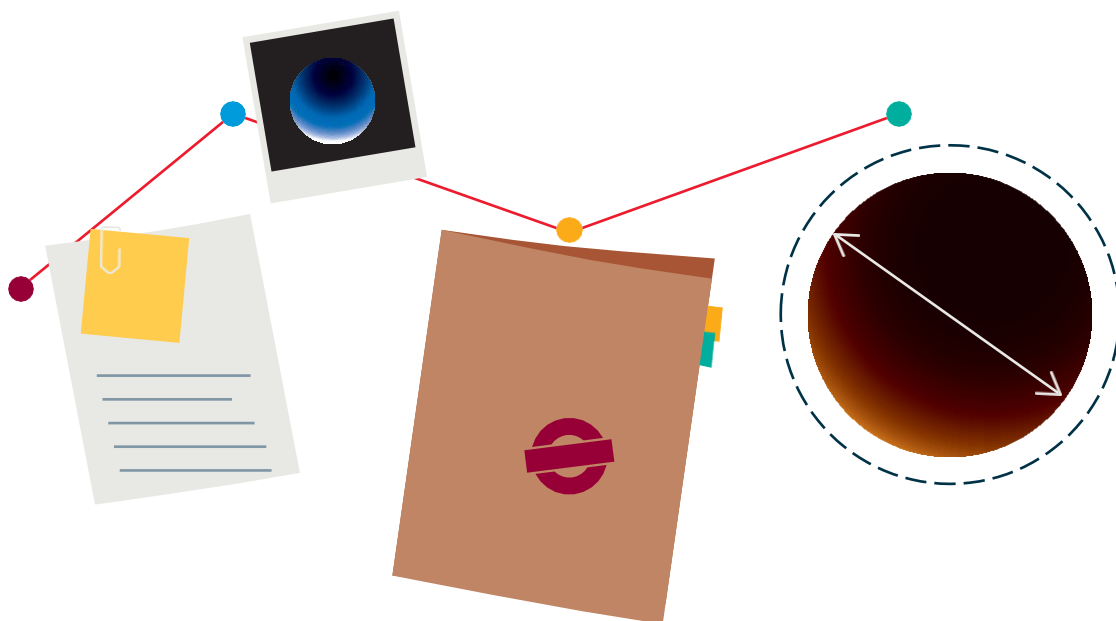


uczyć z

→ HACK AN EXOPLANET

Zostanie kosmicznym detektywem





PORADNIK DLA NAUCZYCIELA

<i>Szybkie fakty</i>	03
<i>Wstęp</i>	04
<i>Działalność</i>	05
<i>Wyzwanie 1: Analiza danych z KELT-3b</i>	07
<i>Wyzwanie 2: Analiza danych TOI-560c</i>	13
<i>Linki</i>	14
<i>Załączniki</i>	15

nauczaj z kosmosem - zhakuj egzoplanetę | P39
www.esa.int/education

Biuro Edukacji ESA zaprasza do zgłaszania uwag i komentarzy
teachers@esa.int

Produkcja ESA Education we współpracy z ESA Science
Copyright 2023 © Europejska Agencja Kosmiczna

→ HACK AN EXOPLANET

Zostać kosmicznym detektywem

Szybkie fakty

Przedmiot: Fizyka, Matematyka, Astronomia

Zakres wiekowy: 14 - 19 lat

Typ: aktywność studencka i / lub hackathon

Złożoność: średnia

Czas przygotowania nauczyciela: 1 godzina

Wymagany czas lekcji: 90 minut na wyzwanie (3 godziny łącznie)

Koszt: niski (0-10 euro)

Lokalizacja: sala lekcyjna

Wykorzystuje: komputer (jeśli nie jest to możliwe, sugerowana jest alternatywa)

Słowa kluczowe: Fizyka, matematyka, astronomia Egzoplaneta, tranzyt

Krótki opis

W tym ćwiczeniu uczniowie scharakteryzują dwie egzoplanety poprzez analizę danych pozyskanych przez satelitę Cheops należącego do ESA. Uczniowie będą pracować jako prawdziwi naukowcy i dopasowywać model do danych, aby uzyskać najlepiej dopasowane parametry.

Zadanie można wykonać w formacie z przewodnikiem lub w formacie uczenia się opartego na projekcie, na przykład w ramach hakatonu. Przewodnik dla nauczyciela przedstawia obie opcje.

Zajęcia uzupełnione są wyjaśnieniami wideo przygotowanymi przez ekspertów od egzoplanet.

Cele dydaktyczne

- Pracuj naukowo z prawdziwymi danymi satelitarnymi.
- Zastosuj techniki matematycznej analizy danych poprzez dopasowanie modelu do rzeczywistych danych.
- Poznaj trzecie prawo Keplera i mechanikę orbitalną.
- Zrozumienie, czym jest tranzyt egzoplanety.
- Budowanie umiejętności pracy w zespole pod presją czasu.

Potrzebujesz również

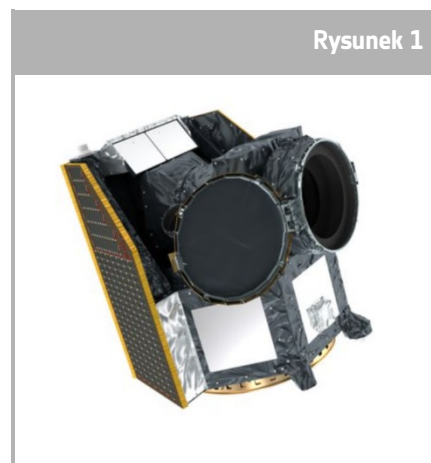
Pomocnicze materiały wideo. Zobacz sekcję Linki.

- Wprowadzenie do Hack an Exoplanet - zostań detektywem egzoplanetowym
- *Allesfitter* mini tutorial - przewodnik krok po kroku jak dopasować najlepszy model do danych
- Jak określić wielkość egzoplanety
- Okres orbitalny i odległość egzoplanety, z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera
- Czy egzoplanety mogą nadawać się do zamieszkania?
- Z czego zbudowane są egzoplanety?

→ Wprowadzenie

To działanie edukacyjne zostało opracowane w kontekście pierwszego w historii ESA Education hackathonu dla uczniów szkół średnich: "**Hack an Exoplanet**". Wyzwania te pozwalają uczniom wykorzystać prawdziwe dane satelitarne do zbadania obcych światów i stać się na jeden dzień detektywami egzoplanet.

W styczniu 2023 roku należący do ESA satelita Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite) obserwował dwie egzoplanety, KELT-3b i TOI-560c, specjalnie na potrzeby tych zajęć. Analizując dane Cheops, uczniowie mogą dołączyć do naukowców ESA w poszukiwaniu odpowiedzi i pomóc im zrozumieć te dwa tajemnicze obce światy.



↑ Wrażenie artysty na temat Cheopsa.

Wyzwania to zajęcia praktyczne, podczas których uczniowie mają za zadanie przeanalizować dane dostarczone przez satelitę Cheops należącego do ESA. Uczniowie będą musieli scharakteryzować główne właściwości egzoplanet, korzystając z materiałów pomocniczych i edukacyjnej wersji narzędzia do dopasowywania, *allesfitter*, przygotowanego specjalnie dla tych zestawów danych. Zadaniom towarzyszą zarówno pisemne jak i wideo wyjaśnienia i przykłady, przygotowane przez ekspertów od egzoplanet.

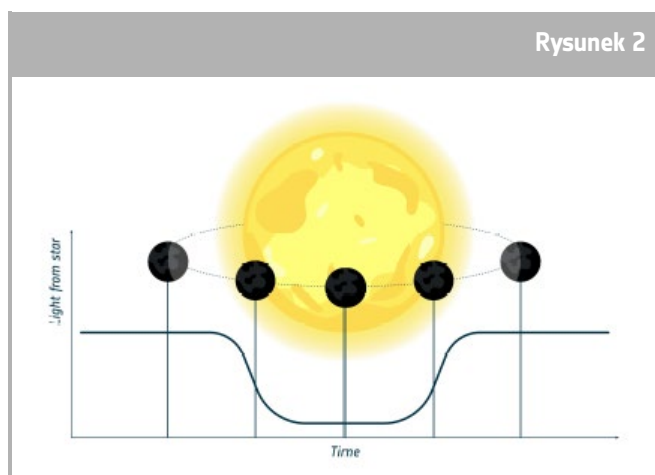
Ćwiczenia mogą być prezentowane w formacie z przewodnikiem lub w formacie nauki opartej na projekcie, na przykład w ramach hakatonu. Przewodnik dla nauczycieli przedstawia obie opcje.

Co to jest egzoplaneta?

Egzoplanety, czyli planety pozasłoneczne, to planety poza naszym własnym Układem Słonecznym, krążące wokół gwiazdy innej niż nasze Słońce.

Jak badamy egzoplanety?

Obecnie istnieje ponad 5000 potwierdzonych egzoplanet w około 4000 układów gwiazdnych, ale egzoplanety są trudne do wykrycia. Sygnał, który otrzymujemy od egzoplanet jest bardzo mały w porównaniu do znacznie większego sygnału pochodzącego od ich większych, jaśniejszych gwiazdgospodarzy, zwykle jest to znacznie mniej niż 1%.



↑ Przedstawienie metody fotometrii tranzytowej.

Istnieją różne metody wykrywania i charakteryzowania egzoplanet, w tych zajęciach wykorzystamy **metodę fotometrii tranzytowej**. Jest to najbardziej powszechna metoda poszukiwania egzoplanet.

Fotometria - słowo fotometria pochodzi z języka greckiego: photo "światło" i metry "mierzyć". Jest to technika stosowana w astronomii do ilościowego pomiaru światła gwiazd.

Tranzyt - egzoplaneta jest wykrywana poprzez pomiar przyćmienia światła pochodzącego od gwiazdy.

→ Działalność

Aktywność *Hack an Exoplanet* składa się z dwóch wyzwań. Pierwsze wyzwanie polega na analizie krzywej światła tranzytu gigantycznej egzoplanety KELT-3b. Postępując zgodnie z instrukcjami zawartymi w materiałach pomocniczych i/lub śledząc informacje zawarte w filmach instruktażowych, uczniowie będą mogli wyprowadzić właściwości KELT-3b.

Drugim wyzwaniem jest analiza krzywej światła tranzytu mini-Neptunowej egzoplanety TOI-560c. Po wykonaniu procesu dla KELT-3b, studenci powinni być w stanie wykonać analizę danych TOI-560c autonomicznie, postępując według podobnego procesu.

Sprzęt

- Komputer z dostępem do Internetu w celu uzyskania dostępu do oprogramowania przeglądarkowego *allesfitter*. Jeśli ten krok nie jest możliwy, zespoły mogą użyć parametrów najlepszego dopasowania podanych w **załączniku 1** - Tranzytowa krzywa świetlna egzoplanety KELT-3b i **załączniku 2** - Tranzytowa krzywa świetlna egzoplanety TOI-560c
- Arkusz pracy ucznia wydrukowany dla każdej grupy, zawiera:
 - Mapa badania egzoplanet
 - Akta spraw KELT-3b i TOI-560c
 - Informacje o planetach Układu Słonecznego
 - Przewodnik *allesfittera* krok po kroku
- Kalkulator (opcjonalnie)
- To ćwiczenie posiada również sześć filmów pomocniczych, które mogą być wykorzystane przez zespoły (patrz sekcja Linki):
 - Wprowadzenie do Hack an Exoplanet - zostań detektywem egzoplanetowym
 - *Allesfitter* mini tutorial - przewodnik krok po kroku jak dopasować najlepszy model do danych
 - Jak określić rozmiar egzoplanety
 - Okres orbitalny i odległość egzoplanety, z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera
 - Czy egzoplanety mogą nadawać się do zamieszkania?
 - Z czego zbudowane są egzoplanety?

Informacje zawarte w filmach są również przedstawione w tym przewodniku dla nauczyciela.

Ćwiczenie:

Zestawy danych dla dwóch celów zostały pozyskane przez należącego do ESA satelitę Cheops w dniach 22 i 23 stycznia 2023 roku, specjalnie na potrzeby tych zajęć edukacyjnych. Dane zostały przetworzone przez ekspertów ESA i są gotowe do wykorzystania przez uczniów.

To ćwiczenie można zaprezentować w formacie z przewodnikiem lub w formacie uczenia się opartego na projekcie, na przykład w ramach hakatonu. Przewodnik dla nauczyciela przedstawia obie opcje.

Zalecamy wykonanie tego zadania w zespołach składających się z 3 do 4 uczniów. Pozwoli to uczniom przedyskutować najlepsze podejście do każdego zadania i omówić wyniki.

Uwaga: jeśli analiza danych jest zbyt skomplikowana, zespoły mogą również uzupełnić akta sprawy poprzez wyszukiwanie informacji w Internecie.

Format z przewodnikiem

- Zaczynij od przedstawienia klasie tematu egzoplanet. Proponujemy skorzystać z tego filmu wprowadzającego: *Introduction to Hack an Exoplanet*.
- Podziel klasę na zespoły liczące od 3 do 4 uczniów.
- Przedstaw uczniom wyzwanie. Każdy zespół będzie musiał scharakteryzować główne właściwości egzoplanety KELT-3b, wypełniając akta sprawy dostępne w arkuszach pracy uczniów. Zespoły będą musiały określić rozmiar, okres orbitalny, odległość orbitalną, temperaturę i skład KELT-3b oraz porównać jej właściwości z planetami w naszym Układzie Słonecznym. Mapa badania egzoplanet dostarcza więcej informacji dla każdej wymienionej właściwości.
- Rozdaj zespołom dokumentację pomocniczą i daj im kilka minut na jej analizę.
- Wyznaczcie czas, w którym zespoły będą mogły określić każdą właściwość egzoplanety. **Zanim** zespoły rozpoczną pracę nad wyznaczeniem każdej cechy, zaprezentuj im odpowiedni filmik pomocniczy. Filmy pomocnicze zawierają informacje o tym, jak wyznaczyć każdą właściwość oraz rozwiązanie dla KELT-3b.
- Upewnij się, że zespoły rozumieją, jak określić każdy parametr przed przejściem do następnego.
- Po określeniu wszystkich parametrów zespoły powinny zaprezentować i omówić z klasą swoje wnioski.
- Jako kolejny krok możesz zaproponować ukończenie wyzwania 2 i wyznaczenie cech egzoplanety TOI-560c.

Format oparty na projekcie - hackathon

- Podziel klasę na zespoły liczące od 3 do 4 uczniów.
- Zaczynij od przedstawienia uczniom koncepcji hackathonu za pomocą tego filmu wprowadzającego: *Introduction to Hack an Exoplanet*
- Możesz pozwolić zespołom wykonywać wyzwania autonomicznie (na przykład jako zadanie domowe lub jako projekt klasowy) lub zrobić to w ramach wspólnej imprezy klasowej lub szkolnej.
- W razie potrzeby wzmocnij koncepcję wyzwania dla uczniów. Każdy zespół będzie musiał scharakteryzować główne właściwości egzoplanety KELT-3b, wypełniając akta sprawy dostępne w arkuszach pracy uczniów. Zespoły będą musiały określić rozmiar, okres orbitalny, odległość orbitalną, temperaturę i skład KELT-3b oraz porównać jej właściwości z planetami w naszym Układzie Słonecznym. Mapa badania egzoplanet dostarcza więcej informacji dla każdej wymienionej właściwości.
- Rozdaj zespołom dokumentację pomocniczą i daj im czas na wykonanie pełnego zadania, sugerujemy około 90 minut na analizę KELT-3b.
- Aby upewnić się, że zespoły mają stały postęp, możesz wyznaczyć ramy czasowe na określenie każdej cechy lub pokazać odpowiedni film pomocniczy i udzielać wskazówek w określonych momentach. Filmy pomocnicze zawierają informacje o tym, jak wyznaczyć każdą właściwość oraz rozwiązanie dla KELT-3b.
- Po określeniu wszystkich parametrów zespoły powinny przedstawić i omówić swoje wnioski z całą grupą.
- Jako kolejny krok możesz zaproponować ukończenie wyzwania 2 i wyznaczenie cech egzoplanety TOI-560c.

→ Wyzwanie 1 - Analiza danych z KELT-3b

Dostęp i dopasowanie danych satelitarnych

Dostęp do danych można uzyskać pod tym linkiem: hackanexoplanet.esa.int/allesfitter

Ta wersja *allesfittera* to aplikacja online, która zapewnia łatwy i darmowy dostęp do danych z satelity Cheops, umożliwiając modelowanie wielu egzoplanet na podstawie pomiarów tranzytów. Dostęp do niej jest możliwy z poziomu przeglądarki internetowej.

Aby pobrać parametry najlepszego dopasowania danych, studenci powinni postępować zgodnie z przewodnikiem *allesfitter* krok po kroku zawartym w arkuszu dla studentów lub obejrzeć film instruktażowy. Przewodnik ten zawiera instrukcje, jak korzystać z edukacyjnej wersji narzędzia *allesfitter* opartej na przeglądarce internetowej. Ta wersja narzędzia ma już załadowane zestawy danych i pozwala jedynie na badanie konkretnych parametrów: promienia planety, promienia gwiazdy i czasu przelotu.

Uwaga: Jeśli ten krok nie jest możliwy, zespoły mogą wykorzystać parametry najlepszego dopasowania podane w **załączniku 1** - Tranzytowa krzywa świetlna egzoplanety KELT-3b i **załączniku 2** - Tranzytowa krzywa świetlna egzoplanety TOI-560c.

Jak określić wielkość egzoplanety?

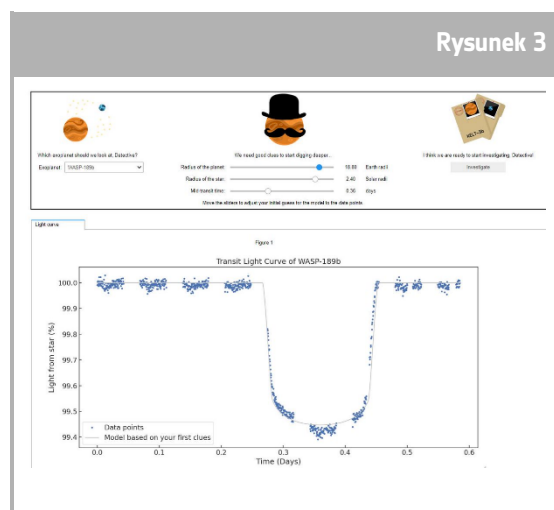
Podczas stosowania metody fotometrii tranzytowej, teleskop mierzy ilość światła gwiazdy w określonym czasie. Naukowcy dopasowują modele do danych, aby spróbować wykryć zmiany w świetle gwiazdy, które mogą być spowodowane przez egzoplanetę.

Stosując metodę fotometrii tranzytowej, nie wykrywamy bezpośrednio egzoplanety (poza bardzo specyficznymi przypadkami). Zamiast tego mierzymy ilość światła gwiazdy, które egzoplaneta blokuje, gdy przechodzi między gwiazdą a teleskopem.

Ilość światła gwiazdy, którą blokuje egzoplaneta, jest zwykle określana jako głębokość tranzytu. A wartość ta jest proporcjonalna do rzutowanej powierzchni egzoplanety.

Wyznaczenie promienia egzoplanety (R_p) jest możliwe, jeśli znamy promień gwiazdy (R_s) i głębokość tranzytu:

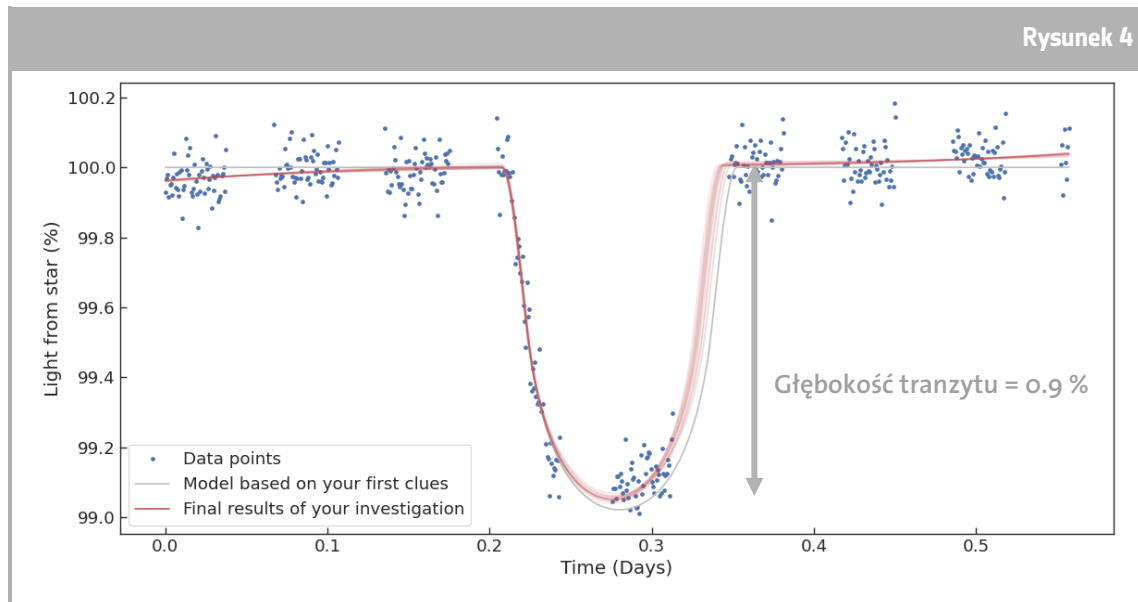
$$\text{transit depth (\%)} \approx \frac{\pi \cdot R_p^2}{\pi \cdot R_s^2} \times 100$$



↑ Interfejs *Allesfitter*.

Przykład KELT-3b:

Przeanalizujemy teraz dane KELT-3b jako przykład.



↑ Dane KELT-3b z Cheopsa z transytową krzywą światła najlepiej dopasowanym modelem z *allesfitter*.

Promień gwiazdy KELT-3 jest znany i podany w aktach sprawy: $R_s = 1.70 R_{Sun}$

Analizując dane Cheopsa możemy zmierzyć głębokość transytu na około 0.9 % (rysunek 4).

Korzystając z powyższego równania: $R_p = \sqrt{R_s^2 \times \frac{\text{transit depth}}{100}} = \sqrt{1.70^2 \times \frac{0.9}{100}} = 0.161 R_{Sun}$

Przeliczenie na jednostki promieni Ziemi: $R_p = 0.161 \times 109 = 17.5 R_{Earth}$

Gdy studenci uruchomią program *allesfitter*, otrzymają wartość najlepszego dopasowania dla promienia. Wartość ta może się znacznie różnić od tego prostego oszacowania. W interfejsie studenci mogą zmieniać tylko trzy parametry, ale oprogramowanie *allesfitter* dopasowuje dane do złożonego modelu z kilkoma ukrytymi parametrami, które mogą zapewnić pełniejsze dopasowanie do danych.

Jak wyznaczyć okres i odległość orbitalną, korzystając z trzeciego prawa Keplera

Okres orbitalny, T , planety to czas potrzebny planecie na wykonanie jednej pełnej orbity wokół swojej gwiazdy. Można go zmierzyć znajdując czas środkowego transytu (środek transytu) dwóch kolejnych transytów tej samej egzoplanety i mierząc odstęp czasu między nimi.

Dla tych obserwacji mamy tylko jeden transyt, ale możemy ekstrapolować okres orbitalny porównując obecne dane obserwacyjne z poprzednimi danymi obserwacyjnymi znalezionymi w archiwum danych.

Znając okres orbitalny egzoplanety, możemy wykorzystać trzecie prawo Keplera do wyznaczenia średniej odległości orbitalnej, d , pomiędzy planetą a gwiazdą.

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

Gdzie G to stała grawitacyjna, a M_s to masa gwiazdy.

Przykład KELT-3b:

Przeanalizujmy teraz dane KELT-3b jako przykład. W tym ćwiczeniu uczniowie powinni zwrócić baczną uwagę na jednostki.

- Stała grawitacyjna w jednostkach SI wynosi $G = 6.67430 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
- Znana jest masa gwiazdy KELT-3: $M_s = 1.96 M_{Sun}$
- Musimy przeliczyć jego masę na jednostki SI: $M_s = 3.90 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Z dopasowania modelu dowiedzieliśmy się, że okres orbitalny, $T = 2,70339 \text{ dnia}$. Przeliczając okres orbitalny na sekundy: $T = 233573 \text{ s}$

Mamy teraz wszystkie informacje potrzebne do określenia odległości między gwiazdą a egzoplanetą.

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

Porównajmy teraz okres i średnią odległość orbitalną KELT-3b z planetami w naszym Układzie Słonecznym:

Planeta	Okres (dni)	Średnia odległość orbitalna (au)
KELT-3b	2,70339	0,048
Merkury	87,97	0,4
Ziemia	365,25	1
Neptun	60 266,25	30

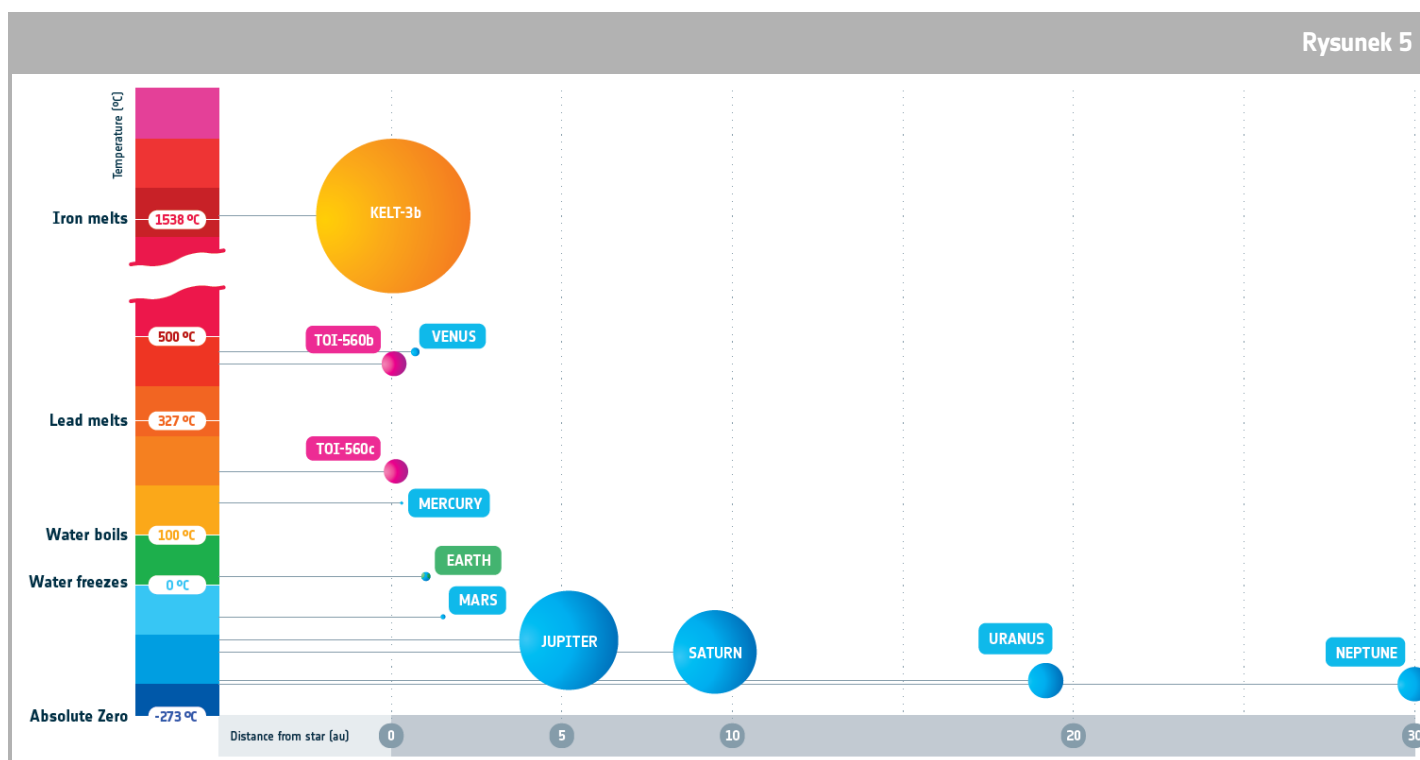
[↑ Porównanie okresu i średniej odległości orbitalnej dla KELT-3b i planet w Układzie Słonecznym](#)

KELT-3b ma znacznie krótszy okres orbitalny niż Merkury, najbliższa Słońcu planeta w naszym Układzie Słonecznym, ze względu na niewielką odległość egzoplanety od jej gwiazdy-gospodarza. Metoda fotometrii tranzytowej łatwiej identyfikuje planety na tego typu orbitach niż planety takie jak w naszym Układzie Słonecznym.

Skąd wiemy, czy egzoplaneta może być zdolna do zamieszkania?

Do dziś Ziemia jest jedynym miejscem we wszechświecie, o którym wiadomo, że jest gospodarzem życia. Nie wiadomo też, czy życie mogłoby się rozwijać i istnieć w warunkach bardzo niepodobnych do tych, które panują na naszej planecie. Badając egzoplanety i określając możliwe warunki do zamieszkania, naukowcy starają się zidentyfikować warunki podobne do ziemskich, takie jak temperatura.

Ważnym czynnikiem, który należy wziąć pod uwagę w przypadku habitatu jest temperatura. Temperatura planety jest głównie określana przez jej odległość od gwiazdy-gospodarza. Kiedy planeta krąży wokół gwiazdy w odległości, w której na jej powierzchni może znajdować się **woda w stanie ciekłym**, planeta znajduje się w **strefie nadającej się** do zamieszkania.



↑ Wykres przedstawiający wielkość i temperaturę planet w zależności od odległości od gwiazdy-gospodarza. Wielkość i odległość planet są przedstawiane za pomocą dwóch różnych skal.

Wenus: wyjątek w Układzie Słonecznym

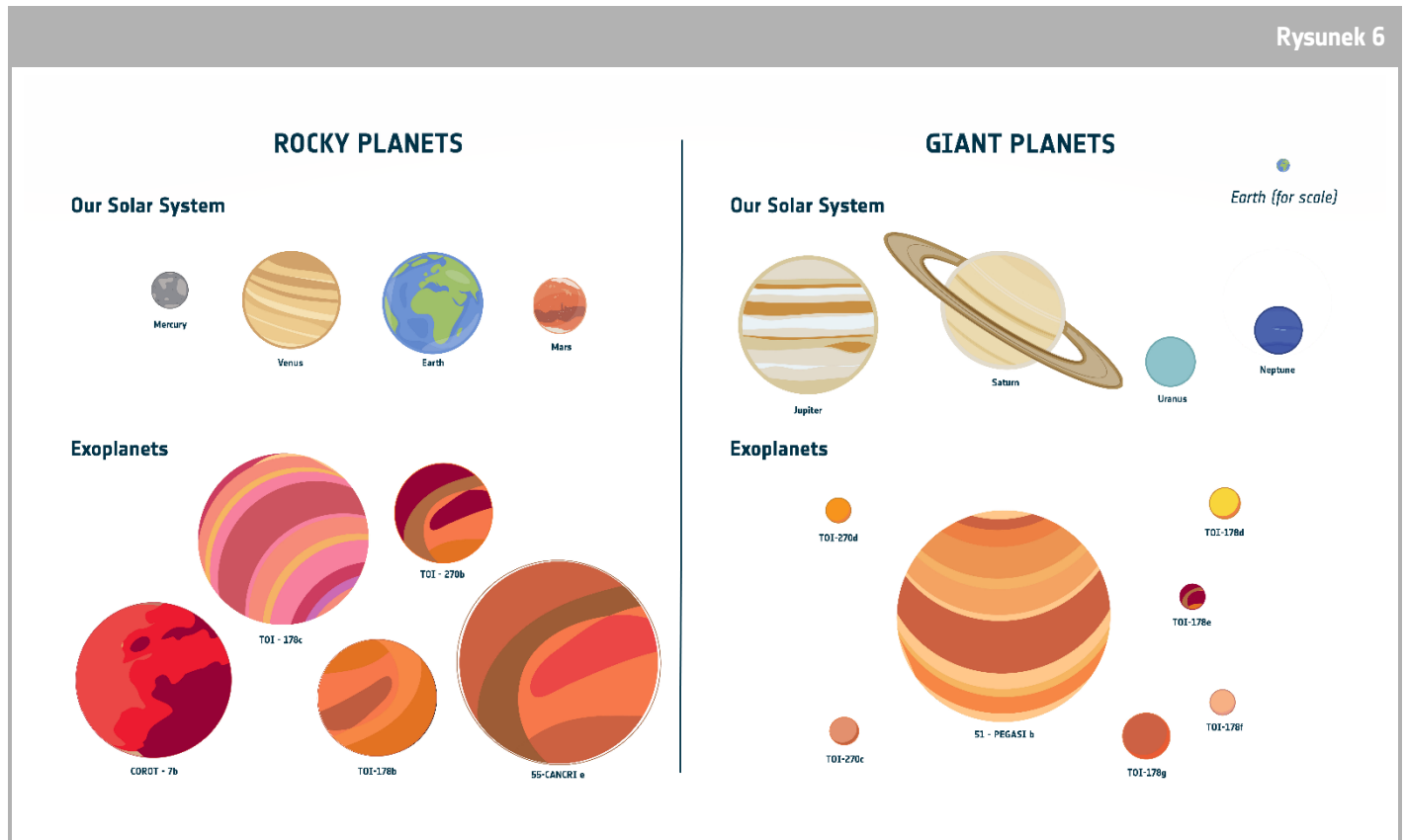
Na temperaturę mierzoną na powierzchni planety wpływa również jej atmosfera. W Układzie Słonecznym, Wenus jest skrajnym przykładem. Jej gęsta atmosfera działa jak szklarnia i ogrzewa powierzchnię do temperatury wyższej niż temperatura topnienia ołowiu, co sprawia, że jest ona cieplejszą planetą niż Merkury, mimo że znajduje się dalej od Słońca.

Przykład KELT-3b:

Omówmy teraz KELT-3b jako przykład. KELT-3b jest mało prawdopodobnym gospodarzem życia, ponieważ znajduje się zbyt blisko swojej gwiazdy-gospodarza, przez co temperatura na jej powierzchni jest bardzo wysoka, powyżej temperatury topnienia żelaza. Większość aminokwasów, budulca życia, nie przetrwałaby tak ekstremalnych temperatur. Planeta jest również bombardowana przez wysoki poziom promieniowania z powodu bardzo bliskiej odległości od swojej gwiazdy-gospodarza.

Z czego zbudowane są egzoplanety?

W naszym Układzie Słonecznym planety są zwykle podzielone na dwie kategorie: skaliste i gazowe. Jednak egzoplanety mogą bardzo różnić się od sąsiednich planet, do których jesteśmy przyzwyczajeni.



↑ Przykłady impresji artystów na temat prawdziwych egzoplanet, które już odkryto krążąc wokół pobliskich gwiazd.

Poprzez obliczenie średniej **gęstości** egzoplanety, ρ można zorientować się w składzie egzoplanety.

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

Gdzie M to masa egzoplanety, a V to objętość egzoplanety.

Masa i objętość egzoplanety są zwykle wyznaczone z dużym błędem związanym z tymi wartościami. Błędy te są następnie propagowane do obliczeń gęstości egzoplanety, tworząc niepewność wartości gęstości w zakresie od 10% do 30%.

Inną techniką wykorzystywaną do badania egzoplanet jest spektroskopia. Dzięki tej technice światło otrzymane od gwiazdy lub egzoplanety jest rozdzielane na różne długości fal, co pozwala na określenie **składu atmosferycznego** egzoplanety lub pokrycia chmur.

Przykład KELT-3b:

Przeanalizujmy teraz dane KELT-3b jako przykład. Masa KELT-3b wynosi $617 M_{\text{Earth}}$. Wartość ta nie jest możliwa do wyznaczenia z fotometrii tranzytowej. Została ona wyznaczona z wcześniejszych obserwacji przy użyciu innej techniki zwanej prędkością radialną.

W pierwszym ćwiczeniu wyznaczyliśmy już promień KELT-3b. Znając promień, możemy obliczyć objętość egzoplanety, zakładając, że jest ona idealną kulą: $V = \frac{4}{3} \pi R^3$.

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

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

* Ta wartość promienia została oszacowana na podstawie obliczeń głębokości tranzytu, studenci mogą również użyć wartości modelu *allesfitter* best fit.

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

Wartość ta jest znacznie mniejsza od średniej gęstości Jowisza, a bliższa gęstości WASP-189b (znanej gorącej egzoplanety Jowisza). Niewielka odległość od gwiazdy gospodarza i wysoka temperatura sprawiają, że egzoplaneta jest "puchata".

Podsumowanie KELT-3b

KELT-3b to gorący Jowisz krążący wokół gwiazdy podobnej do Słońca, KELT-3, oddalonej od Ziemi o około 690 lat świetlnych.

KELT-3b orbituje bardzo blisko swojej gwiazdy-gospodarza, ponad 10 razy bliżej niż Ziemia orbituje wokół Słońca. Egzoplaneta potrzebuje tylko 2,7 dnia, aby zakończyć pełną orbitę wokół KELT-3.

Ze względu na bliskość gwiazdy-gospodarza, średnia temperatura egzoplanety jest bardzo wysoka, powyżej temperatury topnienia żelaza, co czyni ją całkowicie zdatną do zamieszkania.

KELT-3b składa się głównie z wodoru i helu, podobnie jak Jowisz. Ze względu na wysoką temperaturę egzoplanety i bliskość gwiazdy, jej atmosfera jest bardzo rozbudowana (puszysta), a jej średnia gęstość jest bardzo niska.

Tabela 2	
Egzoplaneta	KELT-3b
Rodzaj planety	Gorący Jowisz
Promień (R_{Earth})	16,81 (od <i>allesfitter</i>)
	17,5 (od głębokości tranzytu)
Masa (M_{Earth})	617 ± 105
Okres orbitalny (dni)	2,70339
Średnia odległość orbitalna (au)	~0,048
Gęstość (g/cm^3)	~0,63
Średnia temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	~1 543

↑ Podsumowanie oszacowania właściwości KELT-3b

Zgłoś swój projekt

Zespoły mogą przesłać swój projekt hack an exoplanet na platformie Hack an Exoplanet, aby otrzymać certyfikat uczestnictwa. Aby zgłosić swój projekt, odwiedź stronę hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project.

→ Wyzwanie 2 - analiza danych z TOI-560c

Po zakończeniu analizy KELT-3b zespoły powinny być w stanie przeprowadzić ten sam proces analizy dla danych TOI-560c.

Wszystkie potrzebne informacje są dostępne w aktach sprawy w arkuszu [dla](#) ucznia oraz na stronie hackanexoplanet.esa.int/challenges.

Zespoły mogą przesłać swój projekt hack an exoplanet na platformie Hack an Exoplanet, aby otrzymać certyfikat uczestnictwa. Aby zgłosić projekt zespołu, odwiedź stronę hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project.

Nagroda za najlepszy projekt:

Aby mieć szansę na zdobycie nagrody za najlepszy projekt, zespoły powinny zgłosić swój dziennik badawczy na temat TOI-560c, postępując zgodnie z szablonem przedstawionym.

Zgłoszenie Waszego zespołu powinno zawierać analizę danych Cheops dla TOI-560c i powinno być zgodne z formatem pracy naukowej, zawierającej streszczenie, analizę i wyniki oraz wnioski.

Zwycięskie zespoły otrzymają gadżety ESA, a także możliwość udziału w webinarium z laureatem Nagrody Nobla z fizyki Didierem Quelozem, w dniu 17 lipca 2023 r. Termin nadsyłania zgłoszeń to 14 czerwca 2023 r.

Aby zgłosić swój projekt odwiedź stronę hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project.

→ LINKI

Środki pomocnicze

Zhakować egzoplanetę:
hackanexoplanet.esa.int

Hack przewodnik edukatorów egzoplanet do działania
hackanexoplanet.esa.int/educators-guide

AllesFitter edukacyjna wersja oprogramowania:
hackanexoplanet.esa.int/allesfitter

Wprowadzenie do Hack an Exoplanet - zostań detektywem egzoplanetowym
hackanexoplanet.esa.int/challenges

Allesfitter mini tutorial - przewodnik krok po kroku jak dopasować najlepszy model do danych
hackanexoplanet.esa.int/allesfitter-guide

Jak określić wielkość egzoplanety
hackanexoplanet.esa.int/challenges-size

Okres orbitalny i odległość egzoplanety, z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera
hackanexoplanet.esa.int/challenges-orbital-period-and-distance

Czy egzoplanety mogą nadawać się do zamieszkania?
hackanexoplanet.esa.int/challenges-temperature-and-habitability

Z czego zbudowane są egzoplanety?
hackanexoplanet.esa.int/challenges-composition

Referencje naukowe dla KELT-3b
exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/overview/KELT-3

Zasoby ESA

Materiały dla klas ESA
esa.int/Education/Classroom_resources

Nauczanie z egzoplanetami
esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets

Meet Cheops: the Characterising Exoplanet Satellite
esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_the_Characterising_Exoplanet_Satellite

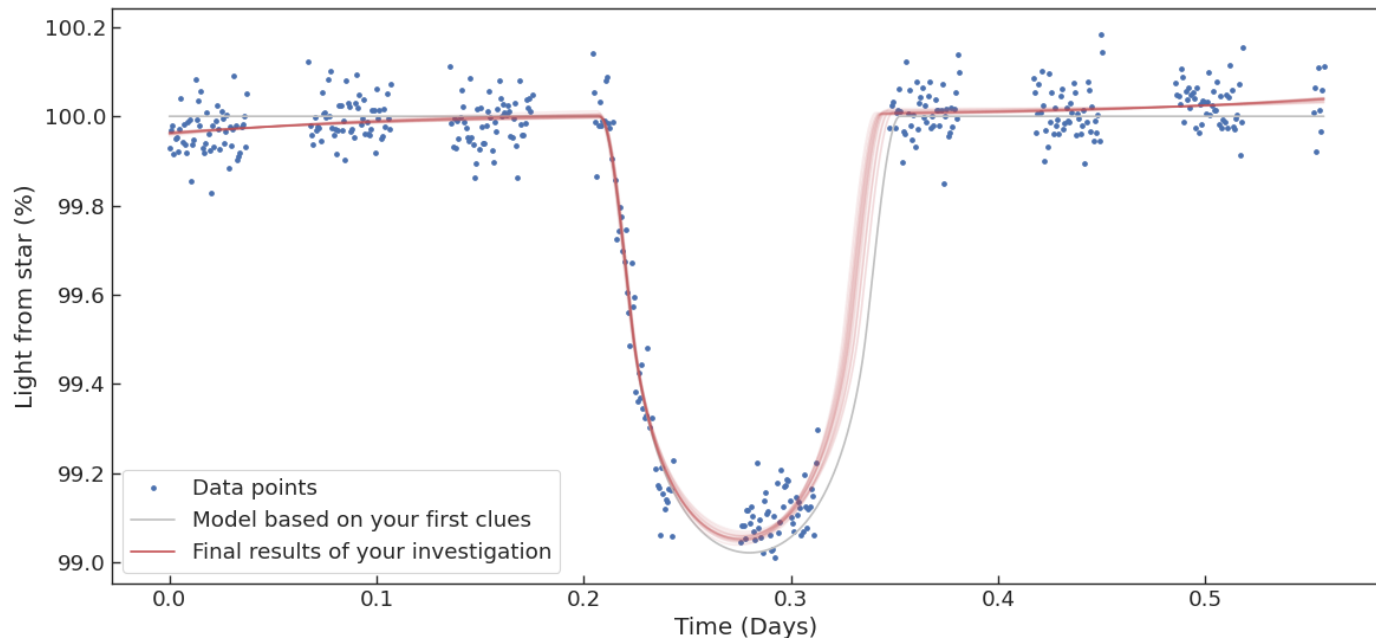
Projekty kosmiczne ESA

Cheops - satelita do badania egzoplanet
esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cheops

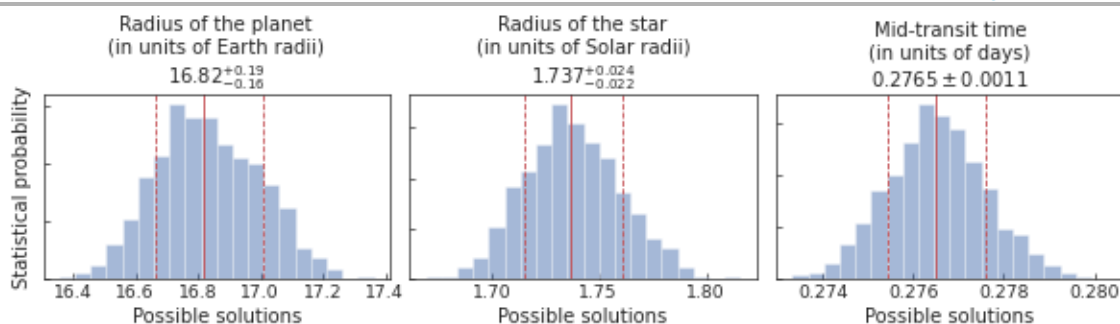
→ Załącznik 1

Tranzytowa krzywa światła egzoplanety KELT-3b

Wyniki najlepszego dopasowania modelu KELT-3b od *allesfittera*



[↑ Transit light curve best fit model.](#)



- Histogramy pokazują prawdopodobieństwo, że każdy z parametrów ma określoną wartość.
- Środkowa, solidna linia pokazuje medianę wartości każdego parametru.
- Przerwane linie na lewo i prawo od niego oznaczają odpowiednio dolną i górną granicę.
- Są to tak zwane niepewności 1-sigma. Oznacza to, że statystycznie możemy być w 68% pewni, że prawdziwa wartość leży w ich obrębie.
- Należy pamiętać, że oznacza to możliwość, że prawdziwa wartość parametru leży poza tymi granicami; są to tylko niepewności statystyczne, a nie ostateczne granice.

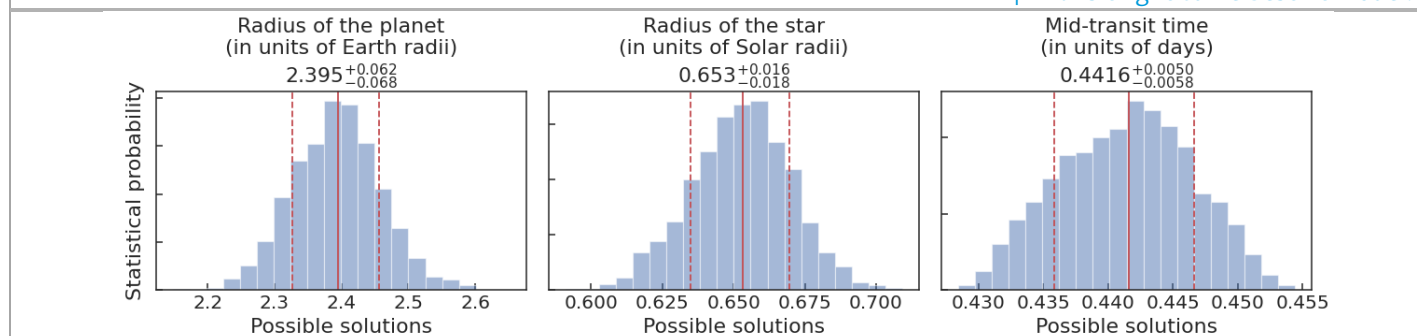
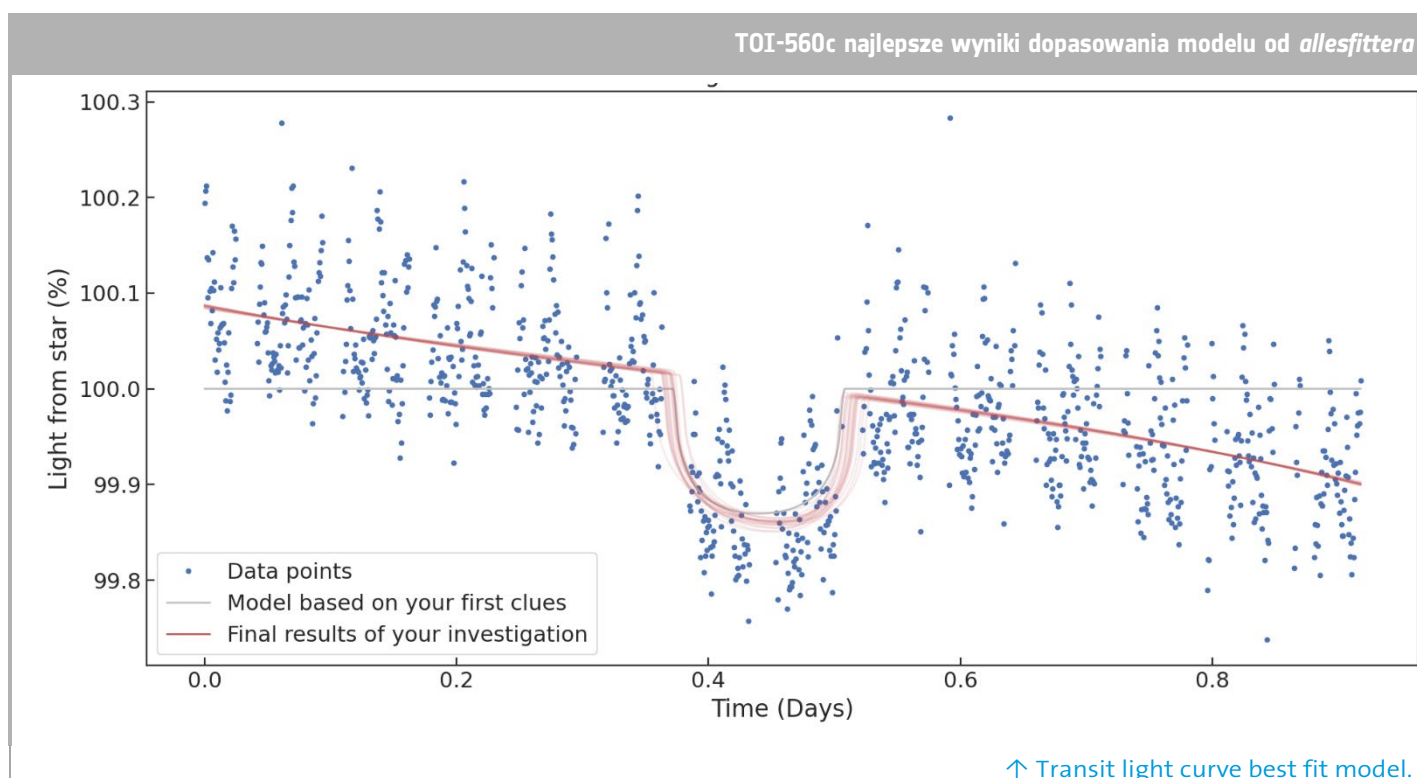
[↑ Histogram prawdopodobieństwa statystycznego wszystkich wartości parametrów KELT-3b](#)

Nazwa	Mediana	Niższy błąd	Błąd górny	Notatka służbowa
Promień planety (w jednostkach promieni Ziemi)	16,82	0,16	0,19	Obserwacje Cheopsa
Promień gwiazdy (w jednostkach promieni słonecznych)	1,737	0,022	0,024	Obserwacje Cheopsa
Środkowy czas tranzytu (w jednostkach dni)	0,2765	0,0011	0,0011	Obserwacje Cheopsa
Okres orbitalny (w jednostkach dni)	2,70339			Inne spostrzeżenia z archiwum

[↑ Tabela z najlepiej dopasowanymi parametrami modelu.](#)

→ Załącznik 2

Tranzytowa krzywa światła egzoplanety TOI-560c



- Histogramy pokazują prawdopodobieństwo, że każdy z parametrów ma określoną wartość.
- Środkowa, solidna linia pokazuje medianę wartości każdego parametru.
- Przerwane linie na lewo i prawo od niego oznaczają odpowiednio dolną i górną granicę.
- Są to tak zwane niepewności 1-sigma. Oznacza to, że statystycznie możemy mieć 68% pewności, że prawdziwa wartość leży w ich obrębie.
- Należy pamiętać, że oznacza to możliwość, że prawdziwa wartość parametru leży poza tymi granicami; są to tylko niepewności statystyczne, a nie ostateczne granice.

[↑ Histogram prawdopodobieństwa statystycznego wszystkich wartości parametrów TOI-560c](#)

Nazwa	Mediana	Niższy błąd	Błąd górny	Notatka służbowa
Promień planety (w jednostkach promieni Ziemi)	2,395	0,068	0,062	Obserwacje Cheopsa
Promień gwiazdy (w jednostkach promieni słonecznych)	0,653	0,018	0,016	Obserwacje Cheopsa
Środkowy czas tranzytu (w jednostkach dni)	0,4416	0,0058	0,0050	Obserwacje Cheopsa
Okres orbitalny (w jednostkach dni)	18,8797			Inne spostrzeżenia z archiwum

[↑ Tabela z najlepiej dopasowanymi parametrami modelu.](#)