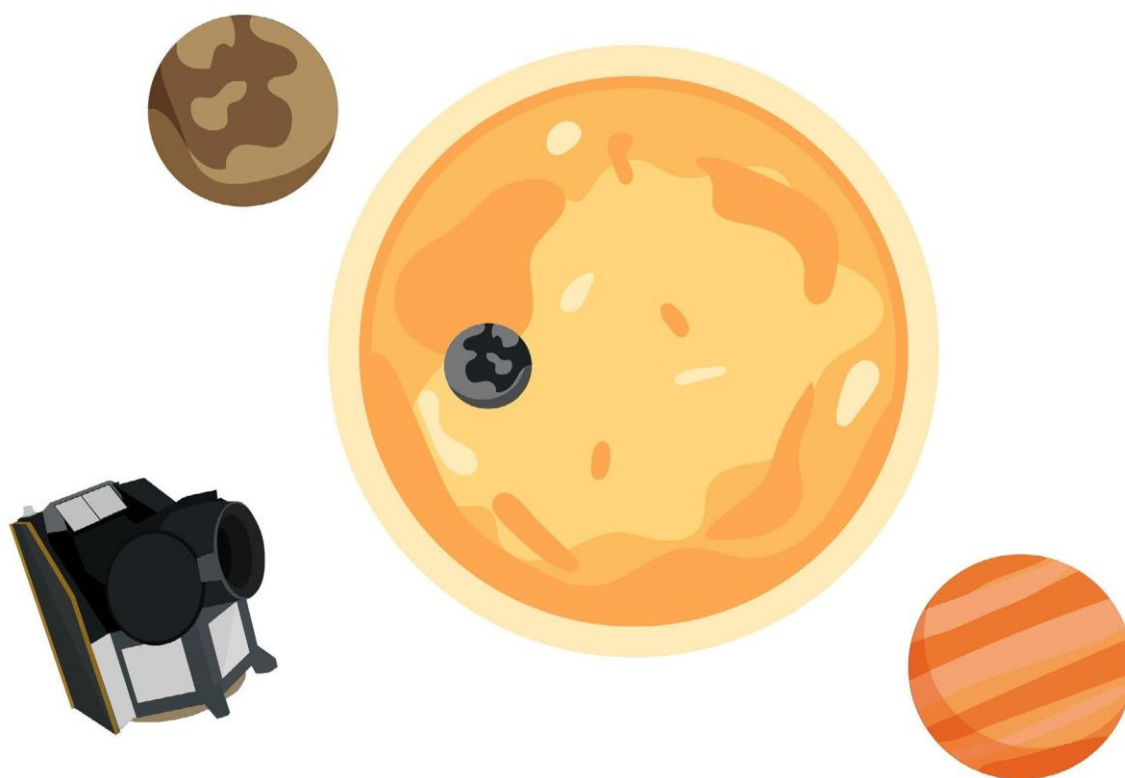
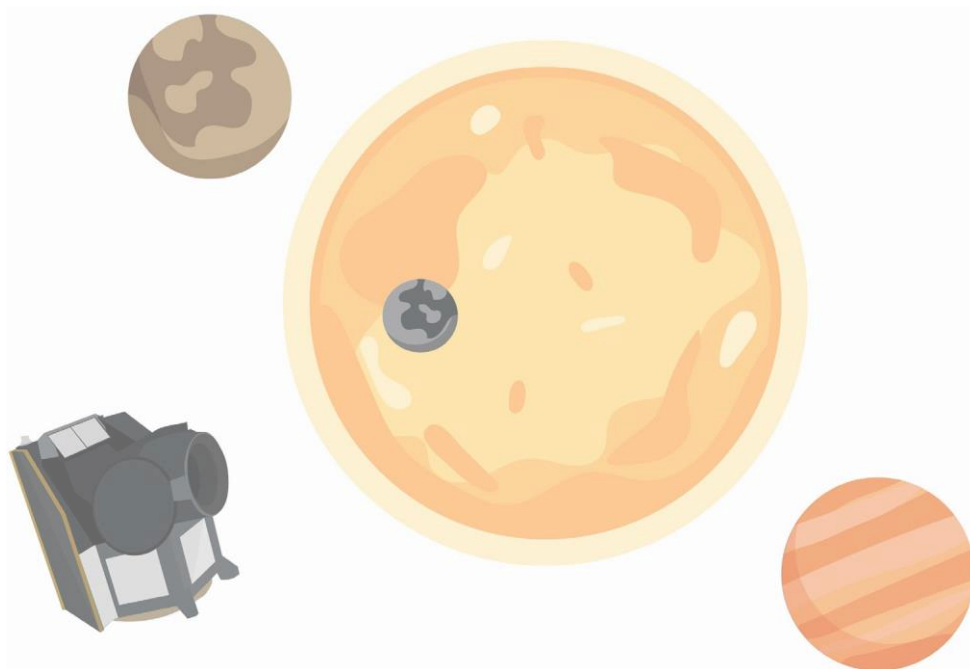


# tanítsunk a világűrrel!

## → EXOBOLYGÓK MOZGÁSBAN

Építsünk exobolygórendszert!





## Tanári útmutató

Alapadatok	3. oldal
A tevékenységek összefoglalása	4. oldal
Bevezetés	5. oldal

1. tevékenység: Mik azok az exobolygók?	6. oldal
2. tevékenység: Exobolygótranszit modellezése	7. oldal

Tanulói munkalap	11. oldal
------------------	-----------

Linkek	17. oldal
--------	-----------

1. melléklet: Forgótányéros modell	18. oldal
2. melléklet: Terepjárós modell	20. oldal
3. melléklet: 3D nyomtatott modell	24. oldal

**tanítsunk a világűrrel! – exobolygók mozgásban | P32**  
[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

Az Európai Űrügynökség (ESA) Oktatási Irodája örömmel fogadja a visszajelzéseket és észrevételeket  
[teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

**Készült az Európai Űrügynökség oktatási programja keretében**  
Szerzői jogok 2023 © Európai Űrügynökség

# → EXOBOLYGÓK MOZGÁSBAN

## Építsünk exobolygórendszert!

### ALAPADATOK

**Tantárgy:** matematika, fizika, csillagászat

**Korosztály:** 10–18 év

**Típus:** tanulói tevékenység, modellezés

**Nehézségi fok:** könnyű

**Tanítási idő:** 60 perc

**Költség:** alacsony (0–10 euró) - közepes (10–30 euró)

**Helyszín:** tanterem

**Eszközök:** fénymérő alkalmazás vagy adatgyűjtő, 3D nyomtatott alkatrészek (opcionális), LEGO terepjáró (opcionális)

**Kulcsszavak:** fizika, matematika, csillagászat, exobolygók, fénygörbék, tranzitok, keringési pályák, skálázás, grafikonok, keringési idő, robotika, 3D nyomtatás

### Rövid ismertetés

A tevékenység során a tanulók megismerik, hogyan tanulmányozzák a tudósok az exobolygókat a Cheopshoz (CHaracterising ExOPlanet Satellite – Exobolygó Megfigyelő Műhold) hasonló műholdakkal, a tranzit módszer segítségével. Ezt követően megépítik saját exobolygórendszer-modelljüket, majd megfigyelik és értelmezik a modell fénygörbéit.

Három különböző tranzitmodell elkészítéséhez adunk útmutatót: forgótányéros (egyszerű), LEGO terepjárós (középhaladó) és 3D nyomtatott (haladó).

Ez a tevékenység egy sorozat része, amely tartalmazza az „Exobolygó-detektívek” című részt, melynek keretében a tanulók az Európai Űrügynökség Cheops nevű műholdjának valós adatait elemzik, valamint az „Exobolygók a dobozban” című részt, amely során tranzitmodellt építenek egy cipősdobozban, és kiszámítják egy exobolygó méretét.

### Tanulási célok

- Megismerkedünk az exobolygókkal és műholdas tanulmányozásuk lehetőségeivel.
- Megértjük, hogyan használják a tranzit módszert az exobolygók észlelésére és jellemzésére.
- Fénygörbék megfigyelése és értelmezése révén gyakoroljuk a kísérletezést.
- Közös problémamegoldás révén fejlesztjük a csapatmunkára való képességeinket.
- Gyakoroljuk tudományos és matematikai eredményeink társainknak történő bemutatását.

## → A tevékenységek áttekintése

A tevékenységek áttekintése					
	Cím	Leírás	Eredmény	Szükséges előzmények	Időtartam
1	Mik azok az exobolygók?	Bevezetés az exobolygók és a tranzit módszer témakörébe.	A tanulók megismerkednek az exobolygókkal, és megtudják, hogyan lehet a tranzit módszer segítségével észlelni és tanulmányozni őket.	Nincs	20 perc
2	Exobolygótranzit modellezése	A tanulók megépítik egy exobolygórendszer modelljét, és fénymérő alkalmazás, illetve adatgyűjtő segítségével tanulmányozzák rajta a tranzit módszert.	A tanulók az útmutatót követve megépítik az exobolygórendszer modelljét. Grafikonokat rajzolnak és értelmeznek, továbbá megértik, hogy függ össze az exobolygómodellek mérete a mért fénymennyiséggel.	Az 1. tevékenység során szerzett ismeretek	40 perc vagy több, az alkalmazott tranzitmodell típusától függően

## → Bevezetés

Exobolygóknak vagy extraszoláris bolygóknak nevezzük azokat a bolygókat, amelyek a Naprendszeren kívül, más csillagok körül keringenek. Az exobolygókat földi és űrbeli távcsövekkel egyaránt észlelik és tanulmányozzák.

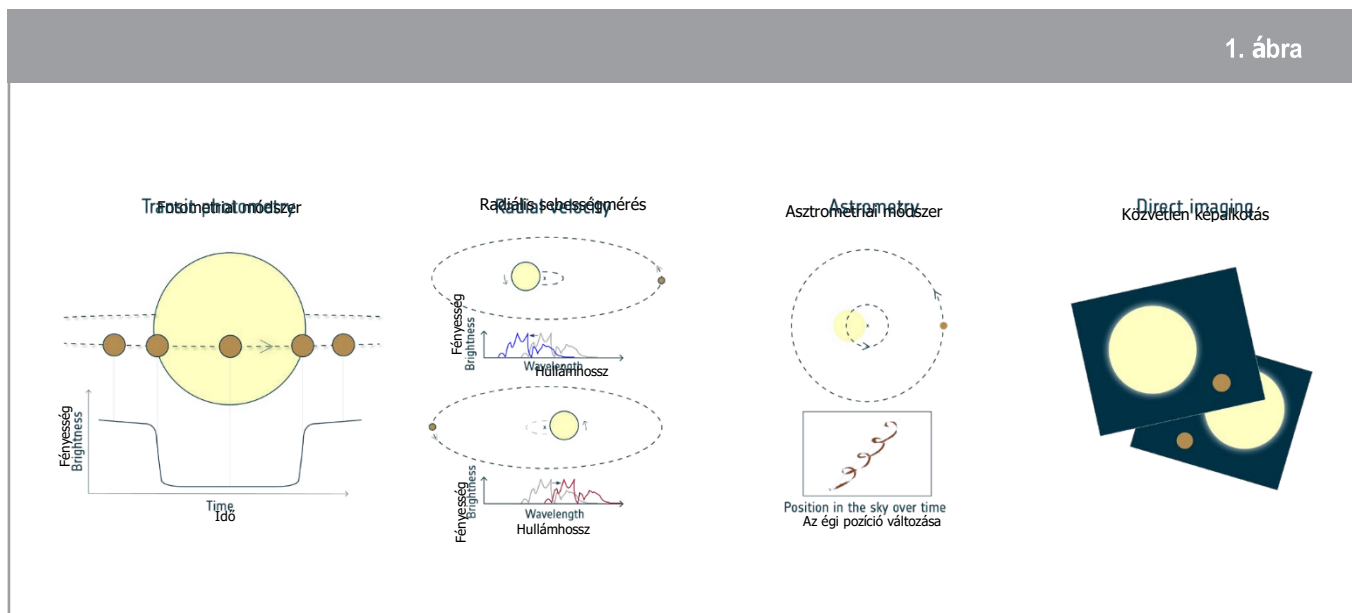
Az exobolygókat nehéz megtalálni, mert a tőlük érkező jel a náluk sokkal nagyobb és fényesebb központi csillaguktól származó, jóval erősebb jel mellett eltölpül – jellemzően kisebb, mint annak 1%-a.

A tudósok elsősorban az alábbi módszereket használják az exobolygók felkutatására:

- **Közvetlen képalkotás:** ahogy a neve is mutatja, e módszer alkalmazása során az exobolygóról közvetlen képet készítenek. Ez az egyetlen módszer, amely közvetlenül észleli az exobolygót és méri annak fényét.
- **A fedési fénygörbe fotometriai vizsgálata:** az exobolygót a központi csillagjából érkező fény csökkenésének mérésével észlelik.

Ha egy csillag körül exobolygó kering, a csillag és az exobolygó az egész rendszer tömegközéppontja körül kering. A két alábbi módszer a központi csillag keringési mozgását használja fel a csillag körül keringő exobolygók jellemzésére:

- **Radiális sebesség-mérés:** a csillag színképvonalai Doppler-eltolódást mutatnak a körülötte keringő bolygó gravitációs hatása miatt – az exobolygót az eltolódások mérésével észlelik.
- **Asztrometriai módszer:** a bolygó gravitációs hatása változásokat idéz elő a csillag sajátmozgásában. Az exobolygót az elmozdulás mérésével detektálják.



↑ Módszerek exobolygók észlelésére.

A tevékenység keretében a tanulók megépítik egy exobolygórendszer modelljét, és megismerkednek a tranzit módszerrel. A fénygörbén a fényerősség csökkenésének mértéke attól függ, hogy a csillag fényének hány százalékát takarja ki az átvonuló exobolygó, ami pedig az exobolygónak a csillaghoz viszonyított méretétől függ. Minél nagyobb a bolygó a csillaghoz képest, annál több fényt takar ki. Ha ismerjük a csillag méretét, meg tudjuk határozni a bolygó méretét is.

## → 1. tevékenység: Mik azok az exobolygók?

A témakör bevezetéséhez használhatjuk az alábbi linkeken elérhető videókat, vagy kiegészítő forrásként a háttérinformációkat.

- Kérdezd a szakembert! sorozat - Más világok:

[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)

- Ismerkedj meg a Cheopsszal, az Exobolygó Megfigyelő Műhellyel:

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

- Fedezzük fel az exobolygókat Paxival!

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

Miután a tanulók megismerkedtek az exobolygókkal, a tranzit módszerrel és a Cheopsszal, kidolgozhatják a tanulói munkalapon az 1. tevékenységhez tartozó kérdéssort.

## 1. gyakorlat - Alapvető tudnivalók az exobolygókról

Lehetséges válaszok a tanulói munkalap 1. és 2. kérdésére:

- 1.1 Az exobolygók a Naprendszeren kívül található bolygók. Ugyanúgy, ahogy a Föld és a Naprendszer többi bolygója kering a Nap körül, más csillagok körül is keringhetnek bolygók.
- 1.2 Fény

**Kiegészítő információ:** a Cheops egyetlen tudományos műszert hordoz: egy speciális kamerát, az úgynevezett fotométert. A csillagok fénye egy 32 centiméter átmérőjű távcsövön keresztül jut el a fotométerhez. A Cheops érzékeny az optikai fényre (amit a mi szemünk is érzékelnek), valamint a kékebb és vörösebb, pontosabban a 350 nm és 1100 nm közötti hullámhosszúságú fényre.

## 2. gyakorlat - A tranzit módszer

Lehetséges válasz a 2.1. kérdésre:

2.1. Ezzel a módszerrel közvetlenül megmérhetjük a csillag előtt átvonuló bolygó által kitakart fény mennyiségét, közvetve pedig kiszámíthatjuk a bolygó méretét.

Ha a fénygörbén két egymást követő csökkenés mutatkozik, ezekből a bolygó keringési idejére is következtethetünk, azaz kiszámíthatjuk, mennyi idő alatt kerüli meg a központi csillagát.

**Kiegészítő információ:** a tranzit módszert más mérésekkel kombinálva kiszámíthatjuk a bolygó sűrűségét, és információkat nyerhetünk a légköréről. A Cheops képes lesz meghatározni egyes exobolygók fázisgörbéjét és albedóját is, amelyekből következtetéseket vonhatunk le a hőmérsékletükről, a fényvisszaverő képességükről és az éghajlatukról.

## Megbeszélés

A tevékenységek elvégzése után ösztönözzük a tanulókat arra, hogy vitassák meg egymással a válaszaikat. Ehhez először célszerű párokat vagy csoportokat kialakítani, majd később bevonni az egész osztályt a megbeszélésbe.

A 2. tevékenység megkezdése előtt hallgassuk meg a tanulók javaslatait arra, hogyan építenék meg az exobolygórendszer modelljét.

### → 2. tevékenység: Exobolygótranszit modellezése

A tevékenység során a tanulók megépítenek és tesztelnek egy modellt, ami egy villanykörte által jelképezett csillag körül keringő exobolygórendszert ábrázol. A mellékletek három különböző modell elkészítési útmutatóját tartalmazzák: forgótányéros (egyszerű), LEGO terepjárós (középhaladó) és 3D nyomtatott (haladó). Válasszuk ki a tanulók számára legmegfelelőbb modellt.

- **Forgótányéros modell (egyszerű):** az exobolygó körmozgását és pályáját egy forgótányérral szemléltetjük. A tananyagban bemutatott modellek közül ez a legegyszerűbb.  
Elkészítési útmutató: <https://youtu.be/0TibvYu3vyA>
- **Terepjárós modell (középhaladó):** az exobolygó körmozgását és pályáját egy LEGO terepjáróval szemléltetjük. Ezt a modellt kombinálhatjuk programozással, robotikával és mozgáselemzéssel is.  
Elkészítési útmutató: <https://youtu.be/VIrTvsamQrg>
- **3D nyomtatott modell (haladó):** az exobolygó körmozgását és pályáját egy egyedi, nyílt forráskódú 3D nyomtatott szerkezettel szemléltetjük. A modell kinyomtatásához 3D nyomtatóra lesz szükségünk. A szerkezetet saját igényeinknek és elképzeléseinknek megfelelően testre szabhatjuk.  
Elkészítési útmutató: <https://youtu.be/GyEK6WNOhFA>

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

A modell elkészítését követően a tanulók megméri az izzó fényerősségét, és megfigyelik, hogy az izzó körül keringő exobolygómodellek mérete és sebessége hogyan hat a fénygörbére.

A tevékenységet az osztállyal közösen demonstrációként vagy 3–5 fős tanulói csoportokkal dolgozva is elvégezhetjük.

**Kiegészítő információ:** bár a tevékenységnek nem része, az exobolygórendszer-modellt felhasználhatjuk Kepler bolygómozgással kapcsolatos törvényeinek bemutatására. Egy körpályán keringő bolygó állandó sebességgel halad (Kepler második törvénye). Ezt a sebességet a csillag tömege, valamint a bolygó és a csillag közötti távolság határozza meg (Kepler harmadik törvénye).

## Eszközök

- izzófoglalat és tartószerkezet
- nagy fényerősségű izzó
- gyurma
- vonalzó
- hurkapálcák
- fénymérő eszköz (pl. okostelefonos fénymérő alkalmazás vagy adatgyűjtő)
- további anyagok csoportonként:
  - o **Forgótányéros modell:** forgótányér (pl. lemezjátszó, forgótálca, biciklikerek)
  - o **3D nyomtatott modell:** motor, a 3D modell nyomtatott alkatrészei
  - o **Terepjárós modell:** terepjáró modell (pl. LEGO)
  - o **Javasolt alkalmazások:** Android és IOS: Physics Toolbox Sensor Suite és Phyphox

### 1. gyakorlat: Készítsünk exobolygókat!

A tanulók gyurmából 2 vagy 3 különböző exobolygómodellt készítenek. Minél nagyobbak a bolygók, annál jobban megfigyelhető lesz a hatásuk a tranzit során, de ne legyenek túl nagyok vagy túl nehezek, hogy a szerkezet jól működjön. A tanulók el is nevezhetik a bolygóikat.

Célszerű időkorlátot szabni erre a tevékenységre, hogy maradjon elég idő a többi feladatra.

### 2. gyakorlat: Építsünk exobolygótranzit-modellt!

A tanulók összeállítják az exobolygórendszer modelljét, tesztelik azt, és elemzik a fénymérővel mért fénygörbét. Válasszuk ki a tanulók számára legmegfelelőbb modellt: forgótányéros (egyszerű), terepjárós (középhaladó) és 3D nyomtatott (haladó). Mindhárom modell elkészítéséhez találunk útmutatót a Mellékletben.

A tanulói munkalap mindhárom modellhez tartalmaz feladatokat.

### 3. gyakorlat: Végezzünk tranzitelemzést a modell segítségével!

Kérjük meg a tanulókat, hogy saját szavaikkal írják le a megfigyeléseiket. Az alábbiakban példák olvashatók lehetséges válaszokra. Előfordulhat, hogy egyes tanulók a modellre, mások valós exobolygórendszerekre utalnak a válaszaikban, ezért fontos, hogy különbséget tegyünk a megfigyelések és a modell között.

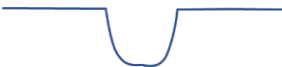


Fontos, hogy az exobolygómodellek egyenletes sebességgel keringjenek. A keringési sebességtől függően a fénygörbén a csökkenés élesebb „v alakban” vagy szélesebb „u alakban” lesz látható.

- 3.1. Csillag – izzó  
Teleszkóp – okostelefon / fénymérő  
Exobolygó – gyurma

- 3.2. Minden egyes megfigyelésnél a tanulók vázolják fel a fénygörbét, és saját szavaikkal jellemezzék azt.

a) A grafikonon megjelenített fényerősség megközelítőleg állandó, kivéve, amikor az exobolygómodell átvonul a fénymérő és a fényforrás között. Ekkor a fényerősség csökken.

Fénygörbe vázlata: 

b) Minden alkalommal, amikor az exobolygómodell átvonul a fénymérő és a fényforrás között, a fényerősség csökken. Mindhárom csökkenés mélysége és szélessége azonos, a csökkenések közötti távolság pedig változatlan.

Fénygörbe vázlata: 

c) A nagyobb exobolygómodell nagyobb (mélyebb), a kisebb pedig kisebb (sekélyebb) csökkenést eredményez a fényerősség görbéjén.

Fénygörbe vázlata:   
kisebb/sekélyebb                      nagyobb/mélyebb

d) Az izzó előtt átvonulva minden exobolygómodell eltérő nagyságú csökkenést okoz a fényerősségben. A nagyobb exobolygó átvonulása mélyebb, a kisebbé sekélyebb csökkenést eredményez a görbén, a mélyedések szélessége azonban hasonló.

Fénygörbe vázlata: 

## Megbeszélés

A tevékenység elvégzését követően a csoportok mutassák be az eredményeiket az osztálynak. A tanulóknak meg kell tudniuk nevezni a tranzitmodell elemeit, és meg kell érteniük, milyen szerepet játszik az exobolygó mérete a kísérletben. Fel kell ismerniük a modell korlátait is.

A tevékenység lezárásaként és a megbeszélés elősegítésére feltehetjük a diákoknak az alábbi kérdést, hogy rávilágítsunk a modell és a valós exobolygórendszerek közötti összefüggésekre:

**Kérdés:** *Az exobolygórendszer modelljének tanulmányozása után szerintetek mit fogtok látni egy műhold által megfigyelt exobolygó tranzitjának valós fénygörbéjén?*

A helyes válasz: a fénygörbe csökkenést fog mutatni.

Kiegészítő tevékenységként megkérhetjük a tanulókat, hogy kvantitatív módon elemezzék a fénymérő adatait, és dolgozzák ki az „Exobolygók a dobozban” című tananyag 3. tevékenységét.

Ha folytatni szeretnénk a fénygörbék elemzését, elvégezhetjük az „Exobolygó-detektívek” című tevékenységet, amely során a tanulók szimulált adatokat hasonlítanak össze az Európai Űrügynökség Cheops nevű műholdjának valós megfigyeléseivel.

## → EXOBOLYGÓK MOZGÁSBAN

### Építsünk exobolygórendszert!

#### → Bevezetés

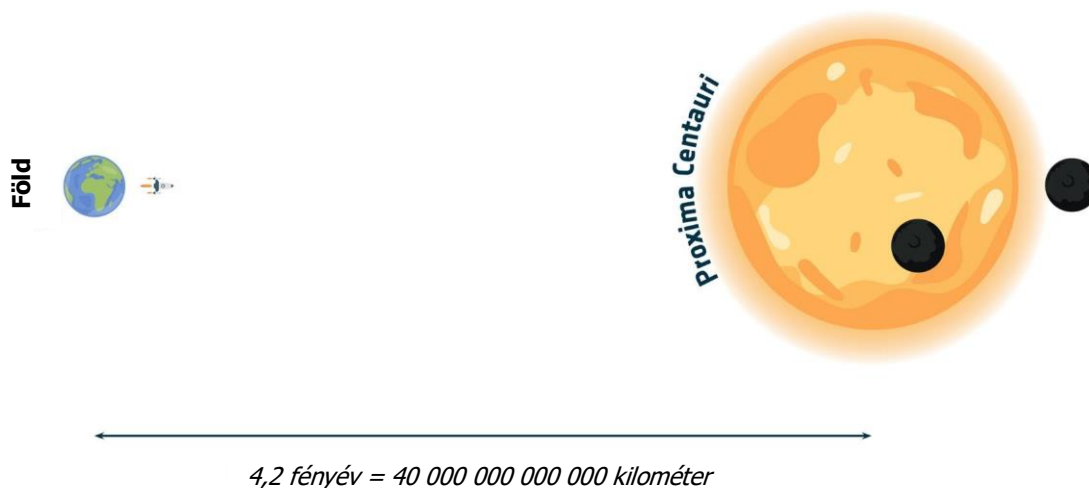
Ahogy a Naprendszerünk bolygói keringenek a mi csillagunk, a Nap körül, úgy az univerzumban vannak más bolygók is, amelyek más csillagok körül keringenek. A Naprendszeren kívüli bolygókat exobolygóknak vagy extraszoláris bolygóknak nevezzük.

Először 1995-ben fedeztek fel egy bolygót, amely egy, a Napunkhoz hasonló csillag körül kering. Azóta a tudósok több mint 4000 exobolygót észleltek, és még mindig találnak újabbakat. Minden exobolygó egyedi. Némelyik a Jupiterhez hasonlóan nagy és gáznemű, mások kisméretűek és kőzetes anyagból állnak, mint a Föld vagy a Mars, és vannak olyanok, amelyek a Naprendszer egyik bolygójához sem hasonlítanak.

A tevékenység során megépítitek egy exobolygórendszer modelljét, és megtudjátok, hogy bukkannak rá a tudósok az űrben ezekre a távoli, ismeretlen világokra.

#### Tudtad?

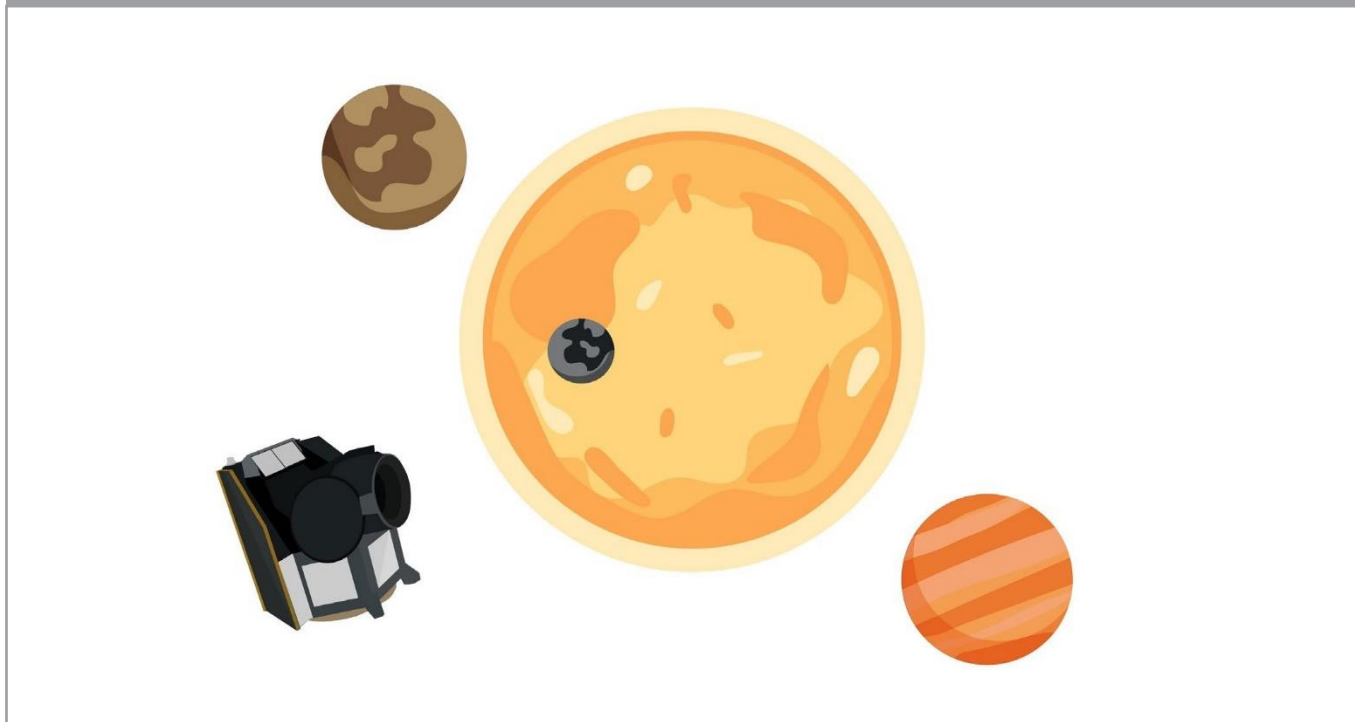
A hozzánk legközelebbi exobolygó a Proxima Centauri csillag körül kering. A fény mindössze 4,2 év alatt ér a Proxima Centauriról a Földre, de a jelenleg létező leggyorsabb űrhajónak több mint hatmillió évbe telne odaérni!



## → 1. tevékenység: Mik azok az exobolygók?

Ez a tevékenység bevezet minket az exobolygók témakörébe.

1. ábra



↑ Az Európai Űrügynökség Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite – Exobolygókat Megfigyelő Műhold) nevű műholdjának illusztrációja.

## 1. gyakorlat: Alapvető tudnivalók az exobolygókról

1.1. Írjátok le saját szavaitokkal, mik azok az exobolygók.

---



---



---



---

1.2 A Cheops egy olyan műhold, amely exobolygókat tanulmányoz. Mire vonatkozóan végez méréseket? Karikázzátok be a helyes választ:

**Hőmérséklet**

**Szín**

**Távolság**

**Fény**

**Hang**



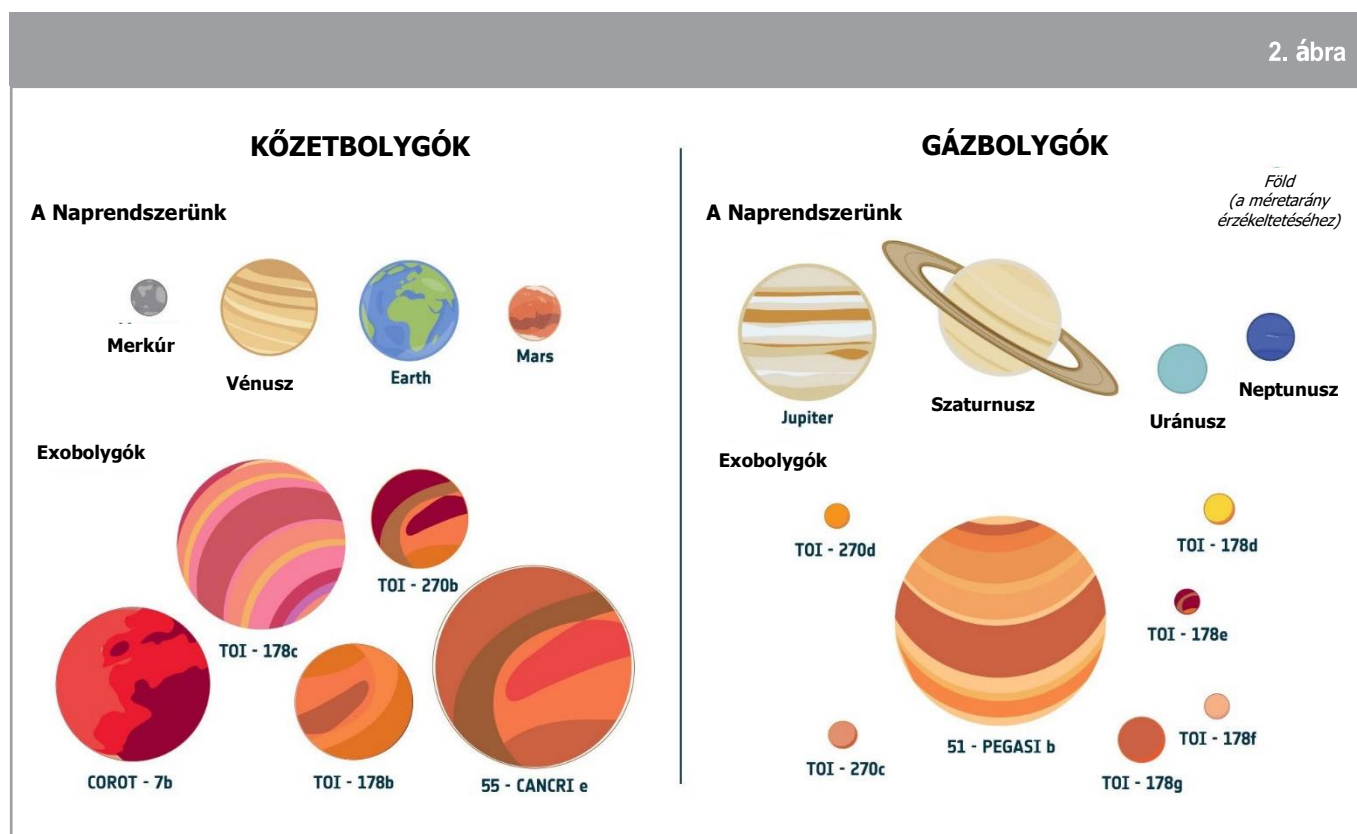
## → 2. tevékenység: Exobolygó tranzitjának modellezése

A tevékenység során megépítitek saját exobolygórendszeretek modelljét, amelyen gyurmából készült exobolygók keringenek egy csillagot jelképező fényforrás körül. Az exobolygók mozgása közben megméritek a fényforrásból származó fény erősségét, és megfigyelitek, hogyan befolyásolja az exobolygómodellek mérete a mért fény mennyiségét.

### 1. gyakorlat: Készítsünk exobolygókat!

A kapott anyagok felhasználásával készítenek csoportonként két-három exobolygót a bolygórendszer modelljéhez.

A gyurmagolyók körülbelül 1–3 cm átmérőjűek és különböző méretűek legyenek.



↑ Közeli csillagok körül keringő valós exobolygók illusztrációja.

1. Eresszétek el a fantáziátokat, és nevezzétek el az exobolygóitokat!

---



---



---

### Tudtad?

Az exobolygókat egyezményesen úgy nevezik el, hogy a központi csillagjuk neve után egy b betűt illesztenek (majd c, d stb. betűket a felfedezésük sorrendjében). Például az 51 Pegasi csillag elsőként felfedezett bolygójának neve 51 Pegasi b (vagy röviden 51 Peg b).

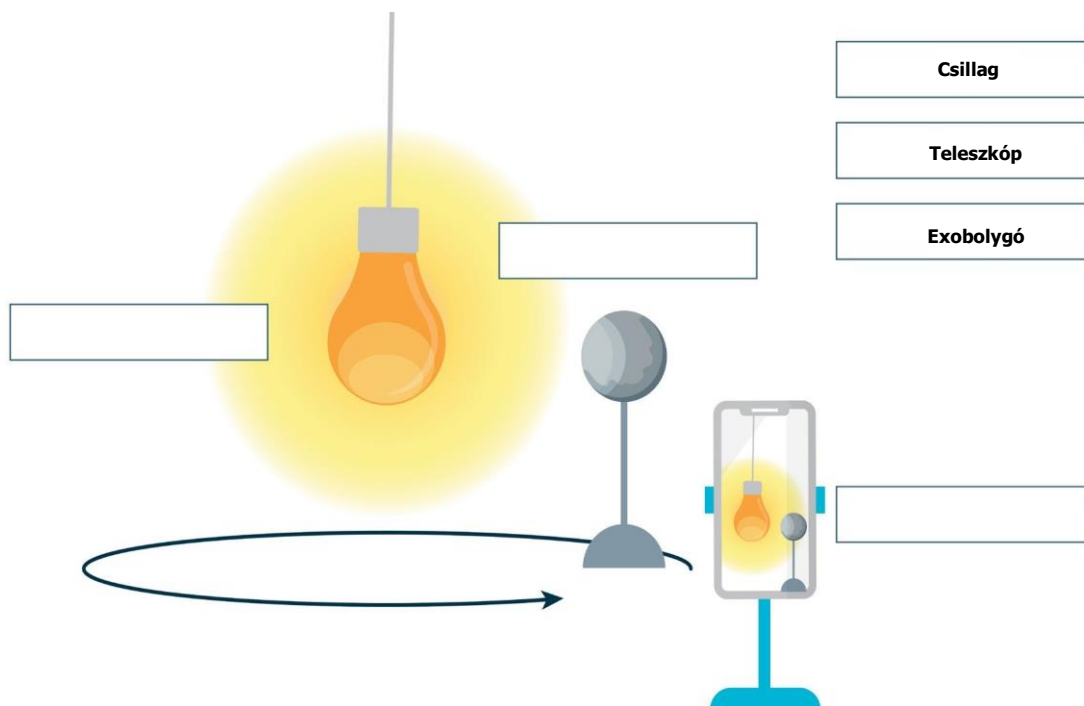
## 2. gyakorlat: Építsünk exobolygótranzit-modellt

A tanári útmutatást követve állítsátok össze az exobolygórendszeretek modelljét az előző gyakorlatban elkészített exobolygók egyikének felhasználásával.

Győződjetek meg arról, hogy a fénymérő, az exobolygó és a fényforrás egy vonalban vannak. Teszteljétek a modelleteket.

## 3. gyakorlat: Végezzünk tranzitelemzést a modell segítségével!

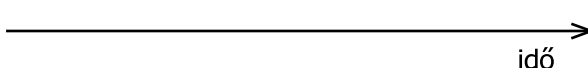
3.1. Írjátok be a hiányzó szavakat az ábrán látható négyzetekbe!



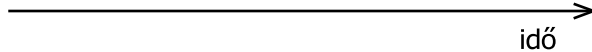
3.2. A fénymérő képernyőjén kirajzolódó grafikon az exobolygórendszer-modell fényforrásától származó fényerősséget mutatja.

Kövessétek az alábbi lépéseket. Vázoljátok fel a megfigyelt fénygörbét, és írjátok le szavakkal is.

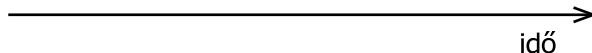
- Rögzítsetek egy gyurma-exobolygót a modellre, és tegyetek meg vele egy teljes kört a fényforrás körül:

<p>Leírás:</p>	<p>^ Fénygörbe vázlata:</p> <p>a csillag fényessége</p> 
----------------	--

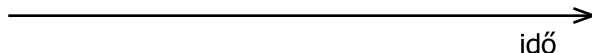
b. Tegyetek meg három teljes kört a gyurma-exobolygóval a fényforrás körül:

<p>Leírás:</p>	<p>^ Fénygörbe vázlata:</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">a csillag fényessége</div>  </div>
----------------	---

c. Most egy eltérő méretű gyurma-exobolygóval tegyetek meg három teljes kört a fényforrás körül:

<p>Leírás:</p>	<p>^ Fénygörbe vázlata:</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">csillag fényessége</div>  </div>
----------------	---

d. Rögzítsetek a modellre egy másik, szintén eltérő méretű exobolygót, és mindkettővel tegyetek meg három teljes kört a fényforrás körül:

<p>Leírás:</p>	<p>^ Fénygörbe vázlata:</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">csillag fényessége</div>  </div>
----------------	---



→ **Linkek**

## Az exobolygórendszer-modell elkészítési útmutatója:

3D nyomtatott modell: [youtu.be/GyEK6WNOhFA](https://youtu.be/GyEK6WNOhFA)

Terepjárás modell: [youtu.be/VlrTvsamQrg](https://youtu.be/VlrTvsamQrg)

Forgótányéros modell: [youtu.be/OTibvYu3vyA](https://youtu.be/OTibvYu3vyA)

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

## Az Európai Űrügynökség segédanyagai

Oktatási segédanyagok: [esa.int/Education/Classroom\\_resources](https://esa.int/Education/Classroom_resources)

Tanítsunk exobolygókkal: [esa.int/Education/Teach\\_with\\_Exoplanets](https://esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets)

Ismerkedj meg a Cheopsszal: Characterising Exoplanet Satellite (Exobolygókat Megfigyelő Műhold):

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

Kérdezd a szakembert! sorozat – Más világok:

[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)

Fedezzük fel az exobolygókat Paxival!

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

Hackelj meg egy exobolygót! [hackanexoplanet.esa.int](https://hackanexoplanet.esa.int)

## Az Európai Űrügynökség űrprogramjai

Exobolygó-küldetések idővonala: [sci.esa.int/exoplanets/60649-exoplanet-mission-timeline](https://sci.esa.int/exoplanets/60649-exoplanet-mission-timeline)

Cheops – CHaracterising ExOPlanet Satellite (Exobolygókat Megfigyelő Műhold):

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

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

Keressünk exobolygókat Gaiával!: [sci.esa.int/web/gaia/-/58784-exoplanets](https://sci.esa.int/web/gaia/-/58784-exoplanets)

PLATO – PLANetary Transits and Oscillations of stars (Bolygótranzitok és csillagok oszcillációi): [sci.esa.int/plato](https://sci.esa.int/plato)

ARIEL – the Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey (Exobolygók széleskörű atmoszférikus távérzékeléses infravörös vizsgálata): [sci.esa.int/ariel](https://sci.esa.int/ariel)

CoRoT – Convection, Rotation and planetary Transits űrmisszió: [sci.esa.int/corot](https://sci.esa.int/corot)

## → Forgótányéros modell

### Elkészítési útmutató

A **forgótányéros modell** egy forgótányérral szemlélteti az exobolygók körmozgását és keringési pályáját. A csillagot egy izzó ábrázolja.

A modell elkészítésében segít az alábbi útmutató.

További videós segédanyagok: [youtu.be/0TibvYu3vyA](https://youtu.be/0TibvYu3vyA)



## Eszközök

- exobolygómodellek
- nagy fényerősségű izzó
- izzófoglalat és tartószerkezet
- fénymérő eszköz (pl. okostelefonos fénymérő alkalmazás vagy adatgyűjtő)
- hurkapálcák
- forgótányér (pl. lemezjátszó, forgótálca, biciklikerek)

## A modell összeállítása:

### 1. lépés:

Szúrjátok a hurkapálca végére az exobolygómodellt, majd egy kis darab gyurmával rögzítsétek a pálcát a forgótányérra.

### 2. lépés:

Állítsátok az izzót a forgótányér közepe fölé úgy, hogy az exobolygómodellel azonos magasságban legyen.

### 3. lépés:

A fényérzékelőt is állítsátok be az izzóval és az exobolygómodellel azonos magasságba.



### 4. lépés:

Megkezdhetitek az adatgyűjtést. Ellenőriztétek a modell működését:

- Ellenőriztétek a fényérzékelő beállítását és azt, hogy a megfelelő fényforrásból kapja-e a fényt.
- Forgassátok a forgótányért lassan, egyenletes sebességgel. Győződjétek meg róla, hogy a fénygörbén csökkenés rajzolódik ki, amikor az exobolygómodell áthalad a fénymérő és a fényforrás között.

### 5. lépés:

(Opcionális) A modellt több exobolygóval is kiegészíthetitek.



## → Terepjárós modell

### Elkészítési útmutató

A **terepjárós modell** egy LEGO terepjárával szemlélteti az exobolygók körmozgását és keringési pályáját. A csillagot egy izzó ábrázolja.

Ebben a példában egy LEGO WeDo 2.0 terepjárót használunk, de másfajta terepjáró modellek is megfelelnek. A modell elkészítésében segít az alábbi útmutató.

További videós segédanyagok: <https://youtu.be/VlrTvsamQrg>



## Eszközök

- terepjáró modell
- exobolygómodellek
- nagy fényerősségű izzó
- izzófoglalat és tartószerkezet
- fénymérő eszköz (pl. okostelefonos fénymérő alkalmazás vagy adatgyűjtő)
- letörölhető filctoll (opcionális)

## A modell összeállítása:

1. Szereljétek össze a terepjárót, ügyelve arra, hogy körbe-körbe haladjon. Ha a WeDo 2.0 terepjárót használjátok, kövessétek lépésről lépésre az „A WeDo 2.0 Exobolygó-terepjáró összeszerelése” című rész útmutatásait. A terepjáróhoz egy tollat rögzítve ellenőrizhetitek, hogy valóban körpályán mozog-e. Ne felejtsetek az exobolygómodellt a terepjáróhoz rögzíteni.
2. Keressétek meg a terepjáró által leírt körpálya középpontját.
3. Állítsátok az izzót a körpálya közepe fölé, a terepjáróra rögzített exobolygóval azonos magasságba.
4. A fényérzékelőt is állítsátok be az izzóval azonos magasságba.
5. Megkezdhetitek az adatgyűjtést. Ellenőrizzétek a modell működését:
  - Ellenőrizzétek a fényérzékelő beállítását és azt, hogy a megfelelő fényforrásból kapja-e a fényt.
  - Győződjétek meg róla, hogy a fénygörbén csökkenés rajzolódik ki, amikor az exobolygómodell áthalad a fénymérő és a fényforrás között.

## A WeDo 2.0 Exobolygó-terepjáró összeszerelése

Az exobolygómodellt hordozó terepjáró összeszereléséhez kövessétek lépésről lépésre a képeken látható útmutatásokat.

Time-lapse videó az összeszerelésről:

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

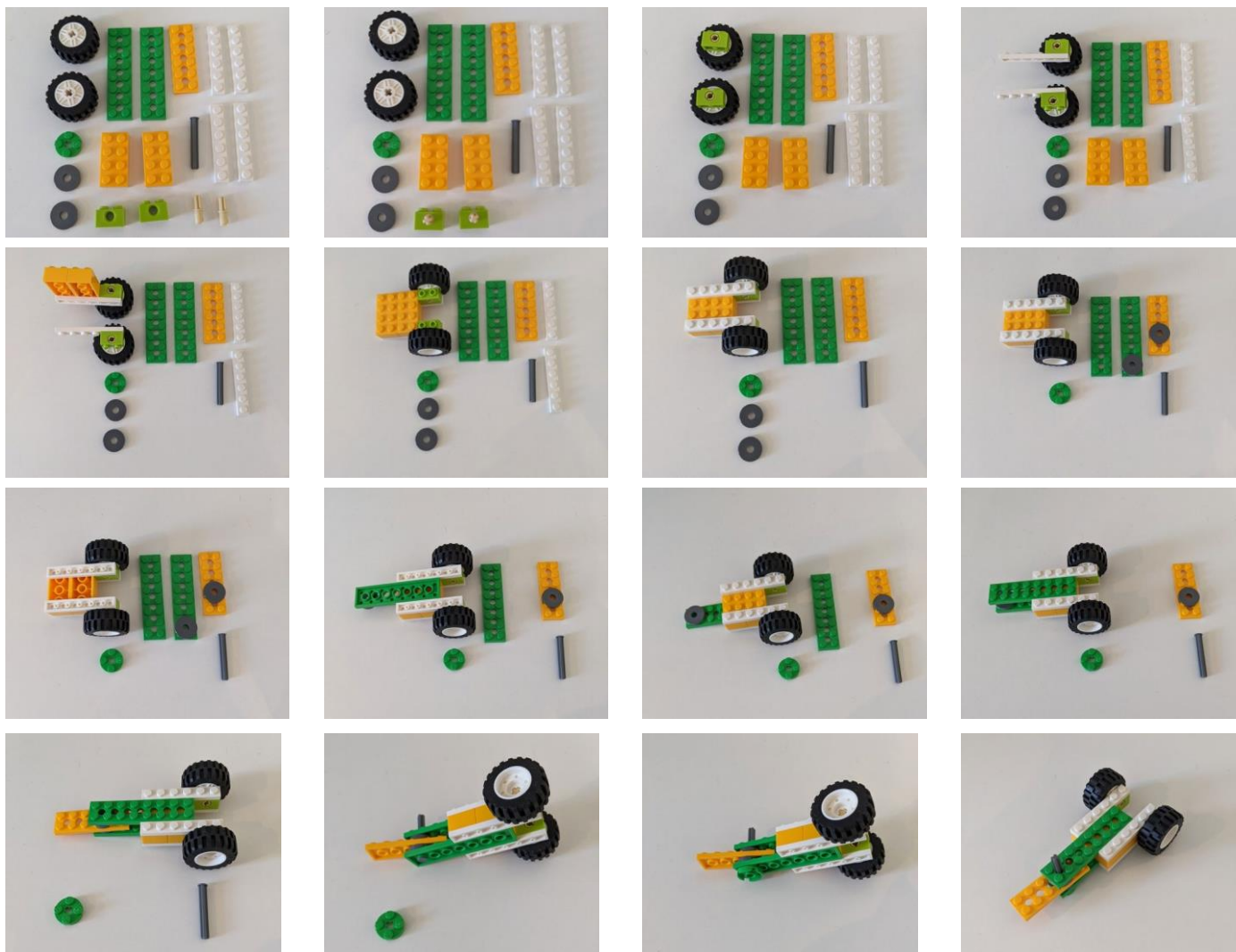
### 1. lépés:

Készítsétek elő a jobboldali képen látható elemeket:



### 2. lépés:

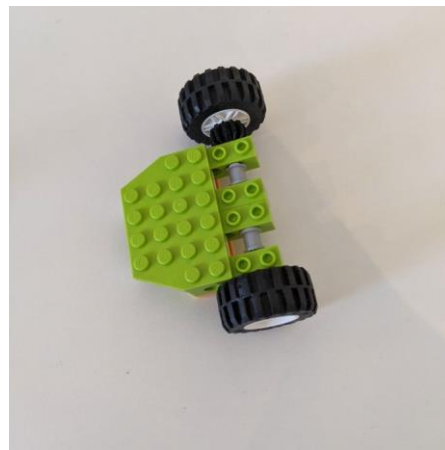
Építsétek meg a terepjáró elejét:





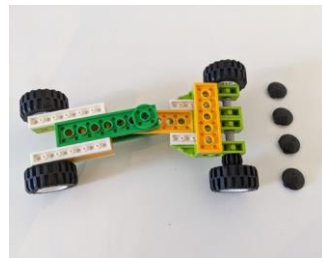
### 3. lépés:

Építsétek meg a terepjáró hátulját:



### 4. lépés:

Illesszétek össze a terepjáró elejét és hátulját:



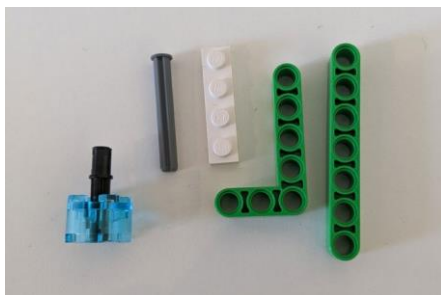
### 5. lépés:

Építsétek meg a motort, és rögzítsétek a terepjáróra:



## 6. lépés:

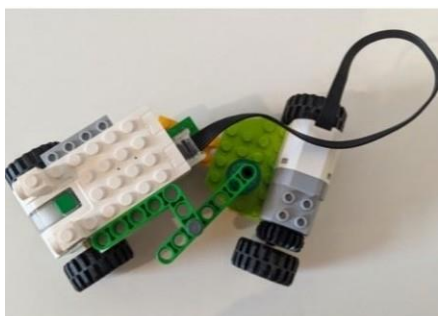
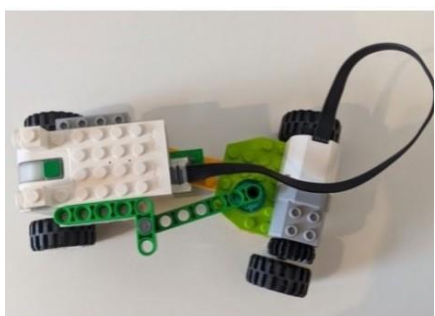
Rögzítsétek a terepjáróra a kanyarodási szög beállítására szolgáló rendszert:



## 7. lépés:

Válasszátok ki a haladási pálya átmérőjének megfelelő kanyarodási szöget:

A kanyarodási szög megváltoztatásához helyezétek át a rögzítőelemet a zöld karokon egy másik lyukpárba.



## 8. lépés:

Rögzítsétek az exobolygót a terepjáróra:



## 9. lépés:

Csatlakoztassátok a terepjárót a WeDo szoftverhez, és készen is álltok a kísérlethez!

## → 3D nyomtatott modell

### Elkészítési útmutató

A **3D nyomtatott modell** egy egyedi, nyílt forráskódú 3D nyomtatott szerkezettel szemlélteti az exobolygók körmozgását és keringési pályáját. A csillagot egy izzó ábrázolja.

A modellben két kar mozgat egy-egy exobolygót, amelyek különböző keringési idő alatt járnak körbe a fényforrás körül.

A szerkezet saját elképzeléseiteknek megfelelően testre szabható. A modell kinyomtatásában és összeállításában segít az alábbi útmutató.

További videós segédanyagok:

<https://youtu.be/GyEK6WNOhFA>

Kész 3D fájlok és kinyomtatható útmutató:

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

## Eszközök

- exobolygómodellek
- nagy fényerősségű izzó
- fénymérő eszköz (pl. okostelefonos fénymérő alkalmazás vagy adatgyűjtő)
- 2 mm átmérőjű hurkapálcák
- 3D nyomtató
- PLA anyag
- motor (~100 1/min) és tápegység
- E27-es izzófoglalat és tartószerkezet



## A modell összeállítása:

1. Töltsétek le a **3D nyomtatási .stl fájlokat** és nyomtassátok ki a modellt. További útmutatásokat a 3D nyomtatási útmutató tartalmaz. Nincs szükség a modell módosítására, ha a következő alkatrészeket használjátok:
  - E27-es izzófoglalat kábelkapcsolóval és szerelőgyűrűvel (Ø 40 mm)
  - DC keféss hajtóműmotor: 12V 100 1/min 166 oz-in, 6 mm-es D-alakú tengellyel
2. Az összeszereléshez kövessétek lépésről lépésre az alábbi útmutatót.

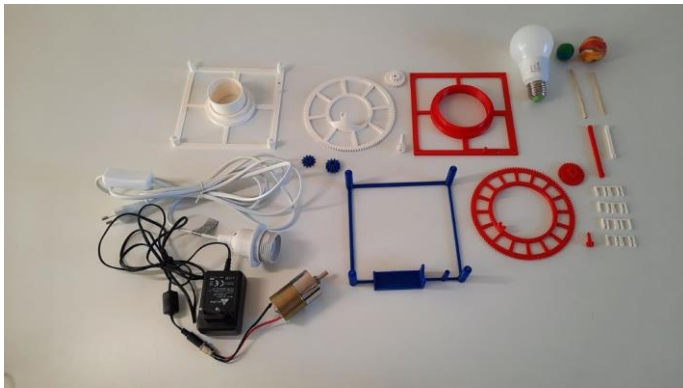


## A 3D nyomtatott szerkezet összeszerelése

Kövessétek lépésről lépésre a képeken látható útmutatásokat az exobolygórendszer 3D nyomtatott modelljének összeszereléséhez.

Timelapse-videó az összeszerelésről:

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



### 1. lépés:

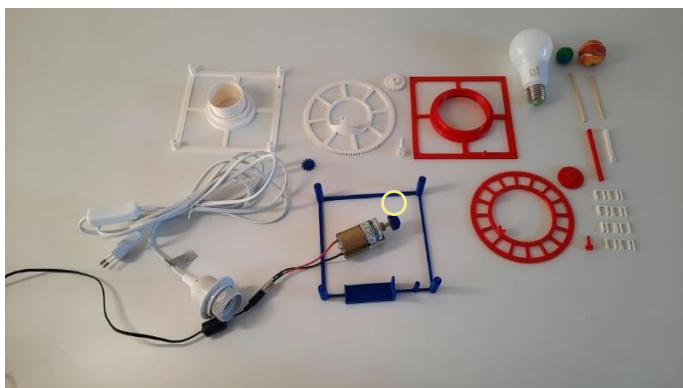
Készítsétek elő az összes szükséges alkatrészt a modell összeállításához.

**Megjegyzés:** fontos, hogy az exobolygómodellek ne legyenek túl nehezek.



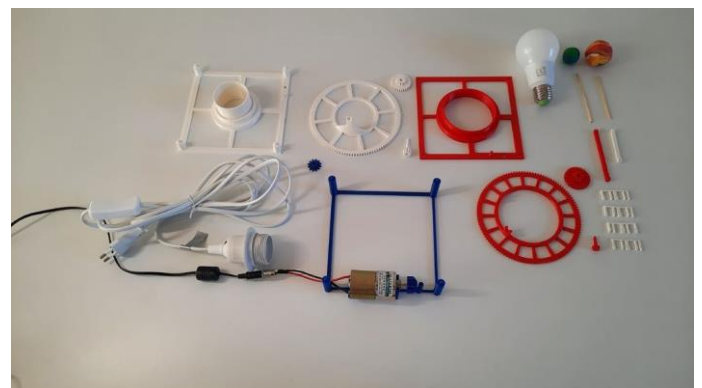
### 2. lépés:

Az összeszerelést a **motoralappal** és a **motorral** kezdjük.



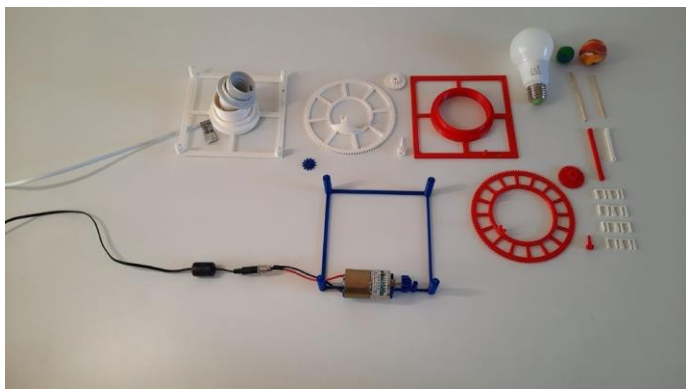
### 3. lépés:

Illesszétek a motor **fogaskerekét** a **tengelyre**.



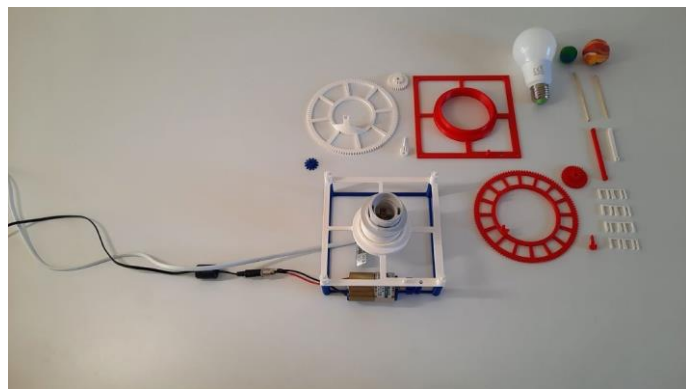
### 4. lépés:

Csatlakoztassátok a motort a **motoralaphoz**.



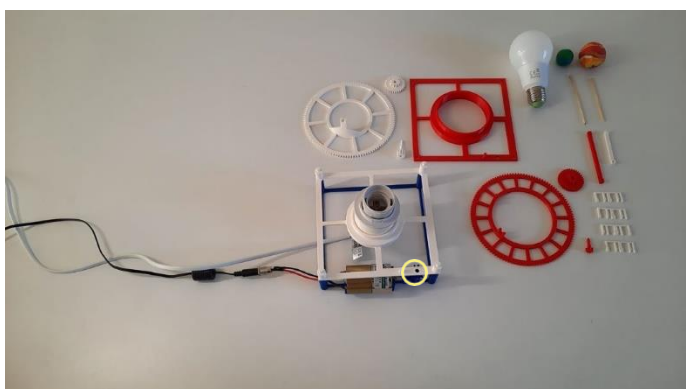
#### 5. lépés:

Húzzátok át az izzófoglalat kábelét **az alsó alapon** a rögzítés előkészítéséhez.



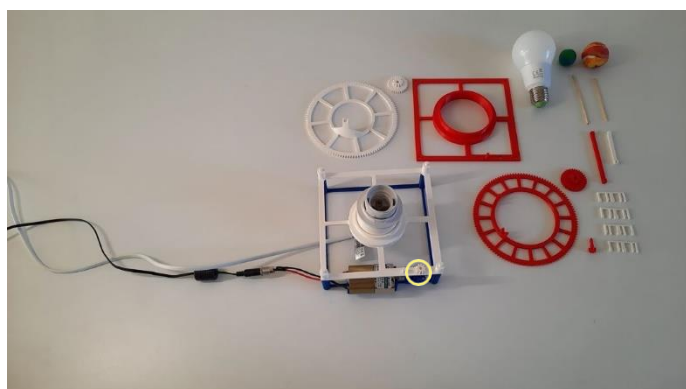
#### 6. lépés:

Az **alsó alapot** az izzófoglalattal együtt helyezték a **motoralapra**.



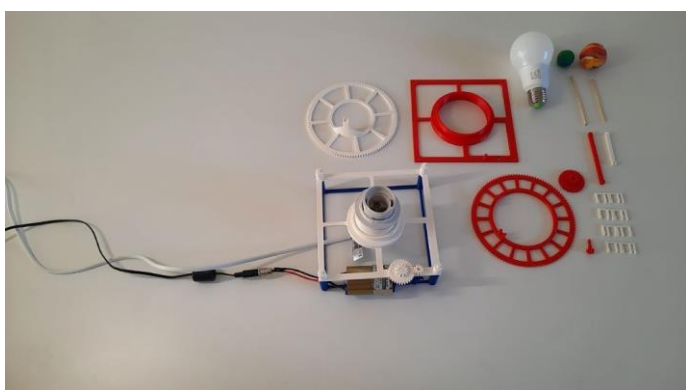
#### 7. lépés:

Helyezték a **hajtóművet** a **motoralap** és az **alsó alap** közé.



#### 8. lépés:

A **hajtómű** rögzítéséhez dugjátok át a **tartófogaskereket** az **alsó alapon** lévő lyukon.



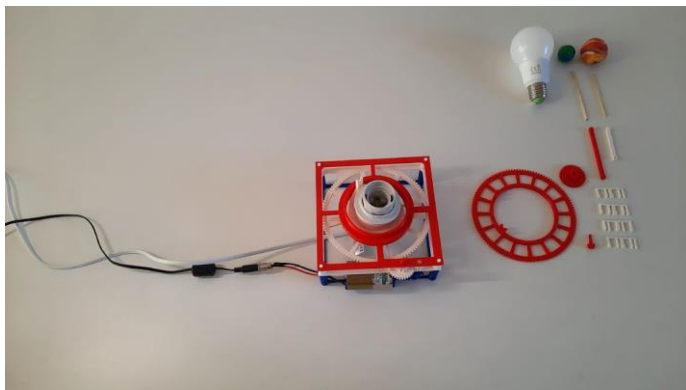
#### 9. lépés:

Illesszék a **csatlakozó fogaskereket** az **alsó alapon** lévő csaphoz.



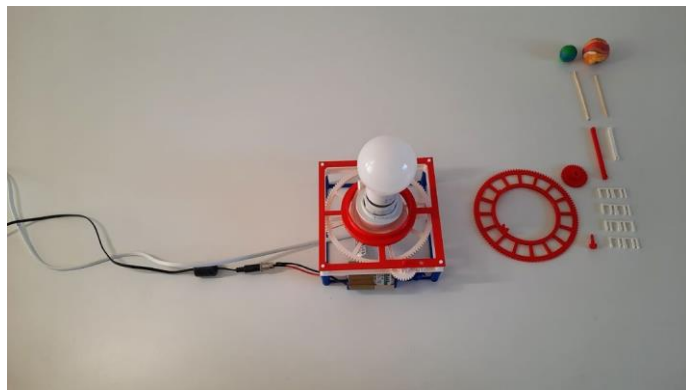
#### 10. lépés:

Az első **exobolygómodell fogaskerekét** helyezték az izzófoglatra, és ellenőrizték, hogy a fogaskerek megfelelően illeszkednek-e.



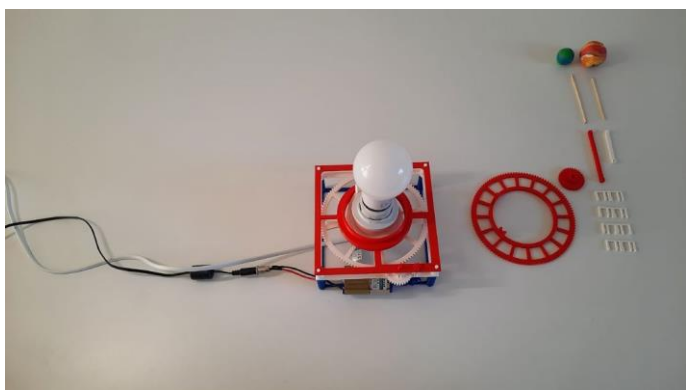
#### 11. lépés:

Helyezzétek a **felső alapot** az **alsó alapra**.



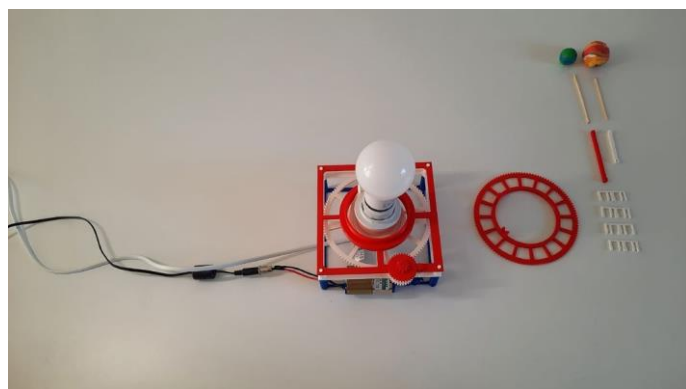
#### 12. lépés:

Csavarjátok be az izzót a foglalatba.



#### 13. lépés:

Dugjátok át a **felső motorfogaskereket** a **felső alapon** lévő lyukon.



#### 14. lépés:

Csavarjátok a **2. csatlakozó fogaskereket** a **felső alapon** lévő csapra.



#### 15. lépés:

Helyezzétek a **2. exobolygómodell fogaskerekét** az izzóra, és támasszátok a **felső alapra**.

Elkészült a fogaskerékrendszer. Ellenőrizétek, hogy a fogaskerek megfelelően illeszkednek-e.



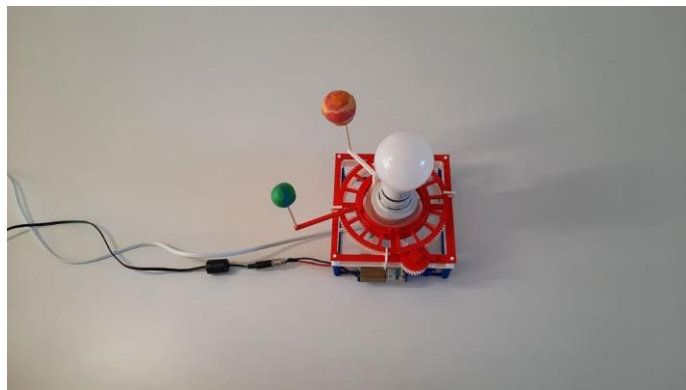
#### 16. lépés:

A 3D modell négy oldalát rögzítsétek közepén egy-egy **rögzítőkapoccsal**. Ezek a rögzítőkapcsok tartják a helyükön a különböző szinteket.



#### 17. lépés:

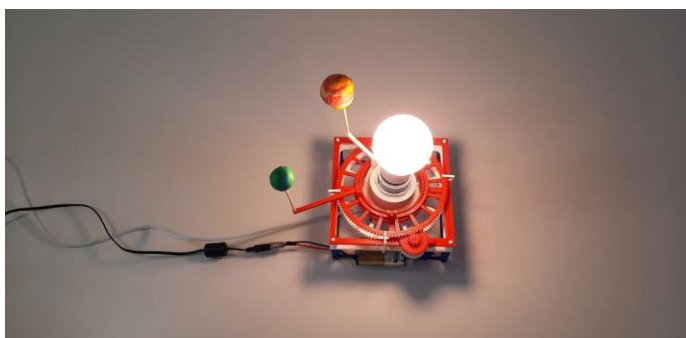
Rögzítsétek a két exobolygómodell **tartókarját** egy-egy **fogaskerékhez**.



#### 18. lépés:

A hurkapálcák egyik végét szúrjátok bele a **tartókarok** végén lévő lyukba. A hurkapálcák másik végére erősítsétek fel az exobolygómodelleket.

A hurkapálcák olyan hosszúságúak legyenek, hogy az exobolygómodellek középpontja és az izzó középpontja egy szintben helyezkedjenek el.



#### 19. lépés:

Teszteljétek a modellt: kapcsoljátok be az izzót, és indítsátok be a motort.

3. A fényérzékelőt állítsátok be az izzóval és az exobolygómodellel azonos magasságba.
4. Megkezdhetitek az adatgyűjtést. Ellenőrizétek a modell működését:
  - Ellenőrizétek a fényérzékelő beállítását és azt, hogy a megfelelő fényforrásból kapja-e a fényt.
  - Győződjétek meg róla, hogy a fénygörbén csökkenés rajzolódik ki, amikor az exobolygómodell áthalad a fénymérő és a fényforrás között.

## Így módosíthatjátok a 3D nyomtatási fájlokat

A tananyaghoz megadott fájlok egy adott motortípus specifikációihoz készültek. Más típusú motorhoz szükség lehet a 3D **motoralap** és a **motorhajtómű** módosítására.

Az alábbi útmutató bemutatja, hogyan módosíthatóak a fájlok **Fusion 360** használatával.

Útmutató lépésről lépésre:

1. Fusion 360-ban nyissuk meg a következőket: EXTRA-adjustable motor gear.f3d és EXTRA-adjustable motor base.f3d
2. Kattintsunk a következőkre: MODIFY (MÓDOSÍT) > change parameters (paraméterek megváltoztatása)
3. Állítsuk be a paramétereket a motor tulajdonságainak megfelelően.

Az alábbi mérésekre lehet szükség:

