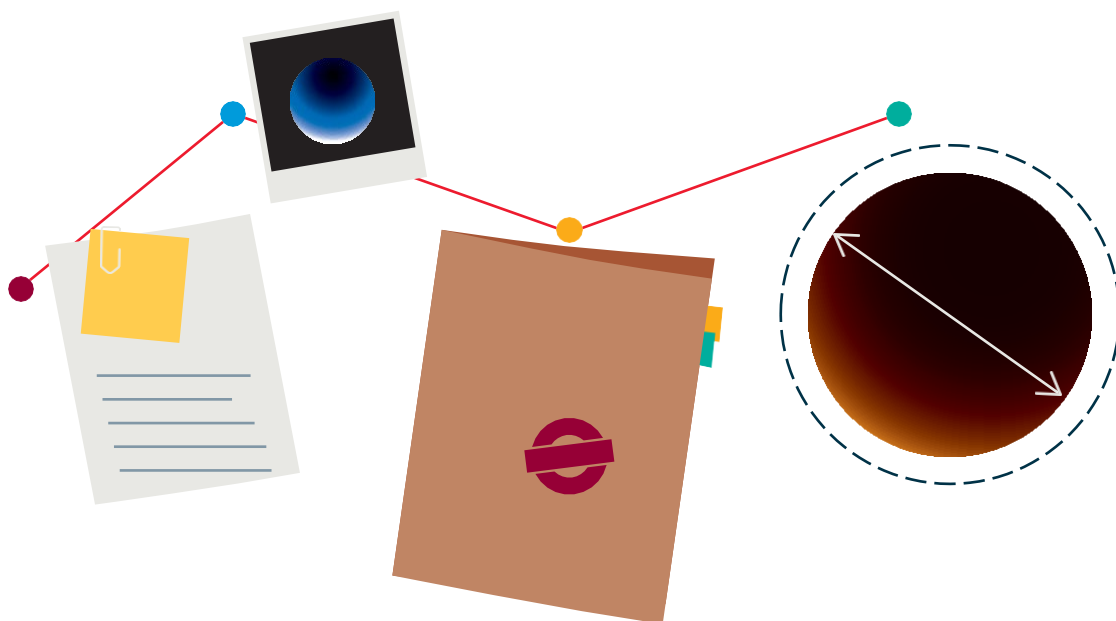


# Să înuățăm prin spațiu

## → HACEAZĂ O EXOPLANETĂ

Devino detectiv spațial!





## GHIDUL PROFESORULUI

<i>Informații rapide</i> .....	03
<i>Introducere</i> .....	04
<i>Activitate</i> .....	05
<i>Provocarea 1: Analiza datelor KELT-3b</i> .....	17
<i>Provocarea 2: Analiza datelor TOI-560c</i> .....	13
<i>Legături</i> .....	14
<i>Anexe</i> .....	15

**Învățați cu ajutorul spațiului - hackează o exoplanetă | P39**

[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

**Biroul pentru educație al ESA e bucuros să primească feedback și comentarii**

[teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

**O producție ESA Education în colaborare cu ESA Science**

Copyright 2023 © Agenția Spațială Europeană

# → HACKEAZĂ O EXOPLANETĂ

## Devino detectiv spațial!

### Informații rapide

Subiecte: Fizică, matematică, astronomie

Interval de vârstă: 14 - 19 ani

Tip: activitate studentească și / sau hackathon

Complexitate: medie

Timp de pregătire a profesorului: 1 oră

Timpul necesar pentru lecții: 90 de minute pentru fiecare provocare (3 ore în total) Cost: scăzut (0-50 lei)

Locație: sala de clasă

Utilizează: calculator (dacă nu este posibil, se sugerează o alternativă)

Cuvinte-cheie: Fizică, Matematică, Astronomie, Exoplanetă, Tranzit

### Scurtă descriere

În cadrul acestei activități, elevii vor caracteriza două exoplanete prin analiza datelor obținute de telescopul Cheops al ESA. Elevii vor lucra ca adevărați oameni de știință și vor adapta un model la date pentru a obține cei mai buni parametri de adaptare.

Activitatea poate fi realizată în format ghidat sau în format de învățare bazată pe proiecte, de exemplu în cadrul unui hackathon. Ghidul profesorului prezintă ambele opțiuni.

Activitățile sunt completate de explicații video pregătite de experți în exoplanete.

### Obiective de învățare

- Lucrul în mod științific cu date reale din satelit.
- Aplicarea de tehnici matematice de analiză a datelor prin adaptarea unui model la date reale.
- Învățarea despre a treia lege a lui Kepler și despre mecanica orbitală.
- Înțelegerea a ce anume este un tranzit de exoplanetă.
- Dezvoltarea abilităților de lucru în echipă în timp limitat.

### Aveți nevoie de

Materiale video de sprijin. A se vedea secțiunea Linkuri.

- Introducere la Hack an Exoplanet - deveniți un detectiv de exoplanete
- *Allesfitter* mini tutorial - ghid pas cu pas despre cum se potrivește cel mai bun model la date
- Cum se determină dimensiunea unei exoplanete
- Perioada orbitală și distanța unei exoplanete, folosind a treia lege a lui Kepler
- Pot fi exoplanetele locuibile?
- Din ce sunt făcute exoplanetele?

## → Introducere

Această activitate educațională a fost dezvoltată în contextul primului hackathon educațional ESA pentru elevii din învățământul secundar: "**Hack an Exoplanet**". Aceste provocări le permit elevilor să utilizeze date reale din satelit pentru a investiga lumi extraterestre și să devină « detectivi de exoplanete » pentru o zi.

În ianuarie 2023, satelitul Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite) al ESA a observat două exoplanete, KELT-3b și TOI-560c, special pentru această activitate. Analizând datele Cheops, elevii se pot alătura oamenilor de știință de la ESA în căutarea de răspunsuri și îi pot ajuta să înțeleagă aceste două lumi extraterestre misterioase.

Provocările sunt activități practice în cadrul cărora elevii trebuie să analizeze datele furnizate de satelitul Cheops al ESA. Elevii vor trebui să caracterizeze principalele proprietăți ale exoplanetelor, utilizând materialele de sprijin și versiunea educațională a instrumentului de ajustare *allesfitter*, pregătit special pentru aceste seturi de date. Activitățile sunt însoțite de explicații și exemple scrise și video, pregătite de experți în exoplanete.

Activitățile pot fi prezentate într-un format ghidat sau într-un format de învățare bazat pe proiecte, de exemplu în cadrul unui hackathon. Ghidul profesorului prezintă ambele opțiuni.

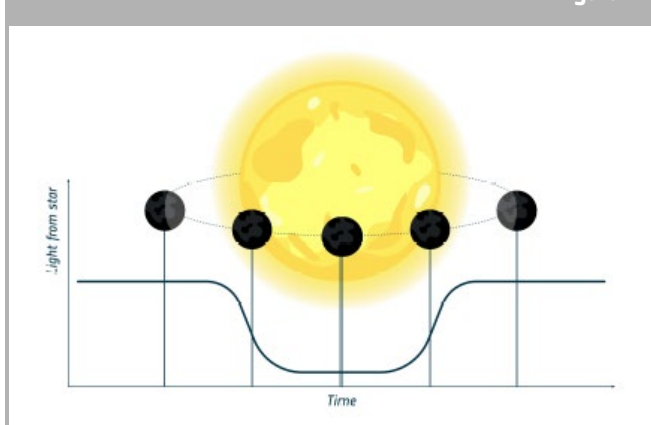
### Ce este o exoplanetă?

Exoplanetele, sau planetele extrasolare, sunt planete aflate în afara sistemului nostru solar, care orbitează în jurul unei alte stele decât Soarele.

### Cum studiem exoplanetele?

În prezent, există peste 5000 de exoplanete confirmate, în aproximativ 4000 de sisteme stelare, dar exoplanetele sunt dificil de detectat. Semnalul pe care îl primim de la o exoplanetă este foarte mic în comparație cu semnalul mult mai mare provenit de la stelele gazdă mai mari și mai luminoase, de obicei mult mai mic de 1%.

Figura 2



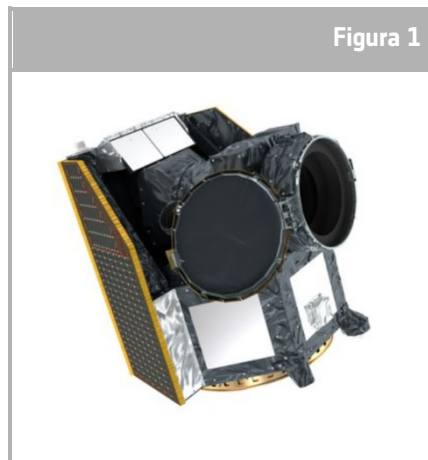
↑ [Reprezentarea metodei de fotometrie de tranzit.](#)

Există diferite metode de detectare și caracterizare a exoplanetelor, în această activitate vom folosi **metoda fotometriei de tranzit**. Aceasta este cea mai comună metodă de descoperire a exoplanetelor.

Fotometrie - cuvântul fotometrie provine din greacă: photo "lumină" și metrie "măsură". Este o tehnică utilizată în astronomie pentru a măsura cantitativ lumina provenită de la stele.

**Tranzit** - exoplaneta este detectată prin măsurarea unei diminuări a luminii provenite de la stea.

Figura 1



↑ [Impresie de artist a lui Keops.](#)

## → Activitate

Activitatea *Hack an Exoplanet* este compusă din două provocări. Prima provocare constă în analiza curbei luminoase de tranzit a exoplanetei gigantice KELT-3b. Urmând instrucțiunile din materialul de suport și/sau urmărind informațiile din videoclipurile instructive, elevii vor putea să deducă proprietățile planetei KELT-3b.

A doua provocare este analiza curbei de lumină a tranzitului exoplanetei mini-Neptun TOI-560c. După finalizarea procesului pentru KELT-3b, elevii ar trebui să fie capabili să finalizeze analiza datelor TOI-560c în mod autonom, urmând un proces similar.

## Echipament

- Calculator cu acces la internet pentru a accesa instrumentul software *allesfitter*. În cazul în care acest pas nu este posibil, echipele pot utiliza cei mai buni parametri de ajustare furnizați în anexa 1 - Curba de lumină de tranzit a exoplanetei KELT-3b și în **anexa 2** - Curba de lumină de tranzit a exoplanetei TOI-560c.
- Fișa de lucru a elevilor tipărită pentru fiecare grup, care include:
  - Harta de investigare a exoplanetelor
  - Dosare de caz KELT-3b și TOI-560c
  - Informații despre planetele sistemului solar
  - Ghid *allesfitter* pas cu pas
- Calculator (opțional)
- Această activitate are, de asemenea, șase videoclipuri de sprijin pentru a ghida echipele (a se vedea secțiunea Linkuri):
  - Introducere la Hackeaza o Exoplaneta - deveniți un detectiv de exoplanete
  - *Allesfitter* mini tutorial - ghid pas cu pas despre cum se potrivește cel mai bun model la date
  - Cum se determină dimensiunea unei exoplanete
  - Perioada orbitală și distanța unei exoplanete, folosind a treia lege a lui Kepler
  - Pot fi exoplanetele locuibile?
  - Din ce sunt făcute exoplanetele?

Informațiile furnizate în videoclipuri sunt prezentate și în acest ghid al profesorului.

## Exercițiu:

Seturile de date pentru cele două ținte au fost obținute de satelitul Cheops al ESA pe 22 și 23 ianuarie 2023, special pentru această activitate educațională. Datele au fost procesate de către experții ESA și sunt gata să fie folosite de către elevi.

Această activitate poate fi prezentată într-un format ghidat sau într-un format de învățare bazat pe proiecte, de exemplu, în cadrul unui hackathon. Ghidul profesorului prezintă ambele opțiuni.

Recomandăm ca această activitate să fie realizată în echipe de 3-4 elevi. Acest lucru le va permite elevilor să dezbată cea mai bună abordare pentru a finaliza fiecare provocare și să discute rezultatele.

**Notă:** în cazul în care analiza datelor este prea complexă, echipele pot, de asemenea, să completeze dosarul de caz prin căutarea online a informațiilor.

## Format ghidat

- Începeți prin a prezenta clasei subiectul exoplanetelor. Vă sugerăm să folosiți acest videoclip introductiv: *Introducere în activitatea "Hack an Exoplanet"*.
- Împărțiți clasa în echipe de 3 sau 4 elevi.
- Prezentați provocarea elevilor. Fiecare echipă va trebui să caracterizeze principalele proprietăți ale exoplanetei KELT-3b, completând fișa de caz disponibilă în fișele de lucru ale elevilor. Echipele vor trebui să determine dimensiunea, perioada orbitală, distanța orbitală, temperatura și compoziția planetei KELT-3b și să compare proprietățile acesteia cu cele ale planetelor din sistemul nostru solar. Harta de investigare a exoplanetelor oferă mai multe informații pentru fiecare proprietate menționată.
- Distribuți echipelor documentele justificative și acordați-le câteva minute pentru a le analiza.
- Stabiliți un timp pentru ca echipele să determine fiecare proprietate a exoplanetei. *Înainte ca* echipele să înceapă munca de determinare a fiecărei caracteristici, prezentați-le videoclipul de sprijin respectiv. Videoclipurile de sprijin includ informații despre modul de determinare a fiecărei proprietăți și soluția pentru KELT-3b.
- Asigurați-vă că echipele înțeleg cum să determine fiecare parametru înainte de a trece la următorul.
- După ce au stabilit toți parametrii, echipele trebuie să prezinte și să discute concluziile lor cu clasa.
- Ca pas următor, vă puteți propune să finalizați Provocarea 2 și să determinați caracteristicile exoplanetei TOI-560c.

## Format bazat pe proiecte - hackathon

- Împărțiți clasa în echipe de 3 sau 4 elevi.
- Începeți prin a le prezenta elevilor conceptul de hackathon cu ajutorul acestui videoclip introductiv: *Introducere în Hackathon - Hack an Exoplanet*
- Puteți lăsa echipele să realizeze provocările în mod autonom (de exemplu, ca temă pentru acasă sau ca proiect de clasă) sau în cadrul unei clase comune sau al unui eveniment școlar.
- Dacă este necesar, subliniați elevilor conceptul de provocare. Fiecare echipă va trebui să caracterizeze principalele proprietăți ale exoplanetei KELT-3b, completând fișa de caz disponibilă în fișele de lucru ale elevilor. Echipele vor trebui să determine dimensiunea, perioada orbitală, distanța orbitală, temperatura și compoziția planetei KELT-3b și să compare proprietățile acesteia cu cele ale planetelor din sistemul nostru solar. Harta de investigare a exoplanetelor oferă mai multe informații pentru fiecare proprietate menționată.
- Distribuți echipelor documentația de suport și dați-le un interval de timp pentru a finaliza întreaga provocare, sugerăm aproximativ 90 de minute pentru analiza KELT-3b.
- Pentru a vă asigura că echipele progresează în mod constant, puteți stabili un interval de timp pentru determinarea fiecărei caracteristici sau puteți prezenta filmul video relevant și oferi sfaturi în anumite momente. Videoclipurile de sprijin includ informații despre modul de determinare a fiecărei proprietăți și soluția pentru KELT-3b.
- După stabilirea tuturor parametrilor, echipele trebuie să prezinte și să discute concluziile lor cu întregul grup.
- Ca pas următor, vă puteți propune să finalizați Provocarea 2 și să determinați caracteristicile exoplanetei TOI-560c.

## → Provocarea 1 - Analiza datelor KELT-3b

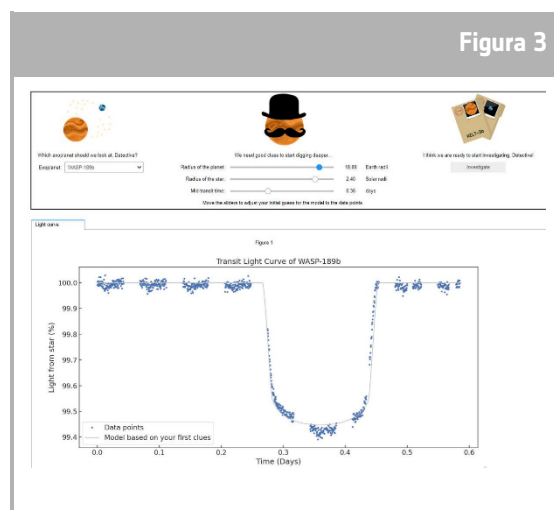
### Accesarea și adaptarea datelor din satelit

Datele pot fi accesate urmând acest link: [hackanexoplanet.esa.int/allesfitter](http://hackanexoplanet.esa.int/allesfitter)

Această versiune a *allesfitter* este o aplicație online care oferă acces ușor și gratuit la datele satelitului Cheops, permițând modelarea mai multor exoplanete din măsurătorile de tranzit. Aceasta poate fi accesată de pe un browser desktop.

Pentru a prelua cei mai buni parametri de ajustare a datelor, elevii trebuie să urmeze pas cu pas ghidul *allesfitter* din fișa de lucru a elevului sau să urmărească tutorialul video. Acest ghid va oferi instrucțiuni privind modul de utilizare a versiunii educaționale bazate pe browser a instrumentului *allesfitter*. Această versiune a instrumentului are deja seturile de date încărcate și permite doar explorarea unor parametri specifici: raza planetei, raza stelei și timpul de tranzit intermediar.

**Notă:** În cazul în care acest pas nu este posibil, echipele pot utiliza cei mai buni parametri de potrivire furnizați în **Anexa 1** - Curba de lumină de tranzit a exoplanetei KELT-3b și **Anexa 2** - Curba de lumină de tranzit a exoplanetei TOI-560c.



↑ [Interfața Allesfitter.](#)

### Cum se determină dimensiunea unei exoplanete?

Atunci când se utilizează metoda fotometriei de tranzit, telescopul măsoară cantitatea de lumină a stelei pe o perioadă de timp. Oamenii de știință adaptează modele la aceste date pentru a încerca să detecteze variații ale luminii stelelor care ar putea fi cauzate de o exoplanetă.

Atunci când folosim metoda fotometriei de tranzit, nu detectăm direct exoplaneta (cu excepția unor cazuri foarte specifice). În schimb, măsurăm cantitatea de lumină stelară pe care exoplaneta o blochează atunci când trece între stea și telescop.

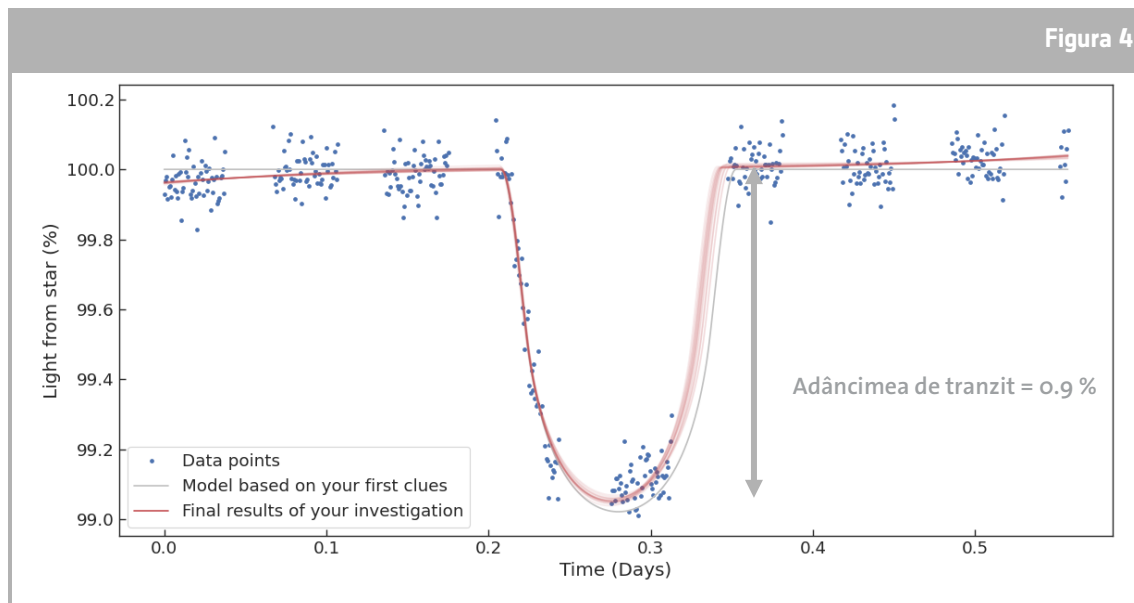
Cantitatea de lumină stelară pe care o blochează exoplaneta este denumită în mod normal adâncimea tranzitului. Iar această valoare este proporțională cu suprafața proiectată a exoplanetei.

Este posibil să se determine raza exoplanetei ( $R_p$ ) dacă se cunoaște raza stelei ( $R_s$ ) și adâncimea de tranzit:

$$\text{transit depth (\%)} = \frac{\pi \cdot R_p^2}{\pi \cdot R_s^2} \times 100$$

## Exemplu KELT-3b:

Să analizăm acum datele KELT-3b ca exemplu.



↑ Datele KELT-3b de la Cheops cu curba de lumină a tranzitului cel mai bun model de potrivire din *allesfitter*.

Raza stelei KELT-3 este cunoscută și furnizată în dosarul de caz:  $R_s = 1.70 R_{Sun}$

Analizând datele Cheops, putem măsura adâncimea de tranzit la aproximativ 0.9% (Figura 4).

Folosind ecuația de mai sus:  $R_p = \sqrt{R_s^2 \times \frac{\text{transit depth}}{100}} = \sqrt{1.70^2 \times \frac{0.9}{100}} = 0.161 R_{Sun}$

Conversia în unități de măsură pentru raze terestre:  $R_p = 0.161 \times 109 = 17.5 R_{Earth}$

Atunci când elevii vor rula programul *allesfitter*, ei vor obține o valoare de cel mai bun ajustaj pentru rază. Această valoare poate diferi semnificativ de această estimare simplă. Pe interfață, elevii pot varia doar trei parametri, dar software-ul *allesfitter* ajustează datele cu un model complex cu mai mulți parametri ascunși care pot oferi o ajustare mai completă a datelor.

## Cum se determină perioada orbitală și distanța, folosind a treia lege a lui Kepler

Perioada orbitală,  $T$ , a unei planete este timpul necesar pentru ca planeta să parcurgă o orbită completă în jurul stelei sale. Aceasta poate fi măsurată prin găsirea momentului de la mijlocul tranzitului (centrul tranzitului) a două tranzite consecutive ale aceleiași exoplanete și prin măsurarea intervalului de timp dintre ele.

Pentru aceste observații avem doar un singur tranzit, dar putem extrapola perioada orbitală prin compararea datelor observaționale actuale cu datele observaționale anterioare găsite în arhiva de date.



După ce cunoaștem perioada orbitală a exoplanetei, putem folosi a treia lege a lui Kepler pentru a calcula distanța orbitală medie,  $d$ , dintre planetă și stea.

$$T^2 = \left( \frac{4\pi^2}{GM_s} \right) d^3$$

Unde  $G$  este constanta gravitațională, iar  $M_s$  este masa stelei.

### Exemplu KELT-3b:

Să analizăm acum datele KELT-3b ca exemplu. În acest exercițiu, elevii trebuie să acorde o atenție deosebită unităților.

- Constanta gravitațională în unități SI este  $G = 6.67430 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
- Masa stelei KELT-3 este cunoscută:  $M_s = 1.96 M_{Sun}$
- Trebuie să convertim masa sa în unități SI:  $M_s = 3.90 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Din ajustarea modelului am aflat că perioada orbitală,  $T = 2,70339 \text{ zile}$ . Conversia perioadei orbitale în secunde:  $T = 233573 \text{ s}$

Acum avem toate informațiile necesare pentru a determina distanța dintre stea și exoplanetă.

$$d = \sqrt[3]{\frac{GM_s}{4\pi^2} T^2} = \sqrt[3]{\frac{6.67430 \times 10^{-11} \times 3.90 \times 10^{30}}{4\pi^2} 233573^2} = 7.112 \times 10^9 \text{ m} = \mathbf{0.048 \text{ au}}$$

Să comparăm acum perioada și distanța orbitală medie a lui KELT-3b cu cele ale planetelor din sistemul nostru solar:

Tabelul 1		
Planeta	Perioada (zile)	Distanța orbitală medie (au)
KELT-3b	2,70339	0,048
Mercur	87,97	0,4
Pământ	365,25	1
Neptun	60 266,25	30

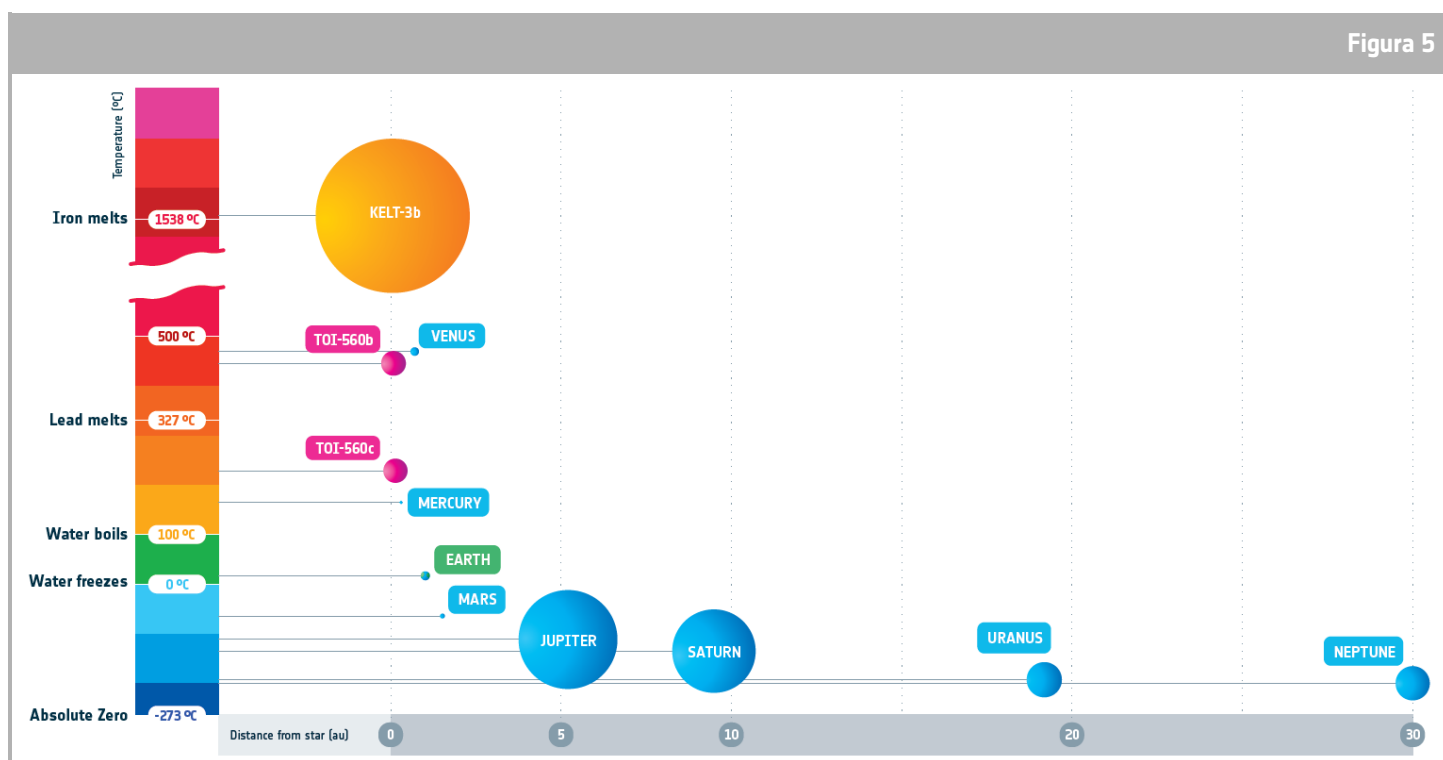
↑ [Comparație între perioada și distanța orbitală medie pentru KELT-3b și planetele din Sistemul Solar](#)

KELT-3b are o perioadă orbitală mult mai scurtă decât Mercur, cea mai apropiată planetă de Soare din sistemul nostru solar, din cauza distanței mici a exoplanetei față de steaua care o găzduiește. Metoda fotometriei de tranzit identifică mai ușor planetele aflate pe aceste tipuri de orbite decât cele din sistemul nostru solar.

## Cum știm dacă o exoplanetă poate fi locuibilă?

Până în prezent, Pământul este singurul loc din univers despre care se știe că găzduiește viață. De asemenea, nu se știe dacă viața s-ar putea dezvolta și exista în condiții foarte diferite de cele existente pe planeta noastră. Atunci când examinează exoplanetele și definesc posibilele condiții de locuibilitate, oamenii de știință încearcă să identifice condiții similare cu cele de pe Pământ, cum ar fi temperatura.

Un factor important care trebuie luat în considerare pentru habitabilitate este temperatura. Temperatura unei planete este definită în principal de distanța la care se află față de steaua gazdă. Atunci când o planetă orbitează în jurul unei stele la o distanță la care pe suprafața sa poate fi prezentă **apă lichidă**, planeta se află în **zona locuibilă** a stelei gazdă.



↑ Diagrama care prezintă mărimea și temperatura planetelor în funcție de distanța față de steaua gazdă.

Dimensiunea și distanța planetelor sunt reprezentate cu două scări diferite.

### Venus: excepția din sistemul solar

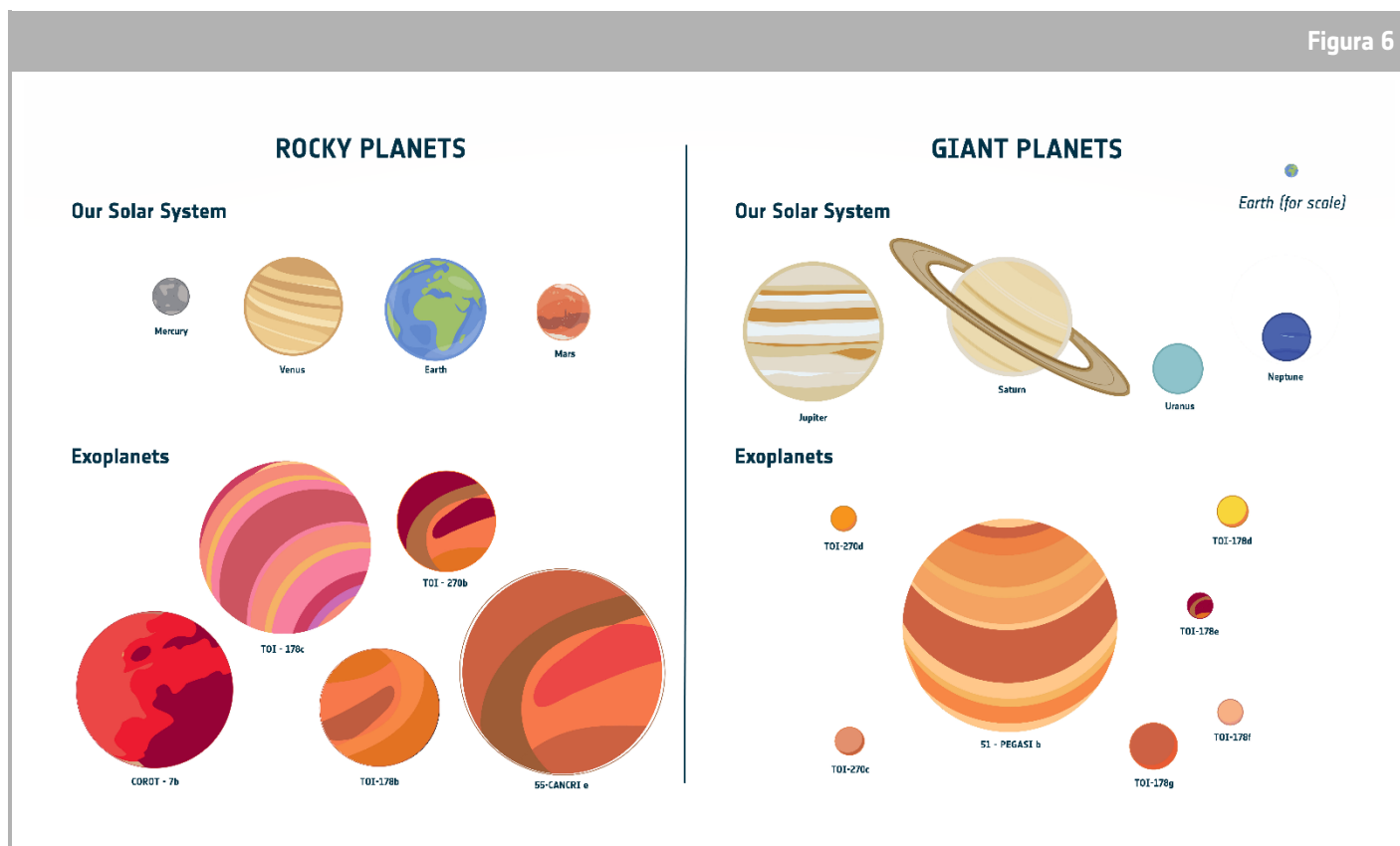
Temperatura măsurată la suprafața unei planete este influențată și de atmosfera acesteia. În sistemul solar, Venus este un exemplu extrem. Atmosfera sa densă acționează ca o seră și încălzește suprafața la o temperatură mai mare decât punctul de topire a plumbului, ceea ce o face o planetă mai caldă decât Mercur, în ciuda faptului că se află la o distanță mai mare de Soare.

### Exemplu KELT-3b:

Să discutăm acum despre KELT-3b ca exemplu. Este puțin probabil ca KELT-3b să găzduiască viață deoarece este prea aproape de steaua gazdă, ceea ce face ca temperatura de la suprafață să fie foarte ridicată, peste punctul de topire a fierului. Majoritatea aminoacizilor, elementele constitutive ale vieții, nu ar supraviețui unor astfel de temperaturi extreme. Planeta este, de asemenea, bombardată de niveluri ridicate de radiații din cauza distanței foarte mici față de steaua gazdă.

## Din ce sunt făcute exoplanetele?

În sistemul nostru solar, planetele sunt de obicei împărțite în două categorii: planete stâncoase și planete gazoase. Cu toate acestea, exoplanetele pot fi foarte diferite de planetele vecine cu care suntem obișnuiți.



↑ Exemple de impresii de artiști ale unor exoplanete reale care au fost deja descoperite pe orbite în jurul unor stele apropiate.

Prin calcularea **densității** medii a unei exoplanete,  $\rho$ , este posibil să ne facem o idee despre compoziția exoplanetei.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Unde  $M$  este masa exoplanetei și  $V$  este volumul exoplanetei.

În mod normal, masa și volumul exoplanetei sunt determinate cu o eroare mare asociată valorilor. Aceste erori se propagă apoi la calculul densității exoplanetei, creând o incertitudine în valoarea densității cuprinsă între 10% și 30%.

O altă tehnică utilizată pentru a studia exoplanetele se numește spectroscopie. Cu ajutorul acestei tehnici, lumina primită de la stea sau de la exoplanetă este împărțită în diferite lungimi de undă, ceea ce permite determinarea **compoziției atmosferice** a exoplanetei sau a acoperirii norilor.

### Exemplu KELT-3b:

Să analizăm acum datele KELT-3b ca exemplu. Masa lui KELT-3b este de  $617 M_{\text{Earth}}$ . Această valoare nu poate fi determinată din fotometria de tranzit. Ea a fost determinată în urma unor observații anterioare, folosind o tehnică diferită numită viteză radială.

În primul exercițiu am determinat deja raza lui KELT-3b. Cunoscând raza, putem calcula volumul exoplanetei, presupunând că aceasta este o sferă perfectă:  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ .

$$M_p = 617 M_{\text{Earth}} = 3,685 \times 10^{30} \text{ g}$$

$$R_p^* = 17,5 R_{\text{Earth}} = 1,116 \times 10^{10} \text{ cm}$$

\* Această valoare a razei a fost estimată din calculul adâncimii de tranzit, elevii pot folosi și valoarea modelului *allesfitter* cel mai bine adaptat.

$$\rho = \frac{M}{V} = 0.63 \text{ g cm}^{-3}$$

Această valoare este mult mai mică decât densitatea medie a planetei Jupiter și mai apropiată de densitatea planetei WASP-189b (o exoplanetă Jupiter fierbinte cunoscută). Distanța mică față de steaua gazdă și temperatura ridicată a acesteia fac ca exoplaneta să fie "umflată".

## Rezumat KELT-3b

KELT-3b este un Jupiter fierbinte care orbitează în jurul unei stele asemănătoare Soarelui, KELT-3, la aproximativ 690 de ani lumină de Pământ.

KELT-3b orbitează foarte aproape de steaua sa gazdă, de peste 10 ori mai aproape decât orbitează Pământul în jurul Soarelui. Exoplaneta are nevoie de numai 2,7 zile pentru a parcurge o orbită completă în jurul lui KELT-3.

Din cauza apropierii sale de steaua gazdă, temperatura medie a exoplanetei este foarte ridicată, peste temperatura de topire a fierului, ceea ce o face complet locuibilă.

KELT-3b este compusă în principal din hidrogen și heliu, similar cu Jupiter. Din cauza temperaturii ridicate a exoplanetei și a apropierii de stea, atmosfera sa este foarte extinsă (umflată), iar densitatea medie este foarte scăzută.

Tabelul 2	
Exoplaneta	KELT-3b
Tipul de planetă	Jupiter fierbinte
Raza ( $R_{\text{Earth}}$ )	16,81 (de la <i>allesfitter</i> )
	17,5 (din adâncimea de tranzit)
Masa ( $M_{\text{Earth}}$ )	$617 \pm 105$
Perioada orbitală (zile)	2,70339
Distanța orbitală medie (au)	~0,048
Densitate ( $\text{g/cm}^3$ )	~0,63
Temperatura medie ( $^{\circ}\text{C}$ )	~1543

↑ Rezumat al unei estimări a proprietăților KELT-3b

## Trimiteți proiectul vostru

Echipele pot trimite proiectul "Hack an exoplanet" al echipei lor pe platforma Hack an Exoplanet pentru a primi un certificat de participare. Pentru a vă trimite proiectul, vizitați [hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project](http://hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project).

## → Provocarea 2 - Analiza datelor TOI-560c

După finalizarea analizei KELT-3b, echipele ar trebui să fie capabile să urmeze același proces de analiză pentru datele TOI-560c.

Toate informațiile necesare sunt disponibile în dosarul de caz, în fișa de lucru a elevului și pe [hackanexoplanet.esa.int/challenges](https://hackanexoplanet.esa.int/challenges).

Echipele își pot trimite proiectul "Hack an exoplanet" pe platforma Hack an Exoplanet pentru a primi un certificat de participare. Pentru a trimite proiectul echipei dumneavoastră, vizitați [hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project](https://hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project).

### Premiul pentru cel mai bun proiect:

Pentru a avea șansa de a câștiga premiul pentru cel mai bun proiect, echipele trebuie să trimită jurnalul lor de investigație despre TOI-560c, urmând modelul.

Prezentarea echipei dumneavoastră trebuie să includă analiza datelor Cheops pentru TOI-560c și trebuie să respecte formatul unei lucrări științifice, inclusiv un rezumat, analiza și rezultatele, precum și concluziile.

Echipele câștigătoare vor primi cadouri de la ESA, precum și oportunitatea de a participa la un webinar cu laureatul Premiului Nobel pentru Fizică, Didier Queloz, pe 17 iulie 2023. Termenul limită pentru înscrieri este 14 iunie 2023.

Pentru a vă trimite proiectul, vizitați [hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project](https://hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project).

## → LINK-URI

### Resurse de sprijin

Hackați o exoplanetă:

[hackanexoplanet.esa.int](http://hackanexoplanet.esa.int)

Ghid al educatorilor pentru activitatea cu exoplanete

[hackanexoplanet.esa.int/educators-guide](http://hackanexoplanet.esa.int/educators-guide)

AllesFitter versiunea educațională a software-ului:

[hackanexoplanet.esa.int/allesfitter](http://hackanexoplanet.esa.int/allesfitter)

Introducere la Hack an Exoplanet - deveniți un detectiv de exoplanete

[hackanexoplanet.esa.int/challenges](http://hackanexoplanet.esa.int/challenges)

*Allesfitter* mini tutorial - ghid pas cu pas despre cum se potrivește cel mai bun model la date

[hackanexoplanet.esa.int/allesfitter-guide](http://hackanexoplanet.esa.int/allesfitter-guide)

Cum se determină dimensiunea unei exoplanete

[hackanexoplanet.esa.int/challenges-size](http://hackanexoplanet.esa.int/challenges-size)

Perioada orbitală și distanța unei exoplanete, folosind a treia lege a lui Kepler

[hackanexoplanet.esa.int/challenges-orbital-period-and-distance](http://hackanexoplanet.esa.int/challenges-orbital-period-and-distance)

Pot fi exoplanetele locuibile?

[hackanexoplanet.esa.int/challenges-temperature-and-habitability](http://hackanexoplanet.esa.int/challenges-temperature-and-habitability)

Din ce sunt făcute exoplanetele?

[hackanexoplanet.esa.int/challenges-composition](http://hackanexoplanet.esa.int/challenges-composition)

Referințe științifice pentru KELT-3b

[exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/overview/KELT-3](http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/overview/KELT-3)

### Resurse ESA

Resurse ESA pentru clasă

[esa.int/Education/Classroom\\_resources](http://esa.int/Education/Classroom_resources)

Învățați cu exoplanete

[esa.int/Education/Teach\\_with\\_Exoplanets](http://esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets)

Faceți cunoștință cu Cheops: satelitul de caracterizare a exoplanetelor

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

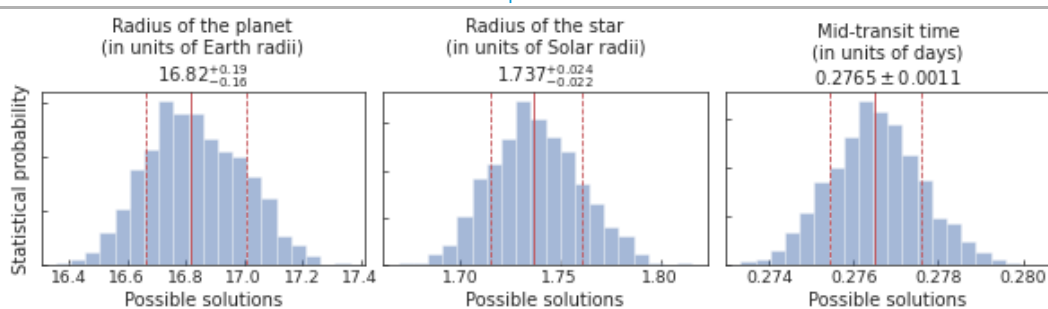
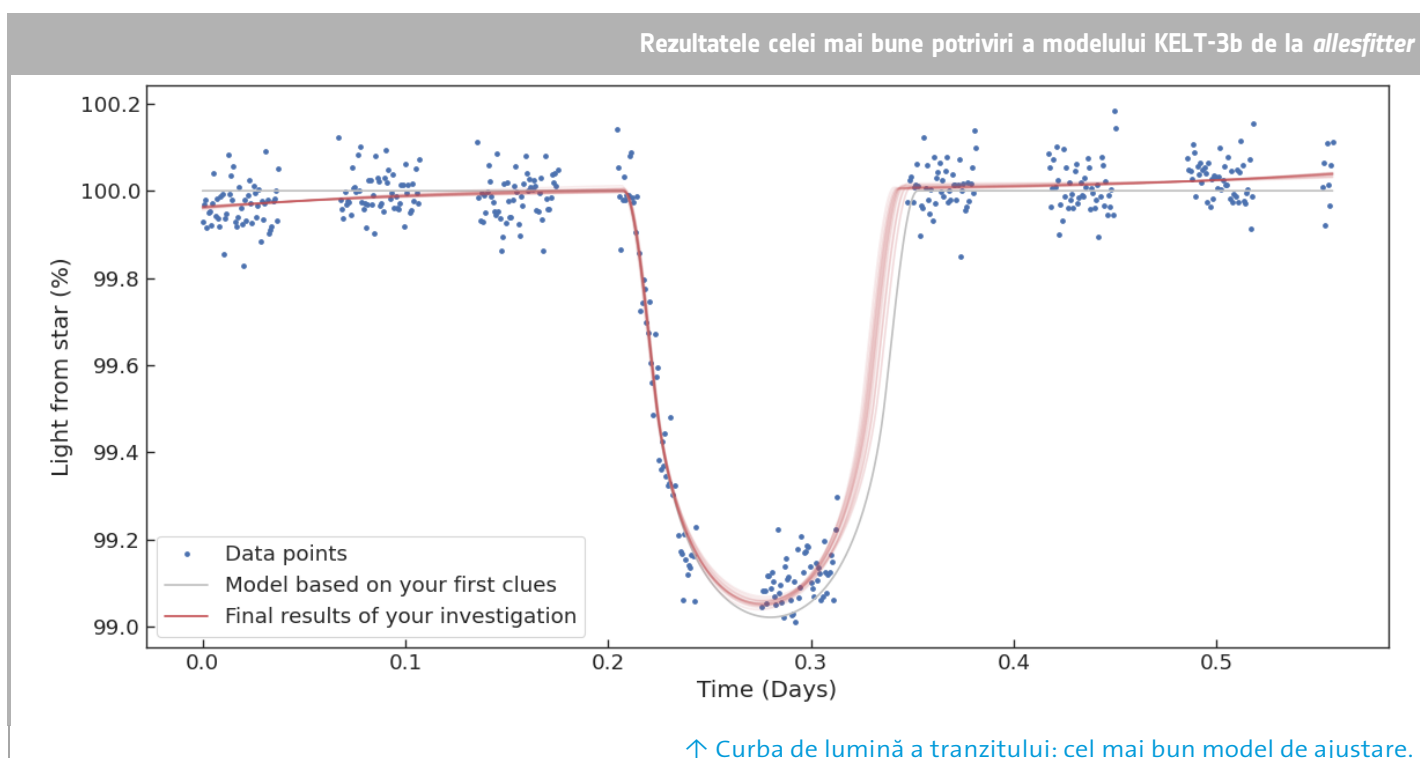
### Proiecte spațiale ESA

Cheops - Satelitul de caracterizare a exoplanetelor

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

## → Anexa 1

### Curba de lumină de tranzit a exoplanetei KELT-3b



- Histogramele arată probabilitatea ca fiecare parametru să aibă o anumită valoare.
- Linia centrală, solidă, indică valoarea mediană a fiecărui parametru.
- Liniile punctate din stânga și din dreapta acestuia indică limitele inferioară și, respectiv, superioară.
- Acestea se numesc incertitudini 1-sigma. Aceasta înseamnă că, din punct de vedere statistic, putem fi siguri în proporție de 68% că valoarea reală se află în interiorul lor.
- Rețineți că acest lucru înseamnă că este posibil ca adevărata valoare a unui parametru să se afle în afara acestor limite; acestea sunt doar incertitudini statistice, nu limite definitive.

↑ Histograma probabilității statistice a tuturor valorilor parametrilor lui KELT-3b

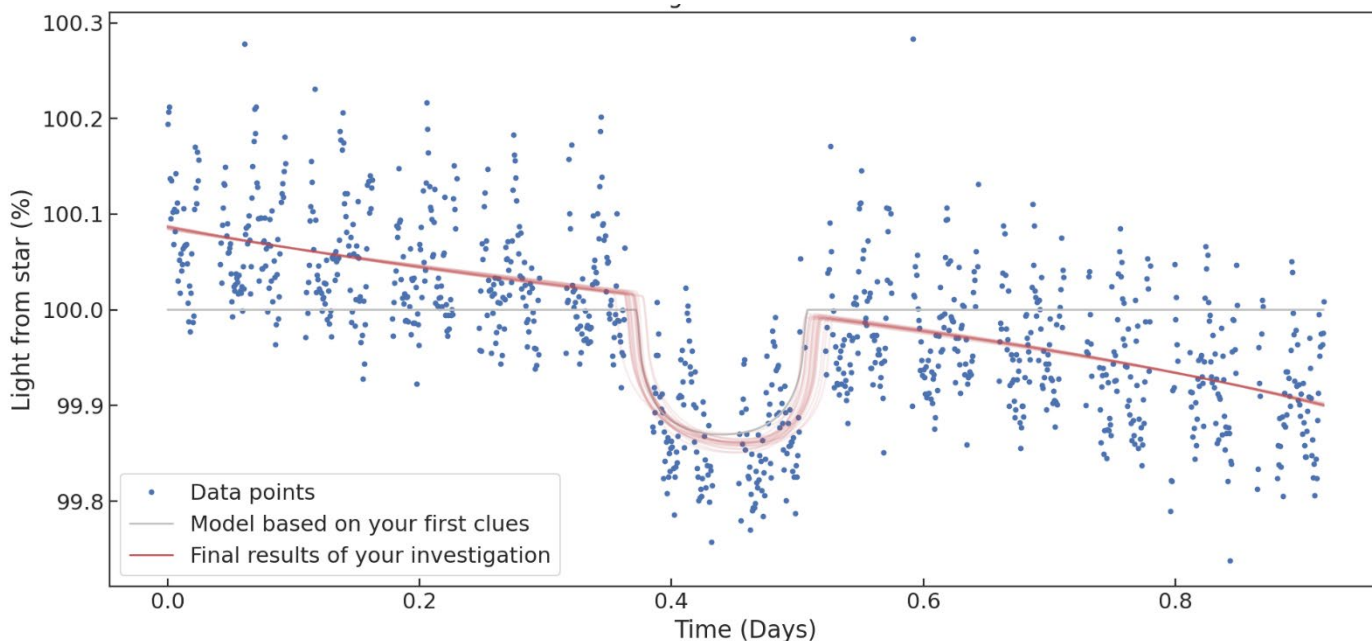
Nume	Valoarea mediană	Eroare mai mică	Eroare superioară	Notă de caz
Raza planetei (în unități de raze terestre)	16,82	0,16	0,19	Observații Cheops
Raza stelei (în unități de raze solare)	1,737	0,022	0,024	Observații Cheops
Țimpul de tranzit intermediar (în unități de zile)	0,2765	0,0011	0,0011	Observații Cheops
Perioada orbitală (în unități de zile)	2,70339			Alte observații din arhivă

↑ Tabel cu cei mai buni parametri de potrivire a modelului.

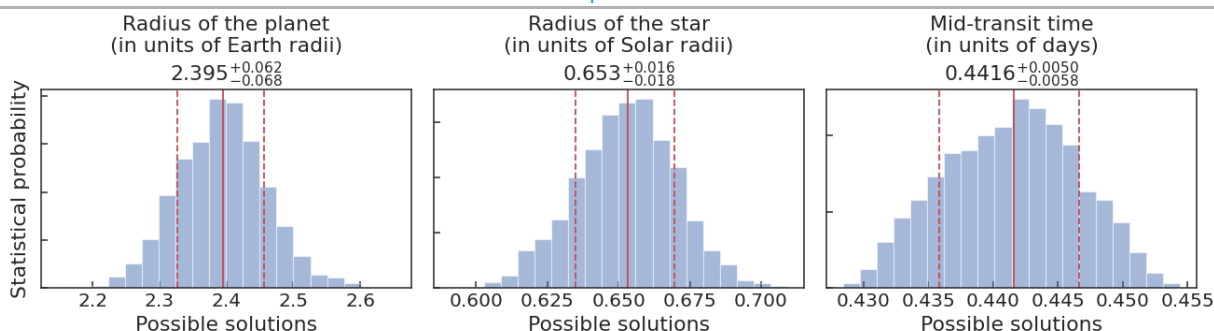
## → Anexa 2

### Curba de lumină de tranzit a exoplanetei TOI-560c

TOI-560c cele mai bune rezultate de potrivire a modelului de la *allesfitter*



↑ Curba luminoasă a tranzitului: cel mai bun model de ajustare.



- Histogramele arată probabilitatea ca fiecare parametru să aibă o anumită valoare.
- Linia centrală, solidă, indică valoarea mediană a fiecărui parametru.
- Liniile punctate din stânga și din dreapta acestuia indică limitele inferioară și, respectiv, superioară.
- Acestea se numesc incertitudini 1-sigma. Aceasta înseamnă că, din punct de vedere statistic, putem fi siguri în proporție de 68% că valoarea reală se află în interiorul lor.
- Rețineți că acest lucru înseamnă că este posibil ca adevărata valoare a unui parametru să se afle în afara acestor limite; acestea sunt doar incertitudini statistice, nu limite definitive.

↑ Histograma probabilității statistice a tuturor valorilor parametrilor TOI-560c

Nume	Valoarea mediană	Eroare mai mică	Eroare superioară	Notă de caz
Raza planetei (în unități de raze terestre)	2,395	0,068	0,062	Observații Cheops
Raza steii (în unități de raze solare)	0,653	0,018	0,016	Observații Cheops
Timpul de tranzit intermediar (în unități de zile)	0,4416	0,0058	0,0050	Observații Cheops
Perioada orbitală (în unități de zile)	18,8797			Alte observații din arhivă

↑ Tabel cu cei mai buni parametri de potrivire a modelului.