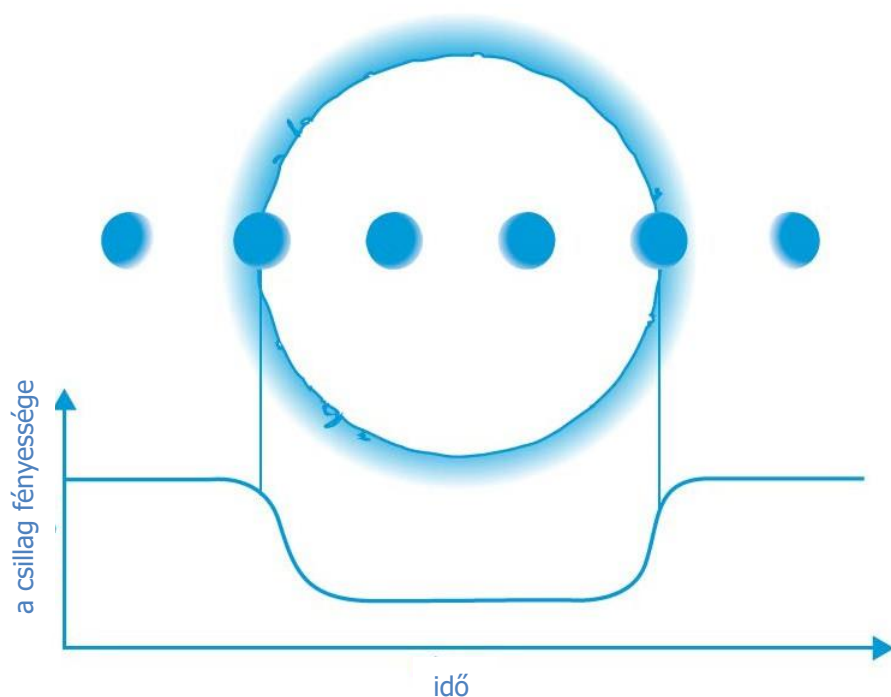
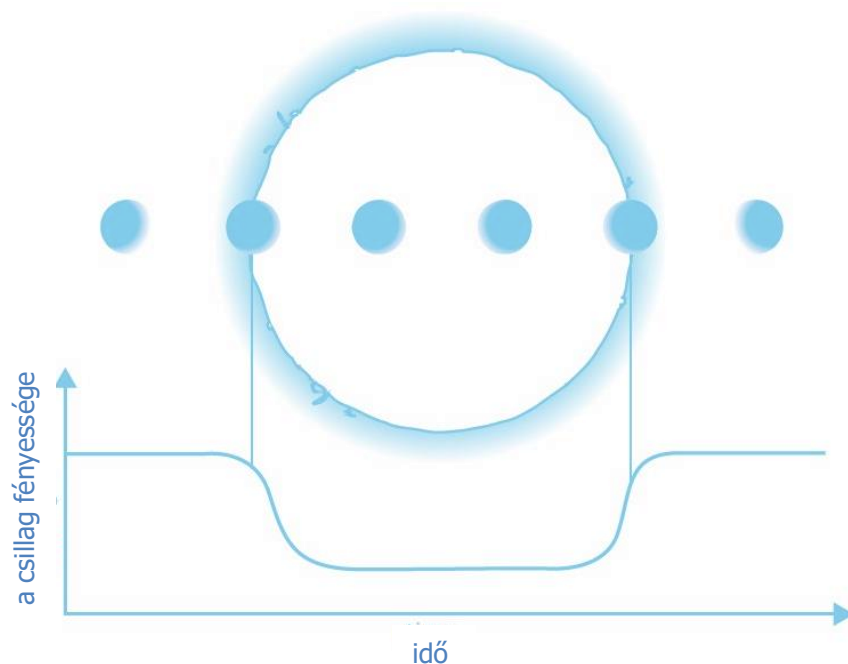


# Tanítsunk a világűrrel!

## → EXOBOLYGÓ-DETEKTÍV

Mit árulnak el a műholdadatok az exobolygókról?





## Tanári útmutató

Alapadatok	3. oldal
A tevékenységek áttekintése	4. oldal
Bevezetés	5. oldal
1. tevékenység: Mik azok a fénygörbék?	6. oldal
2. tevékenység: Legyél te is exobolygó-detektív!	9. oldal
Tanulói munkalapok	11. oldal
Linkek	19. oldal

tanítsunk a világgűrrel! – exobolygó-detektívek | P31  
[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 2022 © Európai Űrügynökség

# → EXOBOLGYÓ-DETEKTÍVEK

## Mit árulnak el a műholdadatokról az exobolygókról?

ALAPADATOK	Rövid ismertetés
<p><b>Tantárgy:</b> matematika, fizika, csillagászat</p> <p><b>Korosztály:</b> 13–18 év</p> <p><b>Típus:</b> tanulói tevékenység, modellezés</p> <p><b>Nehézségi fok:</b> közepes</p> <p><b>Tanítási idő:</b> 45 perc</p> <p><b>Költség:</b> alacsony (0–10 euró)</p> <p><b>Helyszín:</b> tanterem</p> <p><b>Kulcsszavak:</b> fizika, matematika, csillagászat, exobolygók, fénygörbék, tranzitok, keringési pályák, skálázás, grafikonok, keringési idő</p>	<p>A tevékenység során a tanulók megtanulják, hogyan vizsgálják a tudósok az exobolygókat távcsövekkel, a tranzit módszer segítségével. Ezen kívül exobolygókat jellemeznek az Európai Űrügynökség Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite – Exobolygó Megfigyelő Műhold) nevű űrteleszkópjának modellezett és valós fénygörbéi alapján.</p> <p>A tanulók az exobolygók jellemzésével összefüggésben gyakorolják az adatok ábrázolását és értelmezését, valamint a grafikonok skálázását.</p> <p>Az alábbi tevékenység egy sorozat része, amely tartalmazza az „Exobolygók mozgásban” című részt, melynek keretében a tanulók megépítik egy exobolygótranzit modelljét, valamint az „Exobolygók a dobozban” című részt, amely során a tranzit modelljét egy cipősdobozban építik meg, és kiszámítják egy exobolygó méretét.</p>

Tanulási célok
<ul style="list-style-type: none"><li>• Megismerkedünk az exobolygókkal és műholdas tanulmányozásuk lehetőségeivel.</li><li>• Megértjük, hogyan használják a tranzit módszert az exobolygók jellemzésére.</li><li>• Fénygörbék megfigyelése és értelmezése révén gyakoroljuk a kísérletezést.</li><li>• Gyakoroljuk a matematikai gondolkodást és absztrakt modellek valós modellé alakítását.</li><li>• Matematikai modellek és ábrák segítségével kísérleti adatokat értelmezünk.</li><li>• Egy modell és egy valós exobolygórendszer összehasonlítása alapján következtetéseket vonunk le.</li><li>• Gyakoroljuk tudományos és matematikai eredményeink társainknak történő bemutatását.</li></ul>

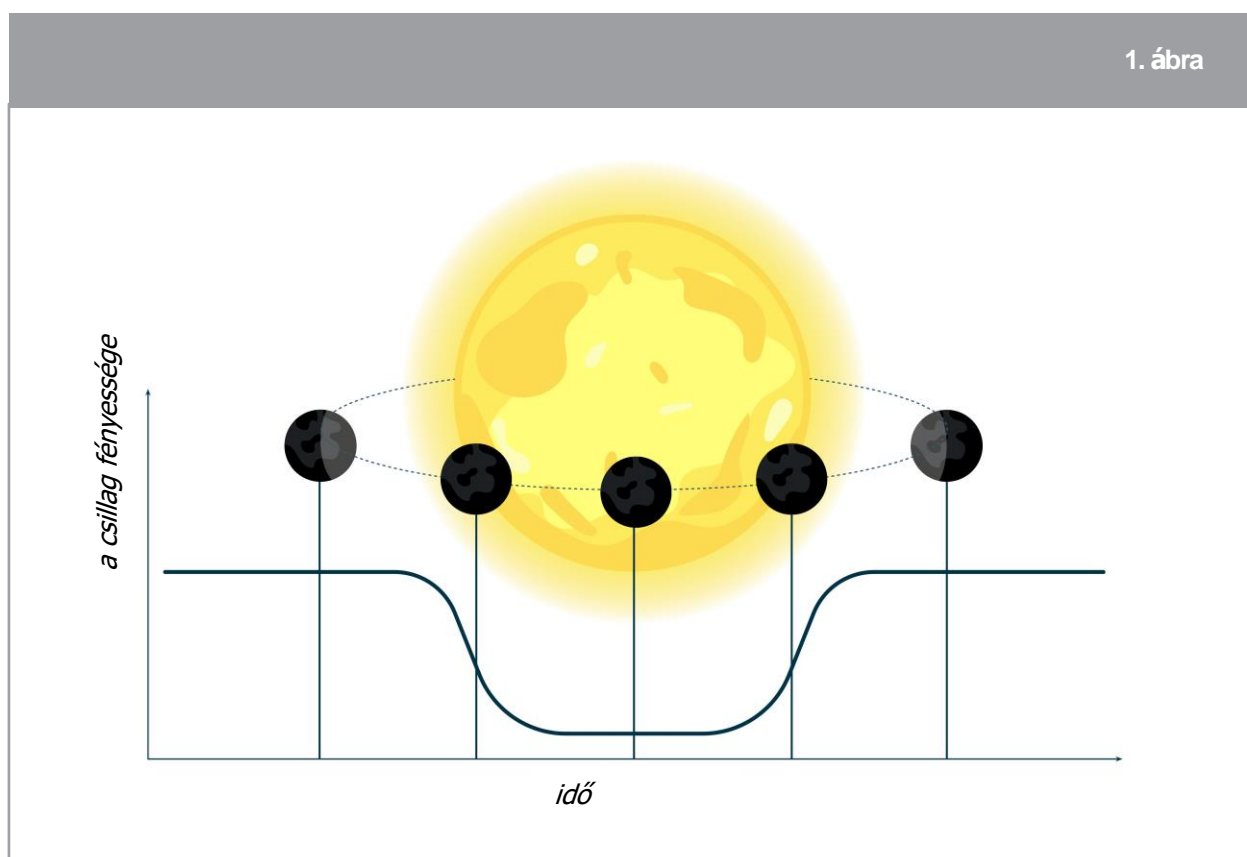
→ A tevékenységek áttekintése

A tevékenységek áttekintése					
	Cím	Leírás	Eredmény	Szükséges előzmények	Időtartam
1	Mik azok a fénygörbék?	A tanulók szimulált és valós fénygörbéket elemeznek, és meghatározzák, hogy ezek milyen információkat tartalmaznak a modellezett vagy a valós exobolygórendszerekről.	Megértik, hogyan és miért skálázunk grafikonokat. Gyakorolják a grafikonok értelmezését, és segítségükkel következtetéseket vonnak le valós exobolygórendszerekről.	Nincs	30 perc
2	Legyél te is exobolygó-detektív!	Összefoglaljuk az előző tevékenységek során szerzett ismereteket, és összegezzük, mit tudhatnak meg a tudósok a műholdak által mért fénygörbékből.	A tanulók analógiák segítségével összekapcsolják a modellre vonatkozó megállapításokat a valós jelenségekkel.	Nincs	10 perc

## → Bevezetés

A tevékenység során a tranzit módszerrel kapott fénygörbék elemzésére összpontosítunk. Az eddig megismert exobolygók közül sokat ezzel a módszerrel sikerült felfedezni és jellemezni. Ezzel a technikával a távcsövek nagyon pontosan mérik az egyes csillagok által kibocsátott fény mennyiségét óráktól hónapokig terjedő időtartamok alatt. Az objektum fényének az idő függvényében történő mérését fénygörbének nevezik (lásd az 1. ábrát). A fénygörbe alakjának és jellemzőinek elemzésével mind a csillagról, mind a körülötte keringő exobolygókról ismeretekhez juthatunk.

Amikor egy exobolygó elhalad a központi csillagja előtt, a csillag fényének egy kis részét kitakarja – ezt hívjuk átvonulásnak vagy tranzitnak. Ha távcsővel megfigyeljük a csillag fényét a tranzit során, a fénygörbén csökkenést fogunk látni.



↑ A csillag fénygörbéje a tranzit során csökkenést mutat.

A csökkenés mértékét az határozza meg, hogy a csillag fényének hány százalékát takarja ki az átvonuló exobolygó, ez pedig az exobolygó 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 a fénygörbék?

A gyakorlat során szimulált és valós műholdadatokat ábrázoló grafikonokat skálázunk és értelmezzük.

Bevezetésként célszerű a tanulókkal elvégezni az „Exobolygók mozgásban” című tevékenységet.

Az exobolygók témájának előkészítéséhez használhatjuk az alábbi linkeken elérhető videóanyagokat is, vagy a háttérinformációkat kiegészítő forrásként.

- Kérdezd a szakembert! sorozat – Más világok:  
[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2020/07/Meet\\_the\\_Experts\\_Other\\_worlds](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/07/Meet_the_Experts_Other_worlds)
- Ismerkedj meg Cheopsszal, az Exobolygó Megfigyelő Műhoddal:  
[http://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2019/12/Meet\\_Cheops\\_the\\_Characterising\\_Exoplanet\\_Satellite](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_the_Characterising_Exoplanet_Satellite)
- Fedezzük fel az exobolygókat Paxival!  
[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2019/12/Paxi\\_explores\\_exoplanets](https://www.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 - Grafikonok skálázása

A grafikonok skálázása fontos módszer mind a matematikában, mind a természettudományokban. Ebben a gyakorlatban a tanulók a Cheops műhold valós adatain alapuló példával dolgoznak, és ennek segítségével grafikonokat skáláznak a lehető legtöbb információ kinyerése érdekében.

Ezekon a grafikonokon az y tengely a csillag fényességét a megfigyelési időszak alatt mért átlagérték százalékában tünteti fel. A feladatban szereplő mindkét grafikon pontosan ugyanazokat az adatokat ábrázolja, de eltérő skálán.

**Megjegyzés:** mivel a grafikon a csillag fényét az átlagos fényességérték százalékában mutatja, az átlagos fényesség az y tengelyen 100%-os értéknek tekinthető. Ha a megfigyelések során olyan események történnek, amelyek megnövelik a mért fény mennyiséget (például csillagkitörések), akkor átlag feletti fényességértékek lesznek mérhetők, amik a grafikonon 100% feletti értékeként jelennek meg.

## Megbeszélés

Az alábbiakban az 1. gyakorlat válaszai olvashatók. Beszéljük meg ezeket a tanulókkal a skálázás elvével együtt.

1.1. A tanulóknak fel kell ismerniük, hogy a 3. ábrán a tranzit sokkal könnyebben azonosítható, mint a 2. ábrán, az y-tengely eltérő skálázása miatt.

1.2. A 2. ábrán a fénygörbe csaknem állandónak tűnik, míg a 3. ábrán 6,5 óra és 10,75 óra között a csillag fényességének csökkenése jól látható.

Az x-tengelyen megjelölt idő (óra) mindkét grafikonon azonos.

Az y-tengelyen feltüntetett fényességértékek (%) különböznek. Az első grafikonon az értékek 0% és 110% között mozognak, míg a skálázott grafikonon, ahol a csökkenés látható, az értékek 99,3% és 100,1% között mozognak.

## 2. gyakorlat - Fénygörbék értelmezése

Ebben a gyakorlatban a tanulók példákat kapnak szimulált tranzit fénygörbékre, és útmutatást arra vonatkozóan, hogyan kell olvasni és értelmezni a grafikonokat. A feladatokat párban vagy egyénileg is elvégezhetik.

**Kiegészítő információ:** a bolygó által kitakart fény mennyisége a bolygó területének vetületével áll közvetlen összefüggésben.

A bolygó által kitakart fény a következő képlettel számolható ki:  $\frac{R_b^2}{R_{cs}^2}$

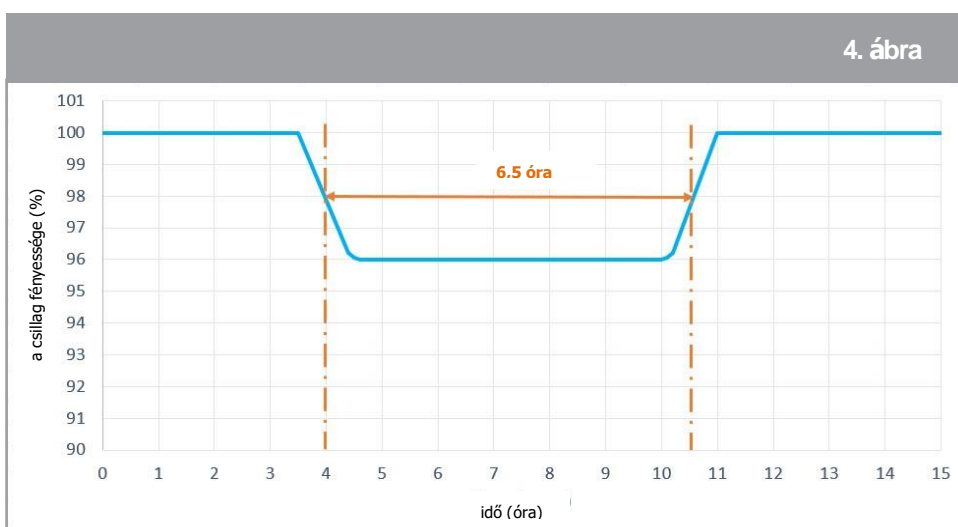
ahol  $R_b$  a bolygó sugara,  $R_{cs}$  pedig a csillag sugara. Ha tehát a bolygó kétszer annyi fényt takar ki, az nem jelenti azt, hogy a mérete is kétszer akkora. Kétszer annyi fény kitakarásához elég, ha a bolygó mérete  $\sqrt{2}$ , azaz kb. 1,41-szer akkora.

### Megbeszélés

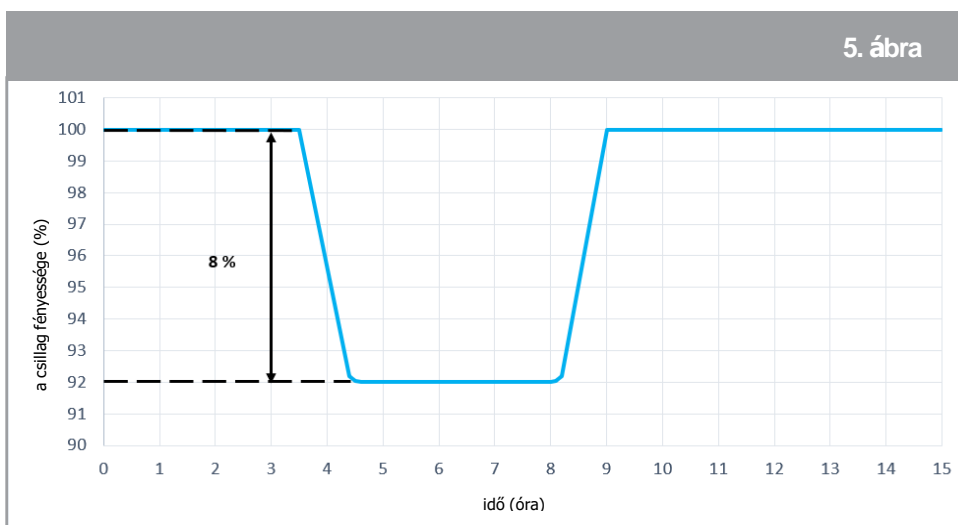
A helyes válasz a következő:

2.1. A fénygörbe alapján a megfigyelt exobolygó átvonulása **4,5** órán át tartott, és a csillag fényének **4%-**át takarta ki.

2.2.



2.3



Miután a tanulók egyénileg vagy párban elvégezték ezt a gyakorlatot, beszéljük meg az eredményeket az osztállyal közösen, hogy a tanulókat felkészítsük a valós Cheops-adatok értelmezésére.

### 3. gyakorlat - Valós műholdadatok értelmezése

Ebben a gyakorlatban a tanulók az előző gyakorlatokban elsajátított fogalmak segítségével fogják értelmezni a WASP 189b exobolygó tranzitjának fénygörbét, amelyet az Európai Űrügynökség Cheops nevű műholdja figyelt meg.

#### Megbeszélés

A helyes válaszok a következők:

- 3.1. 4,5 óra
- 3.2. 0,55%

#### Kiegészítő információ:

A tanulók megfigyelhetnek bizonyos különbségeket a szimulált és a valós adatok között, illetve kérdéseket fogalmazhatnak meg a fénygörbe illesztésével vagy a fénygörbén lévő hézagokkal kapcsolatban.

Az illesztés során egy matematikai függvény alapján megrajzoljuk azt a görbét, amely a legjobban illeszkedik egy pontsorhoz.

A Cheops pályája során kétféle esemény fordul elő, amelyek miatt időnként nem mérhető folyamatosan a csillag fénye. Ezek az események hézagokat eredményeznek a fénygörbén. Az első ilyen esemény, amikor a csillagot a Föld eltakarja: ez az úgynevezett fedés vagy okkultáció. A második akkor következik be, amikor a Cheops elhalad egy dél-atlanti régió felett, ahol a fedélzetén lévő, különlegesen érzékeny műszereket olyan mértékű zavaró hatások érik, hogy ilyenkor a tudósok meg sem próbálják mérni a csillag fényét.

### 4. gyakorlat - Keringési idő

A gyakorlat arra fókuszál, hogyan határozható meg a keringési idő egy fénygörbe alapján.

**Megjegyzés:** a keringési idő az az időtartam, amely alatt a bolygó megteszi a pályáját a központi csillaga körül. Ez úgy mérhető, hogy megkeressük egy exobolygó két egymást követő tranzitjának középpontját, és megmérjük a köztük lévő időintervallumot.

#### Megbeszélés

A helyes válaszok a következők:

- 4.1. 3 nap
- 4.2. Ebben a válaszban a tanulók írják le saját szavaikkal, hogy a példában szereplő exobolygórendszerben két olyan exobolygót észlelhetünk, amelyek ugyanazon csillag körül keringenek. A válaszuknak tartalmaznia kell, hogy a görbén látható nagyobb csökkenések egy nagyobb bolygót jeleznek, melynek keringési ideje 3 földi nap, és a csillag fényének 2%-át takarja ki, a kisebb csökkenések pedig egy kisebb bolygóra utalnak, melynek keringési ideje 2,5 földi nap, és a csillag fényének 1%-át takarja ki.

A 2. gyakorlatban bevezetett képlet segítségével a tanulók azt is kiszámíthatják, hogy a nagyobb bolygó 1,4-szer akkora, mint a kisebb.

s



## → 2. tevékenység – Legyél te is exobolygó-detektív!

A tevékenység során a tanulók alkalmazzák azt, amit a korábbi feladatokban bemutatott fénygörbék elemzéséből tanultak, és az igazi tudósokhoz hasonlóan valós megfigyeléseket értelmeznek, amelyeket a Cheops készített egy exobolygórendszeréről.

### 1. gyakorlat: Exobolygókról készített megfigyelések leírása

A szöveget az alábbiak szerint kell kiegészíteni:

Amikor egy exobolygó elhalad a műhold és a csillag között, a csillag fényének egy kis részét kitakarja, ami a fénygörbén csökkenést eredményez. Ezt nevezzük tranzitnak.

Ha megfigyeljük, ahogy ugyanaz az exobolygó többször is végighalad a pályáján, akkor a fénygörbén észlelt csökkenések közötti időintervallum jelzi a bolygó keringési idejét.

Egy nagyobb exobolygó nagyobb, egy kisebb exobolygó pedig kisebb csökkenést eredményez a fénygörbén.

Az exobolygókat a fénygörbén mutatkozó csökkenések mértéke és a keringési idejük alapján különböztethetjük meg egymástól.

A tanulók számára motiváló kihívást jelenthet, ha lehetőséget adunk nekik, hogy saját szavaikkal fogalmazzák meg a következtetésüket. Ezek megvitatása során ügyeljünk arra, hogy a megfigyelések és a következtetések ne keveredjenek össze, és hogy a következtetések a megfigyelésekből következzenek.

### 2. gyakorlat: Exobolygók megfigyelése

A második gyakorlat keretében a tanulók a Cheops valós adatait értelmezik, ahogy igazi tudósok tennék. Szükség esetén az alábbi kérdésekkel segíthetünk a tanulóknak strukturálni a megfigyeléseiket:

1. Hány exobolygó észlelhető a megfigyelt rendszerben?
2. Mekkora az egyes exobolygók keringési ideje?
3. Mennyi fényt (%) takarnak ki az egyes exobolygók?
4. Mit tudunk meg az egyes exobolygók méretéről?
5. Mit árulnak el még ezeken kívül a görbék? Próbáljátok meg saját szavaitokkal leírni és értelmezni.

**További információ:** a TOI-178 rendszer a Földtől mindössze 205 fényévre helyezkedik el. Az Európai Űrügynökség Cheops nevű exobolygó-küldetése feltárta, hogy egy egyedülálló rendszerről van szó, melynek hat bolygója közül öt különleges ritmusban „táncolva” kering a központi csillagjuk körül. (Az adatsorunkban csak 4 bolygó azonosítható: b, c, d és e). Ezt hívjuk pályarezonanciának: amikor a bolygók ismétlődő, részben összehangolt mintázatokban keringenek a csillagjuk körül. A jelenséget az alábbi animáció szemlélteti: <https://youtu.be/-WewvRG9ysY>

A két belső bolygó (b és c) a Földhöz hasonlóan szilárd kőzetanyagokból áll, a négy külső bolygót (d, e, f és g) pedig gázok alkotják, csakúgy, mint a Neptunuszt és a Jupitert.

Bár a TOI-178 rendszer bolygói nagyon rendezetten keringenek a csillagjuk körül, a sűrűségük nem követ semmilyen mintázatot. Az egyik Föld-típusú kőzetbolygó közvetlen szomszédjai egy hasonló méretű, de gázokból álló „mini-Jupiter” és egy másik, a Neptunushoz nagyon hasonló gázbolygó.

## → EXOBOLYGÓ-DETEKTÍVEK

### Mit árulnak el a műholdadatokról az exobolygókról?

#### → Bevezetés

Számos különböző exobolygót tanulmányozva a tudósok képesek megérteni, hogyan alakulnak ki és fejlődnek az exobolygórendszerek. Ez fontos lépés a saját Naprendszerünk és az Univerzumban elfoglalt helyünk megértéséhez vezető úton.

Az alábbi tevékenység során az Európai Űrügynökség Cheops nevű műholdja (CHaracterising ExOPlanet Satellite – Exobolygókat Megfigyelő Műhold) által gyűjtött valós adatokkal fogunk dolgozni.

Közele csillagok fénygörbéinek pontos mérése révén a Cheops képes meghatározni a csillag előtt átvonuló exobolygók méretét. Ezt az információt más mérésekkel kombinálva a tudósok meg tudják adni az exobolygók sűrűségét. Egyes exobolygókról még az is kideríthető, hogy vannak-e felhőik.

↑ ACheops műhold.



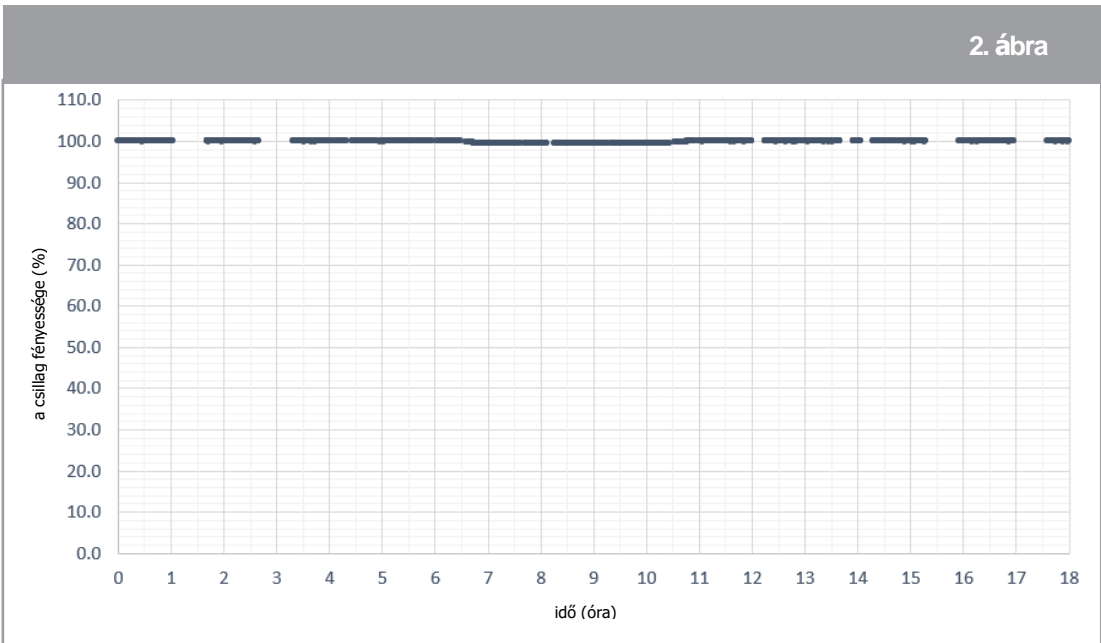
1. ábra

#### → 1. tevékenység: Mik azok a fénygörbék?

A műholdak által megfigyelt tranzitok során a fénygörbén kirajzolódó csökkenés mértéke, formája és helyzete információt adhat az exobolygórendszerről. Ebben a tevékenységben mindezt a Cheops valós adatai segítségével fogjátok tanulmányozni.

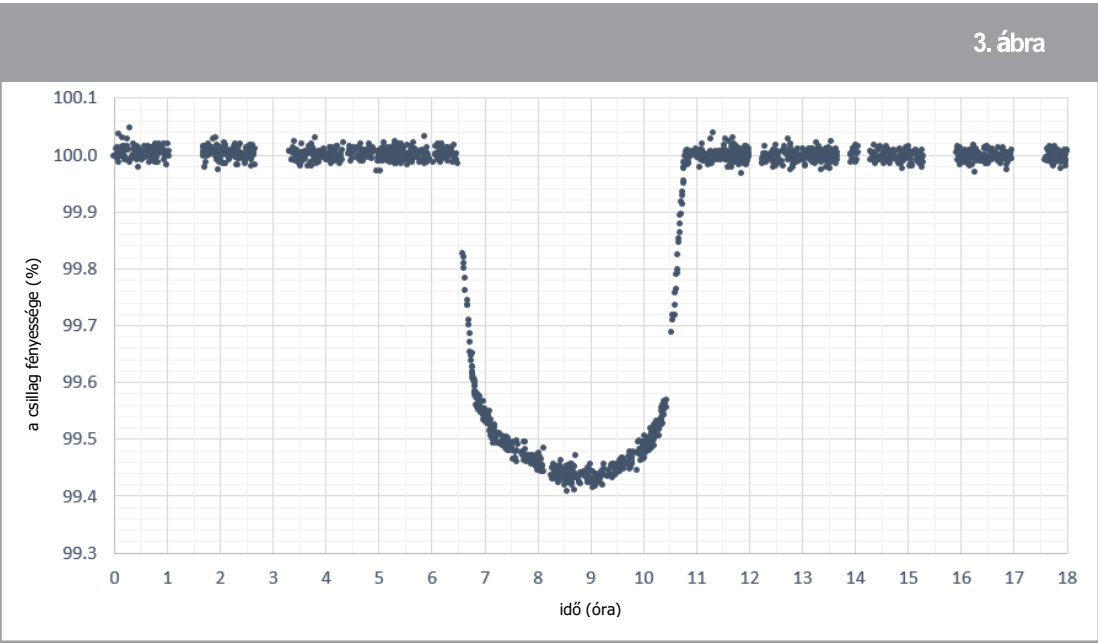
#### 1. gyakorlat - Grafikonok skálázása

Az exobolygók mérete jellemzően a töredéke a központi csillagjukénak: a Föld átmérője például a Nap átmérőjének kb. 1/100-ad része, a Jupiteré pedig a Nap átmérőjének 1/10-e. A kitakart fény mennyisége ezért gyakran kevesebb, mint a csillag teljes fényességének egy százaléka.



2. ábra

↑ A WASP 189b exobolygó tranzitjának fénygörbéje, a Cheops adatai alapján.



↑A WASP 189b exobolygó tranzitjának fénygörbéje azonos Cheops-adatok alapján, eltérő skálával az y tengelyen.

Figyeljétek meg a WASP 189b exobolygó tranzitjának fénygörbét a 2. és a 3. ábrán:

1.1. Mindkét grafikonon azonosítható a tranzit?

---

---

1.2. Hasonlítsátok össze a két grafikont, és írátok le a megfigyelt különbségeket:

---

---

---

---

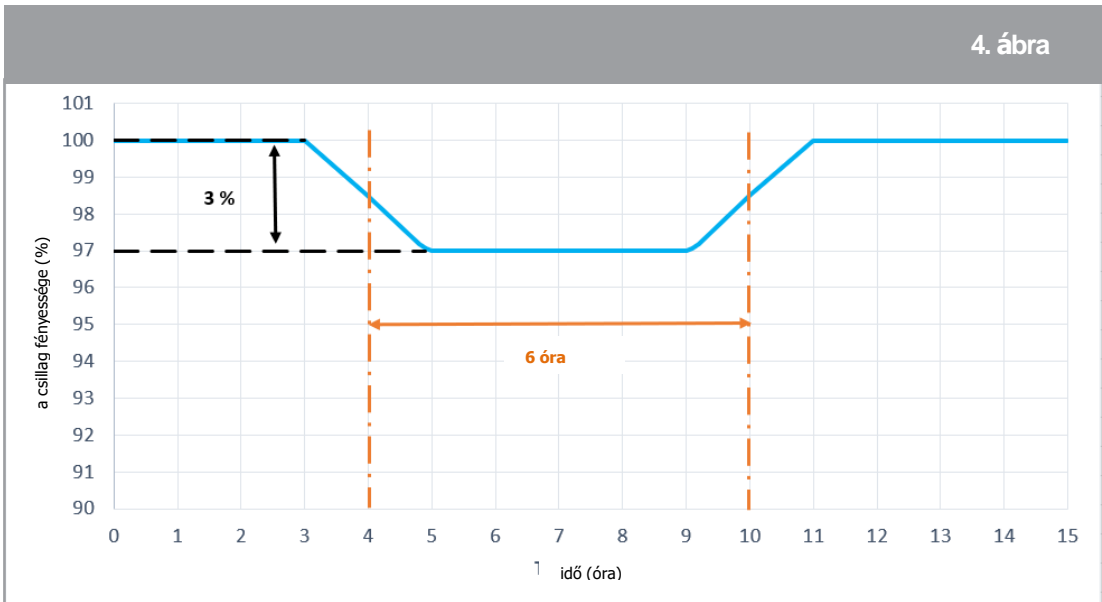
### Tudtad?

A WASP 189b egy hatalmas gázbolygó, körülbelül 50%-kal nagyobb, mint a Jupiter. Ez a gázóriás 2,7 földi nap alatt teszi meg pályáját a csillagja körül, amely több mint 2000 °C-kal forróbb és csaknem 2,5-szer nagyobb a mi Napunknál.



## 2. gyakorlat - Fénygörbék értelmezése

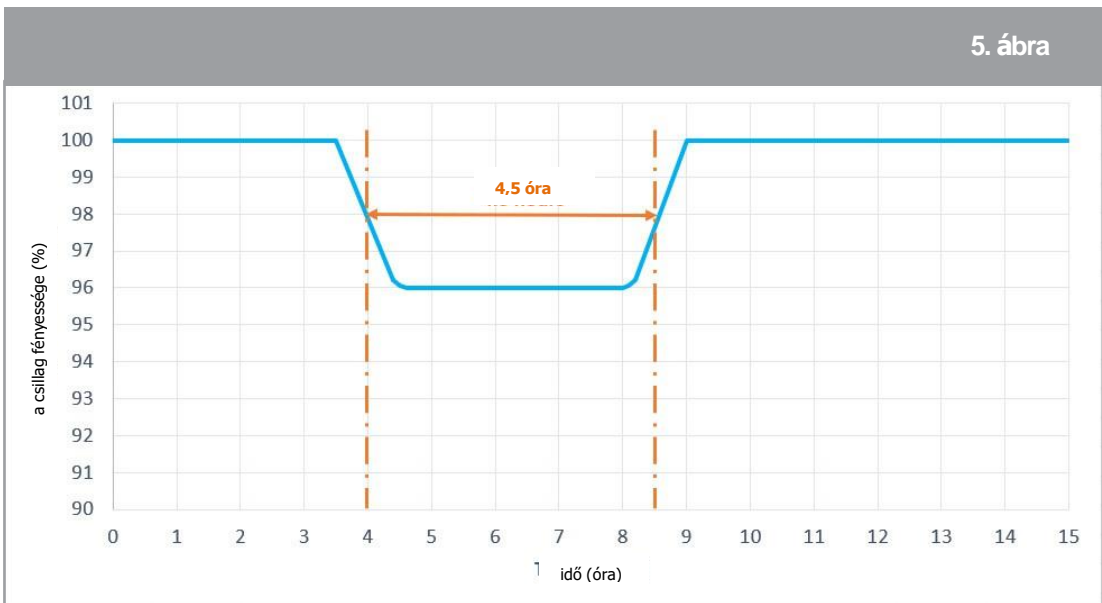
Az alábbiakban egy csillag fénygörbéjének egyszerűsített ábrázolása látható egy exobolygó tranzitja során. A szaggatott vonalak szemléltetik, hogyan tudunk a grafikon segítségével meghatározni néhány alapvető információt az exobolygórendszeréről:



↑ Exobolygó tranzitjának szimulált fénygörbéje.

A fénygörbéből megállapíthatjuk, hogy a megfigyelt exobolygó átvonulása 6 órán át tartott, és a csillag fényének 3%-át takarta ki.

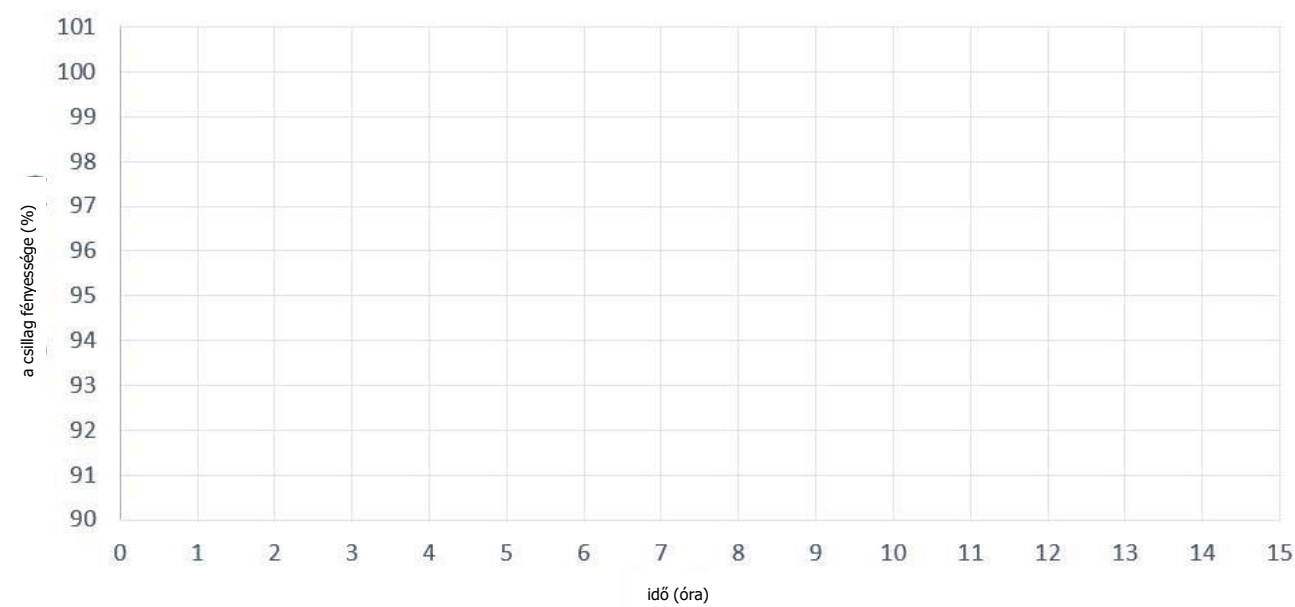
2.1. Vizsgáljátok meg az 5. ábrán látható fénygörbét, és egészítsétek ki a hiányzó információkkal az alábbi mondatot:



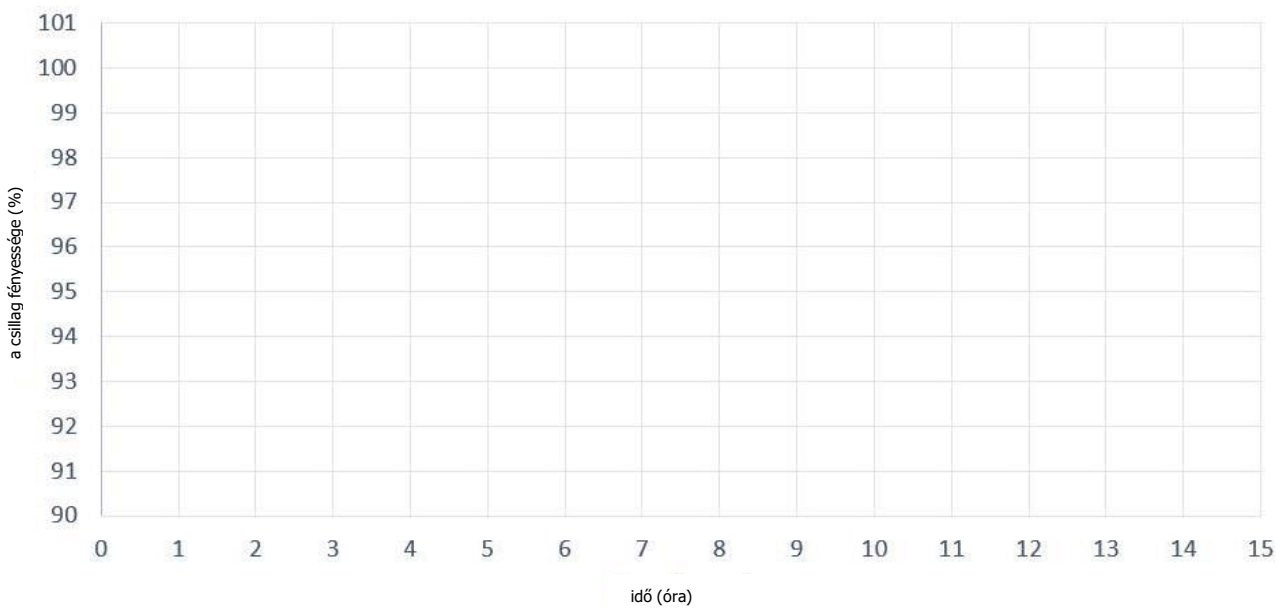
↑ Exobolygó tranzitjának szimulált fénygörbéje.

A fénygörbe alapján a megfigyelt exobolygó átvonulása \_\_\_\_ órán át tartott, és a csillag fényének \_\_\_\_%-át takarta ki.

2.2. Vázoljátok fel egy olyan exobolygó várható fénygörbáját, amely az 5. ábrán láthatóval azonos méretű, de az átvonulása két órával tovább tart:

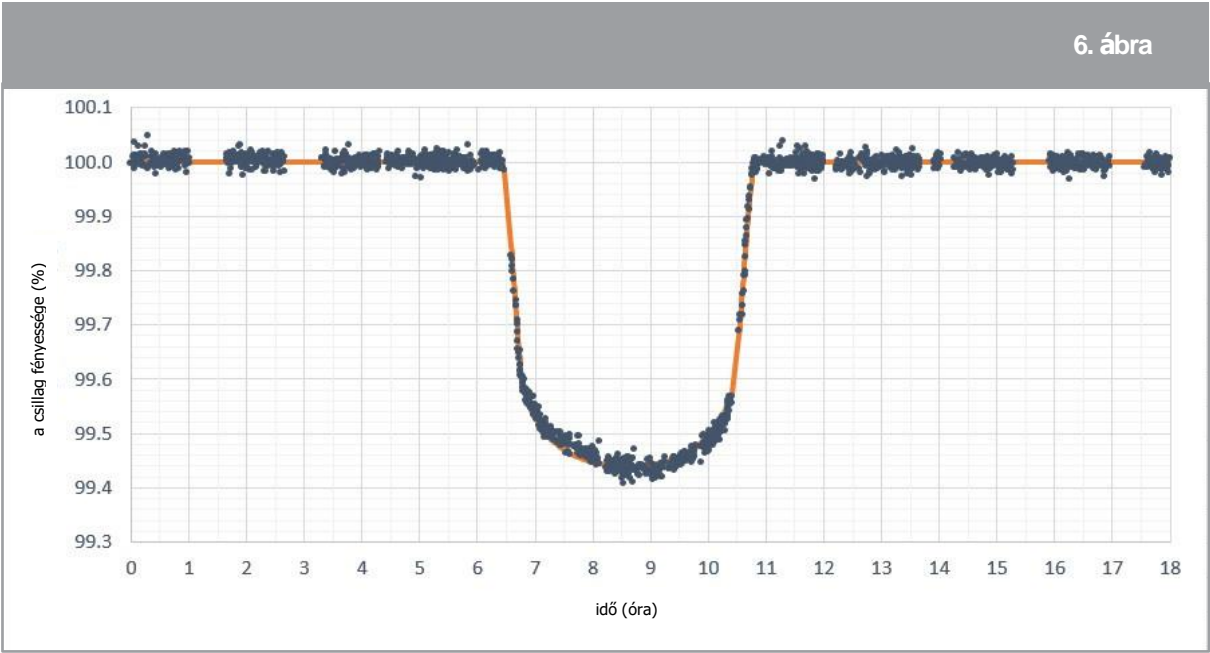


2.3. Vázoljátok fel egy másik exobolygó fénygörbáját, amely ugyanazon csillag körül kering, mint az 5. ábrán látható exobolygó, az átvonulása is ugyanannyi időt vesz igénybe, de nagyobb, és kétszer annyi fényt takar ki:



3. gyakorlat - Valós műholdadatok értelmezése

Most pedig az eddig tanultakat felhasználva elemezni fogjuk a WASP 189b exobolygó tranzitjának a Cheops adatai alapján megrajzolt fénygörbét, amellyel a 3. ábrán már találkozhattatok.



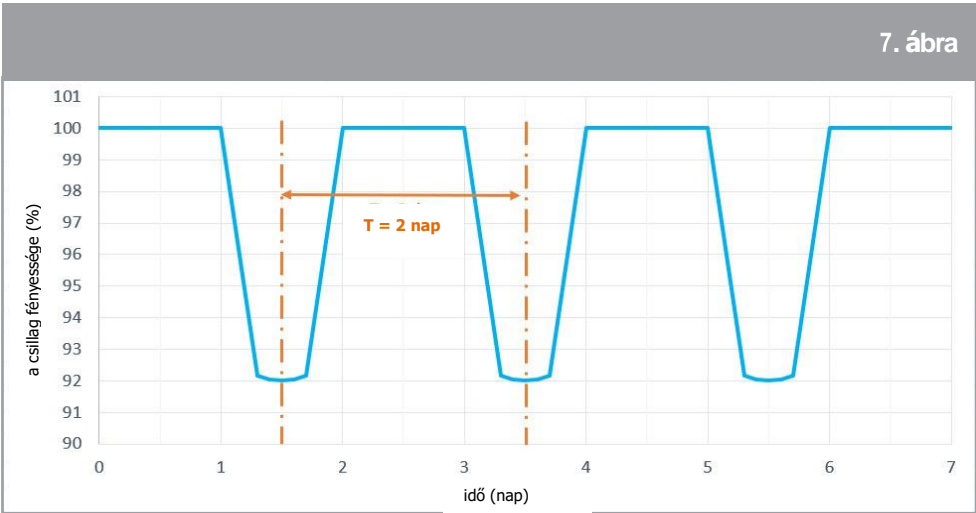
↑ A WASP 189b exobolygó tranzitjának fénygörbéje, a pontfelhőhöz legjobban illeszkedő görbével.

- 3.1. Körülbelül mennyi ideig tart a WASP 189b átvonulása? \_\_\_\_\_
- 3.2. A csillag fényének körülbelül hány százalékát takarja ki a WASP 189b? \_\_\_\_\_

4. gyakorlat - Keringési idő

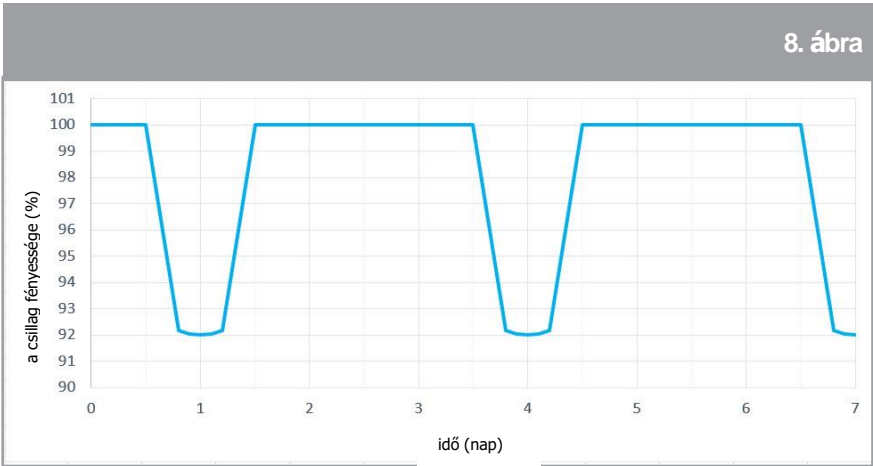
Minden alkalommal, amikor egy exobolygó a csillagja előtt átvonul, a fénygörbén csökkenés mutatkozik. Ha a megfigyeléseket elég hosszú ideig végezzük ahhoz, hogy az exobolygó többször is megtegye a pályáját, a fénygörbén több csökkenés is láthatóvá válik. A két egymást követő csökkenés közötti időintervallum az exobolygó keringési idejét (T) jelzi.

A 7. ábrán egy egyhetes időtartamra kiterjedő szimulált fénygörbe látható. Ez idő alatt a bolygó háromszor vonult át a csillagja előtt. A fénygörbén a csökkenések közötti távolságot megmérve azt látjuk, hogy a bolygó keringési ideje 2 nap.



↑ Szimulált fénygörbe több átvonulással.

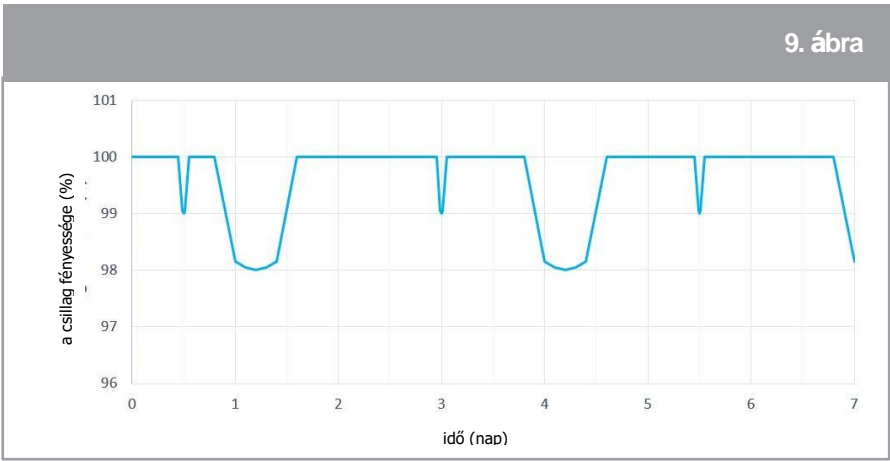
4.1. Figyeljétek meg a 8. ábrát:



↑ Fénygörbe egyszerűsített ábrája.

Mennyi a 8. ábrán látható fénygörbével jelzett exobolygó keringési ideje?

4.2. Az eddig tanultak alapján mit tudnátok elmondani a 9. ábrán látható fénygörbével jelzett exobolygórendszeréről?



↑ Fénygörbe egyszerűsített ábrája több átvonulással.



→ 2. tevékenység – Legyél te is exobolygó-detektív!

Most már készen álltok arra, hogy az eddig tanultak alapján az igazi exobolygó-kutatókhoz hasonlóan valós adatokat elemezzetek. Az lesz a feladatotok, hogy a saját exobolygórendszer-modelletekről készített megfigyeléseiteket összehasonlítsátok a Cheops által készített valós megfigyelésekkel.

1. gyakorlat: Exobolygókról készített megfigyelések leírása

Az eddig tanultak összegzéseként egérsítsétek ki az alábbi szöveget a felsorolt szavakkal. Minden szót csak egyszer használhattok.

<i>műhold</i>	<i>nagyob b</i>	<i>kisebb</i>	<i>csillag</i>	<i>tranzitnak</i>
<i>keringési idejük</i>	<i>pályáj án</i>	<i>mérté ke</i>	<i>csökkené st</i>	<i>időintervallu m</i>

Amikor egy exobolygó elhalad a \_\_\_\_\_ és a csillag között, a \_\_\_\_\_ fényének egy kis részét kitakarja, ami a fénygörbén \_\_\_\_\_ eredményez. Ezt nevezzük \_\_\_\_\_.

Ha megfigyeljük, ahogy ugyanaz az exobolygó többször is végighalad a \_\_\_\_\_, akkor a fénygörbén észlelt csökkenések közötti \_\_\_\_\_ jelzi a bolygó keringési idejét.

Egy \_\_\_\_\_ exobolygó nagyobb, egy \_\_\_\_\_ exobolygó pedig \_\_\_\_\_ csökkenést eredményez a fénygörbén.

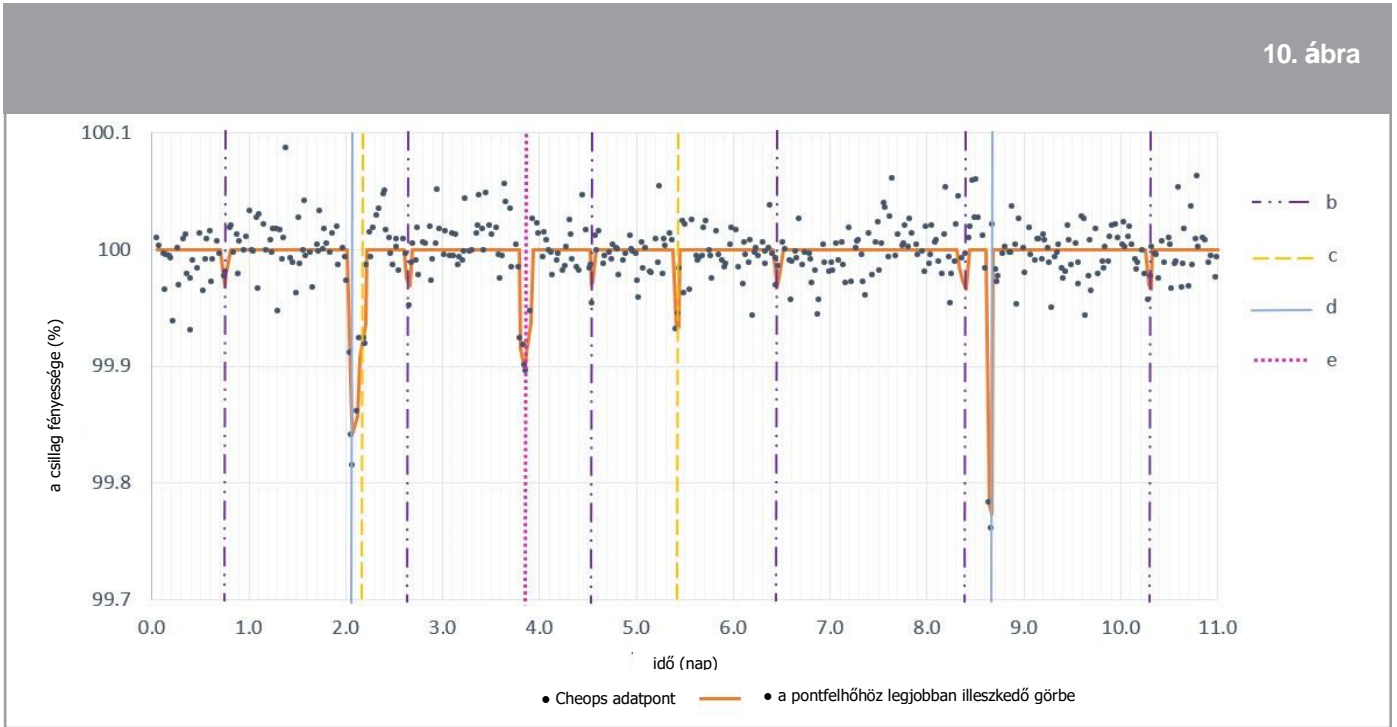
Az exobolygókat a fénygörbén mutatkozó csökkenések \_\_\_\_\_ és a \_\_\_\_\_ alapján különböztethetjük meg egymástól.

.

2. gyakorlat: Exobolygók megfigyelése

Most már készen álltok arra, hogy értelmezzétek a TOI-178 rendszer fénygörbáját, amely a Cheops 11 napos megfigyelésén alapul.

Eleméztétek a 10. ábrán látható fénygörbét, és írtátok le, milyen információkat lehet kikövetkeztetni ebből az adatsorból.



↑ A TOI-178 rendszer fénygörbéje, a Cheops megfigyelései alapján.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

→ **Linkek**

## 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

Az exobolygó küldetés idővonala

<http://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!

<https://sci.esa.int/s/WEmoOnW>

PLATO űrtávcső – PLAnetary Transits and Oscillations of stars (Bolygótranzitok és csillagok oszcillációi)

[sci.esa.int/plato](https://sci.esa.int/plato)

ARIEL űrtávcső – the Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey (Exobolygók széleskörű atmoszférikus távérzékeléses infravörös vizsgálata)

[sci.esa.int/ariel](https://sci.esa.int/ariel)

## További információk

Kreatív animáció a TOI-178 rendszer keringési pályáiról és rezonanciáiról

<https://youtu.be/-WewvRG9ysY>