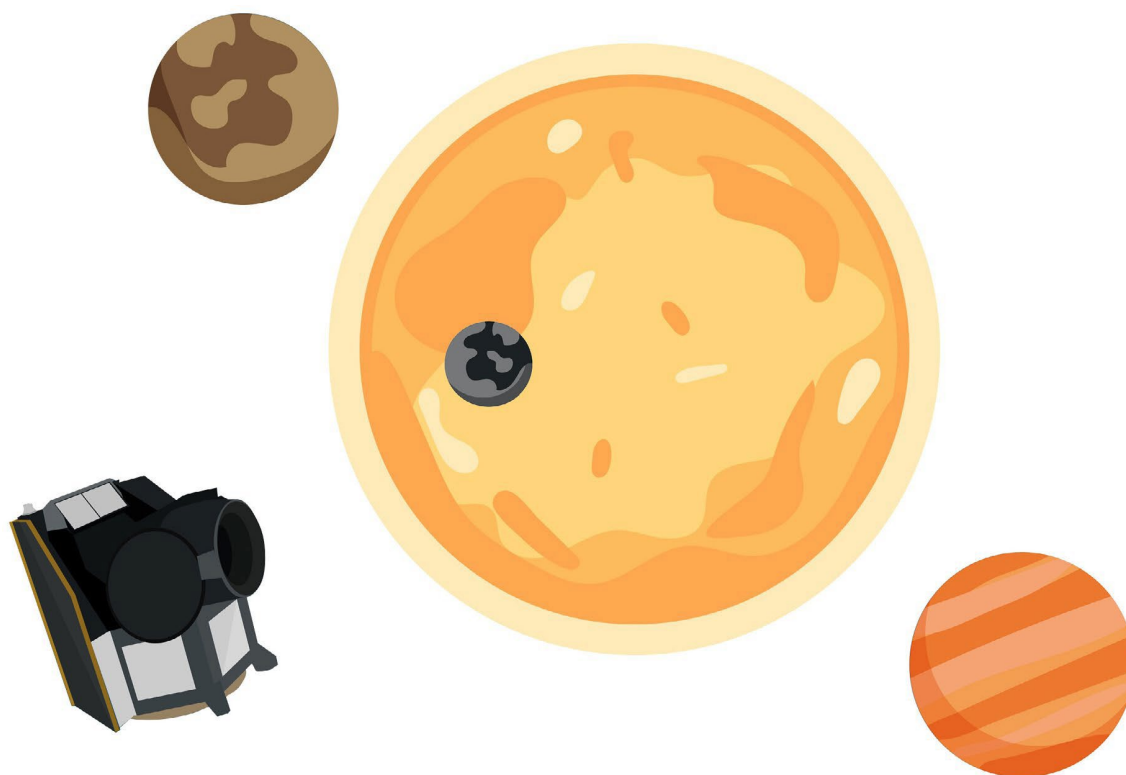
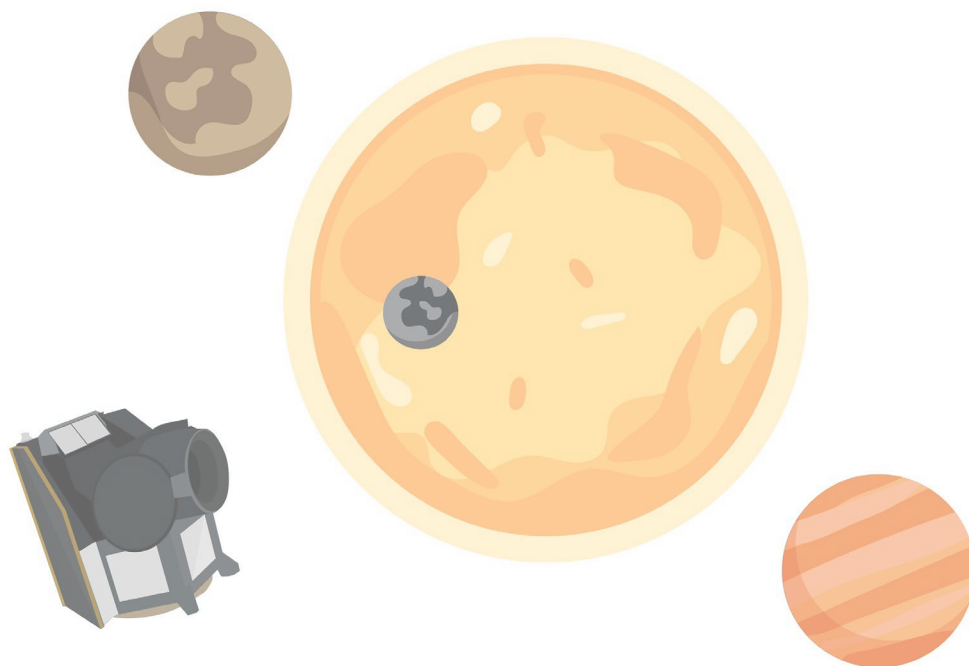


teach with space

→ EKSOPLANETER I BEVEGELSE

Bygg ditt eget eksoplanetsystem





Lærerveiledning

Kjappe fakta	side 3
Sammendrag av aktiviteter Innledning	side 4
Aktivitet 1: Introduksjon til eksoplaneter	side 5
Aktivitet 2: Transittmetoden	side 6
	side 7
Arbeidsark for elever	side 11
Lenker	side 17
Vedlegg 1: Dreieskive	side 18
Vedlegg 2: Rover	side 20
Vedlegg 3: 3D-printet utgave	side 24

lære med verdensrommet - eksoplaneter i bevegelse | P32
www.esa.int/education

ESAs utdanningskontor tar gjerne imot tilbakemeldinger og kommentarer
teachers@esa.int

En ESA Education-produksjon
Copyright 2023 © Den europeiske romfartsorganisasjonen

→ EKSOPLANETER I BEVEGELSE

Modellering av eksoplanetpasseringer

KJAPPE FAKTA

Fag/tema: Matematikk, fysikk, astronomi

Aldersgruppe: 10-18 år

Type: Studentaktivitet, praktisk modellering

Vanskelighetsgrad: Middels

Tid: 60 minutter

Kostnad: Lav (0-100 kr.) - middels (100-300 kr.)

Beliggenhet: Klasserom

Inkluderer bruk av: Lysmåler-app eller datalogger, 3D-printede komponenter (valgfritt), rover (valgfritt)

Nøkkelord: Fysikk, matematikk, astronomi, eksoplaneter, lyskurver, transitter, baner, skalering, grafer, periode, robotteknologi, 3D-utskrift

KORT BESKRIVELSE

I dette settet med aktiviteter vil elevene lære hvordan forskere studerer eksoplaneter med satellitter som Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite) ved hjelp av transittmetoden. Elevene skal bygge sin egen modell av et eksoplanetsystem og deretter observere og tolke modellens lyskurver.

Det finnes monteringsanvisninger for tre forskjellige transittmodeller: dreieskive (enkel), rover (middels) og 3D-printet (avansert).

Denne aktiviteten er en del av en serie som omfatter "**Eksoplanetdetektiv**" der elevene analyserer ekte data fra ESAs Cheops-satellitt og "**Eksoplanet på boks**" der elevene bygger en transittmodell i en skoese og beregner størrelsen på en eksoplanet.

Læringsmål

- Forstå hva eksoplaneter er og hvordan satellitter utforsker dem.
- Forstå hvordan transittmetoden brukes til å oppdage og karakterisere eksoplaneter.
- Forbedre eksperimentelle ferdigheter ved å observere og tolke målte lyskurver.
- Utvikle ferdigheter i teamarbeid gjennom problemløsning i fellesskap.
- Formidle vitenskapelige og matematiske funn til medelever.

→ Sammendrag av aktiviteter

Sammendrag av aktiviteter					
	Tittel	Beskrivelse	Resultat	Forkunnskaper	Tid
1	Introduksjon til eksoplaneter	Innledende aktivitet som utforsker det grunnleggende om eksoplaneter og transittmetoden.	Lær mer om hva eksoplaneter er og hvordan transittmetoden brukes til å finne dem og lære mer om dem.	Ingen	20 minutter
2	Transitmodell	Elevene skal lage sin egen modell av et eksoplanetsystem og bruke det til å utforske transittmetoden ved å ta målinger med en lysmåler-app/datalogger.	Følg instruksjonene for å lage en modell av et eksoplanetsystem. Skissere og tolke grafer og forstå hvordan størrelsen på modellen vil påvirke lyset som måles av detektoren.	Kunnskap fra aktivitet 1	40 minutter, avhengig av hvilken transittmodell som brukes

→ Innledning

Eksoplaneter, eller ekstrasolare planeter, er planeter utenfor vårt eget solsystem som går i bane rundt en annen stjerne enn solen. Eksoplaneter oppdages og studeres både ved hjelp av teleskoper på jorden og i verdensrommet.

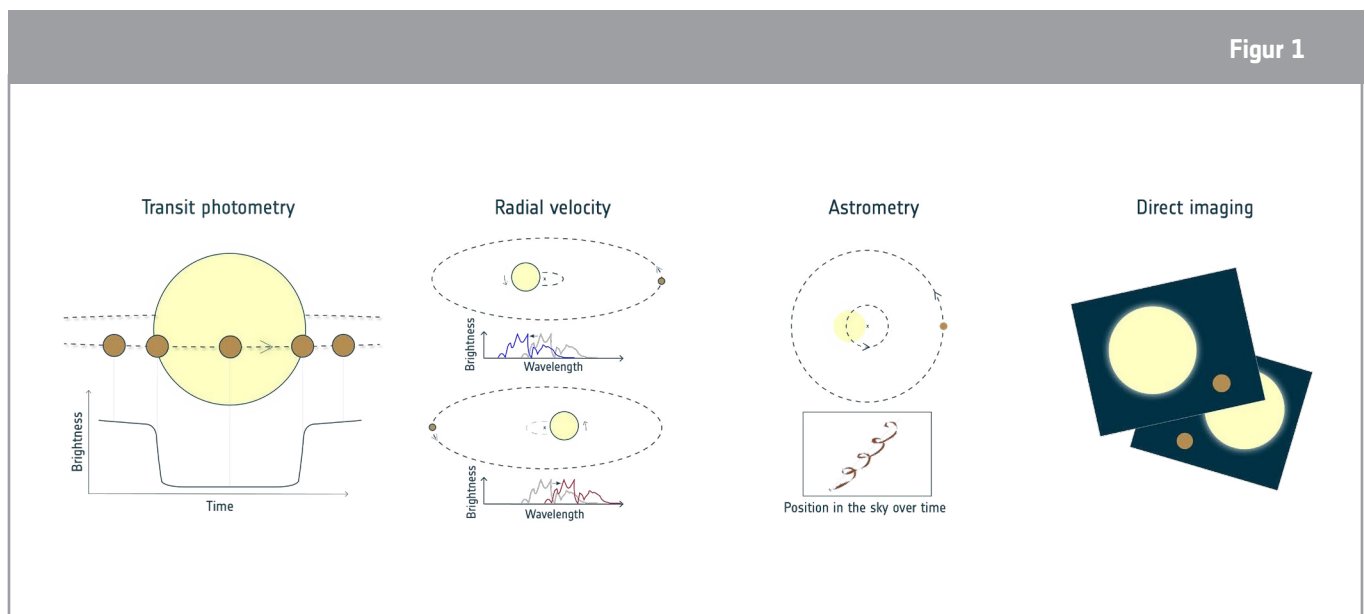
Eksoplaneter er vanskelige å oppdage, ettersom signalet vi mottar fra dem er lite i forhold til det mye større signalet som kommer fra deres større, lysere vertsstjerner. Vanligvis mye mindre enn 1 %.

Det er flere metoder som kan brukes for å søke etter og finne eksoplaneter, dette er de vanligste:

- **Direkte avbildning** - som navnet antyder, avbildes eksoplaneten direkte. Dette er den eneste metoden som oppdager eksoplaneten og måler lyset fra den direkte.
- **Transittfotometri** - eksoplaneten oppdages ved å måle en reduksjon i lyset som kommer fra stjernen. Transittmetoden kalles også *formørkelsesmetoden*.

Når en stjerne går i bane rundt en eksoplanet, vil stjernen og eksoplaneten gå i bane rundt massesenteret til hele systemet. Den lille banebevegelsen fra stjernen brukes av de to neste metodene for å karakterisere eksoplanetene som går i bane rundt den.

- **Radiell hastighet** - eksoplaneten oppdages ved å måle endringer i stjernens spektralprofil.
- **Astrometri** - eksoplaneten oppdages ved å måle vinglingen i stjernens posisjon.



↑ Metoder for å oppdage eksoplaneter.

I dette settet med aktiviteter skal elevene bygge en transittmodell av et eksoplanetsystem. Dybden på fallhøyden avhenger direkte av hvor stor prosentandel av lyset fra stjernen som blokkeres av den passerende eksoplaneten, som igjen avhenger av eksoplanetens størrelse i forhold til stjernen. Jo større planeten er i forhold til stjernen, jo mer av lyset vil den blokkere. Hvis vi kjenner størrelsen på stjernen, kan vi bestemme størrelsen på planeten.

→ Aktivitet 1: Introduksjon til eksoplaneter

For å introdusere elevene for temaet eksoplaneter kan du bruke videomaterialet som er tilgjengelig i lenkene nedenfor, eller bruke bakgrunnsinformasjonen som en utfyllende ressurs.

Nedenfor finner du noen forslag til videomateriale fra ESA:

- **Møt ekspertene-serien - Andre verdener:**

esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/07/Meet_the_Experts_Other_worlds (engelsk)

- **Møt Cheops, den karakteriserende eksoplanetsatellitten:**

esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_the_Characterising_Exoplanet_Satellite (på engelsk)

- **Paxi utforsker eksoplaneter!**

esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi_explores_exoplanets (på engelsk)

Når elevene har blitt introdusert for eksoplaneter, transittmetoden og Cheops, kan de arbeide med aktivitet 1 i elevarket.

Øvelse 1 - Grunnleggende om eksoplaneter

Nedenfor finner du mulige svar på spørsmål 1 og 2 på elevarket.

1.1 Eksoplaneter er planeter utenfor solsystemet. På samme måte som planeter, inkludert jorda, går i bane rundt sola, kan andre stjerner ha planeter som går i bane rundt dem.

1.2 Lys

Ekstra informasjon: Cheops har ett enkelt vitenskapelig instrument om bord: et spesialisert kamera som kalles et fotometer. Lyset fra stjernene når fotometeret via et teleskop med en diameter på 32 centimeter. Cheops er følsom for optisk lys (som vi også kan oppdage med øynene våre) samt lys som er blåere og rødere, nærmere bestemt lysbølgelengder i området fra 350 nm til rundt 1100 nm.

Øvelse 2 – Transittmetoden (formørkelsesmetoden)

Nedenfor vises et mulig svar på spørsmål 2.1.

2.1 *Med denne metoden måler vi direkte hvor mye lys planeten blokkerer når den passerer foran stjernen, og indirekte kan vi beregne planetens størrelse.*

Hvis teleskopet observerer to påfølgende fall i lyskurven, kan vi også utlede planetens omløpstid, som er den tiden det tar for planeten å fullføre ett helt omløp rundt vertsstjernen.

Ekstra informasjon: Kombinert med andre målinger kan vi også beregne planetens tetthet og utlede informasjon om dens atmosfære. Cheops vil også kunne bestemme fasekurven og albedoen til noen eksoplaneter, noe som gir innsikt i deres temperatur, refleksjonsevne og klima.

Diskusjon

Etter å ha fullført aktivitetene bør elevene oppfordres til å diskutere svarene sine. Det kan være lurt å dele klassen inn i par eller grupper før du diskuterer svarene med hele klassen.

Før du starter aktivitet 2, der elevene skal bygge en transittmodell (modell av eksoplanetpassasje), kan du diskutere med dem forslag til hvordan de kan lage et eksoplanetsystem.

→ Aktivitet 2: Modell for transittmetoden (formørkelsesmetoden)

I denne aktiviteten skal elevene bygge og teste sin egen modell av et eksoplanetsystem i bane rundt en stjerne, representert ved en lyspære. I vedleggene finner du monteringsanvisninger for tre ulike modeller for eksoplanetpassasje: dreieskive (enkel), rover (middels) og 3D-printet (avansert). Velg den modellen som passer best for elevene dine.

- **Dreieskive (enkel):** en dreieskive brukes til å skape den sirkulære bevegelsen til eksoplaneten og simulere en bane. Dreieskivemodellen er den enkleste av de tre mulige modellene for denne ressursen.

Lenke til monteringsanvisning: <https://youtu.be/oTibvYu3vyA>

- **Rover (middels):** en rover brukes til å skape den sirkulære bevegelsen til eksoplanetmodellen og simulere en bane. Rover-versjonen kan kombineres med programmering, robotikk og bevegelsesanalyse.

Lenke til monteringsanvisning: <https://youtu.be/VlrTvsamQrg>

- **3D-printet utgave (avansert):** en tilpasset 3D-printet mekanisme med åpen kildekode brukes til å skape den sirkulære bevegelsen til eksoplanetmodellen og simulere en bane. Den 3D-printede versjonen av den eksoplanetriske systemmodellen krever tilgang til en 3D-printer for å skrive ut modellen. Mekanismen kan tilpasses og redigeres slik at den passer til dine egne behov.

Lenke til monteringsanvisning: <https://youtu.be/GyEK6WNOhFA>

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

Etter å ha satt opp modellen skal elevene måle lyset fra lyspæren mens eksoplanetmodellene går i bane og observere hvilken effekt størrelsen og hastigheten til eksoplanetmodellene har på den målte lyskurven.

Denne aktiviteten kan gjennomføres enten som en demonstrasjon for klassen eller som en gruppeaktivitet i grupper på 3 til 5 elever.

Ekstra: Selv om det ikke utforskes i dette settet med aktiviteter, kan modellen for eksoplanetsystemer brukes til å introdusere Keplers lover for planetbevegelse. En planet i en sirkulær bane vil bevege seg med konstant hastighet (Keplers andre lov). Denne hastigheten bestemmes av stjernens masse og avstanden mellom planeten og stjernen (Keplers tredje lov).

Utstyr

Utstysrliste:

- lampeholder/ lampefatning
- lyspære med høy lysstyrke
- plastelina/modelleringsleire
- linjal
- grillspyd av tre/trepinner
- lysmåler (f.eks. telefon med lysmåler-app eller datalogger)
- tilleggsmateriale for eksoplanet-transittmodellen per gruppe:
 - o **Dreieskivemodellen:** roterende dreieskive (f.eks. platespiller, roterende serveringsbrett eller sykkelhjul)
 - o **3D-printet modell:** motor, 3D-printede deler av modellen
 - o **Rover:** Rover (f.eks. WeDo 2.0)
 - o **Foreslåtte apper:** Android og IOS: Physics Toolbox Sensor Suite og Phyphox

Øvelse 1: Lag dine egne eksoplaneter

I denne øvelsen skal elevene bruke plastelina eller modelleringsleire til å lage to eller tre forskjellige modeller av eksoplaneter. Den parameteren som vil ha størst innvirkning på passasjen, er størrelsen på eksoplaneten, men sørg for at planetene ikke er for store eller for tunge slik at de fortsatt vil fungere med mekanismene. Elevene blir også bedt om å gi planetene sine kreative navn.

Det kan være lurt å sette din egen tidsbegrensning for denne aktiviteten for å sikre at det er nok tid til å fullføre de andre øvelsene.

Øvelse 2: Bygg din egen modell for eksoplanetpassasje

I denne øvelsen skal elevene sette opp et eksoplanetsystem, teste det og analysere lyskurven målt med lysmåleren. Velg den modellen for eksoplanetpassasje (transittmodell) som passer best for elevene dine. Monteringsinstruksjoner for tre forskjellige modeller for eksoplanetpassasje er tilgjengelige i separate dokumenter: dreieskive (enkel), rover og 3D-printet (avansert).

Elevarket er gyldig for de tre modellene.

Øvelse 3: Analyser en eksoplanetpassasje med din transittmodell

Siden elevene blir bedt om å beskrive observasjonene sine med egne ord, er de følgende svarene bare eksempler. Det er mulig at noen elever vil beskrive resultatene sine med henvisning til modellen, og andre til det virkelige eksoplanetsystemet, så det er viktig å skille mellom observasjon og modell her.

Det er viktig at eksoplanetmodellen roteres i et jevnt tempo, uavhengig av hastigheten. Avhengig av modellens rotasjonshastighet kan fallet i lyskurven vises som en skarpere "v-form" eller en bredere "u-form".

3.1 Stjerne - lyspære

Teleskop - smarttelefon / detektor

Eksoplanet - plastelinakule

3.2 For hvert scenario må elevene lage en skisse av lyskurven de observerte og beskrive den med egne ord.

a) Lysintensiteten som vises på grafen vil være tilnærmet konstant, bortsett fra når eksoplanetmodellen passerer mellom sensoren og lyskilden. På dette tidspunktet kan vi observere en reduksjon i den målte lysintensiteten.

Skisse: 

b) Lysintensiteten vil synke hver gang eksoplanetmodellen passerer mellom detektoren og lyskilden. Dybden og bredden på hver av de tre fallene er den samme, og avstanden mellom påfølgende fall endres ikke.

Skisse: 

c) En større eksoplanetmodell gir et dypere fall i lysintensiteten, en mindre eksoplanetmodell resulterer i et mindre eller grunnere fall på grafen.

Skisse: 
mindre/grunnere større/dypere

d) Hver eksoplanetmodell som passerer foran lyspæren, vil gi sin egen reduksjon i lysintensiteten. Den større eksoplanetmodellen skaper et dypere fall enn den mindre eksoplanetmodellen, mens bredden på fallet er lik.

Skisse: 

Diskusjon

Etter å ha fullført denne aktiviteten skal hver gruppe presentere resultatene sine for klassen. Elevene skal kunne beskrive komponentene i transittmodellen og forstå betydningen av eksoplanetens størrelse for dette eksperimentet. Elevene bør også ha en idé om modellens begrensninger.

Som en avslutning på aktiviteten og for å fremme diskusjon kan du stille elevene følgende spørsmål for å introdusere sammenhengen mellom modellen og det virkelige eksoplanetsystemet:

Spørsmål: *Etter å ha observert lyset som er oppdaget fra ditt eksoplanetsystem, hva forventer du å se i lyskurven når satellitten observerer en eksoplanetpassasje?*

Det forventede svaret ville være: «et fall i lyskurven» eller «en reduksjon i lysintensiteten».

Som en bonusaktivitet kan du be elevene om å analysere dataene som samles inn fra lysdetektoren kvantitativt og for eksempel fullføre aktivitet 3 i klasseressursen **Eksoplaneter på boks**.

Hvis du vil fortsette å analysere lyskurver med elevene dine, kan du gjennomføre aktiviteten **Eksoplanetdetektiv**, der elevene kan sammenligne modell- og ekte satellittdata fra ESAs Cheops-oppdrag.

→ EKSOPLANETER I BEVEGELSE

Bygg ditt eget eksoplanetsystem

→ Innledning

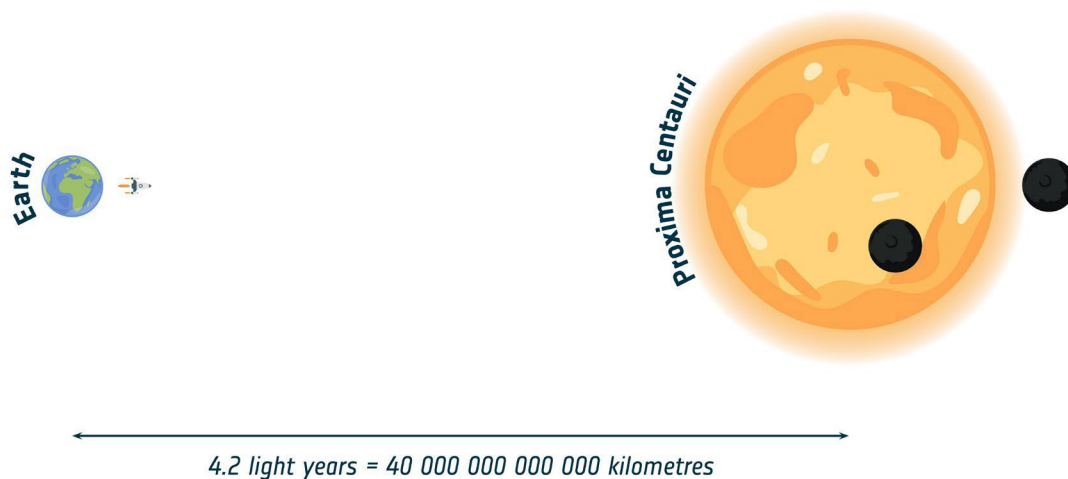
På samme måte som planetene i vårt solsystem går i bane rundt stjernen vår, solen, finnes det også andre planeter i universet som går i bane rundt andre stjerner! Eksoplaneter, eller ekstrasolare planeter, er planeter utenfor vårt eget solsystem.

Siden den første oppdagelsen av en eksoplanet som går i bane rundt en stjerne som ligner solen vår i 1995, er det oppdaget mer enn 4000 eksoplaneter, og vi finner stadig flere. Hver eksoplanet er unik. Noen er store og gassholdige, som Jupiter, noen er små og steinete, som Jorden og Mars, og noen ligner ikke på noe annet vi har sett i solsystemet vårt.

I denne aktiviteten kan du bygge ditt eget eksoplanetsystem og lære hvordan forskere finner disse ukjente verdenene langt borte fra oss i verdensrommet.

Visste du det?

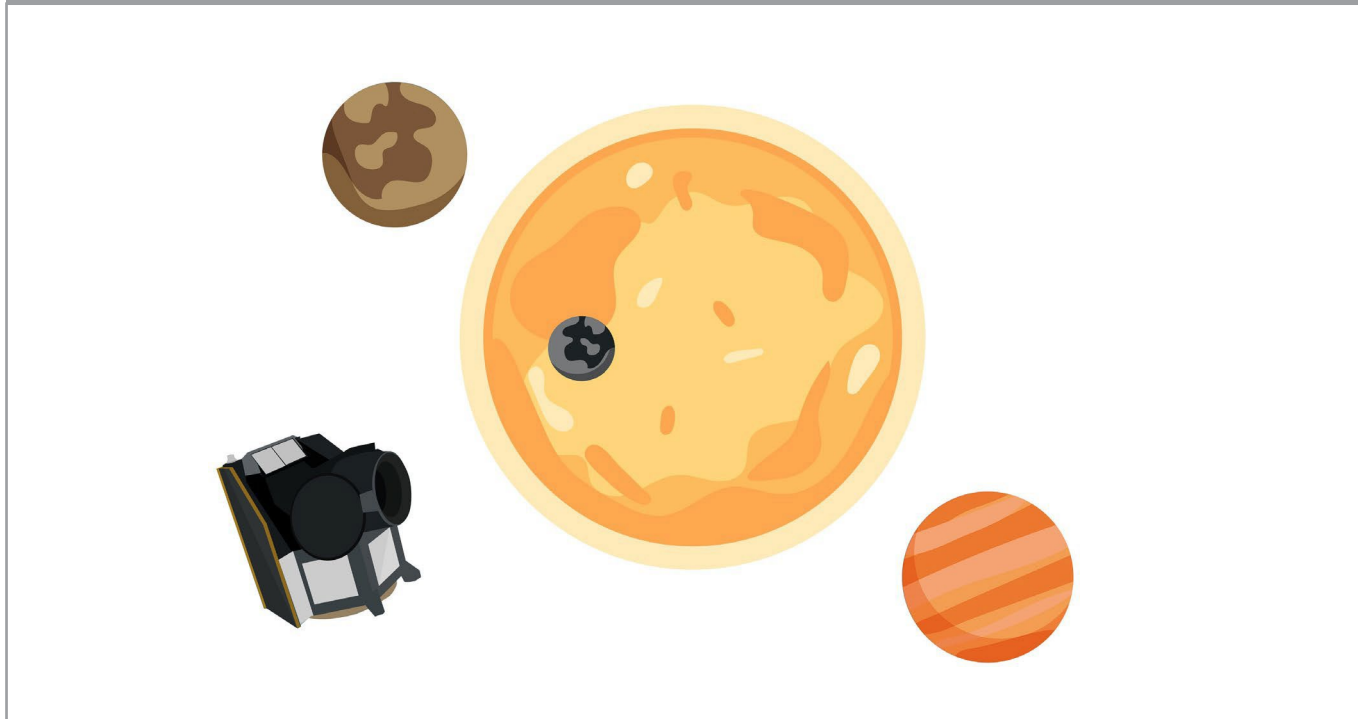
Den nærmeste eksoplaneten vår er en planet som går i bane rundt stjernen Proxima Centauri. Lyset bruker bare 4,2 år på å reise fra Proxima Centauri til jorden, men det vil ta over seks millioner år for det raskeste romfartøyet som finnes i dag å nå denne eksoplaneten!



→ Aktivitet 1: Introduksjon til eksoplaneter

I denne aktiviteten lærer du mer om eksoplaneter.

Figur 1



↑ Kunstnerisk inntrykk av ESAs satellitt Cheops (CHaracterising EXOPlanet Satellite)

Øvelse 1: Grunnleggende om eksoplaneter

1.1. Forklar med egne ord hva en eksoplanet er.

1.2 Cheops er en satellitt som studerer eksoplaneter. Hva måler Cheops? Sett ring rundt det riktige alternativet:

Temperatur

Farge

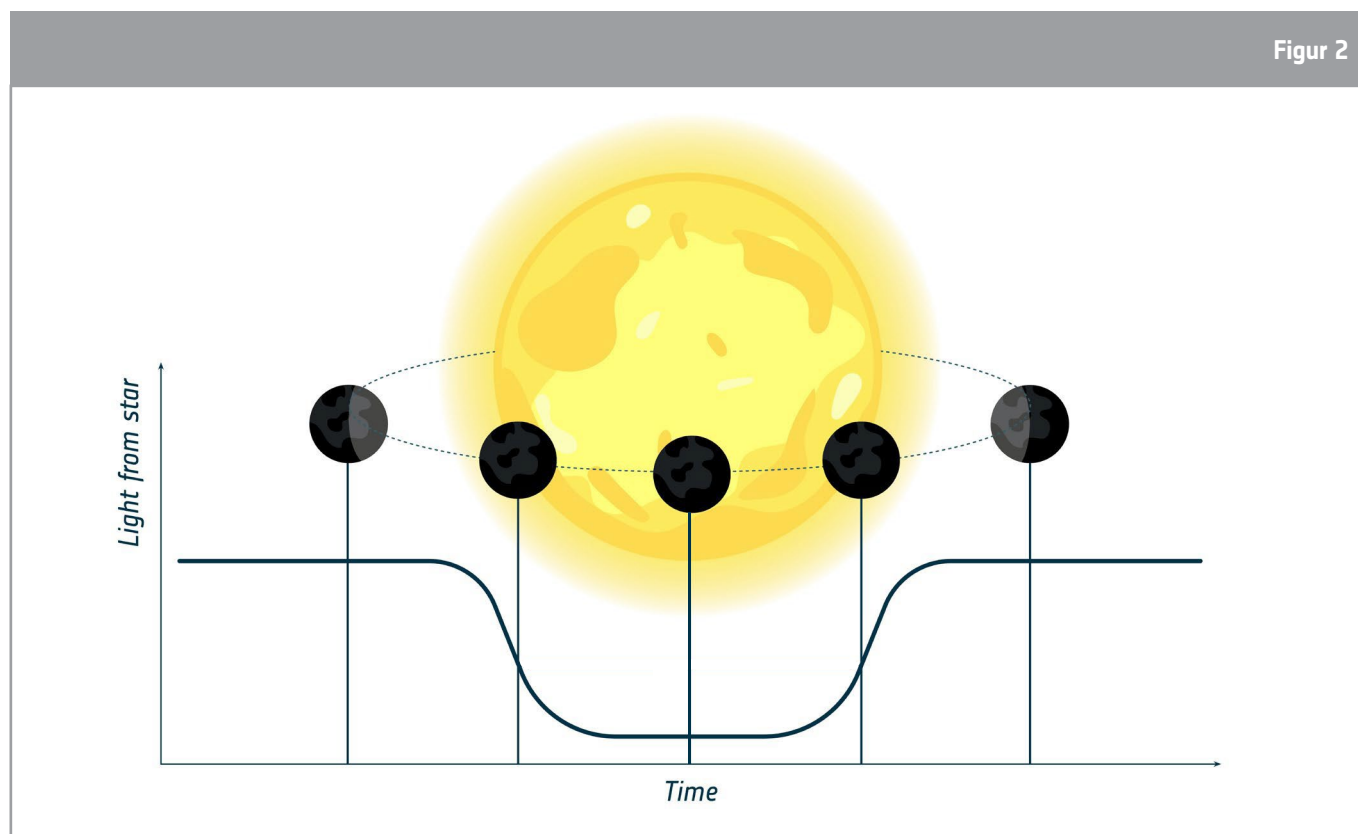
Avstand

Lys

Lyd

Øvelse 2: Transittmetoden

Transittmetoden (kalles også **formørkelsesmetoden**) kan brukes både til å finne nye eksoplaneter og til å lære mer om dem. For å kunne bruke denne metoden må eksoplaneten passere direkte mellom oss og stjernen den går i bane rundt. Når en eksoplanet passerer foran stjernen, vil den blokkere noe av lyset vi kan se fra stjernen. Vi kan overvåke lyset fra en stjerne over tid ved hjelp av et teleskop. Grafen som representerer stjernelyset som en funksjon av tiden, kalles en **lyskurve** (se figur 2).



↑ Representasjon av en lyskurve målt under en eksoplanetpassasje.

2.1. Cheops bruker transittmetoden for å studere eksoplaneter. Hva kan vi lære om eksoplaneter ved hjelp av denne metoden?

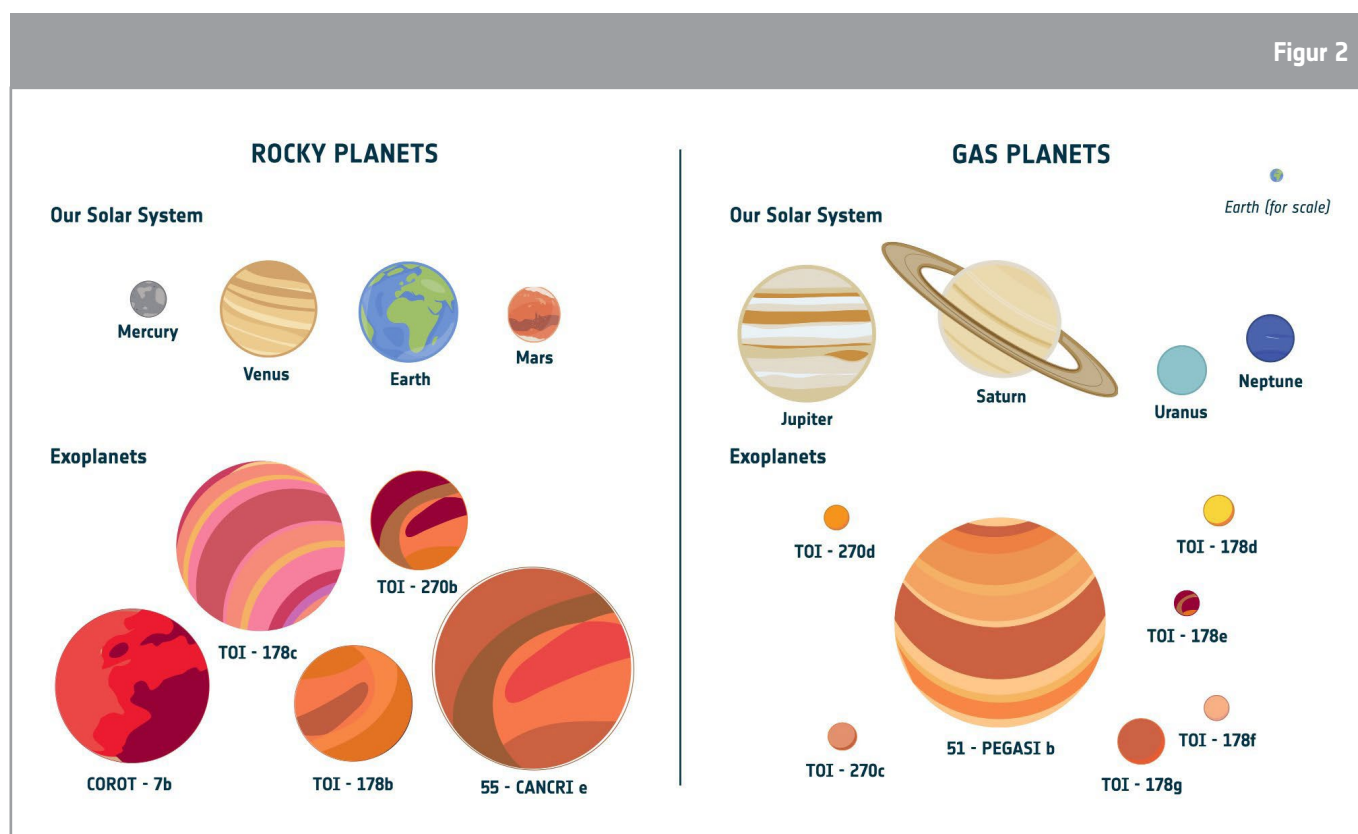
→ Aktivitet 2: Transittmetoden

I denne aktiviteten skal du bygge din egen modell av et eksoplanetsystem, med eksoplaneter av plastelina som beveger seg rundt en lyskilde som representerer stjernen. Du skal måle intensiteten på lyset fra lyskilden når planetene beveger seg rundt den, og observere hvilken effekt størrelsen på planetene har på lysmengden du måler.

Øvelse 1: Lag dine egne eksoplaneter

Bruk det utdelte materialet til å lage to eller tre eksoplaneter som skal brukes i modellen.

Plastelinakulene må være mellom ca. 1 cm og 3 cm i diameter, og i forskjellige størrelser.



↑ Eksempler på kunstneres inntrykk av ekte eksoplaneter som allerede er oppdaget i bane rundt nærliggende stjerner!

1. Gi eksoplanetene dine navn, vær gjerne kreativ

Visste du det?

Vanligvis navngis eksoplaneter etter stjernen de går i bane rundt, etterfulgt av en liten bokstav som begynner på b (deretter c, deretter d osv.), for å angi rekkefølgen de ble oppdaget i. For eksempel kalles den første planeten som ble oppdaget i bane rundt stjernen 51 Pegasi, 51 Pegasi b (eller 51 Peg b forkortet).

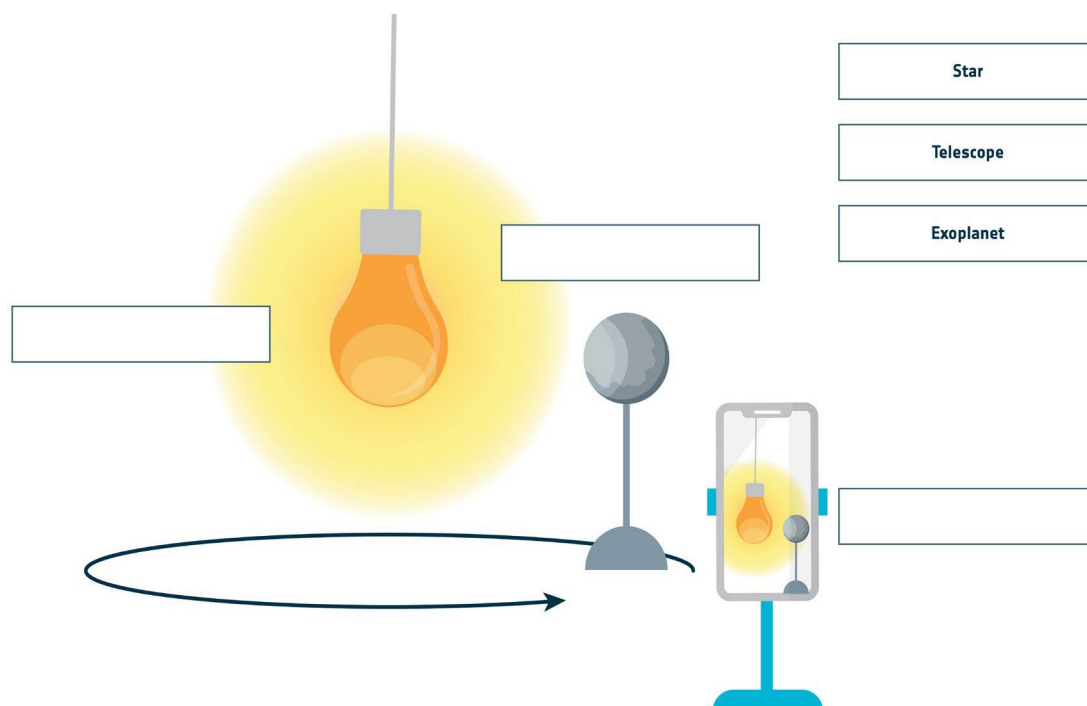
Øvelse 2: Bygg din egen modell for eksoplanetpassasje (transittmodell)

Følg instruksjonene du har fått av læreren din, og sett sammen eksoplanetsystemet ditt ved hjelp av en av planetmodellene du laget i forrige øvelse.

Forsikre deg om at detektoren, eksoplanetmodellen og lyskilden er på linje. Test transittmodellen (eksoplanetpassasjemodellen) din.

Øvelse 3: Analyser en passasje med transittmodellen din

3.1. Fyll ut etikettene på diagrammet ved hjelp av de oppgitte ordene.



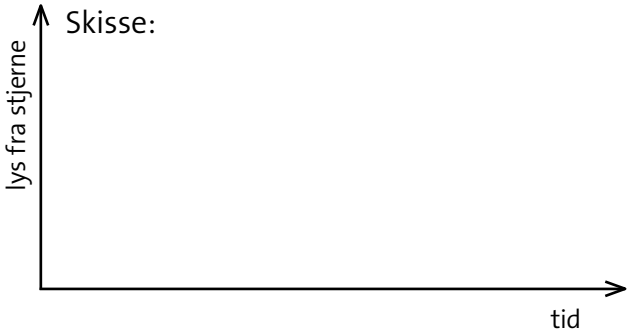
3.2. Grafen du ser plottet på detektorskjermen viser deg intensiteten til lyskilden i ditt eksoplanetsystem.

Følg instruksjonene i hvert av spørsmålene nedenfor. Lag en skisse av lyskurven du observerer, og beskriv den også med ord.

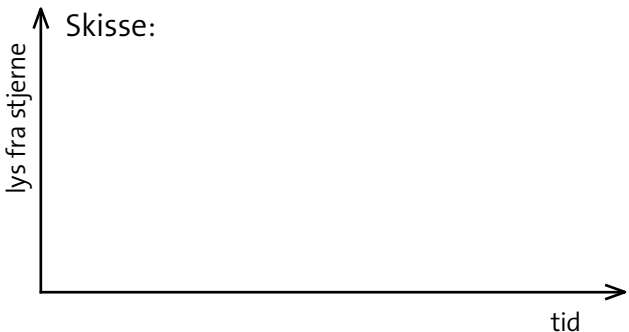
- Fest en eksoplanet av plastelina til modellen og start rotasjonen. Stopp rotasjonen når eksoplaneten i plastelina har gått en hel runde rundt lyspæren:

Beskrivelse:	Skisse:
---------------------	----------------

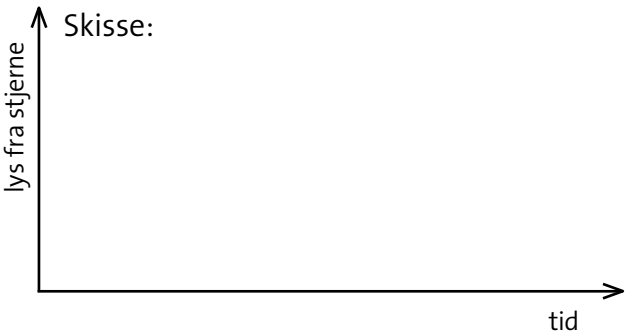
- b. Begynn rotasjonen igjen og stopp den når eksoplaneten i plastelina har fullført tre fulle omløp rundt lyspæren:

Beskrivelse:	Skisse: 
--------------	--

- c. Endre størrelsen på eksoplaneten i plastelina. La den nye eksoplaneten i plastelina fullføre tre fulle baner rundt lyspæren:

Beskrivelse:	Skisse: 
--------------	---

- d. Legg til en annen eksoplanet av plastelina av en annen størrelse i modellen. Begynn rotasjonen og stopp når begge eksoplanetene av plastelina har fullført tre fulle omløp rundt lyspæren:

Beskrivelse:	Skisse: 
--------------	--

→ Lenker

Monteringsanvisninger for eksoplanetpassasjemodell (transittmodell):

3D-printet utgave: youtu.be/GyEK6WNOhFA

Rover utgave: youtu.be/VlrTvsamQrg

Dreieskive: youtu.be/oTibvYu3vyA

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

ESAs ressurser

ESAs klasseromsressurser: esa.int/Education/Classroom_resources

Teach with exoplanets: esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets

Meet Cheops: the Characterising Exoplanet Satellite:

esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_the_Characterising_Exoplanet_Satellite (på engelsk)

Møt ekspertene-serien - Andre verdener:

esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/07/Meet_the_Experts_Other_worlds (engelsk)

Paxi utforsker eksoplaneter! esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi_explores_exoplanets

Hack en eksoplanet hackanexoplanet.esa.int

ESAs romprosjekter

ESAs tidslinje for eksoplanetoppdrag: 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

Detecting exoplanets with Gaia: sci.esa.int/web/gaia/-/58784-exoplanets

PLATO - PLANetiske transitter og stjerners svingninger: sci.esa.int/plato

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

CoRoT - Konveksjon, rotasjon og planetariske transitter: sci.esa.int/corot

→ Dreieskiveutgave

Monteringsinstruksjoner for transittmodell (eksoplanetpassasjemodell)

Dreieskiveutgaven av transittmodellen bruker en dreieskive for å skape den sirkulære bevegelsen til eksoplanetmodellen og simulere en bane. Stjernen er representert av en lyspære. Følg denne monteringsveiledningen for å sette opp dreieskivemodellen.

Ytterligere videomateriale finner du her: youtu.be/oTibvYu3vyA



Utstyr

- Modell av eksoplaneter
- Lyspære med høy lysstyrke
- Feste og støtte for lyspæren
- Lysmåler (f.eks. smarttelefon med lysmåler-app eller datalogger)
- Grillspyd av tre/trepinner
- Platespiller (f.eks. platespiller, roterende serveringsbrett og sykkelhjul)

Sette sammen modellen din:

Trinn 1:

Stikk en modell av en eksoplanet på et trespyd og fest spydet på dreieskiven med plastelina.

Trinn 2:

Heng lyspæren over midten av dreieskiven, slik at den er i samme høyde som eksoplanetmodellen.

Trinn 3:

Juster lysdetektoren din med lyspæren og eksoplanetmodellen.



Trinn 4:

Du er nå klar til å begynne å samle inn data. Kontroller oppsettet av modellen din:

- Kontroller at lysdetektoren er justert og mottar lys fra riktig lyskilde.
- Roter dreieskiven med en langsom og jevn hastighet. Forsikre deg om at det oppdages et fall i lyskurven når eksoplanetmodellen passerer mellom detektoren og lyspæren.

Trinn 5:

(Valgfritt) Du kan legge til flere eksoplaneter i modellen din.



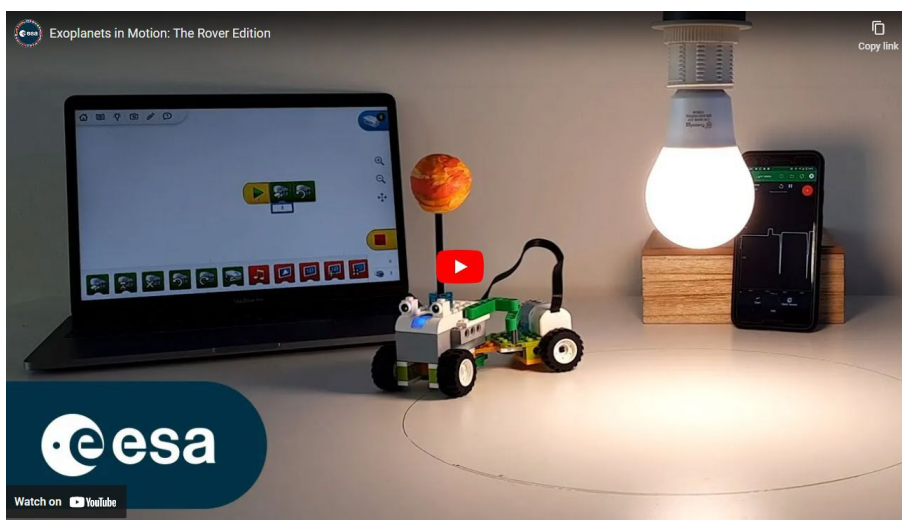
→ Rover-utgaven

Monteringsinstruksjoner for transittmodell (eksoplanetpassasjemodell)

Rover-utgaven av transittmodellen bruker en rover til å skape den sirkulære bevegelsen til eksoplanetmodellen og simulere en bane. Stjernen er representert av en lyspære.

LEGO WeDo 2.0-roveren brukes som eksempel i disse instruksjonene, men forskjellige rovere kan brukes i denne transittmodellen. Følg denne monteringsveiledningen for å sette opp rovermodellen.

Ytterligere videomateriale finner du her: <https://youtu.be/VlrTvsamQrg>



Utstyr

- Rover
- Modell av eksoplaneter
- Lyspære med høy lysstyrke
- Feste og støtte for lyspæren
- Lysmåler (f.eks. smarttelefon med lysmåler-app eller datalogger)
- Tusj/penn (ikke permanent) (valgfritt)

Gjør modellen din klar:

1. Sett sammen roveren din, og sørg for at den beveger seg i en sirkel. Hvis du bruker WeDo-roveren, kan du følge de trinnvise instruksjonene i Oppsett av WeDo 2.0 "Eksoplanet-rover". Du kan feste en penn til roveren for å bekrefte at sirkelbevegelsen er oppnådd. Ikke glem å feste eksoplanetmodellen din til roveren.
2. Finn sentrum av sirkelen som roveren din beveger seg på.
3. Heng lyspæren din slik at den er i samme høyde som eksoplaneten på roveren, og rett over midten av roverens bane.
4. Sett opp lysmåleren slik at den er på linje med lyspæren.
5. Du er nå klar til å begynne å samle inn data. Kontroller oppsettet av modellen din:
 - Kontroller at lysdetektoren er justert og mottar lys fra riktig lyskilde.
 - Forsikre deg om at det oppdages et fall i lyskurven når eksoplanetmodellen passerer mellom detektoren og lyspæren.

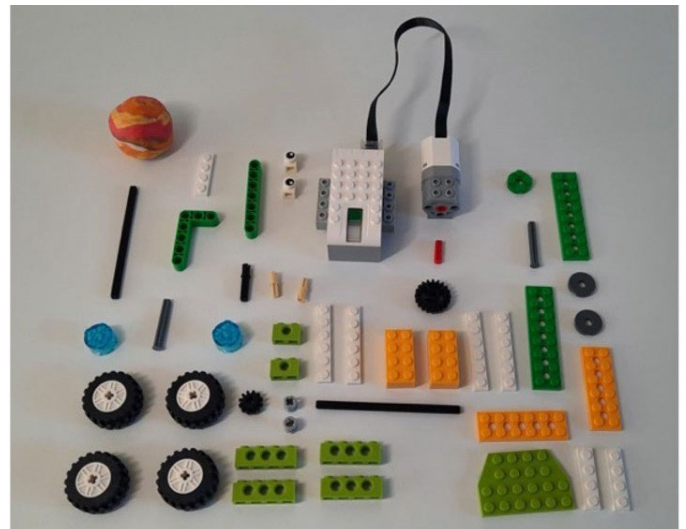
Oppsett av WeDo 2.0 "Eksoplanet-rover"

Følg monteringsinstruksjonene som vises på bildene trinn for trinn for å sette opp roveren som transporterer eksoplanetmodellen.

En timelapse-video av monteringen finner du på <https://youtu.be/VlrTvsamQrg?t=15>

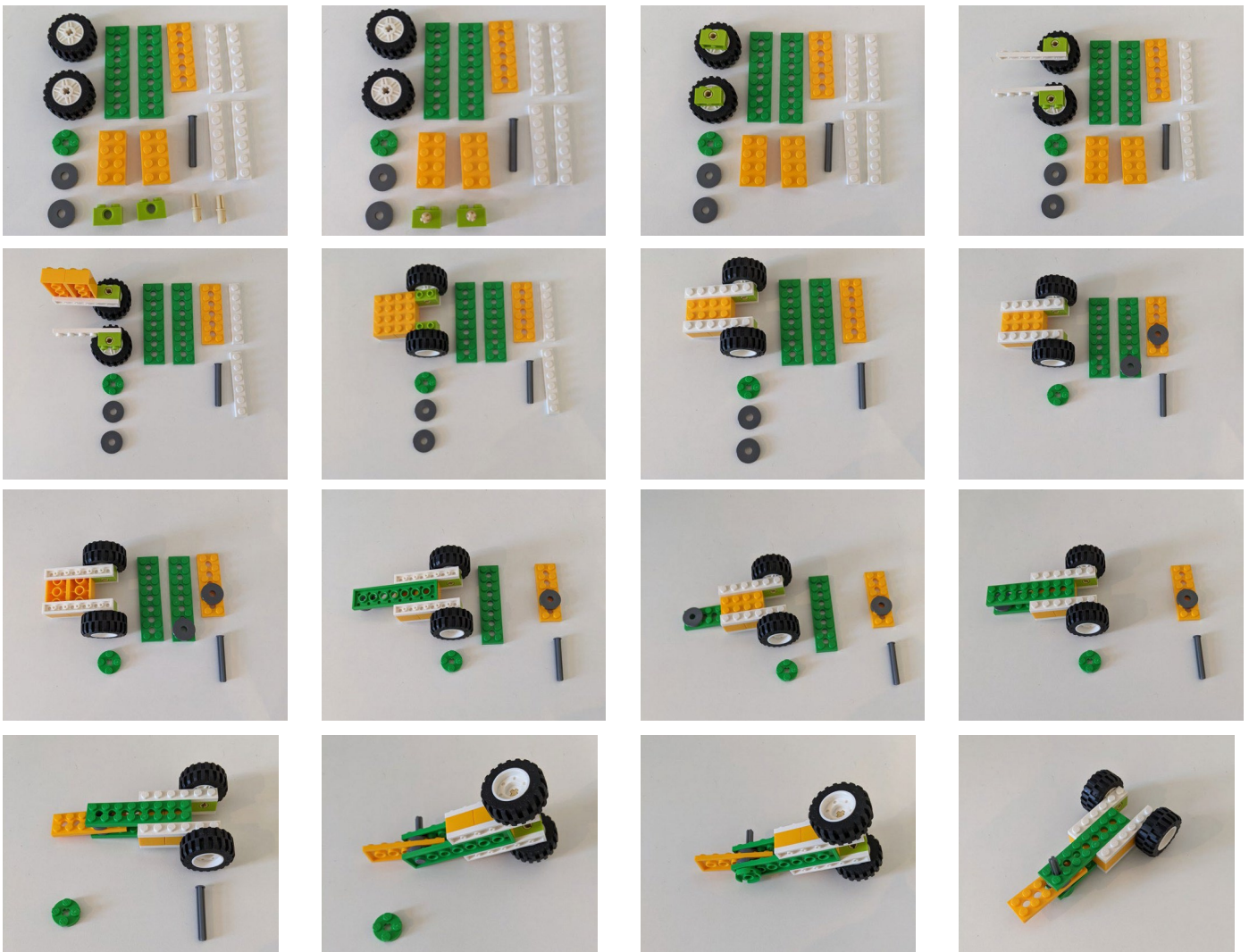
Trinn 1:

Finn materialet du trenger. De nødvendige delene vises på bildet til høyre.



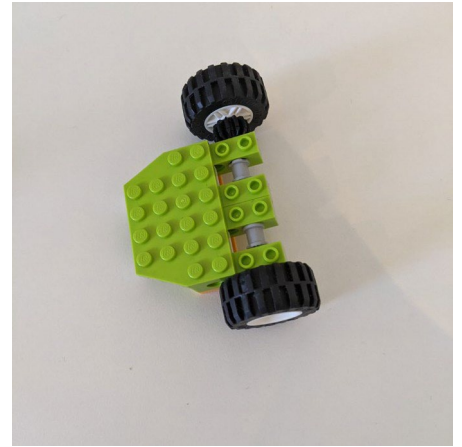
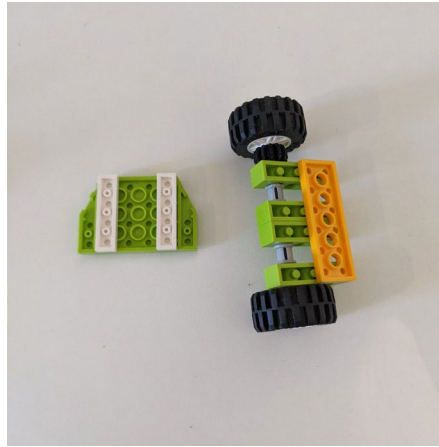
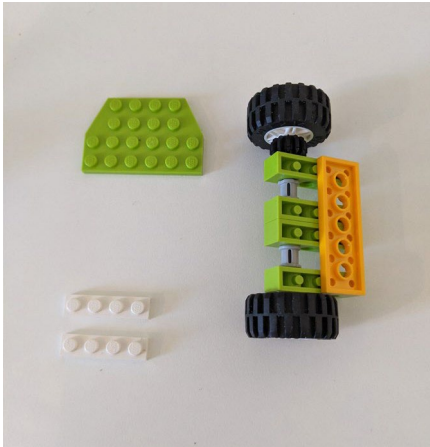
Trinn 2:

Bygg fronten på WeDo-roveren:



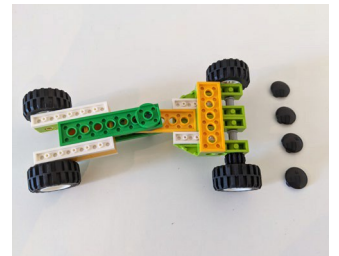
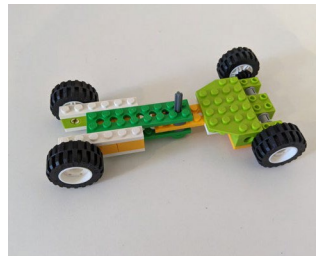
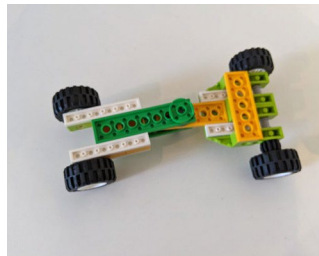
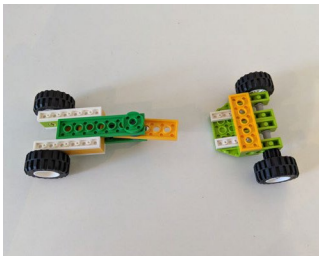
Trinn 3:

Bygg baksiden av WeDo-roveren:



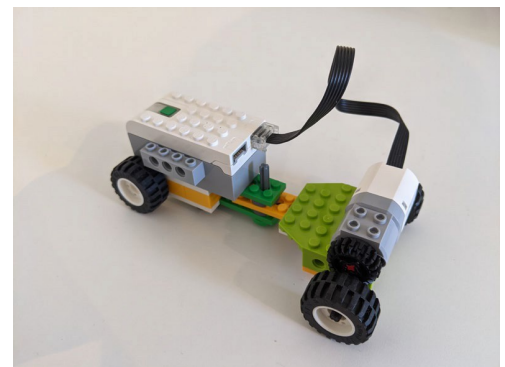
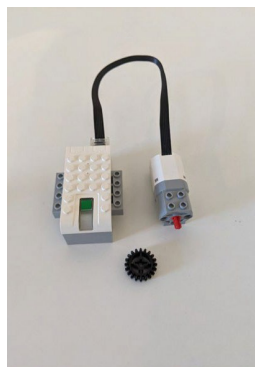
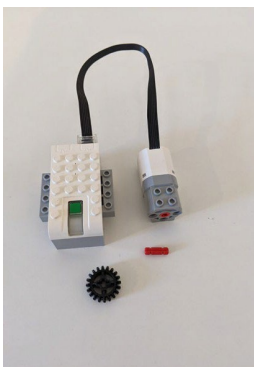
Trinn 4:

Sett sammen fronten og baksiden på WeDo-roveren:



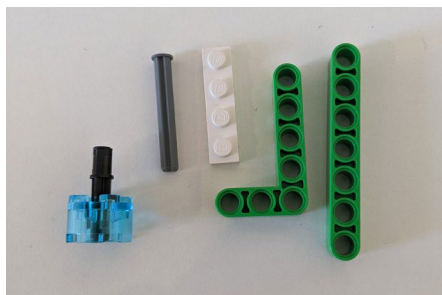
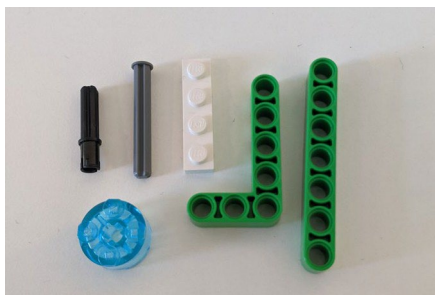
Trinn 5:

Sett sammen og monter på motoren:



Trinn 6:

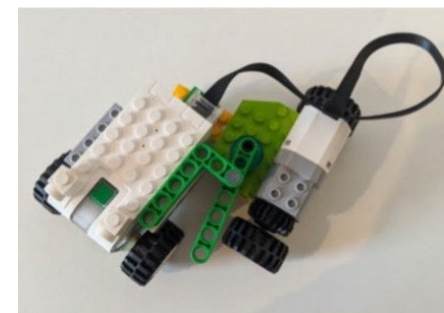
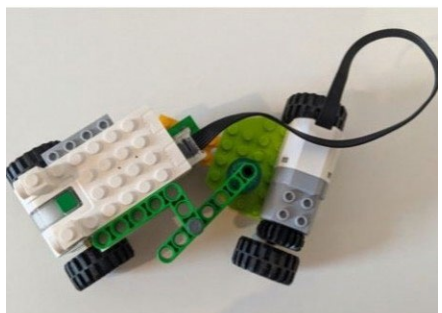
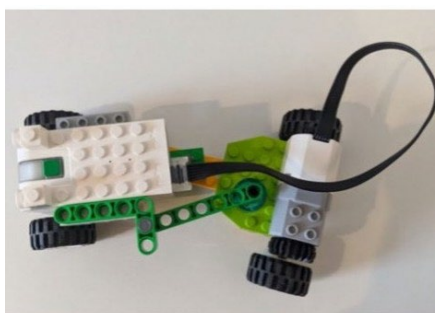
Fest vinkelinnstillingssystemet til WeDo-roveren:



Trinn 7:

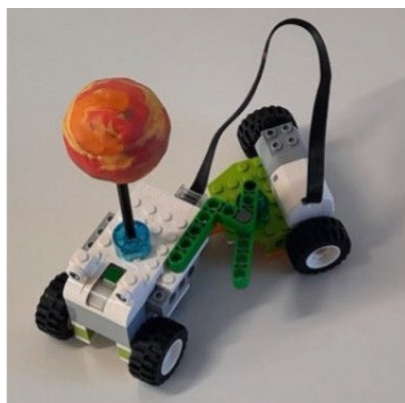
Velg en vinkel for roveren din for å bestemme diameteren på banen:

For å endre vinkelen på roveren, fjern pinnen fra de grønne støttene, juster roveren og plasser pinnen mellom et annet sett med hull.



Trinn 8:

Fest eksoplaneten for å ferdigstille roveren:



Trinn 9:

Koble roveren til WeDo-programvaren og gjør deg klar til å eksperimentere!

→ Den 3D-printede utgaven

Monteringsinstruksjoner for transittmodell (eksoplanetpassasjemodell)

Den **3D-printede utgaven** av transittmodellen bruker en tilpasset 3D-printet mekanisme med åpen kildekode for å skape den sirkulære bevegelsen til eksoplanetmodellen og simulere en bane. Stjernen er representert av en lyspære.

Modellen representerer et stjernesystem med to eksoplaneter som går i bane rundt en stjerne. Planetmodellene går i bane rundt den sentrale lyskilden ved hjelp av to armer som roterer i ulike perioder rundt lyspæren.

Mekanismen kan tilpasses og redigeres for å passe dine egne behov. Følg denne monteringsveiledningen for å skrive ut og sette opp den 3D-printede modellen.

Ytterligere videomateriale finner du her:

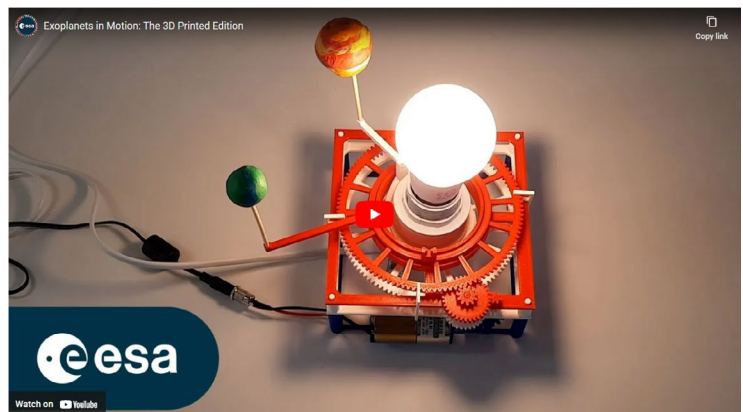
<https://youtu.be/GyEK6WNOhFA>

Du finner de ferdig forberedte 3D-filene og instruksjoner for utskrift her:

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

Utstyr

- Modell av eksoplaneter
- Lyspære med høy lysstyrke
- Lysmåler (f.eks. smarttelefon med lysmåler-app eller datalogger)
- 2 mm diameter trespyd av tre
- 3D-skriver
- PLA-materiale
- Motor (~100rpm) og strømforsyning
- Armatur og støtte for en lyspære med høy lysstyrke (E27-armatur)



Gjør modellen din klar:

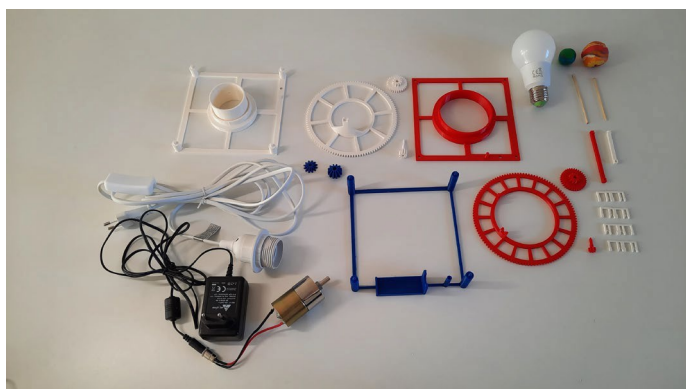
1. Last ned [.stl-filene for 3D-utskrift](#) og skriv ut modellen din. Ytterligere instruksjoner er tilgjengelig i 3D-utskriftsveiledningen. Ingen endringer av 3D-modellen er nødvendig hvis du bruker følgende deler:
 - lampefatning: E27 med kabelbryter og monteringsring (Ø 40 mm)
 - DC-motor: 12V 100RPM 166 oz-in børstet med en 6 mm D-formet aksel
2. Sett sammen modellen din ved å følge disse trinnvise instruksjonene.

Montere den 3D-printede mekanismen

Følg monteringsinstruksjonene som vises på bildene trinn for trinn for å sette opp den 3D-printede mekanismen som transporterer eksoplanetmodellen.

En timelapse-video av monteringen finner du på

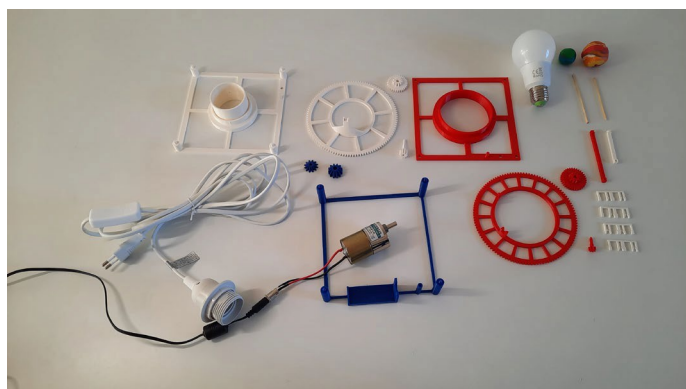
<https://youtu.be/GyEK6WNOhFA?t=28>



Trinn 1:

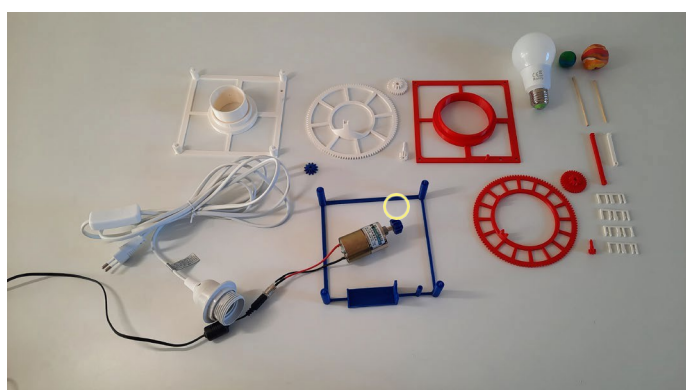
Gjør klart alt utstyret som trengs til å sette opp modellen av det eksoplanetariske systemet.

Merk: Pass på at eksoplanetene dine ikke er for tunge.



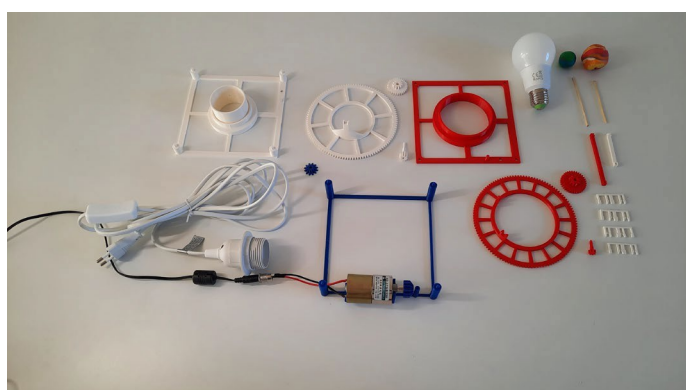
Trinn 2:

Ta **motorbasen** og **motoren** for å starte monteringen.



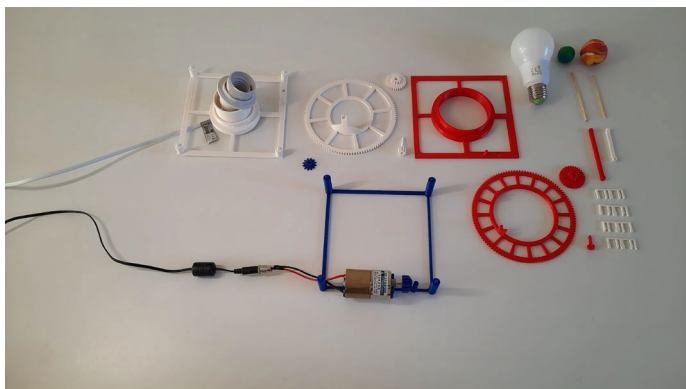
Trinn 3:

Plasser **motorgiret** til motorens aksel.



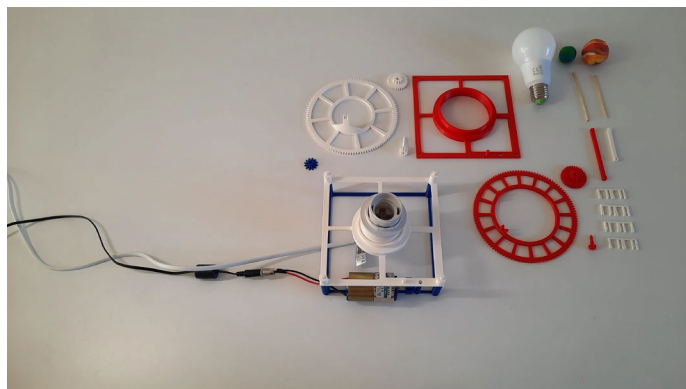
Trinn 4:

Fest motoren til **motorbasen**.



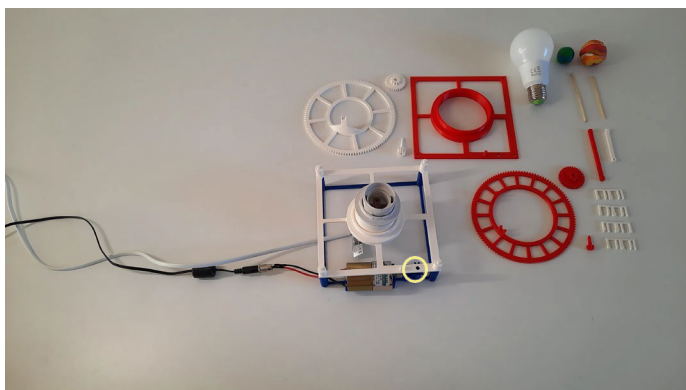
Trinn 5:

Trekk kabelen til lampesokkelen gjennom **nedre base** for å forberede den for montering.



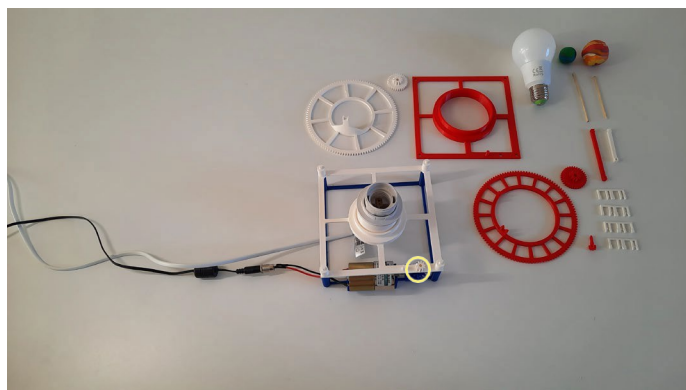
Trinn 6:

Plasser den **nedre basen**, inkludert lampesokkelen, på **motorbasen**.



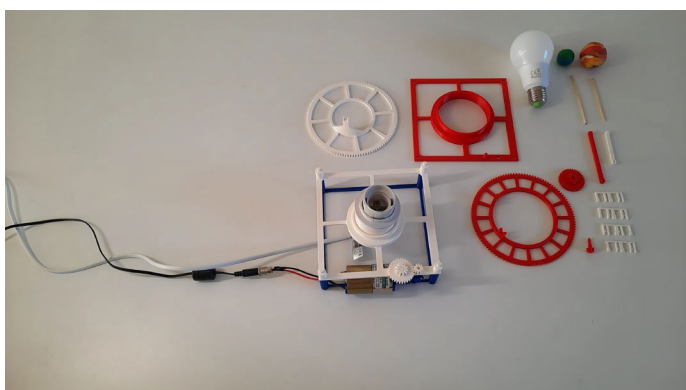
Trinn 7:

Sett **drivtannhjulet** inn mellom **motorbasen** og **nedre base**.



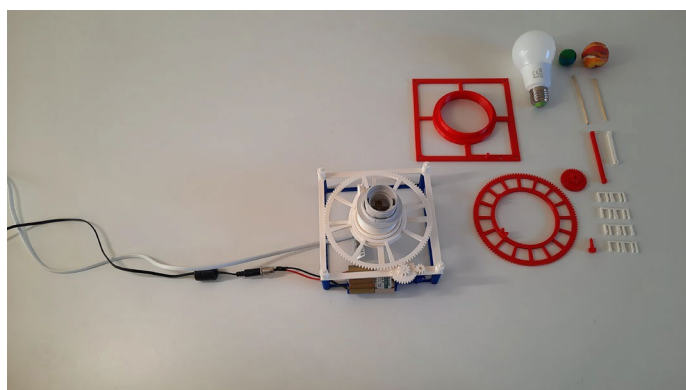
Trinn 8:

Stikk **drivakselen** gjennom hullet i **nedre base** for å feste **drivtannhjulet**.



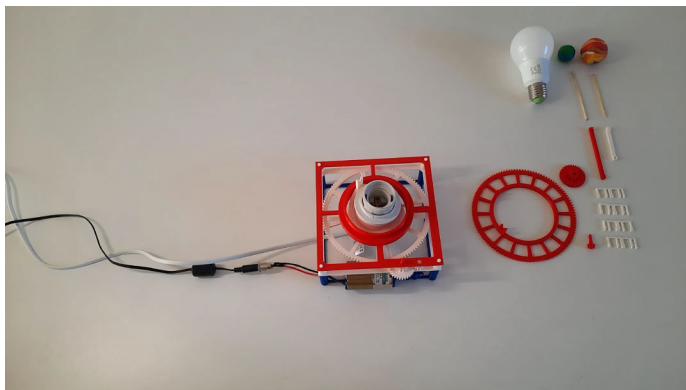
Trinn 9:

Sett **koblingshjul 1** til pinnen på **den nedre basen**.



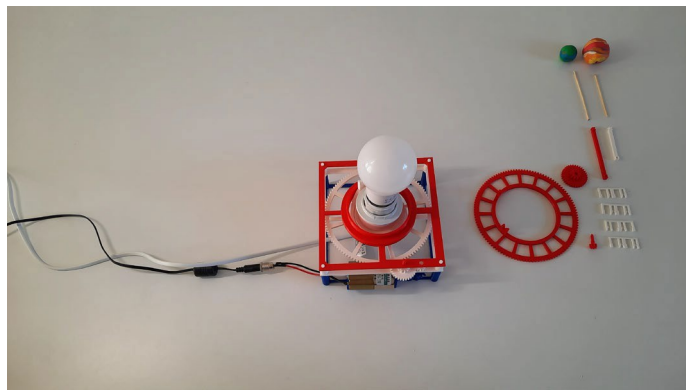
Trinn 10:

Sett **eksoplanethjul 1** over lampefestet og kontroller at tannhjulene går i inngrep/ griper riktig.



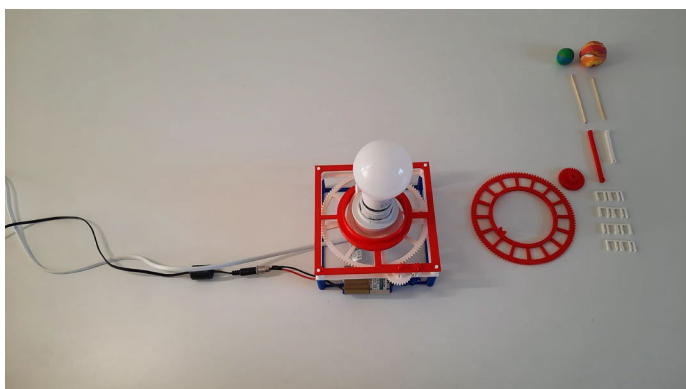
Trinn 11:

Plasser den **øvre basen** på toppen av den **nedre basen**.



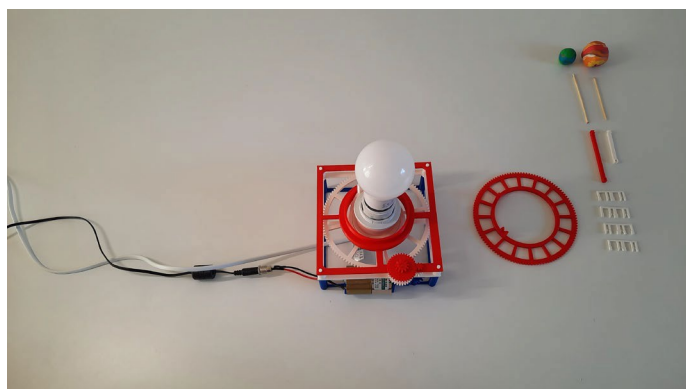
Trinn 12:

Skru lyspæren inn i lampesokkelen.



Trinn 13:

Stikk det **øvre motorgiret** gjennom hullet i den **øvre basen**.



Trinn 14:

Tre **koblingshjul 2** inn på pinnen på **øvre base**.



Trinn 15:

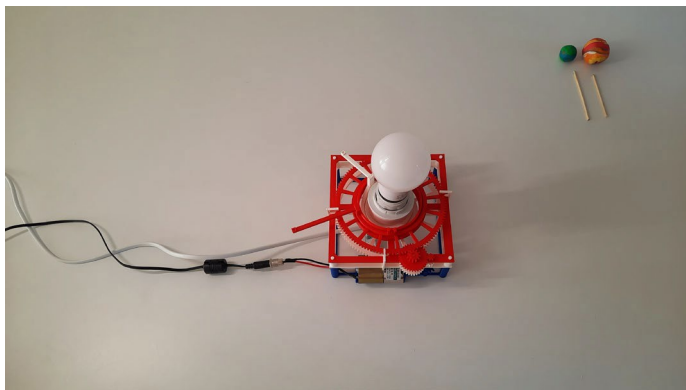
Plasser **eksoplanethjul 2** over lyspæren og hvil på den øvre basen.

Girsystemet er nå ferdig montert. Kontroller at tannhjulene griper riktig.



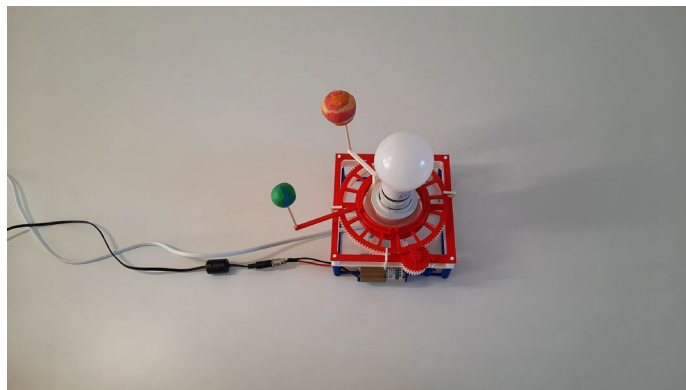
Trinn 16:

Legg til en av de fire festklipsene på midten av hver av de fire sidene av 3D-modellen. Disse klipsene holder de forskjellige lagene på plass.



Trinn 17:

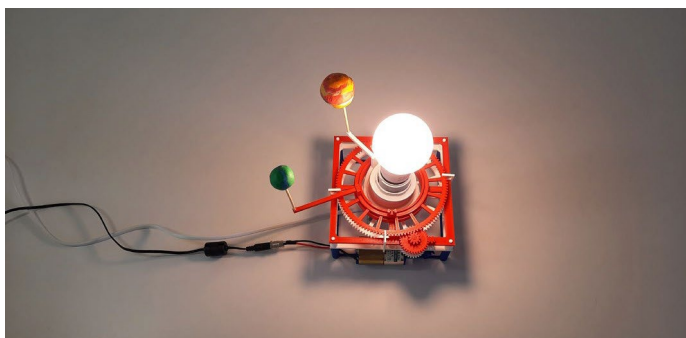
Fest **eksoplanetarm 1** og **eksoplanetarm 2** til henholdsvis **eksoplanethjul 1** og **eksoplanethjul 2**.



Trinn 18:

Stikk den ene enden av trespydene/pinnene inn i hullene i endene av **eksoplanetarmene 1 og 2**. Fest eksoplanetmodellene i de andre endene av spydene.

Spydene må ha en passende lengde slik at sentrum av modellens eksoplaneter og sentrum av lyspæren er på linje.



Trinn 19:

Slå på lyspæren og start motoren for å teste din 3D-printede modell av et eksoplanetsystem.

3. Juster lysdetektoren din med lyspæren og eksoplanetmodellen.
4. Du er nå klar til å begynne å samle inn data. Kontroller oppsettet av modellen din:
 - Kontroller at lysdetektoren er justert og mottar lys fra riktig lyskilde.
 - Forsikre deg om at det oppdages et fall i lyskurven når eksoplanetmodellen passerer mellom detektoren og lyspæren.

Endring av 3D-utskriftsfilene

De medfølgende filene er utformet med utgangspunkt i spesifikasjonene til en bestemt motor. Hvis du bruker en annen motor, må du kanskje endre den 3D-designede **motorbasen** og **motorgiret**.

Nedenfor finner du instruksjoner om hvordan du endrer filene ved hjelp av **Fusion 360**

Trinn-for-trinn-instruksjoner:

1. Åpne **EXTRA-adjustable motor gear.f3d** og **EXTRA-adjustable motor base.f3d** i Fusion 360
2. Gå til **ENDRE > endre parametere**
3. Juster parameterne slik at de passer til din motor

Du kan bruke denne oversikten til å finne de målingene du trenger å gjøre:

