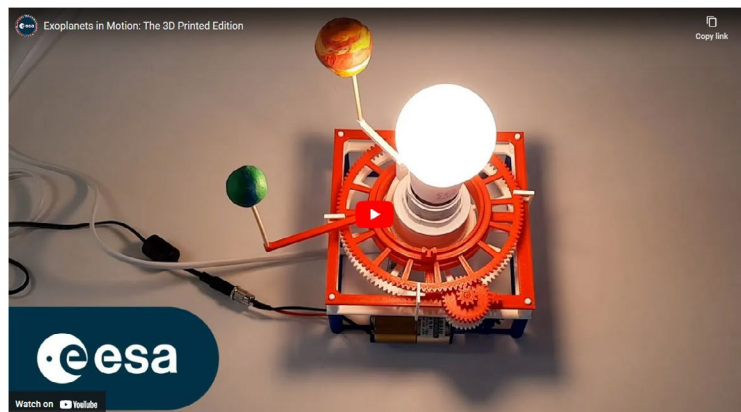
<https://youtu.be/GyEK6WNOhFA>

Du kan finde de forberedte 3D-filer og instruktioner til udskrivning her:

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

Udstyr

- Model exoplaneter
- Glødepære med høj lysstyrke
- Lysmåler (f.eks. smartphone med lysmåler-app eller datalogger)
- Træspyd med en diameter på 2 mm
- 3D-printer
- PLA-materiale
- Motor (~100rpm) og strømforsyning
- Fatning og holder til en pære med høj lysstyrke (E27 fatning)



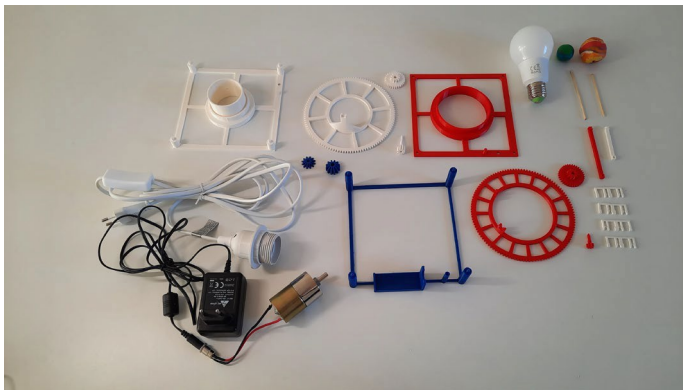
Gør din model klar:

1. Download [3D-printing .stl-filerne](#), og print din model. Du kan finde yderligere instruktioner i vejledningen til 3D-print. Det er ikke nødvendigt at ændre 3D-modellen, hvis du bruger følgende dele:
 - lampe montering: E27 med kabelafbryder og monteringsring (Ø 40 mm)
 - DC-motor: 12V 100RPM 166 oz-in børstet med en 6 mm D-formet aksel
2. Saml din model ved at følge denne trinvis vejledning.

Opsætning af den 3D-printede model

Følg monteringsvejledningen, der er vist på billederne, trin for trin for at sætte den 3D-printede model op, der transporterer modellen af exoplaneten.

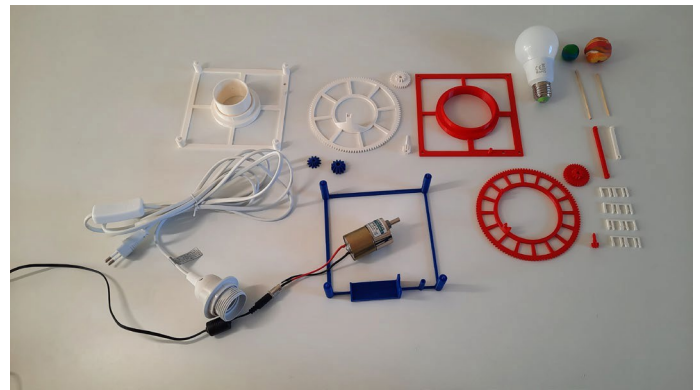
En time-lapse-video af samlingen kan ses på <https://youtu.be/GyEK6WNOhFA?t=28>



Trin 1:

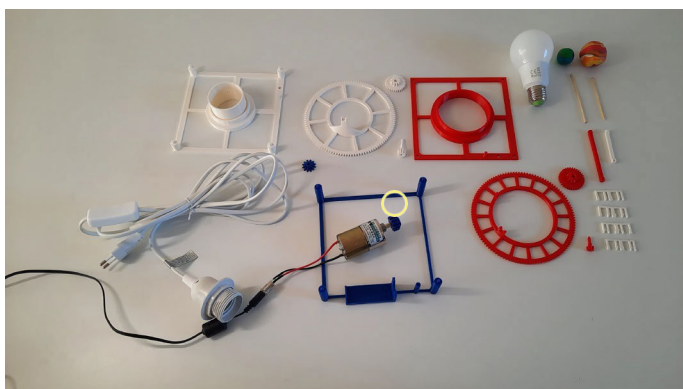
Få alt det nødvendige udstyr klar til at opstille modellen af det exoplanetariske system.

Bemærk: Sørg for, at din model af exoplaneter ikke er for tung.



Trin 2:

Find motorbasen og **motoren** for at starte monteringen.



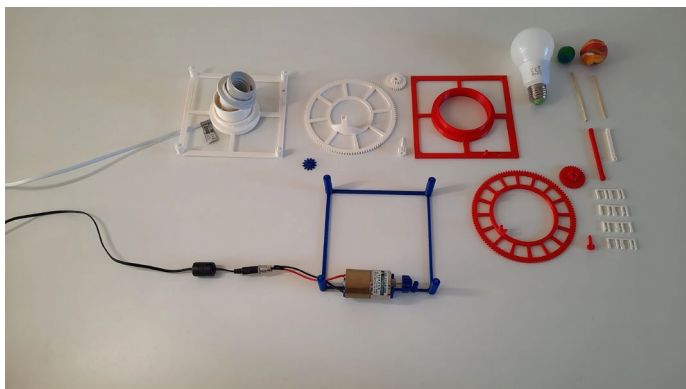
Trin 3:

Sæt **motorgearet** på motorens aksel.



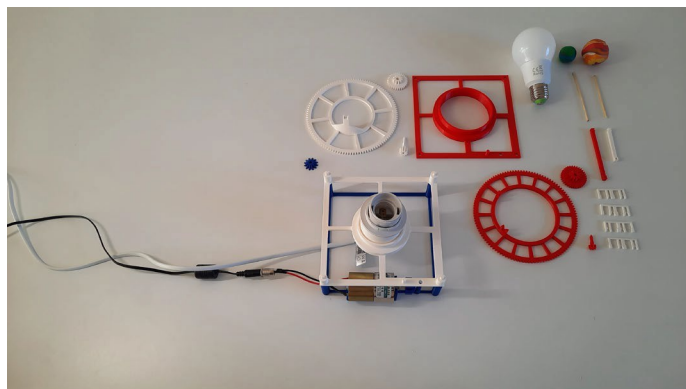
Trin 4:

Fastgør motoren til **motorbasen**.



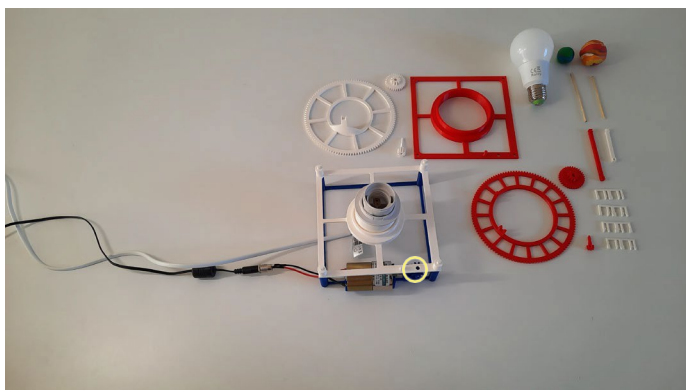
Trin 5:

Træk lampearmatugets kabel gennem den **lavere niveau** for at forberede den til montering.



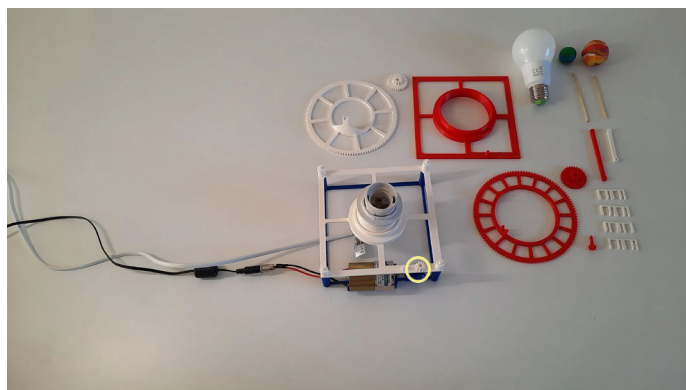
Trin 6:

Placer den **nederste sokkel**, herunder lampebeslaget, på **motorsoklen**.



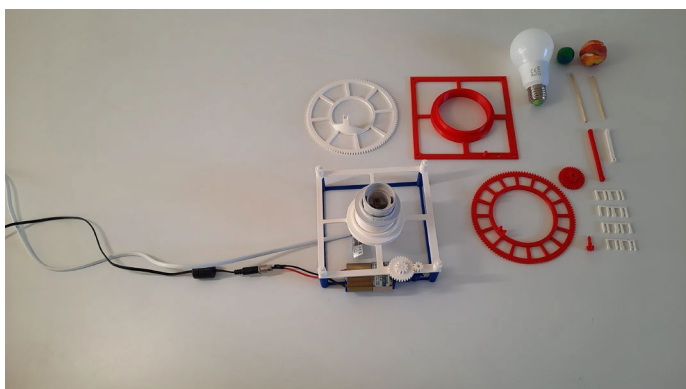
Trin 7:

Indsæt **drivgearet** mellem **motorbasen** og den **nederste niveaubund**.



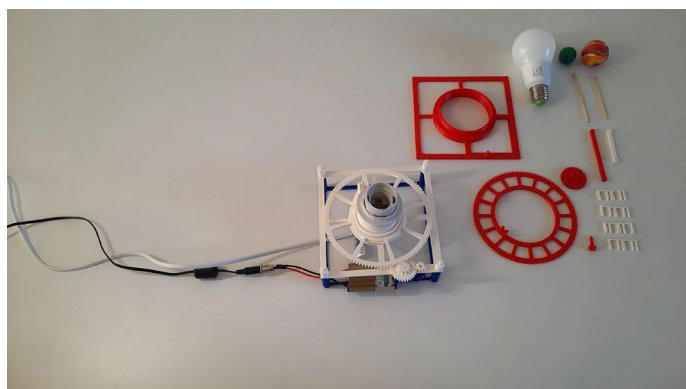
Trin 8:

Stik **grebet** gennem hullet i den **nederste niveaubund** til fastgørelse af **drivgearet**.



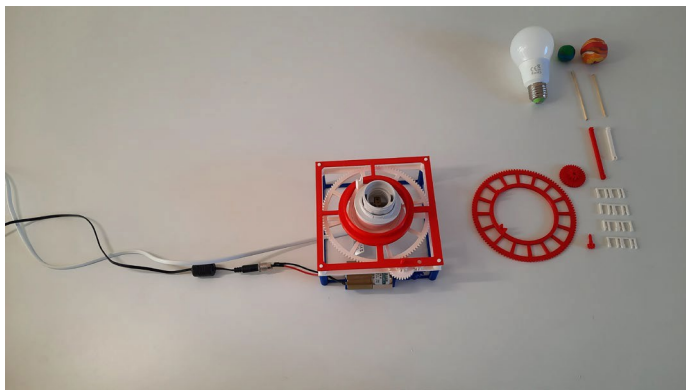
Trin 9:

Sæt **forbindelsesgear 1** på stiften på **nederste niveau**.



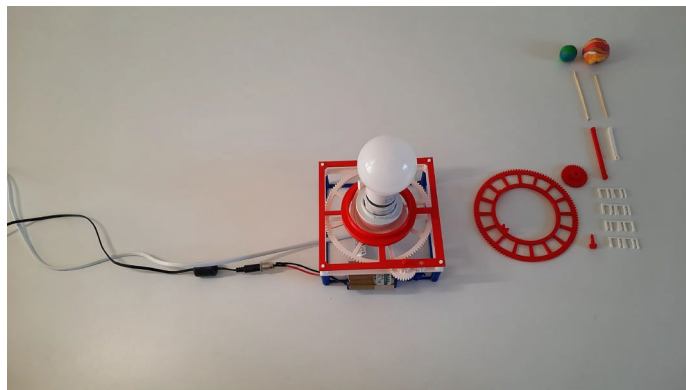
Trin 10:

Sæt **exoplanetgear 1** over lampebeslaget, og kontrollér, at gearene griber (er i indgreb) korrekt i hinanden.



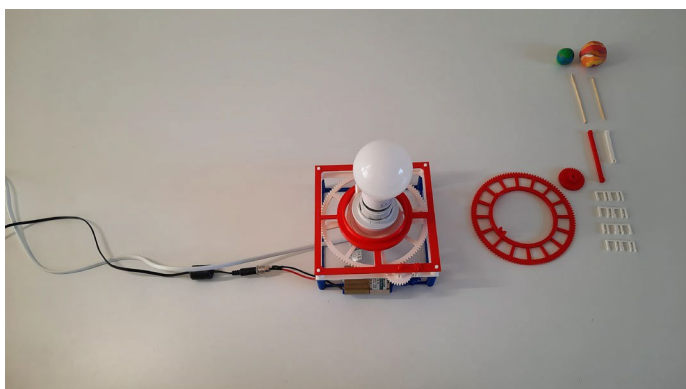
Trin 11:

Placer den **øverste bund** oven på den **nederste bund**.



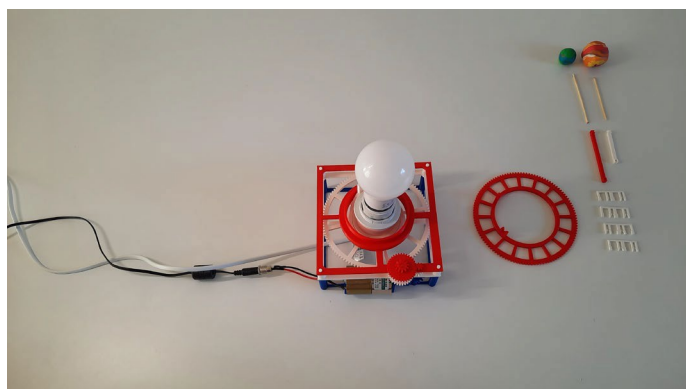
Trin 12:

Skru pæren i lampefatningen.



Trin 13:

Stik det **øverste motorgear** gennem hullet i den **øverste bund**.



Trin 14:

Sæt **forbindelsesgear 2** på stiften på **øverste niveau**.



Trin 15:

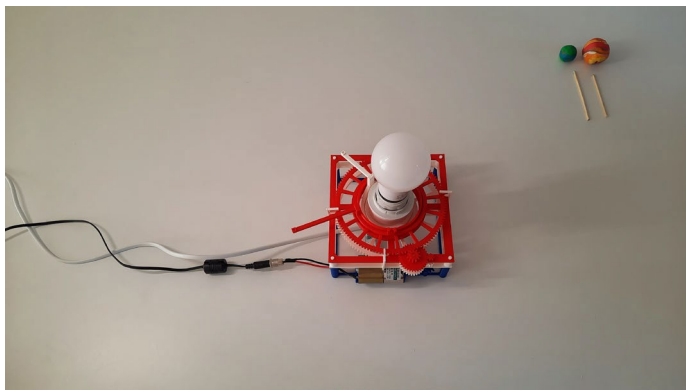
Placer exoplanetgear 2 over pæren og hvil på den øverste base.

Gearsystemet er nu fuldt monteret. Kontroller, at tandhjulene går korrekt i indgreb.



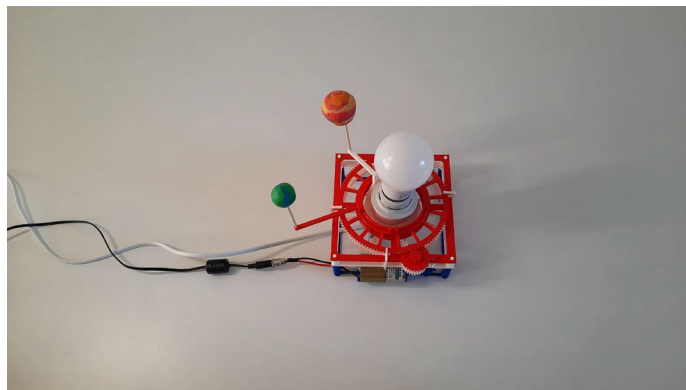
Trin 16:

Sæt en af de fire **fikseringsklemmer** på midten af hver af de fire sider af 3D-modellen. Disse klips holder de forskellige lag på plads.



Trin 17:

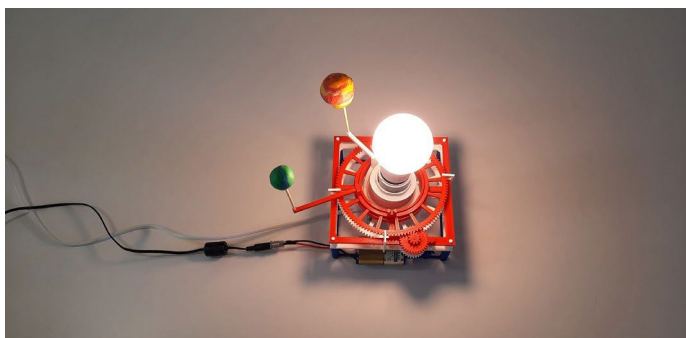
Fastgør **exoplanetarm 1** og **exoplanetarm 2** til henholdsvis **exoplanetgear 1** og **exoplanetgear 2**.



Trin 18:

Stik den ene ende af træspyddene ind i hullerne i enderne af **exoplanet-armene 1 og 2**. Sæt model-exoplaneterne fast i de andre ender af spyddene.

Spyddene skal have en passende længde, så centrum af model-exoplaneterne og centrum af pæren er på linje med hinanden.



Trin 19:

Tænd pæren, og start motoren for at teste din 3D-printede exoplanetriske model.

3. Juster din lysdetektor med pæren og modellen af exoplaneten.
4. Du er nu klar til at begynde at indsamle data. Kontroller opsætningen af din model:
 - Bekræft, at lysdetektoren er justeret og modtager lys fra den korrekte lyskilde.
 - Sørg for, at der registreres et dyk i lyskurven, når model-exoplaneter passerer mellem detektoren og pæren.

Ændring af 3D-udskrivningsfilerne

De medfølgende filer er udviklet ud fra specifikationerne for en bestemt motor. Hvis du bruger en anden motor, kan det være nødvendigt at ændre den 3D-designede **motorbase** og **motorgear**.

Nedenfor er der en vejledning i, hvordan du ændrer filerne ved hjælp af

Fusion 360: Trin-for-trin-instruktioner:

1. Åbn EXTRA-adjustable motor gear.f3d and EXTRA-adjustable motor base.f3d i Fusion 360
2. Gå til MODIFY > change parameters
3. Juster parametrene, så de passer til din motor

Du kan bruge denne oversigt til at finde de målinger, du skal tage:

