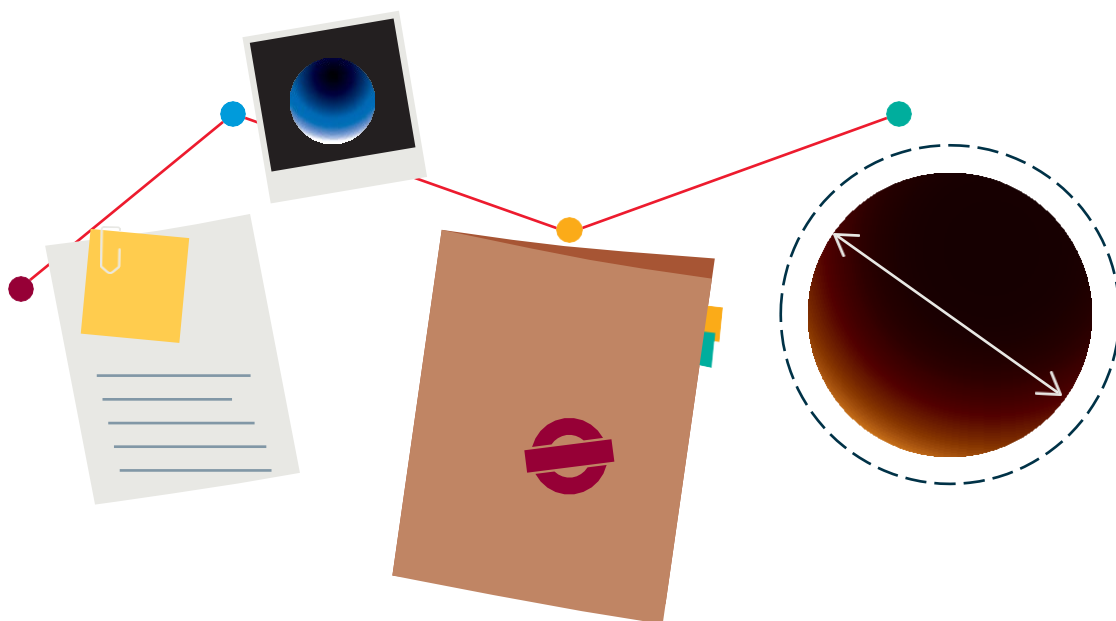


učit' s

→ HACKNÚŤ EXOPLANÉTU

Stať sa vesmírnym detektívom





učiteľský sprievodca

<i>Rýchle fakty</i>	03
<i>Úvod</i>	04
<i>Aktivita</i>	05
<i>Úloha 1: Analýza údajov KELT-3b</i>	07
<i>Úloha 2: Analýza údajov TOI-560c</i>	13
<i>Odkazy</i>	14
<i>Prílohy</i>	15

Učte sa s vesmírom - hacknite exoplanétu | P39

www.esa.int/education

Vzdelávacia kancelária ESA víta spätnú väzbu a pripomienky

teachers@esa.int

Produkcia ESA Education v spolupráci s ESA Science

Autorské práva 2023 © Európska vesmírna agentúra

→ HACKNÚŤ EXOPLANÉTU

Stať sa vesmírnym detektívom

Rýchle fakty

Predmet: Fyzika, matematika, astronómia

Veková kategória: 14 - 19 rokov

Typ: študentská aktivita a/alebo hackathon

Zložitosť: stredná

Čas prípravy učiteľa: 1 hodina

Potrebný čas na vyučovanie: 90 minút na jednu úlohu (spolu 3 hodiny)

Náklady: nízke (0-10 eur)

Umiestnenie: učebňa

Využíva: počítač (ak to nie je možné, navrhuje sa alternatíva)

Kľúčové slová: Exoplanéta, tranzit, fyzika, matematika, astronómia

Stručný opis

V tejto aktivite budú študenti charakterizovať dve exoplanéty analýzou údajov získaných družicou ESA Cheops. Študenti budú pracovať ako skutoční vedci a prispôbia model údajom, aby získali najlepšie vyhovujúce parametre.

Aktivitu je možné absolvovať formou vedenia alebo formou projektového vyučovania, napríklad v rámci hackathonu. V príručke pre učiteľa sú uvedené obe možnosti.

Aktivity sú doplnené videovysvetleniami, ktoré pripravili odborníci na exoplanéty.

Ciele vzdelávania

- Vedecky pracujte so skutočnými satelitnými údajmi.
- Aplikovať techniky matematickej analýzy údajov pomocou prispôbenia modelu skutočným údajom.
- Zoznámte sa s tretím Keplerovým zákonom a orbitálnou mechanikou.
- Pochopíte, čo je tranzit exoplanéty.
- Budujte si zručnosti tímovej práce v časovej tiesni.

Potrebuje tiež

Podporné video materiály. Pozri časť Odkazy.

- Úvod do Hack an Exoplanet - staňte sa detektívom exoplanét
- *Allesfitter* mini tutoriál - návod krok za krokom, ako prispôbiť najlepší model údajom
- Ako určiť veľkosť exoplanéty
- Obchodná doba a vzdialenosť exoplanéty pomocou tretieho Keplerovho zákona
- Môžu byť exoplanéty obývateľné?
- Z čoho sa skladajú exoplanéty?

→ Úvod

Táto vzdelávacia aktivita vznikla v rámci vôbec prvého hackathonu ESA Education pre študentov stredných škôl: "Hack an Exoplanet". Tieto výzvy umožňujú študentom používať skutočné satelitné údaje na skúmanie cudzích svetov a stať sa na jeden deň detektívmi exoplanét.

V januári 2023 pozorovala družica ESA Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite) dve exoplanéty, KELT-3b a TOI-560c, špeciálne pre túto činnosť. Analýzou údajov z družice Cheops sa študenti môžu pripojiť k vedcom ESA pri hľadaní odpovedí a pomôcť im pochopiť tieto dva záhadné cudzie svety.



↑ Umelecký dojem Cheopsa.

Úlohy sú praktické aktivity, v rámci ktorých majú študenti analyzovať údaje poskytnuté zo satelitu ESA Cheops. Študenti budú musieť charakterizovať hlavné vlastnosti exoplanét s využitím podporných materiálov a vzdelávacej verzie fitovacieho nástroja *allesfitter*, pripraveného špeciálne pre tieto súbory údajov. Aktivity sú doplnené písomnými aj video vysvetleniami a príkladmi, ktoré pripravili odborníci na exoplanéty.

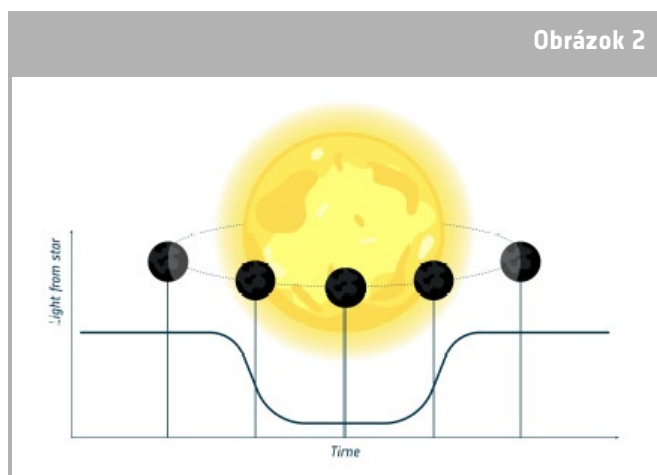
Aktivity sa môžu prezentovať formou vedenia alebo formou projektového vyučovania, napríklad v rámci hackathonu. V príručke pre učiteľov sú uvedené obe možnosti.

Čo je to exoplanéta?

Exoplanéty alebo extrasolárne planéty sú planéty mimo našej slnečnej sústavy, ktoré obiehajú okolo inej hviezdy, než je naše Slnko.

Ako študujeme exoplanéty?

V súčasnosti je potvrdených viac ako 5000 exoplanét v približne 4000 hviezdnych systémoch, ale exoplanéty je ťažké odhaliť. Signál, ktorý dostávame z exoplanét, je veľmi malý v porovnaní s oveľa väčším signálom pochádzajúcim z ich väčších a jasnejších hostiteľských hviezd, zvyčajne oveľa menší ako 1 %.



↑ Zobrazenie metódy tranzitnej fotometrie.

Existujú rôzne metódy na detekciu a charakterizáciu exoplanét, v tejto aktivite použijeme **metódu tranzitnej fotometrie**. Ide o najbežnejšiu metódu na vyhľadávanie exoplanét.

Fotometria - slovo fotometria pochádza z gréčtiny: photo "svetlo" a metry "merať". Je to technika používaná v astronómii na kvantitatívne meranie svetla z hviezd.

Tranzit - exoplanéta sa zistí meraním zoslabenia svetla prichádzajúceho od hviezdy.

→ Aktivita

Aktivita *Hack an Exoplanet* pozostáva z dvoch úloh. Prvou výzvou je analýza svetelnej krivky tranzitu obrej exoplanéty KELT-3b. Postupovaním podľa pokynov v podpornom materiáli a/alebo podľa informácií v inštruktážnych videách budú žiaci schopní odvodiť vlastnosti KELT-3b.

Druhou výzvou je analýza svetelnej krivky tranzitu mini-neptúnskej exoplanéty TOI-560c. Po dokončení postupu pre KELT-3b by študenti mali byť schopní samostatne dokončiť analýzu údajov TOI-560c podľa podobného postupu.

Zariadenie

- Počítač s prístupom na internet na prístup k softvérovému nástroju prehliadača *allesfitter*. Ak tento krok nie je možný, tímy môžu použiť parametre najlepšieho prispôsobenia uvedené v **prílohe 1** - Tranzitná svetelná krivka exoplanéty KELT-3b a **prílohe 2** - Tranzitná svetelná krivka exoplanéty TOI-560c
- Pracovný list pre študentov vytlačený pre každú skupinu obsahuje:
 - Mapa výskumu exoplanét
 - Súbory prípadov KELT-3b a TOI-560c
 - Informácie o planétach slnečnej sústavy
 - Sprievodca krok za krokom *allesfitter*
- Kalkulačka (voliteľné)
- Táto aktivita má aj šesť podporných videí, ktoré slúžia ako pomôcka pre tímy (pozri časť Odkazy):
 - Úvod do Hack an Exoplanet - staňte sa detektívom exoplanét
 - *Allesfitter* mini tutoriál - návod krok za krokom, ako prispôbiť najlepší model údajom
 - Ako určiť veľkosť exoplanéty
 - Obehová doba a vzdialenosť exoplanéty pomocou tretieho Keplerovho zákona
 - Môžu byť exoplanéty obývateľné?
 - Z čoho sa skladajú exoplanéty?

Informácie uvedené vo videách sú uvedené aj v tejto príručke pre učiteľov.

Cvičenie:

Súbory údajov pre tieto dva ciele boli získané družicou ESA Cheops 22. a 23. januára 2023, špeciálne pre túto vzdelávaciu aktivitu. Údaje spracovali odborníci ESA a sú pripravené na použitie študentmi.

Táto aktivita sa môže prezentovať formou riadeného učenia alebo formou projektového učenia, napríklad v rámci hackathonu. V príručke pre učiteľa sú uvedené obe možnosti.

Túto aktivitu odporúčame vykonávať v tímoch po 3 až 4 žiakoch. To umožní študentom diskutovať o najlepšom prístupe k plneniu jednotlivých úloh a diskutovať o výsledkoch.

Poznámka: ak je analýza údajov príliš zložitá, tímy môžu prípadovú dokumentáciu doplniť aj vyhľadaním informácií na internete.

Formát so sprievodcom

- Začnite tím, že triede predstavíte tému exoplanét. Odporúčame použiť toto úvodné video: *Exoplanéty*.
- Rozdeľte triedu do tímov po 3 až 4 žiakoch.
- Predložte študentom výzvu. Každý tím bude musieť charakterizovať hlavné vlastnosti exoplanéty KELT-3b vyplnením prípadovej zložky, ktorá je k dispozícii v pracovných listoch pre študentov. Tímy budú musieť určiť veľkosť, obežnú dobu, obežnú vzdialenosť, teplotu a zloženie KELT-3b a porovnať jej vlastnosti s planétami v našej slnečnej sústave. Mapa skúmania exoplanét poskytuje viac informácií o každej uvedenej vlastnosti.
- Rozdajte tímom podpornú dokumentáciu a dajte im niekoľko minút na jej analýzu.
- Stanovte čas, v ktorom majú tímy určiť jednotlivé vlastnosti exoplanét. ***Predtým, ako*** tímy začnú pracovať na určovaní jednotlivých vlastností, predstavte im príslušné podporné video. Podporné videá obsahujú informácie o tom, ako určiť každú vlastnosť a riešenie pre KELT-3b.
- Uistite sa, že tímy rozumejú spôsobu určenia každého parametra predtým, ako prejdú k ďalšiemu.
- Po určení všetkých parametrov by mali tímy prezentovať svoje závery a diskutovať o nich s triedou.
- Ako ďalší krok môžete navrhnúť splnenie úlohy 2 a určiť vlastnosti exoplanéty TOI-560c.

Projektový formát - hackathon

- Rozdeľte triedu do tímov po 3 až 4 žiakoch.
- Začnite tím, že študentom predstavíte koncept hackathonu pomocou tohto úvodného videa: *Úvod do hacknutia exoplanéty*
- Tímy môžete nechať plniť úlohy samostatne (napríklad ako domácu úlohu alebo triedny projekt) alebo ich môžete plniť v rámci spoločného triedneho alebo školského podujatia.
- Ak je to potrebné, upevnite žiakom koncept úlohy. Každý tím bude musieť charakterizovať hlavné vlastnosti exoplanéty KELT-3b vyplnením prípadovej zložky, ktorá je k dispozícii v pracovných listoch pre študentov. Tímy budú musieť určiť veľkosť, obežnú dobu, obežnú vzdialenosť, teplotu a zloženie KELT-3b a porovnať jej vlastnosti s planétami v našej slnečnej sústave. Mapa skúmania exoplanét poskytuje viac informácií o každej uvedenej vlastnosti.
- Rozdajte tímom podpornú dokumentáciu a dajte im časový rámeček na dokončenie celej úlohy, odporúčame približne 90 minút na analýzu KELT-3b.
- Ak chcete zabezpečiť, aby tímy neustále napredovali, môžete stanoviť časový rámeček na určenie jednotlivých charakteristík alebo pustiť príslušné podporné video a poskytnúť tipy v konkrétnych momentoch. Podporné videá obsahujú informácie o tom, ako určiť jednotlivé vlastnosti a riešenie pre KELT-3b.
- Po určení všetkých parametrov by mali tímy prezentovať svoje závery a diskutovať o nich s celou skupinou.
- Ako ďalší krok môžete navrhnúť splnenie úlohy 2 a určiť vlastnosti exoplanéty TOI-560c.

→ Úloha 1 - Analýza údajov KELT-3b

Prístup k satelitným údajom a ich prispôsobenie

Údaje sú dostupné na tomto odkaze: hackanexoplanet.esa.int/allesfitter

Táto verzia programu *allesfitter* je online aplikácia, ktorá poskytuje jednoduchý a bezplatný prístup k údajom zo satelitu Cheops a umožňuje modelovať viacero exoplanét na základe tranzitných meraní. Prístup k nej je možný z prehliadača na počítači.

Na získanie parametrov najlepšieho prispôsobenia údajov by študenti mali postupovať podľa sprievodcu *allesfitter* krok za krokom v pracovnom liste pre študentov alebo sledovať videonávod. Táto príručka poskytne pokyny na používanie vzdelávacej verzie nástroja *allesfitter* v prehliadači. Táto verzia nástroja už má nahrané súbory údajov a umožňuje skúmať len špecifické parametre: polomer planéty, polomer hviezdy a čas prechodu stredom.

Poznámka: Ak tento krok nie je možný, tímy môžu použiť parametre, ktoré najlepšie vyhovujú parametrom uvedeným v **prílohe 1** - Tranzitná svetelná krivka exoplanéty KELT-3b a **prílohe 2** - Tranzitná svetelná krivka exoplanéty TOI-560c.

Ako určiť veľkosť exoplanéty?

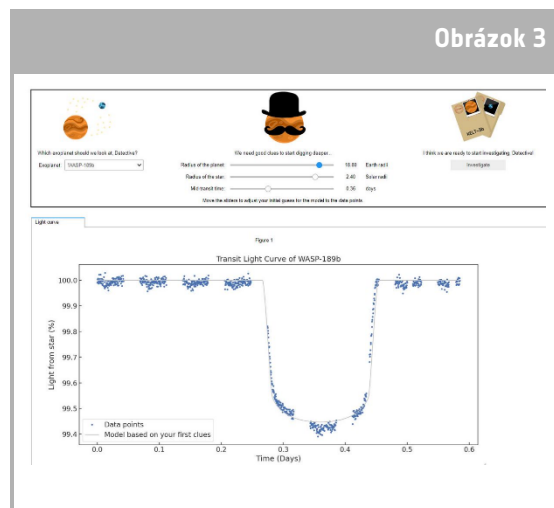
Pri použití metódy tranzitnej fotometrie teleskop meria množstvo svetla hviezdy za určitý časový úsek. Vedci priradia k údajom modely, aby sa pokúsili odhaliť odchýlky svetla hviezdy, ktoré by mohli byť spôsobené exoplanétou.

Pri použití metódy tranzitnej fotometrie exoplanétu priamo nedetekujeme (okrem veľmi špecifických prípadov). Namiesto toho meriame množstvo svetla hviezdy, ktoré exoplanéta blokuje pri prechode medzi hviezdou a teleskopom.

Množstvo svetla hviezdy, ktoré exoplanéta blokuje, sa zvyčajne označuje ako hĺbka tranzitu. Táto hodnota je úmerná predpokladanej ploche exoplanéty.

Polomer exoplanéty (R_p) je možné určiť, ak poznáme polomer hviezdy (R_s) a hĺbku tranzitu:

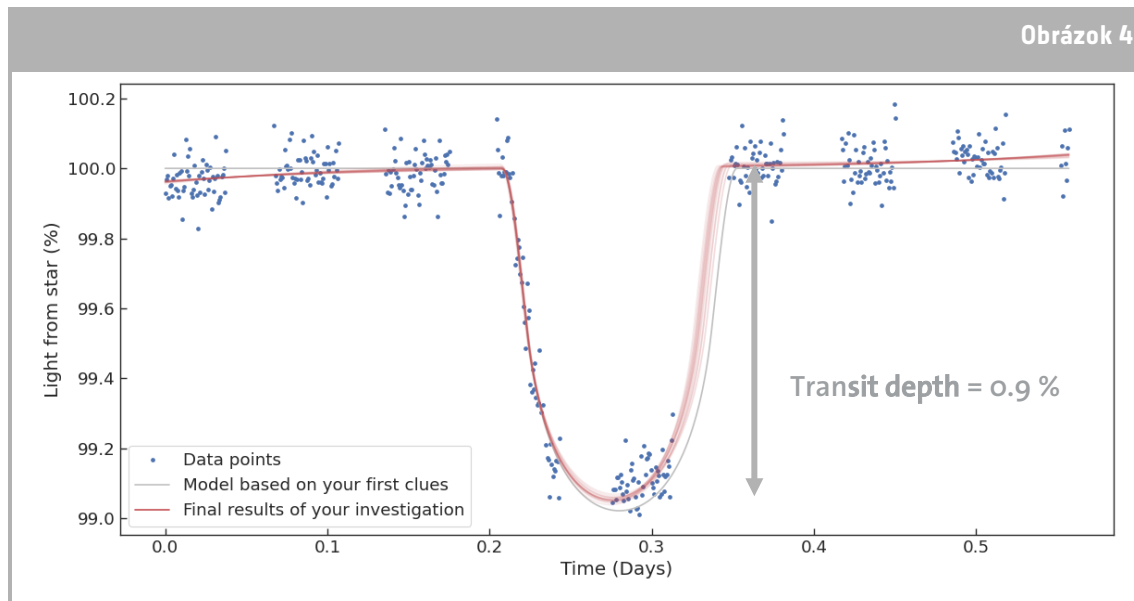
$$\text{transit depth (\%)} = \frac{\pi \cdot R_p^2}{\pi \cdot R_s^2} \times 100$$



[↑ Rozhranie Allesfitter.](#)

Príklad KELT-3b:

Ako príklad teraz analyzujeme údaje KELT-3b.



↑ Údaje KELT-3b z Cheopsu s najlepším modelom tranzitnej svetelnej krivky z *allesfitter*.

Polomer hviezdy KELT-3 je známy a je uvedený v spise: $R_s = 1.70 R_{Sun}$

Analýzou údajov z Cheopsu môžeme určiť hĺbku tranzitu na približne 0.9 % (obrázok 4).

Pomocou vyššie uvedenej rovnice: $R_p = \sqrt{R_s^2 \times \frac{\text{transit depth}}{100}} = \sqrt{1.70^2 \times \frac{0.9}{100}} = 0.161 R_{Sun}$

Prevod na jednotky polomerov Zeme: $R_p = 0.161 \times 109 = \mathbf{17.5 R_{Earth}}$

Keď študenti spustia softvér *allesfitter*, získajú hodnotu najlepšieho prispôsobenia pre polomer. Táto hodnota sa môže výrazne líšiť od tohto jednoduchého odhadu. Na rozhraní môžu študenti meniť iba tri parametre, ale softvér *allesfitter* fituje údaje pomocou komplexného modelu s niekoľkými ďalšími skrytými parametrami, ktoré môžu poskytnúť úplnejšiu zhodu s údajmi.

Ako určiť obežnú dobu a vzdialenosť pomocou tretieho Keplerovho zákona

Obehová perióda planéty T je čas, za ktorý planéta obehne okolo svojej hviezdy jeden celý obežný cyklus. Dá sa zmerať tak, že sa nájde stredný čas prechodu (stred prechodu) dvoch po sebe nasledujúcich prechodov tej istej exoplanéty a zmeria sa časový interval medzi nimi.

Pri týchto pozorovaniach máme k dispozícii len jeden tranzit, ale môžeme extrapolovať obežnú dobu porovnaním súčasných pozorovacích údajov s predchádzajúcimi pozorovacími údajmi, ktoré sa nachádzajú v dátovom archíve.

Keď poznáme obežnú dobu exoplanéty, môžeme pomocou tretieho Keplerovho zákona odvodiť strednú obežnú vzdialenosť d medzi planétou a hviezdou.

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

Kde G je gravitačná konštanta a M_s je hmotnosť hviezdy.

Príklad KELT-3b:

Ako príklad teraz analyzujeme údaje KELT-3b. V tomto cvičení by študenti mali venovať veľkú pozornosť jednotkám.

- Gravitačná konštanta v jednotkách SI je $G = 6.67430 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
- Hmotnosť hviezdy KELT-3 je známa: $M_s = 1.96 M_{Sun}$
- Musíme previesť jeho hmotnosť na jednotky SI: $M_s = 3.90 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Z modelového fitovania sme zistili, že obežná doba $T = 2,70339 \text{ dňa}$. Prepočítanie obežnej doby na sekundy: $T = 233573 \text{ s}$

Teraz máme všetky informácie potrebné na určenie vzdialenosti medzi hviezdou a exoplanétou.

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

Porovnajme teraz periódu a strednú obežnú vzdialenosť KELT-3b s planétami v našej slnečnej sústave:

Tabuľka 1		
Planéta	Obdobie (dni)	Stredná orbitálna vzdialenosť (au)
KELT-3b	2,70339	0,048
Ortuť	87,97	0,4
Zem	365,25	1
Neptún	60 266,25	30

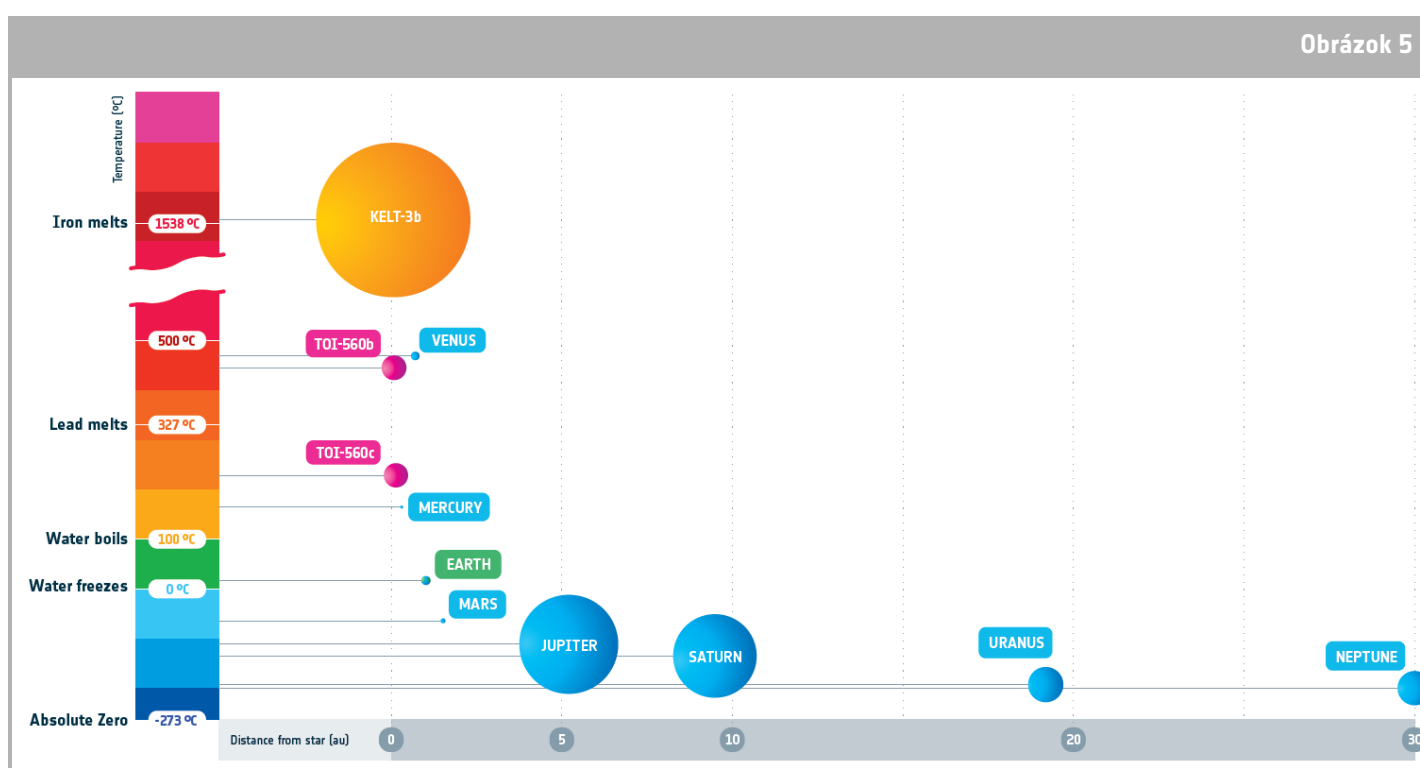
↑ Porovnanie periódy a strednej obežnej vzdialenosti pre KELT-3b a planéty v slnečnej sústave

KELT-3b má oveľa kratšiu obežnú dobu ako Merkúr, najbližšia planéta k Slnku v našej slnečnej sústave, čo je spôsobené malou vzdialenosťou exoplanéty od jej hostiteľskej hviezdy. Metóda tranzitnej fotometrie identifikuje planéty na takýchto typoch dráh ľahšie ako planéty, aké sa nachádzajú v našej Slnečnej sústave.

Ako zistíme, či je exoplanéta obývateľná?

Zem je dodnes jediným miestom vo vesmíre, o ktorom je známe, že na ňom existuje život. Nie je tiež známe, či by sa život mohol vyvinúť a existovať v podmienkach veľmi odlišných od tých, ktoré existujú na našej planéte. Pri skúmaní exoplanét a definovaní možných podmienok obývateľnosti sa vedci snažia identifikovať podobné podmienky ako na Zemi, napríklad teplotu.

Dôležitým faktorom, ktorý je potrebné zohľadniť z hľadiska obývateľnosti, je teplota. Teplota planéty je väčšinou určená jej vzdialenosťou od hostiteľskej hviezdy. Ak planéta obieha okolo hviezdy vo vzdialenosti, v ktorej môže byť na jej povrchu prítomná **kvapalná voda**, planéta sa nachádza v **obývateľnej zóne** svojej hostiteľskej hviezdy.



↑ Diagram znázorňujúci veľkosť a teplotu planét v závislosti od vzdialenosti od hostiteľskej hviezdy.

Veľkosť a vzdialenosť planét sú znázornené dvoma rôznymi stupnicami.

Venuša: výnimka v slnečnej sústave

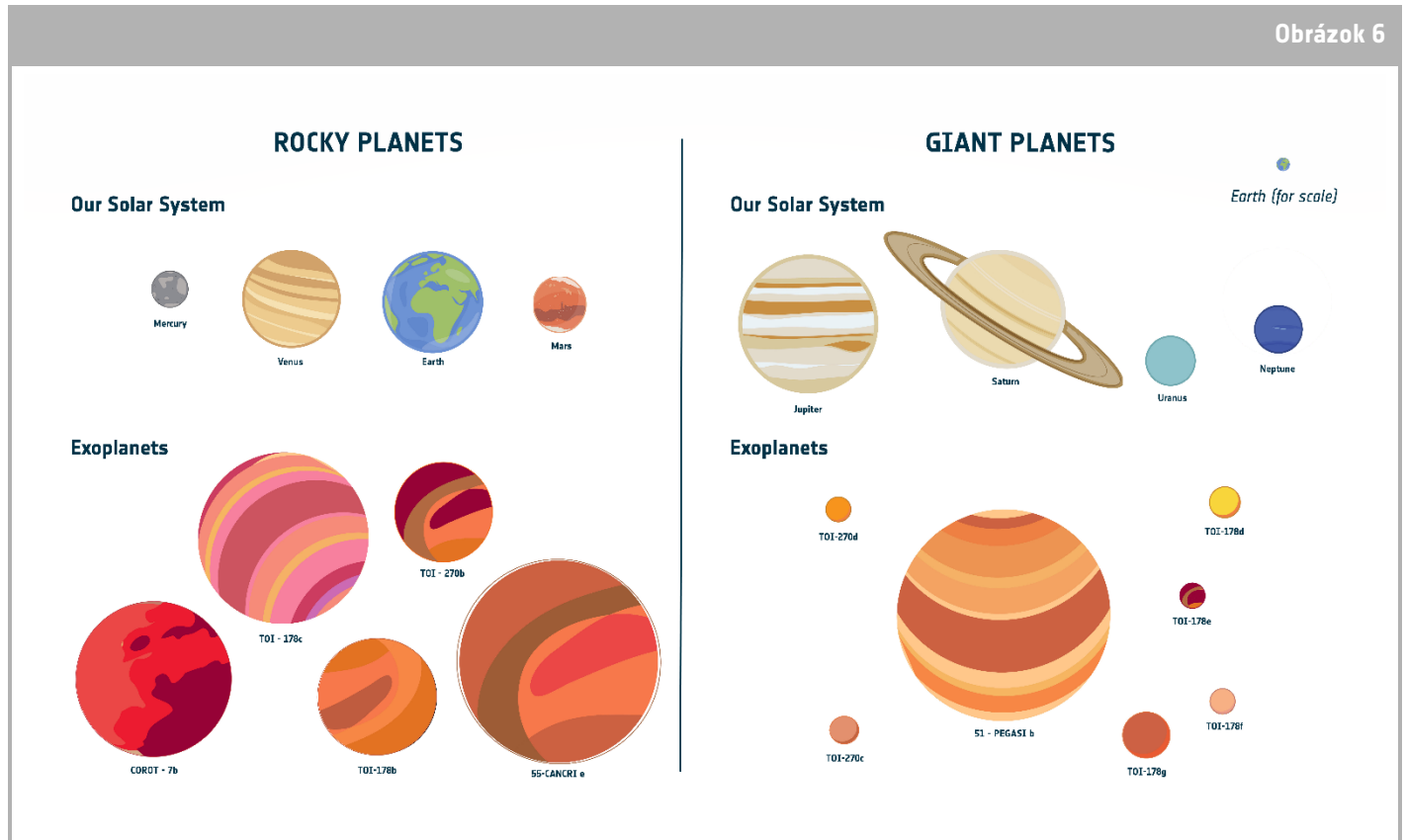
Teplotu meranú na povrchu planéty ovplyvňuje aj jej atmosféra. V slnečnej sústave je extrémnym príkladom Venuša. Jej hustá atmosféra pôsobí ako skleníak a zohrieva povrch nad teplotu topenia olova, takže je teplejšou planétou ako Merkúr, hoci je ďalej od Slnka.

Príklad KELT-3b:

Podme teraz diskutovať o KELT-3b ako o príklade. KELT-3b pravdepodobne nebude hostiť život, pretože sa nachádza príliš blízko svojej hostiteľskej hviezdy, čo spôsobuje, že jeho povrchová teplota je veľmi vysoká, nad teplotou tavenia železa. Väčšina aminokyselín, stavebných prvkov života, by neprežila takéto extrémne teploty. Planéta je tiež bombardovaná vysokou úrovňou žiarenia, pretože je veľmi blízko svojej hostiteľskej hviezdy.

Z čoho sa skladajú exoplanéty?

V našej slnečnej sústave sa planéty zvyčajne delia na dve kategórie: skalnaté a plynné. Exoplanéty však môžu byť veľmi odlišné od susedných planét, na ktoré sme zvyknutí.



↑ Príklady umeleckých dojmov skutočných exoplanét, ktoré už boli objavené na obežných dráhach blízkyh hviezd.

Výpočtom strednej **hustoty** exoplanéty, ρ je možné získať predstavu o zložení exoplanéty.

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

Kde M je hmotnosť exoplanéty a V je objem exoplanéty.

Hmotnosť a objem exoplanéty sa zvyčajne určujú s veľkou chybou. Tieto chyby sa potom premietajú do výpočtu hustoty exoplanéty, čím vzniká neistota v hodnote hustoty v rozsahu 10 % až 30 %.

Iná technika, ktorá sa používa na štúdium exoplanét, sa nazýva spektroskopia. Pri tejto technike sa svetlo prijaté z hviezdy alebo exoplanéty rozdelí na rôzne vlnové dĺžky, čo umožňuje určiť **zloženie atmosféry** exoplanéty alebo jej pokrytie mrakmi.

Príklad KELT-3b:

Ako príklad teraz analyzujeme údaje z KELT-3b. Hmotnosť KELT-3b je $617 M_{\text{Earth}}$. Túto hodnotu nie je možné určiť z tranzitnej fotometrie. Bola určená z predchádzajúcich pozorovaní pomocou inej techniky nazývanej radiálna rýchlosť.

V prvom cvičení sme už určili polomer KELT-3b. Ak poznáme polomer, môžeme vypočítať objem exoplanéty za predpokladu, že je to dokonalá guľa: $V = \frac{4}{3} \pi R^3$.

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

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

* Táto hodnota polomeru bola odhadnutá z výpočtu tranzitnej hĺbky, študenti môžu použiť aj hodnotu najlepšieho modelu *allesfitter*.

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

Táto hodnota je oveľa menšia ako priemerná hustota Jupitera a bližšie k hustote WASP-189b (známa horúca exoplanéta Jupitera). Malá vzdialenosť od hostiteľskej hviezdy a vysoká teplota spôsobujú, že exoplanéta je "nafúknutá".

Zhrnutie KELT-3b

KELT-3b je horúci Jupiter obiehajúci okolo hviezdy podobnej Slnku, KELT-3, vzdialenej od Zeme približne 690 svetelných rokov.

KELT-3b obieha veľmi blízko svojej hostiteľskej hviezdy, viac ako desaťkrát bližšie ako Zem obieha okolo Slnka. Exoplanéta potrebuje len 2,7 dňa na to, aby dokončila plný obeh okolo KELT-3.

Vďaka blízkosti k hostiteľskej hviezde je priemerná teplota exoplanéty veľmi vysoká, vyššia ako teplota tavenia železa, čo ju robí úplne obývatelnou.

KELT-3b sa skladá prevažne z vodíka a hélia, podobne ako Jupiter. Vzhľadom na vysokú teplotu exoplanéty a blízkosť hviezdy je jej atmosféra veľmi rozšírená (nafúknutá) a jej priemerná hustota je veľmi nízka.

Tabuľka 2	
Exoplanéta	KELT-3b
Typ planéty	Horúci Jupiter
Polomer (R_{Earth})	16,81 (od allesfitter)
	17,5 (z tranzitnej hĺbky)
Hmotnosť (M_{Earth})	617 ± 105
Doba obehu (dni)	2,70339
Stredná orbitálna vzdialenosť (au)	~0,048
Hustota (g/cm^3)	~0,63
Priemerná teplota ($^{\circ}\text{C}$)	~1 543

↑ Zhrnutie odhadu vlastností KELT-3b

Odoslať svoj projekt

Tímy môžu predložiť svoj tímový projekt Hack an Exoplanet na platforme Hack an Exoplanet a získať certifikát o účasti. Ak chcete predložiť svoj projekt, navštívte stránku hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project.

→ Úloha 2 - Analýza údajov TOI-560c

Po dokončení analýzy sondy KELT-3b by mali byť tímy schopné postupovať rovnakým spôsobom aj pri analýze údajov sondy TOI-560c.

Všetky potrebné informácie sú k dispozícii v súbore prípadu v pracovnom liste pre študentov a na stránke hackanexoplanet.esa.int/challenges.

Tímy môžu svoj projekt Hack an Exoplanet predložiť na platforme Hack an Exoplanet a získať certifikát o účasti. Ak chcete predložiť projekt svojho tímu, navštívte stránku hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project.

Cena za najlepší projekt:

Aby mali tímy šancu získať cenu za najlepší projekt, mali by zaslať svoj investigatívny časopis o TOI-560c podľa vzoru.

Príspevok vášho tímu by mal obsahovať analýzu údajov Cheopsu pre TOI-560c a mal by mať formát vedeckého článku vrátane abstraktu, analýzy a výsledkov a záverov.

Víťazné tímy získajú darčeky od ESA, ako aj možnosť zúčastniť sa 17. júla 2023 webinára s nositeľom Nobelovej ceny za fyziku Didierom Quelozom. Uzávierka prihlášok je 14. júna 2023.

Ak chcete predložiť svoj projekt, navštívte stránku hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project.

→ ODKAZY

Podporné zdroje

Hacknúť exoplanétu:

hackanexoplanet.esa.int

Hacknúť príručku pre pedagógov o exoplanétach

hackanexoplanet.esa.int/educators-guide

Vzdelávacia verzia softvéru AllesFitter:

hackanexoplanet.esa.int/allesfitter

Úvod do Hack an Exoplanet - staňte sa detektívom exoplanét

hackanexoplanet.esa.int/challenges

Allesfitter mini tutoriál - návod krok za krokom, ako prispôbiť najlepší model údajom

hackanexoplanet.esa.int/allesfitter-guide

Ako určiť veľkosť exoplanéty

hackanexoplanet.esa.int/challenges-size

Obehová doba a vzdialenosť exoplanéty pomocou tretieho Keplerovho zákona

hackanexoplanet.esa.int/challenges-orbital-period-and-distance

Môžu byť exoplanéty obývateľné?

hackanexoplanet.esa.int/challenges-temperature-and-habitability

Z čoho sa skladajú exoplanéty?

hackanexoplanet.esa.int/challenges-composition

Vedecké referencie pre KELT-3b

exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/overview/KELT-3

Zdroje ESA

Zdroje ESA v triede

esa.int/Education/Classroom_resources

Vyučovanie s exoplanétami

esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets

Zoznámte sa s Cheopsom: Družicou charakterizujúcou exoplanéty

esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_the_Characterising_Exoplanet_Satellite

Vesmírne projekty ESA

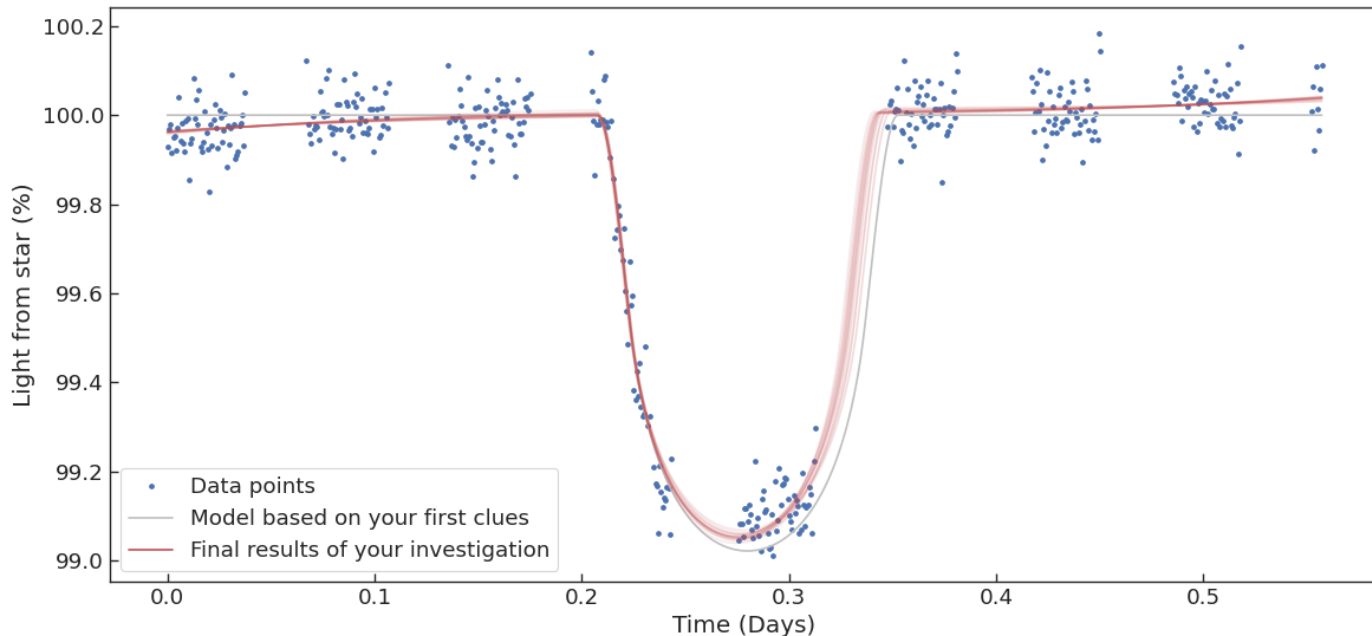
Cheops - Družica na určovanie vlastností exoplanét

esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cheops

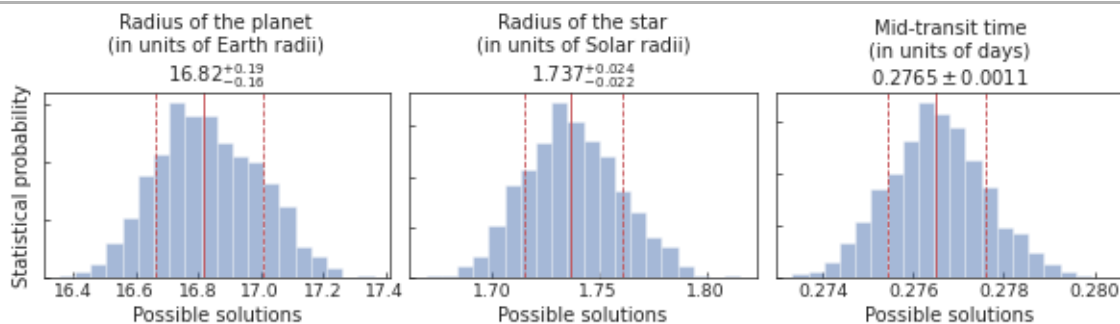
→ Príloha 1

Svetelná krivka tranzitu exoplanéty KELT-3b

Výsledky najlepšieho prispôsobenia modelu KELT-3b z *allesfitter*



↑ Najlepší model svetelnej krivky tranzitu.



- Histogramy zobrazujú pravdepodobnosť, že každý parameter bude mať určitú hodnotu.
- Stredná plná čiara znázorňuje mediánovú hodnotu každého parametra.
- Prerušované čiary vľavo a vpravo od nej označujú dolnú, resp. hornú hranicu.
- Tieto neistoty sa nazývajú 1-sigma neistoty. To znamená, že štatisticky si môžeme byť na 68 % istí, že skutočná hodnota sa nachádza v ich vnútri.
- Všimnite si, že to znamená, že je možné, že skutočná hodnota parametra leží mimo týchto hraníc; sú to len štatistické neistoty, nie definitívne limity.

↑ Histogram štatistickej pravdepodobnosti všetkých hodnôt parametrov KELT-3b

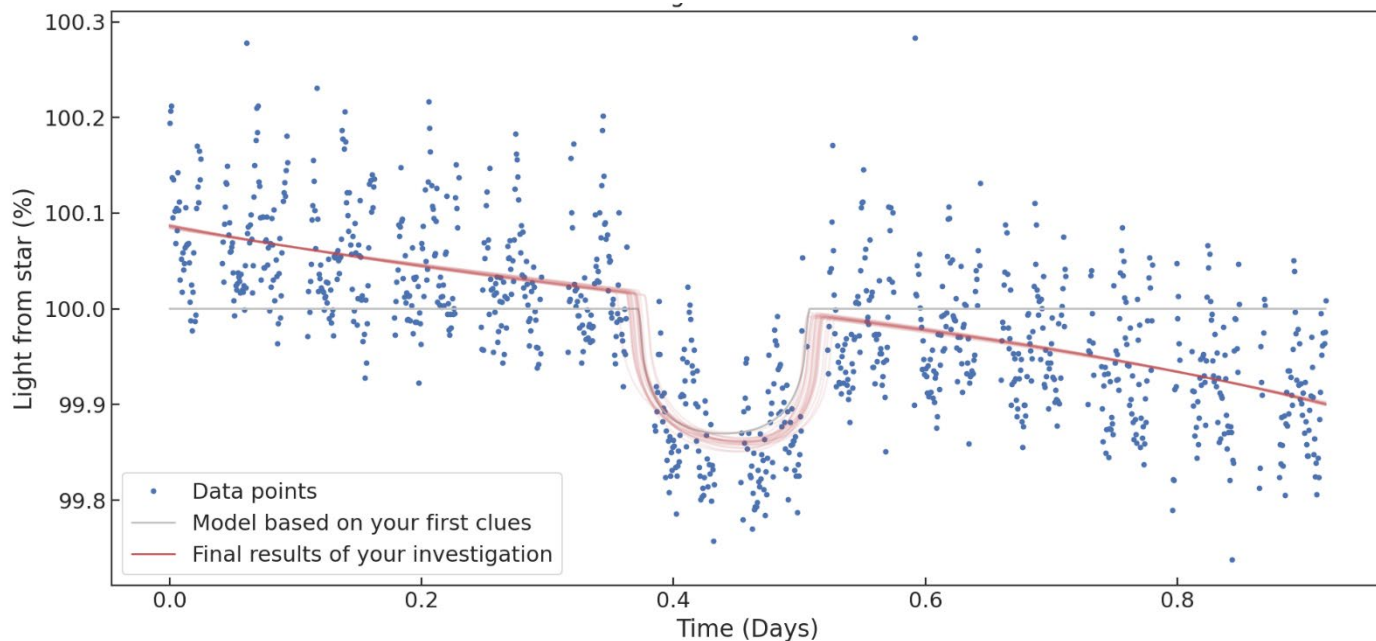
Názov	Mediánová hodnota	Nižšia chyba	Horná chyba	Prípadová poznámka
Polomer planéty (v jednotkách polomerov Zeme)	16,82	0,16	0,19	Pozorovania Cheopsa
Polomer hviezdy (v jednotkách slnečného polomeru)	1,737	0,022	0,024	Pozorovania Cheopsa
Čas v polovici tranzitu (v jednotkách dní)	0,2765	0,0011	0,0011	Pozorovania Cheopsa
Doba obehu (v jednotkách dní)	2,70339			Ďalšie postrehy z archívu

↑ Tabuľka s parametrami najlepšieho modelu.

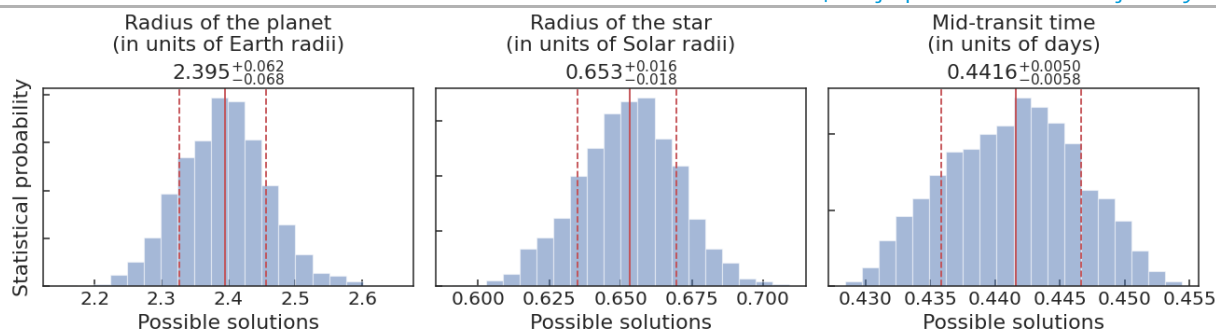
→ Príloha 2

Svetelná krivka tranzitu exoplanéty TOI-560c

TOI-560c najlepšie výsledky fit modelu z *allesfitter*



↑ Najlepší model svetelnej krivky tranzitu.



- Histogramy zobrazujú pravdepodobnosť, že každý parameter bude mať určitú hodnotu.
- Stredná plná čiara znázorňuje mediánovú hodnotu každého parametra.
- Prerušované čiary vľavo a vpravo od nej označujú dolnú, resp. hornú hranicu.
- Tieto neistoty sa nazývajú 1-sigma neistoty. To znamená, že štatisticky si môžeme byť na 68 % istí, že skutočná hodnota sa nachádza v ich vnútri.
- Všimnite si, že to znamená, že je možné, že skutočná hodnota parametra leží mimo týchto hraníc; sú to len štatistické neistoty, nie definitívne limity.

↑ Histogram štatistickej pravdepodobnosti všetkých hodnôt parametrov TOI-560c

Názov	Mediánová hodnota	Nižšia chyba	Horná chyba	Prípadová poznámka
Polomer planéty (v jednotkách polomerov Zeme)	2,395	0,068	0,062	Pozorovania Cheopsa
Polomer hviezdy (v jednotkách slnečného polomeru)	0,653	0,018	0,016	Pozorovania Cheopsa
Čas v polovici tranzitu (v jednotkách dní)	0,4416	0,0058	0,0050	Pozorovania Cheopsa
Doba obehu (v jednotkách dní)	18,8797			Ďalšie postrehy z archívu

↑ Tabuľka s parametrami najlepšieho modelu.