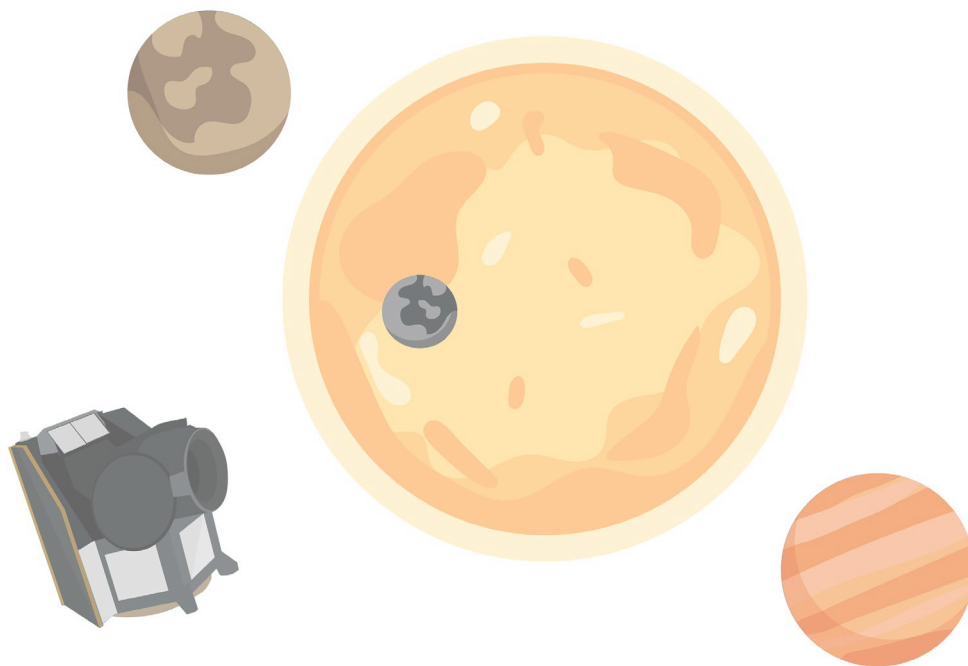


# Rymden i skolan

## → EXOPLANETER I RÖRELSE

Bygg ditt eget exoplanetsystem





## Lärohandledning

Snabba fakta	sidan 3
Sammanfattning av aktiviteterna	sidan 4
Inledning	sidan 5
Aktivitet 1: Introduktion till exoplaneter	sidan 6
Aktivitet 2: Modell av exoplaneters transit	sidan 7
Arbetsblad för elever	sidan 11
Länkar	sidan 17
Bilaga 1: Skivmodell	sidan 18
Bilaga 2: Rovermodell	sidan 20
Bilaga 3: 3D-utskrivna modell	sidan 24

Rymden i skolan - exoplaneter i rörelse | P32  
[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

ESA:s utbildningskontor välkomnar återkoppling och kommentarer  
[teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

En produktion av ESA Education  
Copyright 2023 © Europeiska rymdorganisationen

## → EXOPLANETER I RÖRELSE

### Modellering av exoplaneters passager (transit)

#### SNABBA FAKTA

**Ämne:** Matematik, fysik, astronomi

**Ålder:** 10-18 år

**Typ:** Elevaktivitet, praktisk modellering

**Komplexitet:** Medel

**Lektionstid:** 60 minuter

**Kostnad:** Låg (0-100 kr) - medel (100-300 kr).

**Plats:** Klassrum

**Inkluderar användning av:** ljusmätarapp eller datalogger, 3D-utskrivna komponenter (valfritt), rover (valfritt)

**Nyckelord:** Fysik, matematik, astronomi, exoplanet, ljuskurvor, transit, banor, skalor, grafer, period, robotik, 3D-utskrift

#### Kortfattad beskrivning

I denna serie aktiviteter får eleverna lära sig hur forskare studerar exoplaneter med hjälp av satelliter som Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite), med hjälp av transitmetoden, även kallat passagemetoden. Eleverna ska bygga sin egen modell av ett exoplanesystem och sedan observera och tolka modellens ljuskurvor.

Det finns monteringsanvisningar för tre olika transitmodeller: skiva (enkel), rover (medel) och 3D-utskriften (avancerad).

Den här aktiviteten ingår i en serie som omfattar "**Exoplanetdetektiv**" där eleverna analyserar riktiga data från ESA:s Cheops-satellit och "**Exoplaneter i en Låda**" där eleverna bygger en transitmodell i en skokartong och beräknar storleken på en exoplanet.

#### Lärandemål

- Förstå vad exoplaneter är och hur satelliter undersöker dem.
- Förstå hur transitmetoden används för att upptäcka och karakterisera exoplaneter.
- Utveckla experimentella färdigheter genom att observera och tolka uppmätta ljuskurvor.
- Utveckla färdigheter i grupparbete genom gemensam problemlösning.
- Kommunicera vetenskapliga och matematiska resultat med andra elever.

## → Sammanfattning av aktiviteterna

Sammanfattning av aktiviteterna					
	Titel	Beskrivning	Resultat	Krav	Tid
1	Introduktion till exoplaneter	Introducerande aktivitet för att utforska grunderna för exoplaneter och transitmetoden.	Att lära vad exoplaneter är och hur transiteringsmetoden kan användas för att både hitta och lära sig mer om dem.	Ingen	20 minuter
2	Modell av exoplaneters transit	Eleverna ska skapa sin egen modell av ett exoplanetsystem och använda den för att utforska transitmetoden genom att göra mätningar med en ljusmätarapp/datorlogger.	Följ instruktionerna för att skapa en modell av ett exoplanetsystem. Skissa och tolka grafer och förstå hur storleken på modellen av exoplaneten kommer att påverka det ljus som detektorn mäter.	Kunskaper från aktivitet 1	40 minuter. Beroende på vilken transitmodell som används kan det ta längre tid.

## → Inledning

Exoplaneter, eller extrasolära planeter, är planeter utanför vårt eget solsystem som kretsar kring en annan stjärna än vår sol. Exoplaneter upptäcks och studeras med hjälp av teleskop både på jorden och i rymden.

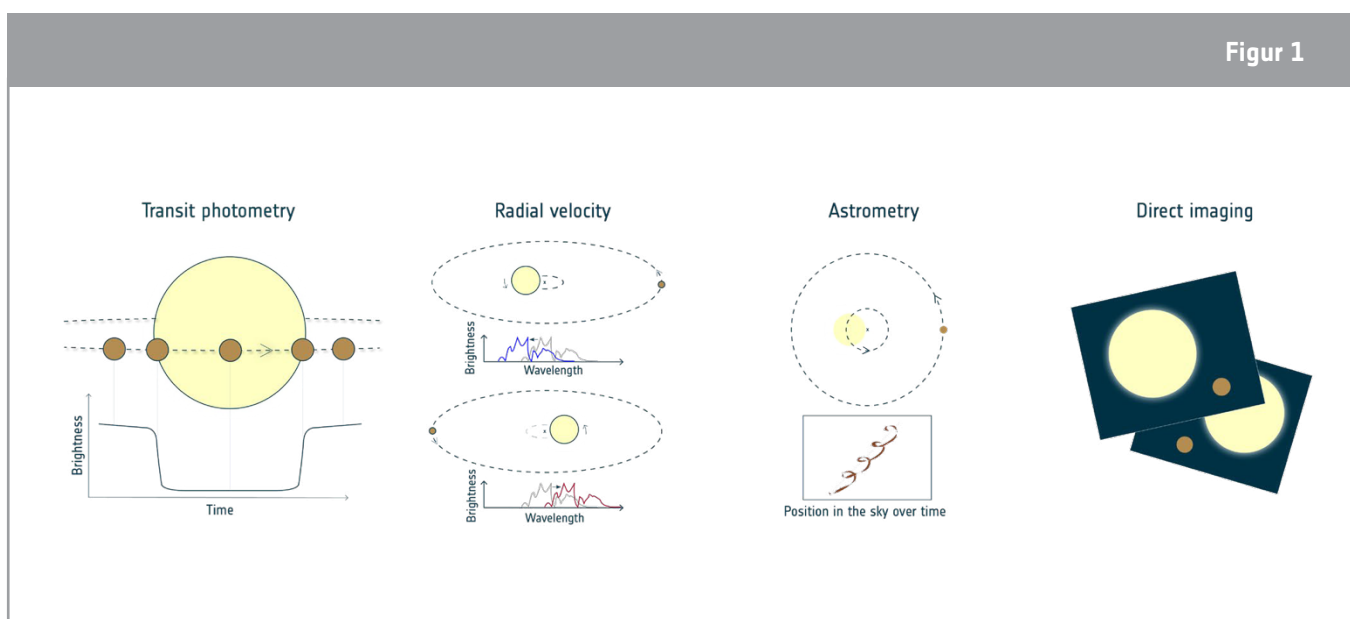
Exoplaneter är svåra att upptäcka, eftersom den signal vi får från dem är liten i jämförelse med den mycket större signalen från deras större och ljusare värdstjärnor. Vanligtvis är den mycket mindre än 1 procent.

Det finns flera olika metoder som används för att söka efter och hitta exoplaneter. De här är de viktigaste:

- **Direkt avbildning** - som namnet antyder avbildas exoplaneten direkt. Detta är den enda metod som upptäcker exoplaneten och mäter dess ljus direkt.
- **Transitmetoden** - exoplaneten upptäcks genom att mäta att ljuset från stjärnan blir svagare.

När en exoplanet kretsar kring en stjärna kommer både stjärnan och exoplaneten att rör sig i en bana runt hela systemets masscentrum. Den lilla rörelsen från stjärnan används av de två följande metoderna för att karakterisera de exoplaneter som kretsar kring stjärnan.

- **Radialhastighet** - exoplaneten upptäcks genom att mäta förskjutningar i stjärnans spektralprofil.
- **Astrometri** - exoplaneten upptäcks genom att mäta svängningen i stjärnans position.



↑ [Metoder för att upptäcka exoplaneter.](#)

I denna serie aktiviteter ska eleverna bygga en transitmodell av ett exoplanetsystem. Storleken på dippet (nedgången) i ljuskurvan beror direkt på hur stor andel av ljuset från stjärnan som blockeras av den passerande exoplaneten, vilket beror på exoplanetens storlek i förhållande till stjärnan. Ju större planeten är i förhållande till stjärnan, desto mer av ljuset blockeras. Om vi känner till stjärnans storlek kan vi bestämma planetens storlek.

## → Aktivitet 1: Introduktion till exoplaneter

För att introducera eleverna till exoplaneter kan du använda det videomaterial som finns på länkarna nedan eller använda bakgrundsinformationen som en kompletterande resurs.

Nedan följer några förslag på videomaterial från ESA:

- Serien "Meet the experts – Other Worlds" (eng):

[esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2020/07/Meet\\_the\\_Experts\\_Other\\_worlds](https://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/07/Meet_the_Experts_Other_worlds)

- Möt Cheops, exoplanetsatelliten:

[esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2019/12/Meet\\_Cheops\\_the\\_Characterising\\_Exoplanet\\_Satellite/\(lang\)/sv](https://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_the_Characterising_Exoplanet_Satellite/(lang)/sv)

- Paxi utforskar exoplaneter!

[esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi\\_explores\\_exoplanets/\(lang\)/sv](https://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi_explores_exoplanets/(lang)/sv)

Efter att eleverna har fått en introduktion till exoplaneter, transitmetoden och Cheops kan de arbeta med aktivitet 1 i arbetsbladet.

## Övning 1 - Grunderna om exoplaneter

Nedan finns möjliga svar på frågorna 1 och 2 på arbetsbladet.

- 1.1 Exoplaneter är planeter utanför solsystemet. På samma sätt som planeter, inklusive jorden, kretsar kring solen kan andra stjärnor ha planeter som kretsar kring dem.
- 1.2 Ljus

**Extra information:** Cheops har ett enda vetenskapligt instrument ombord: en specialkamera som kallas fotometer. Ljuset från stjärnorna når fotometern via ett teleskop med en diameter på 32 centimeter. Cheops är känslig för optiskt ljus (som vi också kan se med våra ögon) samt för ljus som är blåare och rödare, särskilt ljus med våglängder i området 350 nm till cirka 1100 nm.

## Övning 2 - Transitmetoden

Nedan visas ett möjligt svar på fråga 2.1.

- 2.1 *Med den här metoden kan vi direkt mäta hur mycket ljus planeten blockerar när den passerar framför stjärnan, och indirekt kan vi beräkna planetens storlek. Om teleskopet observerar två på varandra följande dipp i ljuskurvan kan vi också dra slutsatser om planetens omloppstid, vilket är den tid det tar för planeten att fullborda ett helt varv runt sin värdstjärna.*

**Extra information:** I kombination med andra mätningar kan vi också beräkna planetens densitet och få information om dess atmosfär. Cheops kommer också att kunna bestämma faskurvan och albedo för vissa exoplaneter, vilket ger en inblick i deras temperatur, reflektionsförmåga och klimat.

## Diskussion

Efter att ha genomfört aktiviteterna bör eleverna uppmuntras att diskutera sina svar. Du kanske vill dela upp klassen i par eller grupper innan svaren diskuteras i hela klassen.

Innan du påbörjar aktivitet 2, där eleverna ska bygga en transitmodell, kan du diskutera med dem hur de skulle kunna skapa en modell av ett exoplanetsystem.

### → Aktivitet 2: Modell av exoplaneters transit

I den här aktiviteten ska eleverna bygga och testa sin egen modell av ett exoplanetsystem som kretsar kring en stjärna. Stjärnan representeras av en glödlampa. Monteringsanvisningar för tre olika modeller för exoplaneternas transit finns i bilagorna: skiva (enkel), rover (medel) och 3D-utskriften (avancerad). Välj den modell för exoplaneternas transit som passar bäst för dina elever.

- **Skivmodell (enkel):** en roterande skiva används för att skapa exoplanetmodellens cirkelrörelse och simulera en bana. Den roterande skivmodellen för exoplanetsystemet är den enklaste av de tre möjliga modellerna för den här aktiviteten.

Monteringsanvisningar finns på länk: <https://youtu.be/oTibvYu3vyA>

- **Rovermodell (medel):** En rover används för att skapa den cirkulära rörelsen hos modell-exoplaneten och simulera en bana. Roverversionen kan kombineras med programmering, robotik och rörelseanalys.

Monteringsanvisningar finns på länk: <https://youtu.be/VlrTvsamQrg>

- **3D-utskrivna modell (avancerad):** En anpassad 3D-utskrivna drivmekanism med öppen källkod används för att skapa exoplanetens cirkelrörelse och simulera en bana. Den 3D-utskrivna modellen av exoplanetsystemet kräver tillgång till en 3D-skrivare för att skriva ut modellen. Drivmekanismen är anpassningsbar och kan redigeras för att passa olika behov.

Monteringsanvisningar finns på länk: <https://youtu.be/GyEK6WNOhFA>

Förberedda 3D-filer: [esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint\\_files\\_ExoplanetsInMotion.zip](https://esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint_files_ExoplanetsInMotion.zip)

Efter att ha monterat modellen ska eleverna mäta ljuset från glödlampan när exoplaneterna kretsar runt och observera vilken effekt exoplaneternas storlek och hastighet har på den uppmätta ljuskurvan.

Den här aktiviteten kan genomföras antingen som en demonstration för klassen eller som en gruppaktivitet som görs i grupper om 3-5 elever.

**Extra:** Även om det inte undersöks i dessa aktiviteter kan modellen för exoplanetsystemet användas för att introducera Keplers lagar för planeters rörelse. En planet i en cirkulär omlopps bana rör sig med konstant hastighet (Keplers andra lag). Denna hastighet bestäms av stjärnans massa och avståndet mellan planeten och stjärnan (Keplers tredje lag).

## Utrustning

Förteckning över material:

- montering och support av glödlampan
- glödlampa med hög ljusstyrka
- plastilin/modellera
- linjal
- träspett
- ljusmätare (t.ex. telefon med ljusmätarapp eller datalogger).
- Ytterligare material för de olika exoplanetsmodellerna:
  - o **Skivmodell:** roterande skiva (t.ex. skivspelare, roterande serveringsbricka, cykelhjul).
  - o **3D-utskrivna modell:** motor, 3D-utskrivna delar av modellen
  - o **Rovermodell:** Rover: Rover (t.ex. WeDo 2.0)
  - o **Föreslag på appar:** Android och IOS: Physics Toolbox Sensor Suite och Phyphox

## Övning 1: Gör dina exoplaneter

I den här övningen ska eleverna använda plastilin eller modellera för att skapa 2 eller 3 olika modeller av exoplaneter. Den parameter som kommer att ha störst inverkan på transiteringen är exoplanetens storlek, men se till att planeterna inte är för stora eller för tunga så att de fortfarande fungerar med mekanismerna. Eleverna ombeds också att på ett kreativt sätt namnge sina planeter.

Du kanske vill sätta en egen tidsgräns för den här aktiviteten för att se till att det finns tillräckligt med tid för att genomföra de andra övningarna.

## Övning 2: Bygg din modell av exoplaneters transit

I den här övningen ska eleverna sätta upp modellen av ett exoplanetsystem, testa det och analysera ljuskurvan som mäts med ljusmätaren. Välj den modell för exoplanetens transit som passar bäst för dina elever. Monteringsanvisningar för tre olika modeller av exoplaneters transit finns i separata dokument: skivmodell (enkel), rovermodell och 3D-utskrivna modell (avancerad).

Arbetsbladet är giltigt för de tre modellerna.

## Övning 3: Analysera en transit med din exoplanetmodell.

Eftersom eleverna ombeds att beskriva sina observationer med egna ord är följande svar bara exempel. Det är möjligt att vissa elever kommer att beskriva sina resultat med hänvisning till modellen och andra med hänvisning till det verkliga exoplanetsystemet, så det är viktigt att skilja mellan observation och modell här.



Det är viktigt att modellen av exoplaneten roterar i jämn takt, oavsett hastighet. Beroende på modellens rotationshastighet kan dippen i ljuskurvan uppträda som en skarpare "v-form" eller en bredare "u-form".

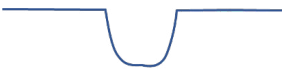
### 3.1 Stjärna – Glödlampa

Teleskop – Smartphone / detektor

Exoplanet – Boll av modellera/plastilin

3.2 För varje scenario måste eleverna göra en skiss av den observerade ljuskurvan och beskriva den med egna ord.

a) Ljusintensiteten som visas på grafen kommer att vara ungefär konstant utom när exoplaneten passerar mellan sensorn och ljuskällan. Vid denna tidpunkt kan vi observera en minskning av den uppmätta ljusintensiteten.

Skiss: 

b) Ljusstyrkan kommer att minska varje gång modell-exoplaneten passerar mellan detektorn och ljuskällan. Djupet och bredden på var och en av de tre nedgångarna är densamma, och avståndet mellan på varandra följande nedgångar ändras inte.

Skiss: 

c) En större modell av exoplaneten ger en djupare dipp i ljusintensiteten, en mindre modell av exoplaneten ger en mindre eller ytligare dipp på grafen.

Skiss:   
mindre/smälare                      större/djupare

d) Varje modell av exoplaneten som passerar framför glödlampan ger upphov till en egen nedgång i ljusstyrkan. Den större modell-exoplaneten skapar en djupare dipp än den mindre modell-exoplaneten, medan dippens bredd är likartad.

Skiss: 

## Diskussion

Efter denna aktivitet ska varje grupp presentera sina resultat för klassen. Eleverna bör kunna beskriva komponenterna i transitmodellen och förstå betydelsen av exoplanetens storlek för detta experiment. Eleverna bör också ha en uppfattning om modellens begränsningar.

Som avslutning på aktiviteten och för att främja diskussionen kan du ställa följande fråga till dina elever för att introducera kopplingarna mellan modellen och det verkliga exoplanetsystemet:

**Fråga:** *Efter att ha observerat det ljus som upptäckts från din modell av ett exoplanetsystem, vad förväntar du dig att se i ljuskurvan när satelliten observerar en exoplanets transit?*

Det förväntade svaret skulle vara: en dipp i ljuskurvan.

Som en bonusaktivitet kan du be eleverna att analysera de data som samlats in från ljusdetektorn kvantitativt och till exempel slutföra aktivitet 3 i klassrumsresursen **Exoplanets in a Box**.

Om du vill fortsätta att analysera ljuskurvor med dina elever kan du slutföra aktiviteten **Exoplanets Detective**, där eleverna kan jämföra modelldata och riktiga satellitdata från ESA:s Cheops-uppdrag.

## → EXOPLANETER I RÖRELSE

### Bygg ditt eget exoplanetsystem

#### → Inledning

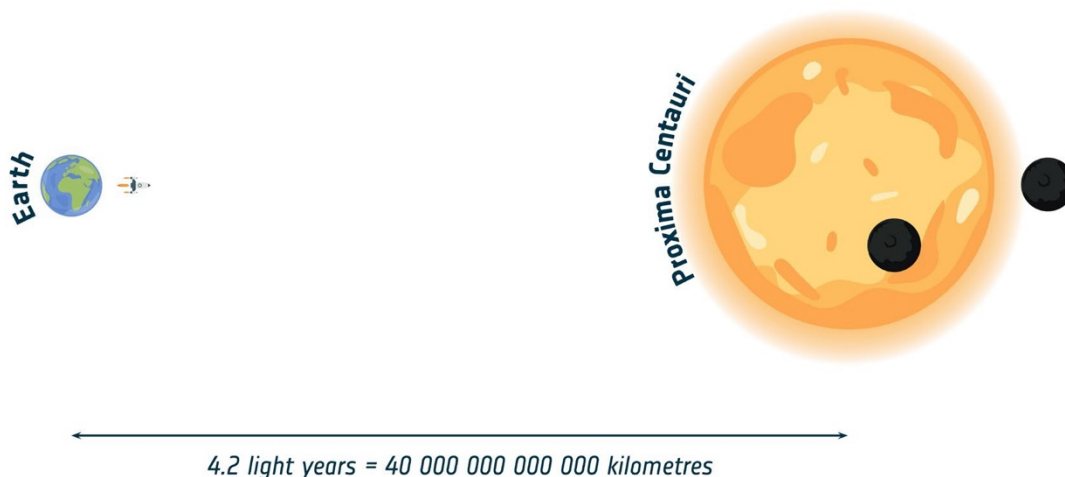
Precis som planeterna i vårt solsystem kretsar kring vår stjärna, solen, finns det andra planeter i universum som också kretsar kring andra stjärnor! Exoplaneter, eller extrasolära planeter, är planeter utanför vårt eget solsystem.

Sedan den första upptäckten av en exoplanet som kretsar kring en stjärna som liknar vår sol 1995 har mer än 4 000 exoplaneter upptäckts, och vi hittar fortfarande fler. Varje exoplanet är unik. Vissa är stora och gasrika, som Jupiter, vissa är små och steniga som jorden och Mars, och vissa liknar ingenting som vi har sett i vårt solsystem.

I den här aktiviteten kommer du att bygga ditt eget exoplanetsystem och lära dig hur forskarna hittar dessa okända världar långt borta från oss i rymden.

#### Visste du det?

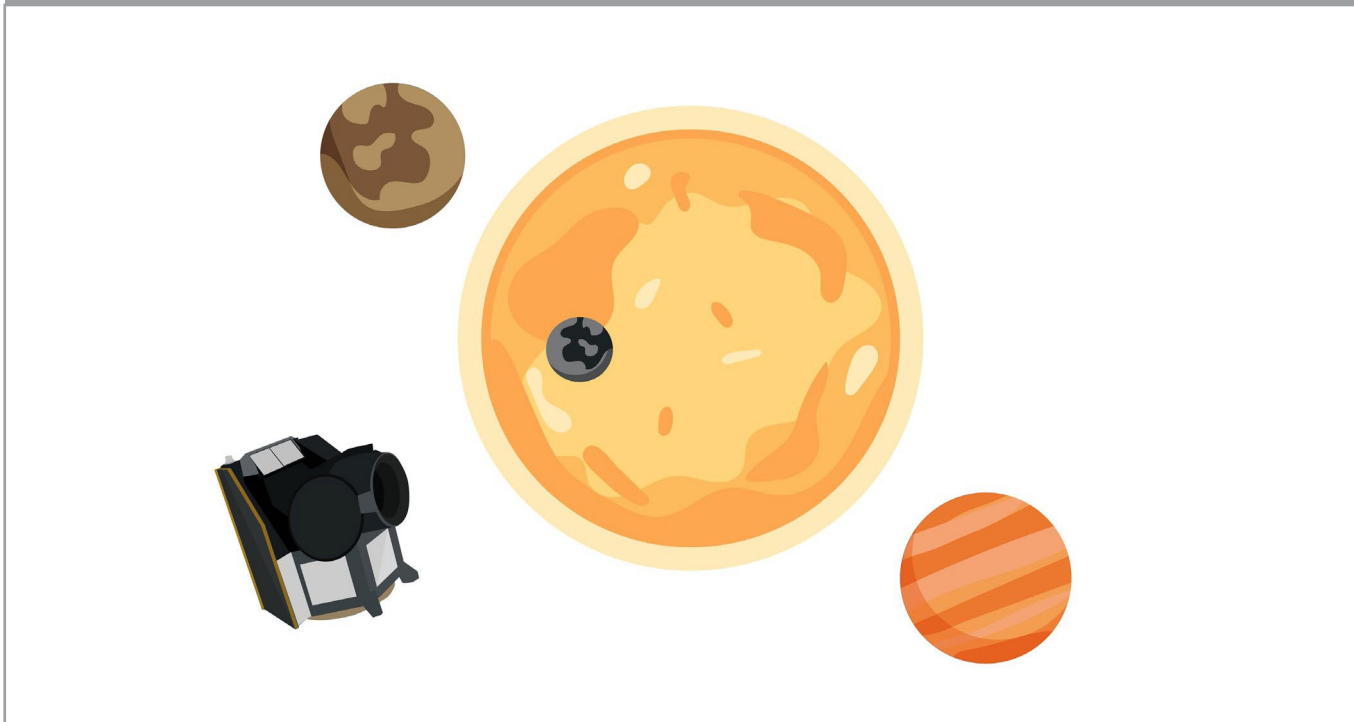
Den närmaste exoplaneten till oss är en planet som kretsar kring stjärnan Proxima Centauri. Det tar bara 4,2 år för ljuset att färdas från Proxima Centauri till jorden, men det skulle ta över sex miljoner år för den snabbaste rymdfarkost som för närvarande finns att nå denna exoplanet!



## → Aktivitet 1: Introduktion till exoplaneter

I den här aktiviteten får du lära dig mer om exoplaneter.

Figur 1



↑ Konstnärligt intryck av ESA:s satellit Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite)

### Övning 1: Grunderna om exoplaneter

1.1. Förklara med egna ord vad en exoplanet är.

---

---

---

---

1.2 Cheops är en satellit som studerar exoplaneter. Vad mäter Cheops? Ringa in det rätta alternativet:

Temperatur

Färg

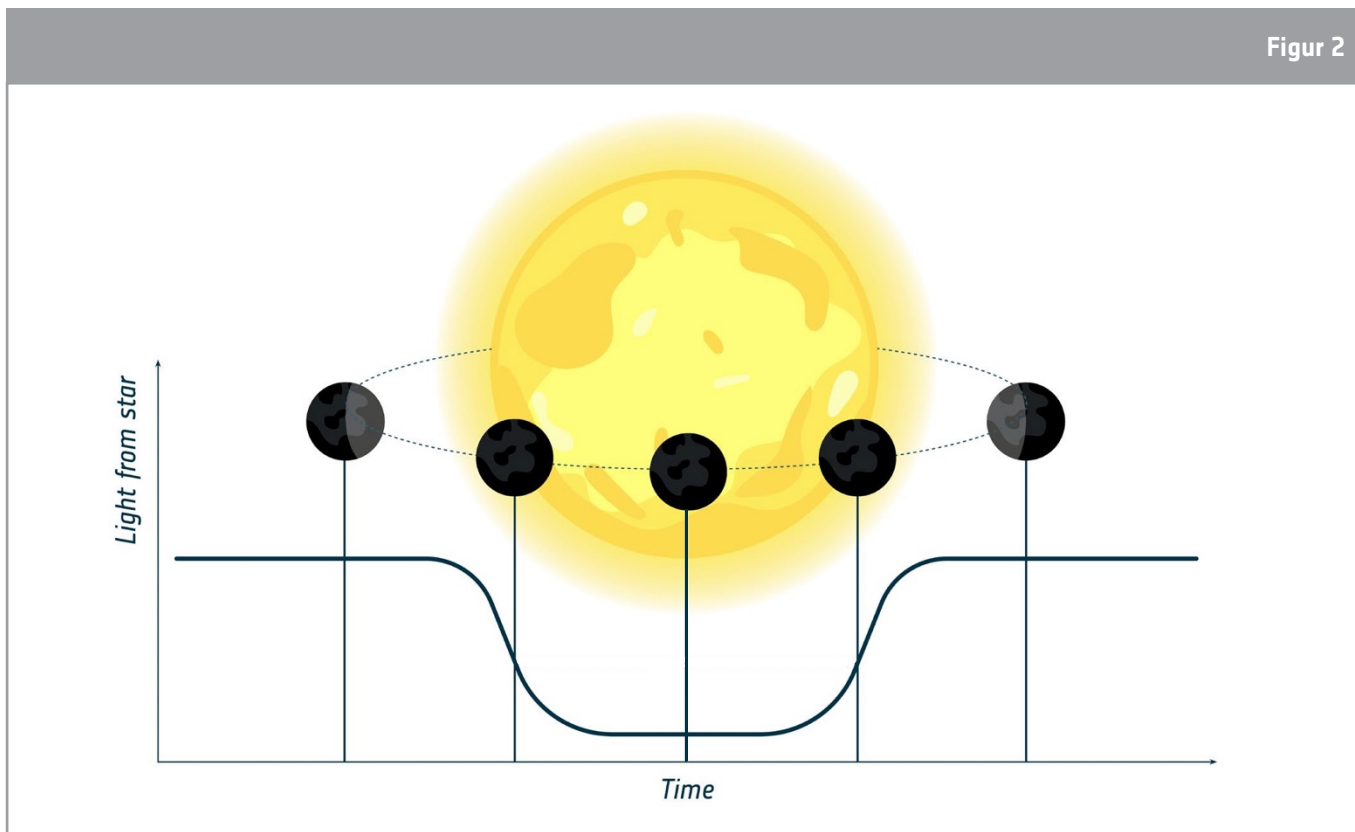
Avstånd

Ljus

Ljud

## Övning 2: Transitmetoden

**Transitmetoden** kan användas både för att hitta nya exoplaneter och för att lära sig mer om dem. För att kunna använda denna metod måste exoplaneten passera direkt mellan oss och stjärnan som den kretsar kring. När en exoplanet passerar framför stjärnan kommer den att blockera en del av det ljus som vi kan se från stjärnan. Vi kan övervaka ljuset från en stjärna över tid med hjälp av ett teleskop. Grafen som representerar stjärnans ljus som en funktion av tiden kallas **ljuskurva** (se figur 2).



↑ Representation av en ljuskurva som uppmätts under en exoplanets transit.

2.1. Cheops använder transitmetoden för att studera exoplaneter. Vad kan vi lära oss om exoplaneter med hjälp av denna metod?

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

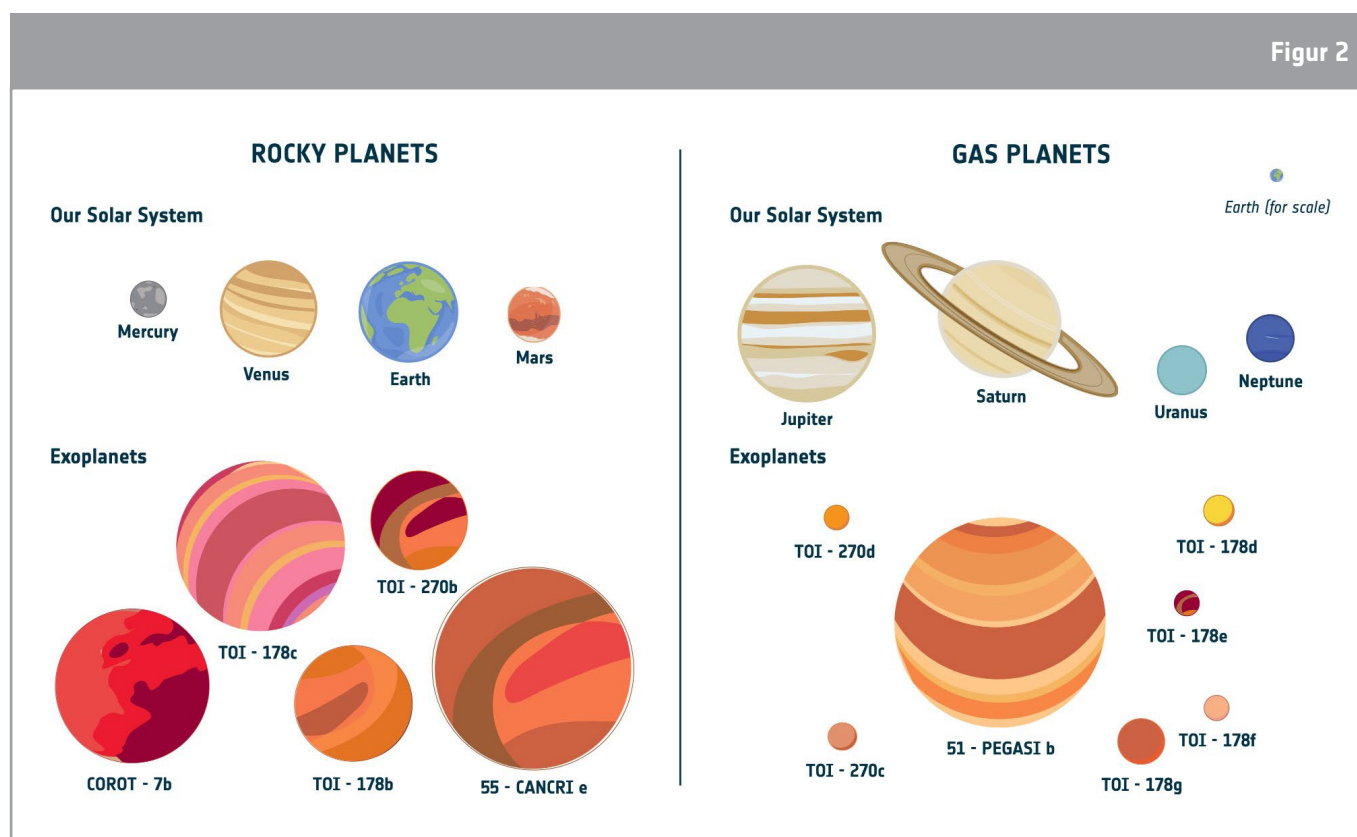
## → Aktivitet 2: Modell av exoplaneters transit

I den här aktiviteten kommer du att bygga din egen modell av ett exoplanetsystem med exoplaneter av modellera som rör sig runt en ljuskälla som representerar stjärnan. Ni kommer att mäta intensiteten av det ljus som registreras från ljuskällan när modell-exoplaneterna rör sig runt den och observera vilken effekt modell-exoplaneternas storlek har på den mängd ljus som ni mäter.

### Övning 1: Gör dina exoplaneter

Med hjälp av det tillhandahållna materialet skapar du i din grupp två eller tre exoplaneter som kommer att användas i din modell.

Dina exoplaneter av modellera ska vara mellan 1 och 3 cm i diameter och olika stora.



↑ Exempel på konstnärsavtryck av riktiga exoplaneter som redan har upptäckts i omloppsbanan runt närliggande stjärnor!

1. Ge era exoplaneter namn, var gärna kreativ.

---



---



---

### Visste du det?

Exoplaneterna namnges enligt konventionen efter den stjärna som de kretsar kring följt av en liten bokstav som börjar med b (sedan c, sedan d osv.) för att ange i vilken ordning de upptäcktes. Den första planeten som upptäcktes runt stjärnan 51 Pegasi kallas till exempel 51 Pegasi b (eller 51 Peg b).

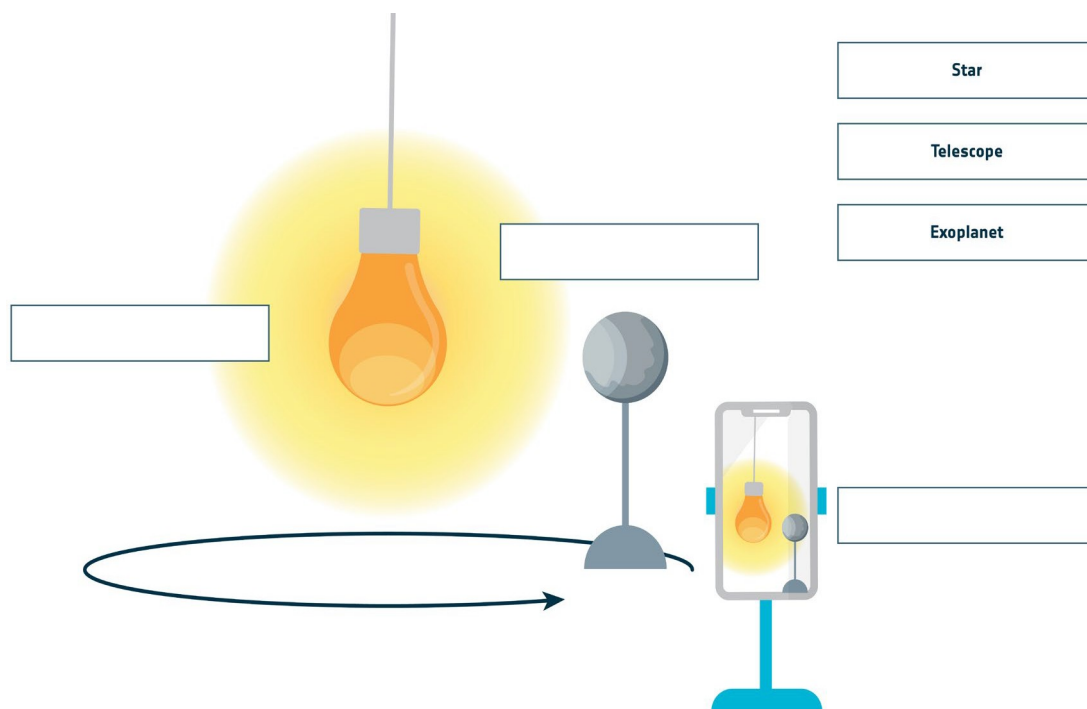
## Övning 2: Bygg din modell av exoplaneters transit

Sätt ihop din modell av exoplanetsystemet med hjälp av en av de exoplaneter som tillverkades i den föregående övningen, enligt de instruktioner som din lärare gav dig.

Se till att detektorn, exoplanetmodellen och ljuskällan är i linje med varandra. Testa din modell för exoplaneternas transitering.

## Övning 3: Analysera en transit med din exoplanetmodell.

3.1. Fyll i etiketterna i diagrammet med hjälp av de ord som anges.



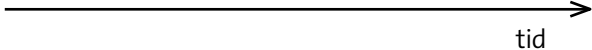
3.2. Grafen du ser på skärmen visar ljuskällans intensitet i din modell av ett exoplanetsystem.

Följ instruktionerna i varje fråga nedan. Gör en skiss av den ljuskurva du observerar och beskriv den också med ord.

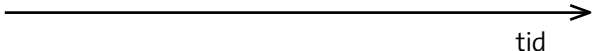
- Klistra fast en exoplanet av modellera på modellen och låt den börja rotera. Stoppa rotationen när exoplaneten av modellera har gjort ett helt varv runt glödlampan:

<p>Beskrivning:</p>	<p>Skiss:</p> <p style="text-align: center;">^</p> <p style="text-align: center;">ljus från stjärnan</p>
---------------------	--

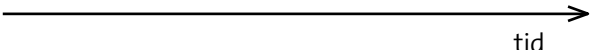
- b. Börja rotera igen och stoppa rotationen när exoplaneten av modellera har gjort tre hela varv runt glödlampan:

Beskrivning:	<p>Skiss: <math>\wedge</math></p> <p>ljus från stjärnan</p> 
--------------	--

- c. Ändra storleken på exoplaneten av modellera. Låt den nya exoplaneten göra tre hela varv runt glödlampan:

Beskrivning:	<p>Skiss: <math>\wedge</math></p> <p>ljus från stjärnan</p> 
--------------	--

- d. Lägg till en andra exoplanet av modellera, av en annan storlek till modellen. Börja rotationen och stanna när båda exoplaneterna av modellera har gjort tre hela varv runt glödlampan:

Beskrivning:	<p>Skiss: <math>\wedge</math></p> <p>ljus från stjärnan</p> 
--------------	--



## → Länkar

### Monteringsanvisningar för modellerna för transiterade exoplaneter:

Den 3D-utskrivna modellen: [youtu.be/GyEK6WNOhFA](https://youtu.be/GyEK6WNOhFA)

Rovermodellen: [youtu.be/VlrTvsamQrg](https://youtu.be/VlrTvsamQrg)

Skivmodellen: [youtu.be/oTibvYu3vyA](https://youtu.be/oTibvYu3vyA)

Förberedda 3D-filer: [esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint\\_files\\_ExoplanetsInMotion.zip](https://esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint_files_ExoplanetsInMotion.zip)

### ESA:s resurser

ESA:s resurser för klassrummet: [esa.int/Education/Classroom\\_resources](https://esa.int/Education/Classroom_resources)

Undervisa om exoplaneter: [esa.int/Education/Teach\\_with\\_Exoplanets](https://esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets)

Möt Cheops: the CHaracterising ExOplanet Satellite:

[esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2019/12/Meet\\_Cheops\\_the\\_Characterising\\_Exoplanet\\_Satellite/\(lang\)/sv](https://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_the_Characterising_Exoplanet_Satellite/(lang)/sv)

Serien "Meet the Experts – Other worlds" (eng):

[esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2020/07/Meet\\_the\\_Experts\\_Other\\_worlds](https://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/07/Meet_the_Experts_Other_worlds)

Paxi utforskar exoplaneter! [esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi\\_explores\\_exoplanets/\(lang\)/sv](https://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi_explores_exoplanets/(lang)/sv)

Hacka en exoplanet [hackanexoplanet.esa.int](https://hackanexoplanet.esa.int)

### ESA:s rymdprojekt

ESA:s tidslinje för exoplanetuppdrag: [sci.esa.int/exoplanets/60649-exoplanet-mission-timeline](https://sci.esa.int/exoplanets/60649-exoplanet-mission-timeline)

Cheops - CHaracterising ExOPlanet Satellite: [esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Cheops](https://esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cheops)

Webb – Rymdteleskopet James Webb: [esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Webb](https://esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webb)

Att upptäcka exoplaneter med Gaia: [sci.esa.int/web/gaia/-/58784-exoplanets](https://sci.esa.int/web/gaia/-/58784-exoplanets)

PLATO - PLANetary Transits and Oscillations of stars: [sci.esa.int/plato](https://sci.esa.int/plato)

ARIEL - Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey: [sci.esa.int/ariel](https://sci.esa.int/ariel)

CoRoT - CONvection, ROTation and planetary Transits: [sci.esa.int/corot](https://sci.esa.int/corot)

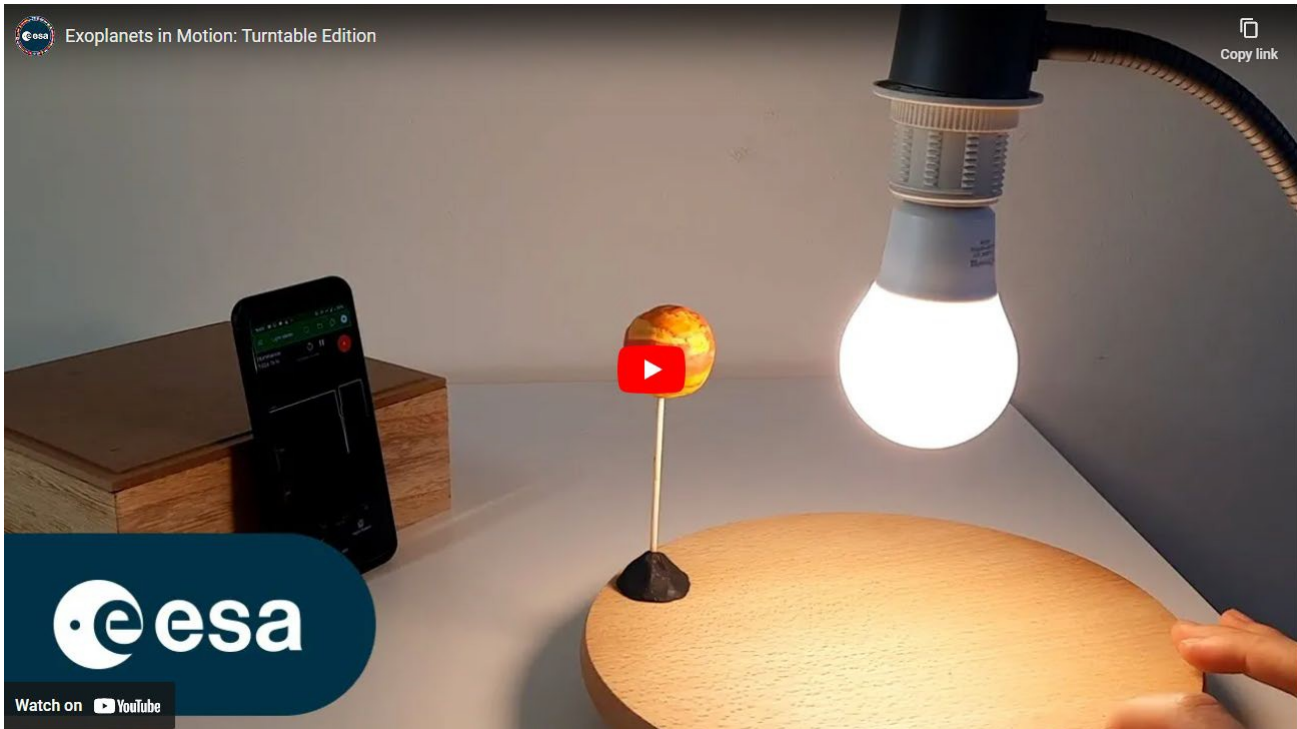
## → Skivmodell

### Monteringsanvisningar för exoplanetsystemsmodellen

I **skivmodellen** används en roterande skiva för att skapa exoplanetens cirkulära rörelse och simulera en bana. Stjärnan representeras av en glödlampa.

Följ denna monteringsguide för att sätta upp skivmodellen.

Ytterligare videomaterial finns här: [youtu.be/oTibvYu3vyA](https://youtu.be/oTibvYu3vyA)



## Utrustning

- Modeller av exoplaneter
- Glödlampa med hög ljusstyrka
- Fäste och stöd för glödlampan
- Ljusbärande (t.ex. smartphone med ljusmätarapp eller datalogger).
- Träspett
- Roterande skiva (t.ex. skivspelare, roterande serveringsbricka, cykelhjul)

## Montera din modell:

### Steg 1:

Sätt en modell av en exoplanet på ett träspett och fäst spettet på den roterande skivan med modellerna.

### Steg 2:

Häng glödlampan över mitten av skivan så att den är på samma höjd som exoplaneten.

### Steg 3:

Rikta ljusdetektorn mot glödlampan och modellen av exoplaneten.



### Steg 4:

Du är nu redo att börja samla in data. Kontrollera hur din modell är uppställd:

- Kontrollera att ljusdetektorn är riktad mot och tar emot ljus från rätt ljuskälla.
- Roterar skivan i en långsam och jämn hastighet. Se till att det finns en dipp i ljuskurvan när modellen av exoplaneten passerar mellan detektorn och glödlampan.

### Steg 5:

(Valfritt) Du kan lägga till flera exoplaneter i din modell.



## → Rovermodell

### Monteringsanvisningar för exoplanetsystemsmodellen

I **rovermodellen** används en rover för att skapa exoplanetens cirkulära rörelse och simulera en bana. Stjärnan representeras av en glödlampa.

LEGO WeDo 2.0-rovern används som exempel i den här instruktionen, men olika rovers kan användas i den här transitmodellen. Följ den här monteringsguiden för att sätta upp rovermodellen.

Ytterligare videomaterial finns här: <https://youtu.be/VlrTvsamQrg>



## Utrustning

- Rover
- Modeller av exoplaneter
- Glödlampa med hög ljusstyrka
- Fäste och stöd för glödlampan
- Ljusbätare (t.ex. smartphone med ljusbätareapp eller datalogger).
- Raderbar penna (whiteboardpenna/krita) (valfritt)

## Gör din modell redo:

1. Sätt ihop din rover och se till att den rör sig i en cirkel. Om du använder WeDo 2.0-rovern kan du följa de stegvisa instruktionerna i Setting up the WeDo 2.0 "Exoplanet Rover". Du kan fästa en penna vid rovern för att bekräfta att cirkelrörelsen har uppnåtts. Glöm inte att fästa din modell av exoplaneten på rovern.
2. Hitta centrum för den cirkel som din rover färdas på.
3. Häng upp glödlampan så att den är på samma höjd som exoplaneten på rovern och direkt över centrum av rovers bana.
4. Placera ljusbätaren så att den är riktad mot glödlampan.
5. Du är nu redo att börja samla in data. Kontrollera att din modell är korrekt inställd:
  - Kontrollera att ljusbätaren är riktad mot och tar emot ljus från rätt ljuskälla.
  - Se till att det finns en dipp i ljuskurvan när modellen av exoplaneten passerar mellan ljusbätaren och glödlampan.

## Konfigurera WeDo 2.0 "Exoplanet Rover"

Följ monteringsanvisningarna som visas i bilderna steg för steg för att sätta upp rovern som transporterar modellen av exoplaneten.

En tidsförloppsfilm av monteringen finns på följande webbplats

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

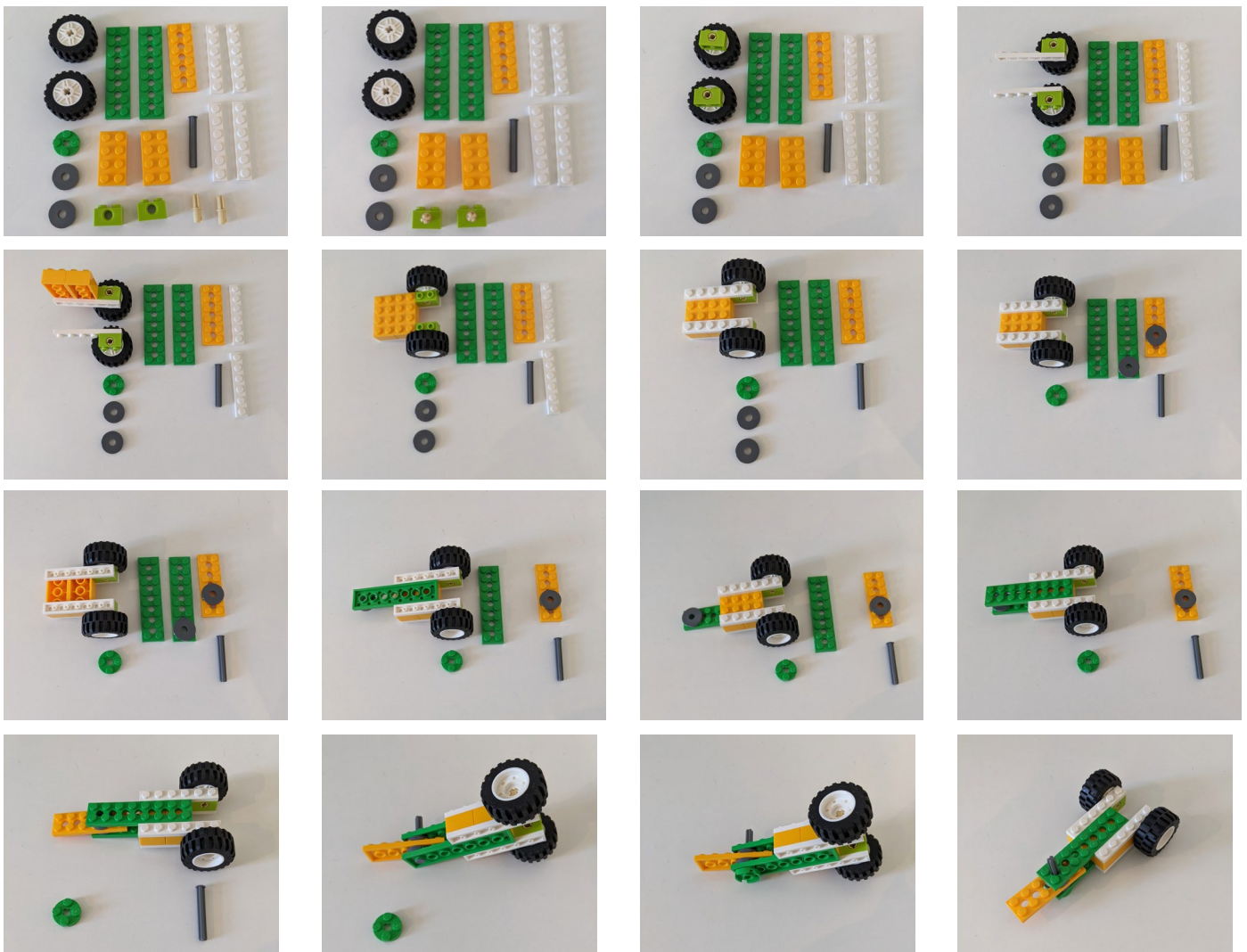
### Steg 1:

Hitta det material som behövs. De nödvändiga delarna visas på bilden till höger.



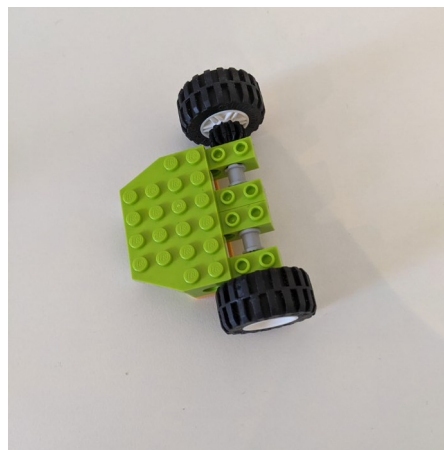
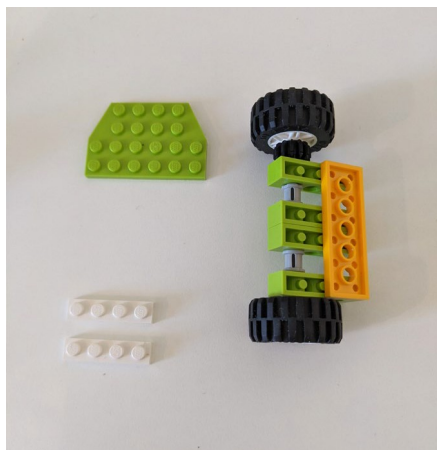
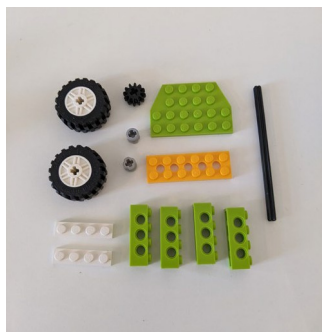
### Steg 2:

Bygg framsidan av WeDo-rovern:



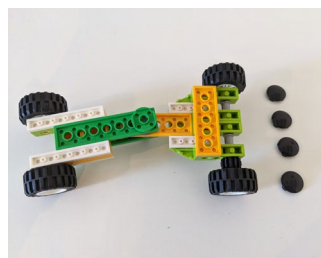
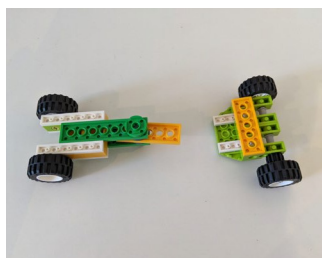
### Steg 3:

Bygg baksidan av WeDo-rovern:



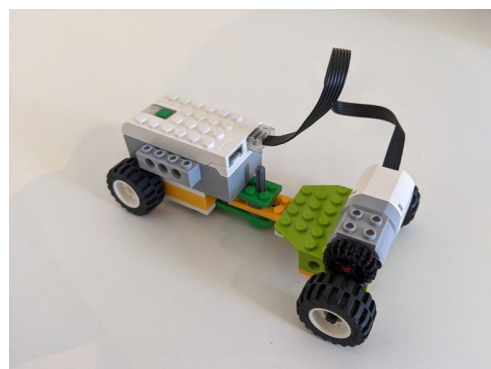
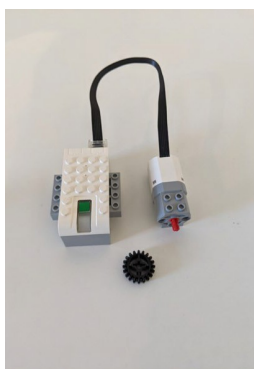
### Steg 4:

Sätt ihop WeDo-roverns fram- och baksida:



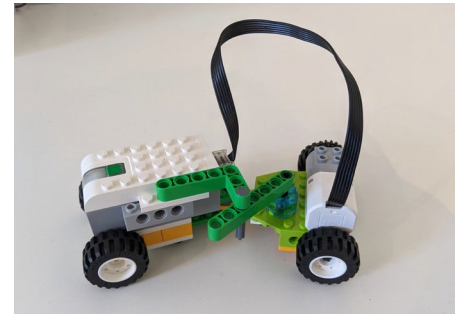
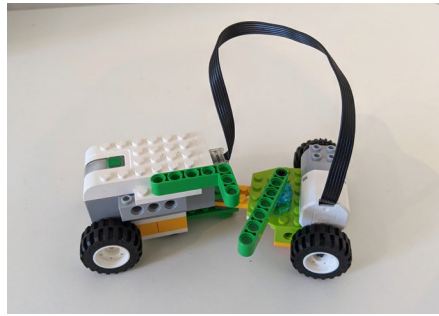
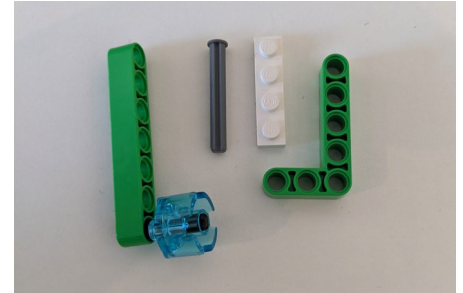
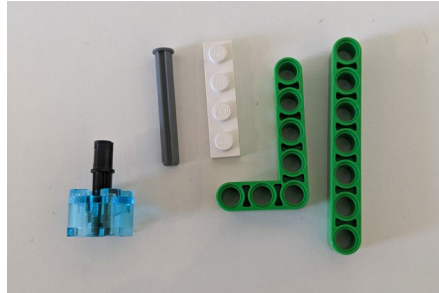
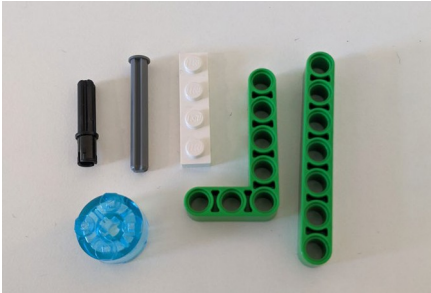
### Steg 5:

Bygg ihop och montera motorn:



### Steg 6:

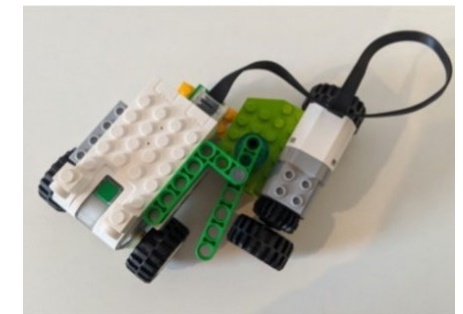
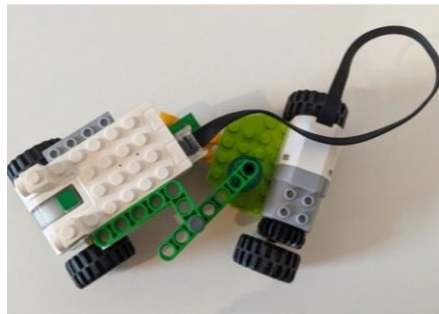
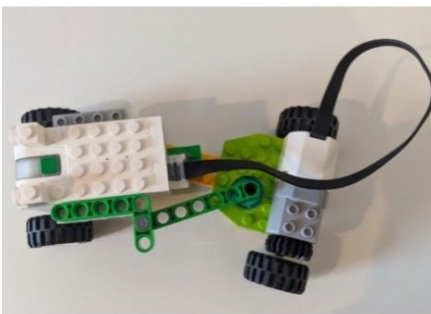
Fäst vinkelinställningsystemet på din WeDo-rover:



### Steg 7:

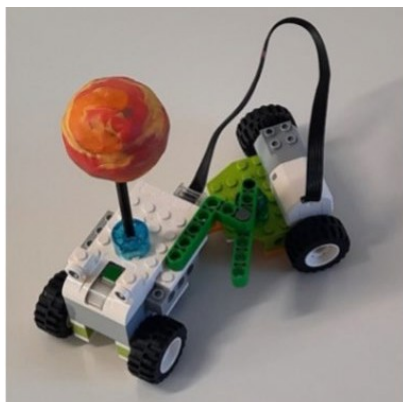
Välj en vinkel för din rover för att bestämma diametern på dess bana:

För att ändra vinkeln på rovern, ta bort stiftet från de gröna stöden, justera rovern och placera stiftet mellan en annan uppsättning hål.



### Steg 8:

Fäst exoplaneten för att slutföra rovern:



### Steg 9:

Anslut rovern till WeDo-programvaran och gör dig redo att experimentera!

## → 3D-utskrivna modell

### Monteringsanvisningar för exoplanetsystemsmodellen

I den **3D-utskrivna modellen** används en specialanpassad 3D-utskrivna drivmekanism med öppen källkod för att skapa exoplanetens cirkelrörelse och simulera en bana. Stjärnan representeras av en glödlampa.

Modellen representerar ett stjärnsystem med två exoplaneter som kretsar kring en stjärna. Modellplaneternas omloppsbana runt den centrala ljuskällan åstadkoms genom två armar som roterar med olika perioder runt glödlampen.

Mekanismen är anpassningsbar och kan redigeras för att passa dina egna krav. Följ den här monteringsguiden för att skriva ut och ställa in den 3D-utskrivna modellen.

Ytterligare videomaterial finns här:

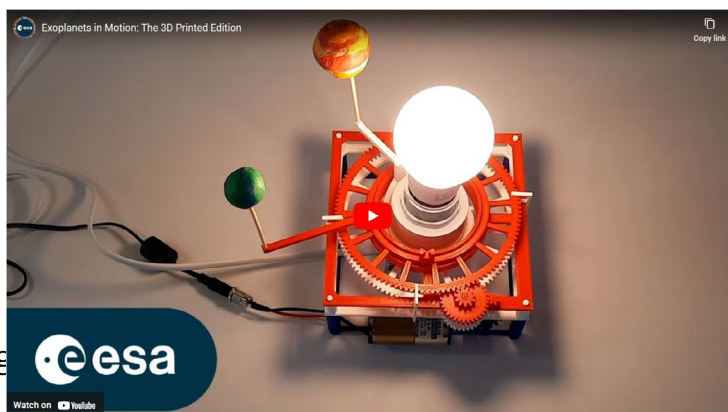
<https://youtu.be/GyEK6WNOhFA>

Du hittar de förberedda 3D-filerna och instruktioner för utskrift här:

[esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint\\_files\\_ExoplanetsInMotion.zip](https://esamultimedia.esa.int/docs/edu/3Dprint_files_ExoplanetsInMotion.zip)

## Utrustning

- Modeller av exoplaneter
- Glödlampa med hög ljusstyrka
- Ljusbärande (t.ex. smartphone med ljusmätarapp eller datalogger).
- Träspett med en diameter på 2 mm
- 3D-skrivare
- PLA-material
- Motor (~100 rpm) och strömförsörjning
- Armatur och stöd för en glödlampa med hög ljusstyrka (E27-armatur)



## Gör din modell redo:

1. Ladda ner *.stl-filerna* för *3D-utskrift* och skriv ut din modell. Ytterligare instruktioner finns i handledningen för 3D-utskrift. Inga ändringar av 3D-modellen behövs om du använder följande delar:
  - lampans monteringsring: E27 med kabelbrytare och monteringsring (Ø 40 mm)
  - Likströmsmotor: 12V 100RPM 166 oz-in brushed med en 6 mm D-formad axel
2. Sätt ihop din modell genom att följa dessa stegvisa instruktioner.

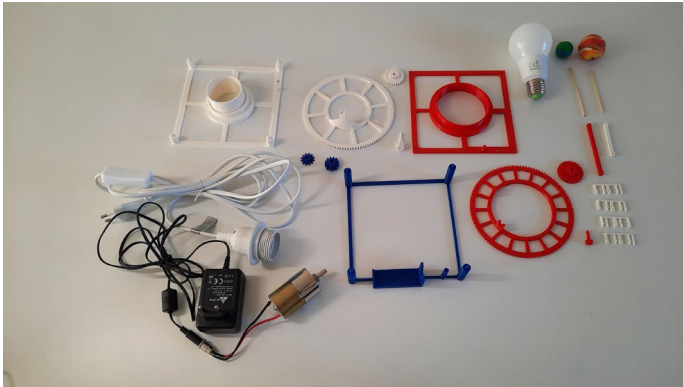


## Ställ in den 3D-printade drivmekanismen

Följ monteringsanvisningarna som visas i bilderna steg för steg för att sätta upp den 3D-printade drivmekanismen som transporterar modellen av exoplaneten.

En film som visar monteringen finns på följande webbplats

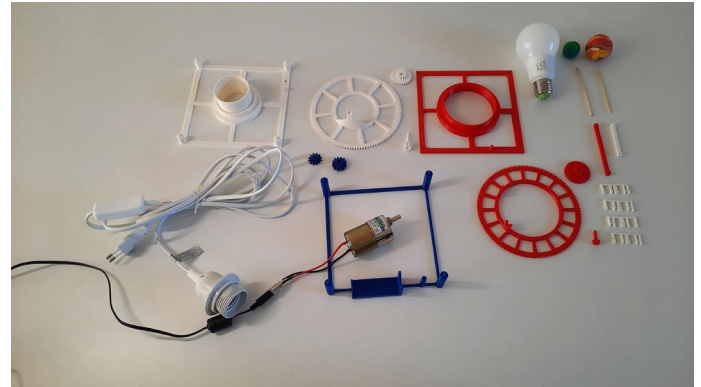
<https://youtu.be/GyEK6WNOhFA?t=28>



### Steg 1:

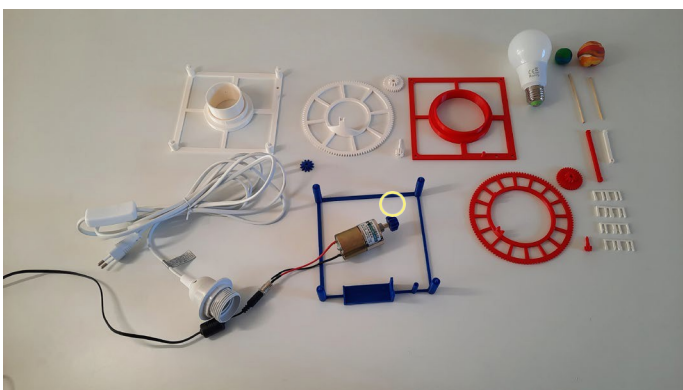
Hämta all utrustning som behövs för att sätta upp modellen för exoplanetsystemet.

**Observera:** Se till att dina modeller av exoplaneter inte är för tunga.



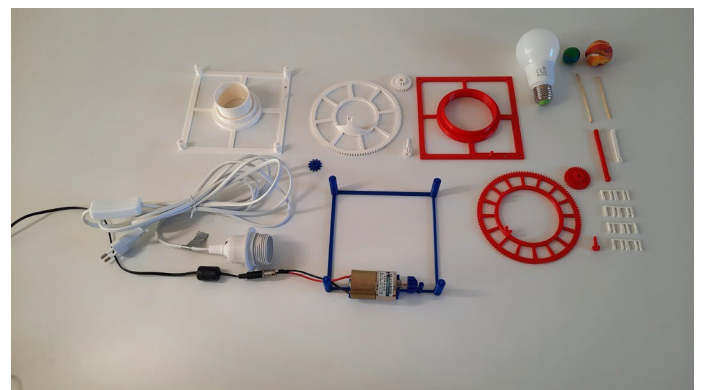
### Steg 2:

Ta motorbasen och **motorn** för att påbörja monteringen.



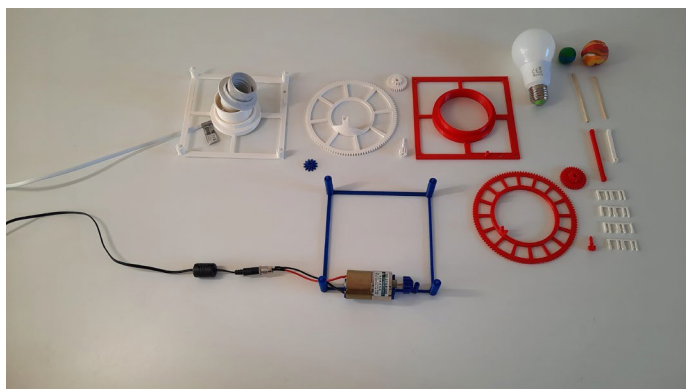
### Steg 3:

Placera **motorväxeln** på motorns axel.



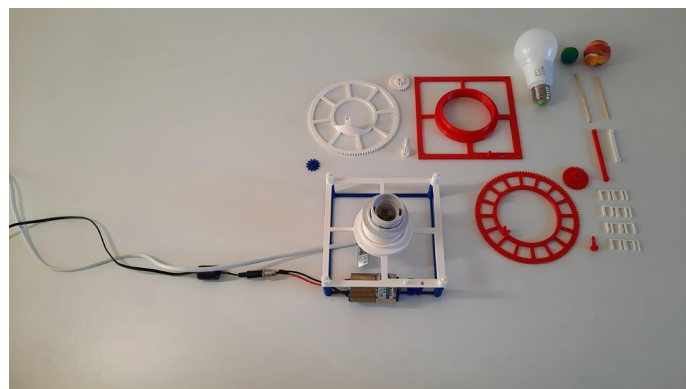
### Steg 4:

Montera motorn på **motorbasen**.



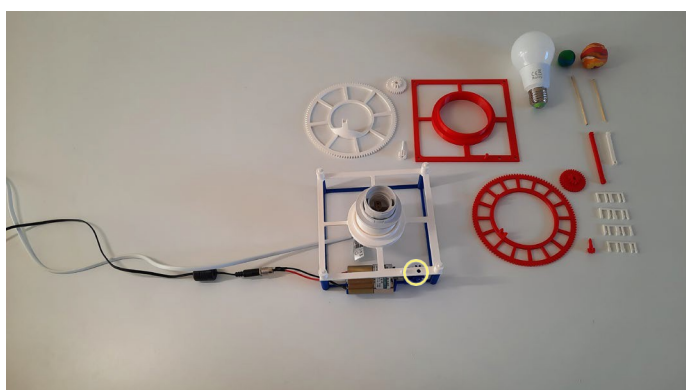
### Steg 5:

Dra kabeln till lampans fäste genom den **nedre basen** för att förbereda den för montering.



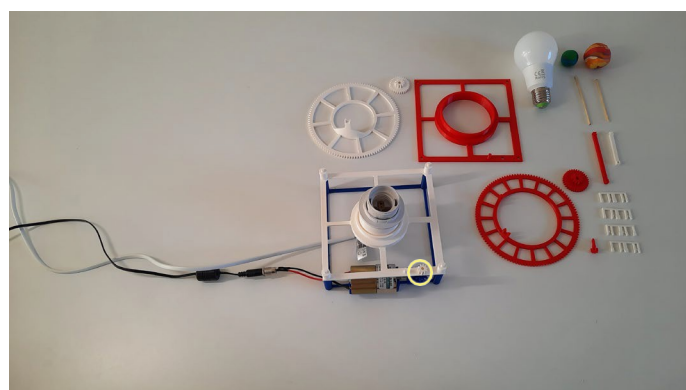
### Steg 6:

Placera den **nedre basen**, inklusive lampfästet, på **motorbasen**.



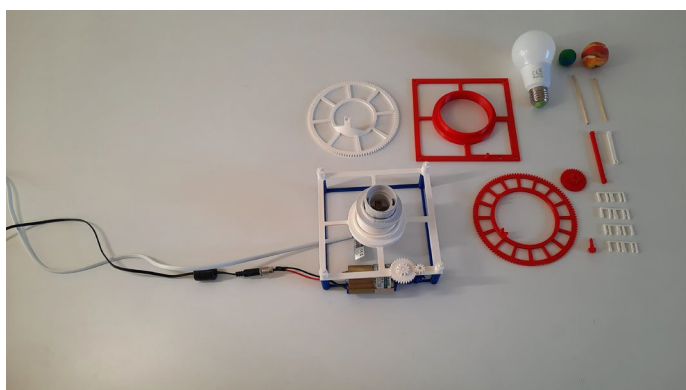
### Steg 7:

Sätt in **drivhjulet** mellan **motorbasen** och den **nedre basen**.



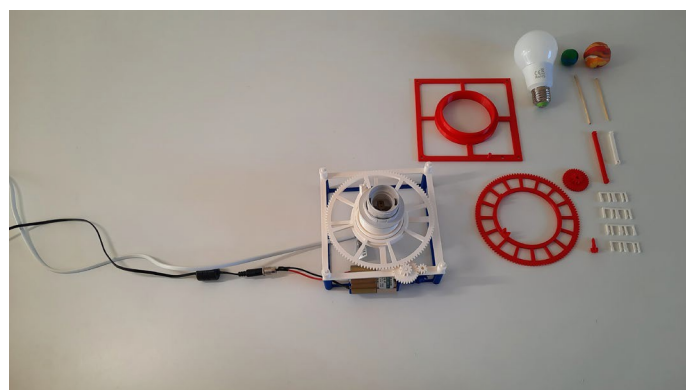
### Steg 8:

Stick **fasthållningsredskapet** genom hålet i **nedre basen** för att fästa **drivhjulet**.



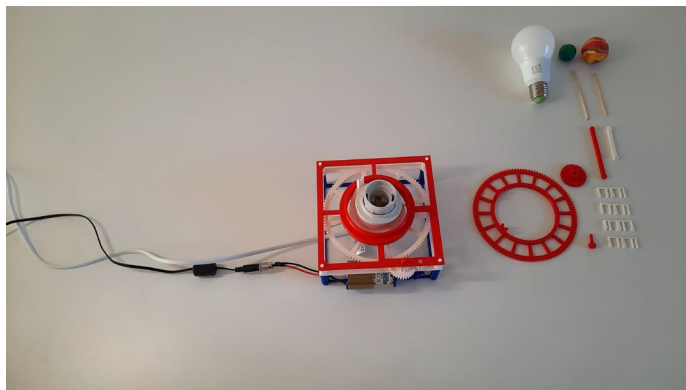
### Steg 9:

Lägg till **kopplingshjul 1** till stiftet på **nedre basen**.



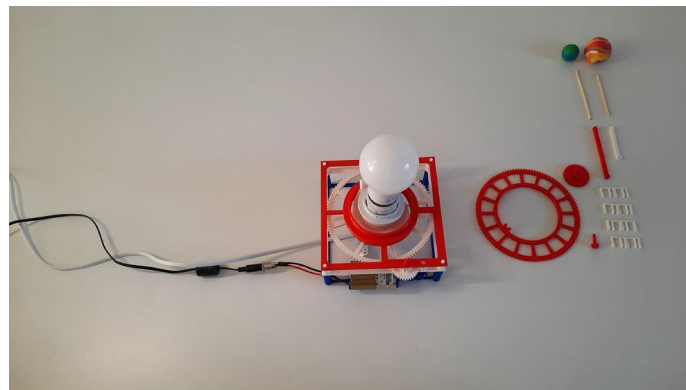
### Steg 10:

Sätt **exoplanetens kugghjul 1** över lampfästet och kontrollera att kugghjulen griper i varandra på rätt sätt.



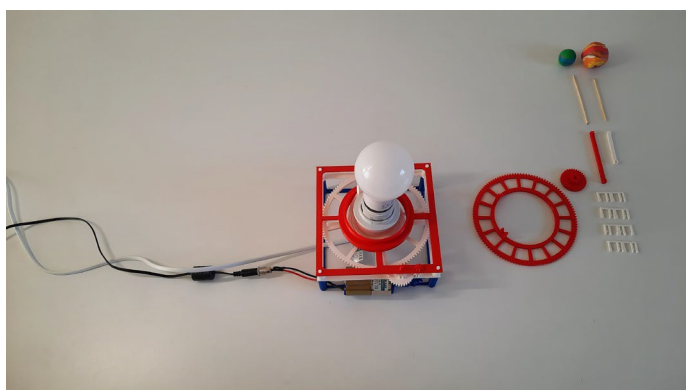
### Steg 11:

Placera den **övre basen** på den **nedre basen**.



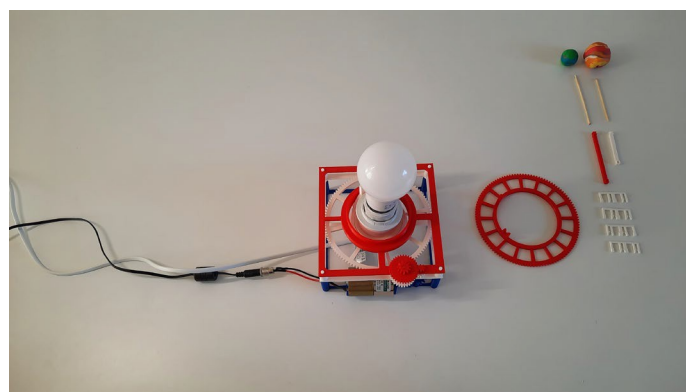
### Steg 12:

Skruva in glödlampan i lampfästet.



### Steg 13:

Stick in den **övre motorväxeln** genom hålet i den **övre basen**.



### Steg 14:

Skruva in **kopplingshjul 2** på stiftet på den **övre basen**.



### Steg 15:

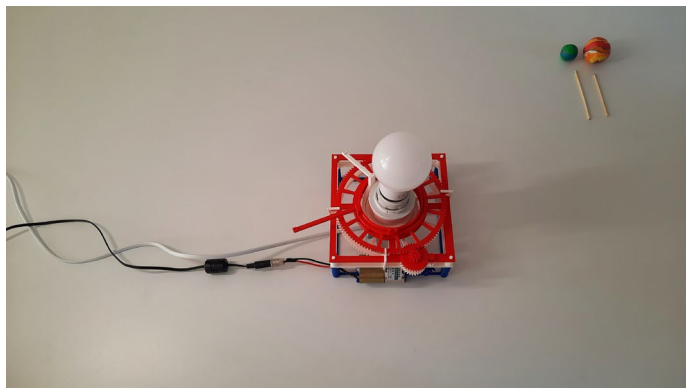
Placera exoplanetens kugghjul 2 över glödlampan och vila på den övre basen.

Drivmekanismen är nu helt monterat. Kontrollera att kugghjulen griper in korrekt.



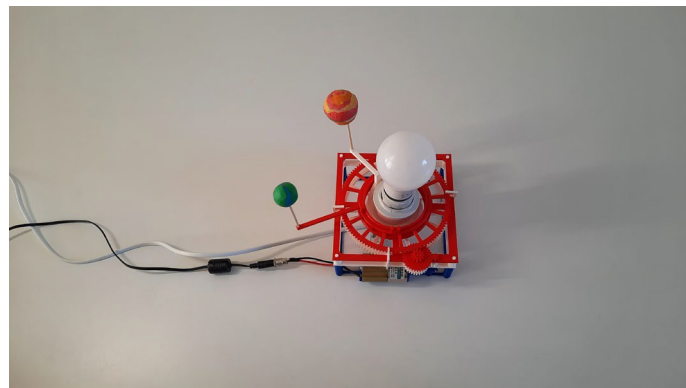
### Steg 16:

Sätt en av de fyra **fixeringsklämmorna** i mitten av var och en av 3D-modellens fyra sidor. Dessa clips håller de olika lagren på plats.



### Steg 17:

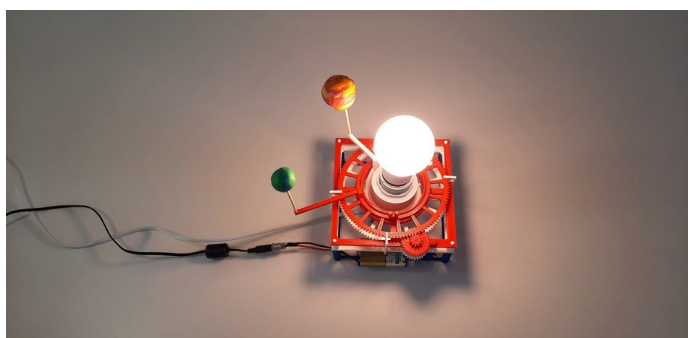
Fäst **exoplanetarmen 1** och **exoplanetarmen 2** på **exoplanetens kugghjul 1** respektive **exoplanetens kugghjul 2**.



### Steg 18:

Stick in den ena änden av träspetten i hålen i ändarna av **exoplaneternas armar 1 och 2**. Sätt fast exoplanetmodellerna i de andra ändarna av spetten.

Spetten måste vara av lämplig längd så att mitten av exoplanetmodellen och mitten av glödlampan är i linje med varandra.



### Steg 19:

Tänd glödlampan och starta motorn för att testa din 3D-utskrivna exoplanetsystemsmodell.

3. Rikta ljusdetektorn mot glödlampan och modellen av exoplaneten.
4. Du är nu redo att börja samla in data. Kontrollera att din modell är korrekt inställd:
  - Kontrollera att ljusdetektorn är riktad mot och tar emot ljus från rätt ljuskälla.
  - Se till att det finns en dipp i ljuskurvan när modellen av exoplaneten passerar mellan detektorn och glödlampan.

## Ändra 3D-utskriftsfilerna

Filerna som tillhandahålls har utformats med utgångspunkt i specifikationerna för en viss motor. Om du använder en annan motor kan du behöva ändra den 3D-designade **motorbasen** och **motorväxeln**.

Nedan finns instruktioner om hur du ändrar filerna med **Fusion 360**:

Steg-för-steg-instruktioner:

1. Öppna EXTRA-adjustable motor gear.f3d och EXTRA-adjustable motor base.f3d i Fusion 360
2. Gå till MODIFY > change parameters
3. Justera parametrarna så att de passar din motor

Du kan använda denna översikt för att hitta de mått som du behöver ta:

