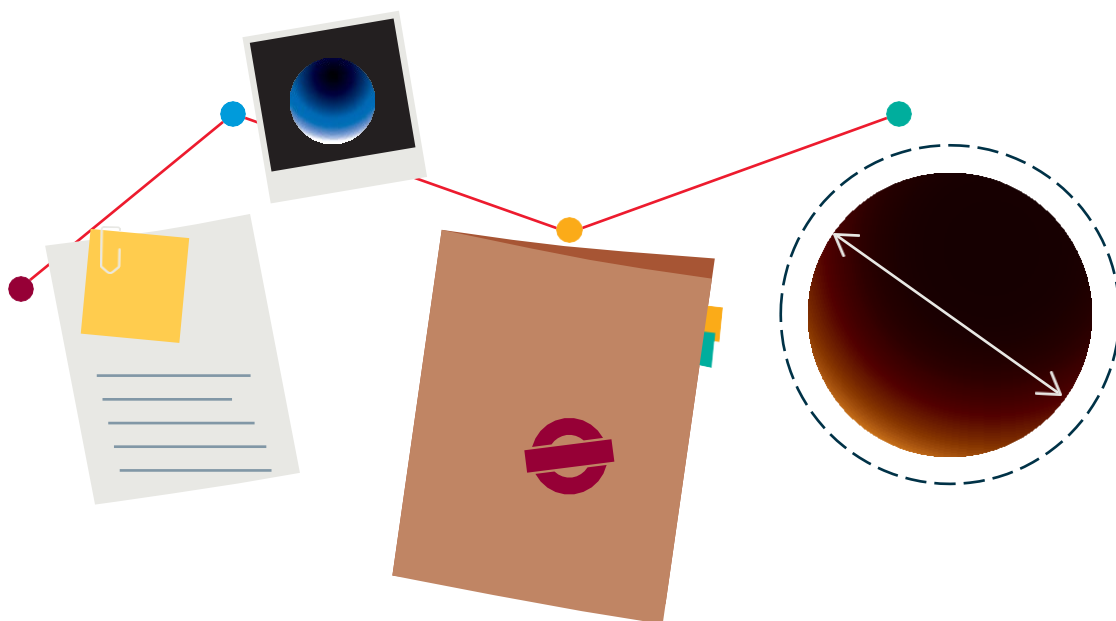


mokyti su kosmos

→ NULAUŽTI EGZOPLANETĄ

Kaip tapti kosmoso detektyvu





MOKYTOJO VADOVAS

<i>Greiti faktai</i>	03
<i>Įvadas</i>	04
<i>Veikla</i>	05
<i>1 uždavinys: KELT-3b duomenų analizė</i>	07
<i>2 uždavinys: TOI-560c duomenų analizė</i>	13
<i>Nuorodos</i>	14
<i>Priedai</i>	15

mokyti su kosmoso - įsilaužkite į egzoplanetą | P39
www.esa.int/education

EKA Švietimo biuras laukia atsiliepimų ir pastabų
teachers@esa.int

EKA edukacinė produkcija, sukurta bendradarbiaujant su EKA Science
Autorinės teisės 2023 © Europos kosmoso agentūra

→ NULAUŽTI EGZOPLANETĄ

Tapimas kosmoso detektyvu

Greiti faktai

Tema: Fizika, matematika, astronomija
Amžiaus diapazonas: 14 - 19 metų
Tipas: studentų veikla ir (arba) hakatonas
Sudėtingumas: vidutinis
Mokytojo pasiruošimo laikas: 1 val.
Reikalingas pamokos laikas: 90 minučių vienam iššūkiui (iš viso 3 valandos)
Kaina: nedidelė (0-10 eurų)
Vieta: klasė
Naudojasi: kompiuteriu (jei neįmanoma, siūloma kita alternatyva)
Reikšminiai žodžiai: Fizika, matematika, astronomija Egzoplaneta, tranzitas

Trumpas aprašymas

Atlikdami šią užduotį mokiniai, analizuodami ESA palydovo "Cheops" gautus duomenis, apibūdins dvi egzoplanetas. Mokiniai dirbs kaip tikri mokslininkai ir pritaikys modelį duomenims, kad gautų geriausiai tinkančius parametrus.

Veiklą galima atlikti vadovaujant arba mokantis pagal projektą, pavyzdžiui, per hakatoną. Mokytojo vadove pateikiami abu variantai.

Užsiėmimus papildo egzoplanetų ekspertų parengti vaizdo paaiškinimai.

Mokymosi tikslai

- Moksliskai dirbkite su tikrais palydovų duomenimis.
- Taikyti matematinės duomenų analizės metodus, pritaikant modelį realiems duomenims.
- Sužinokite apie trečiąjį Keplerio dėsnį ir orbitinę mechaniką.
- Supraskite, kas yra egzoplanetos tranzitas.
- ugdykite komandinio darbo įgūdžius laikydamiesi laiko apribojimų.

Taip pat reikia

Pagalbinė vaizdo medžiaga. Žr. skyrių "Nuorodos".

- Įvadas į "Hack an Exoplanet" - tapkite egzoplanetų detektyvu
- "Allesfitter" mini pamoka - žingsnis po žingsnio vadovas, kaip pritaikyti geriausią modelį duomenims
- Kaip nustatyti egzoplanetos dydį
- Egzoplanetos orbitos periodas ir atstumas pagal trečiąjį Keplerio dėsnį
- Ar egzoplanetos gali būti tinkamos gyventi?
- Iš ko sudarytos egzoplanetos?

→ Įvadas

Šis edukacinis užsiėmimas buvo parengtas per pirmąjį EKA švietimo hakatoną, skirtą vidurinių mokyklų moksleiviams: "**Hack an Exoplanet**". Šie iššūkiai leidžia mokiniams naudotis tikrais palydovų duomenimis, kad ištirtų svetimus pasaulius ir vienai dienai taptų egzoplanetų detektyvais.

2023 m. sausį ESA palydovas Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite) stebėjo dvi egzoplanetas - KELT-3b ir TOI-560c, specialiai skirtas šiai veiklai. Analizuodami "Cheops" duomenis, mokiniai gali prisijungti prie ESA mokslininkų, ieškančių atsakymų, ir padėti jiems suprasti šiuos du paslaptinius svetimus pasaulius.



1 pav.

[↑ Cheopso paveikslas.](#)

Šie uždaviniai - tai praktinė veikla, kurios metu mokiniai turi analizuoti duomenis, gautus iš EKA palydovo "Cheops". Mokiniai turės apibūdinti pagrindines egzoplanetų savybes, naudodamiesi pagalbine medžiaga ir specialiai šiems duomenų rinkiniams parengta mokomąja pritaikymo įrankio "*allesfitter*" versija. Kartu su užduotimis pateikiami egzoplanetų ekspertų parengti rašytiniai ir vaizdo paaiškinimai bei pavyzdžiai.

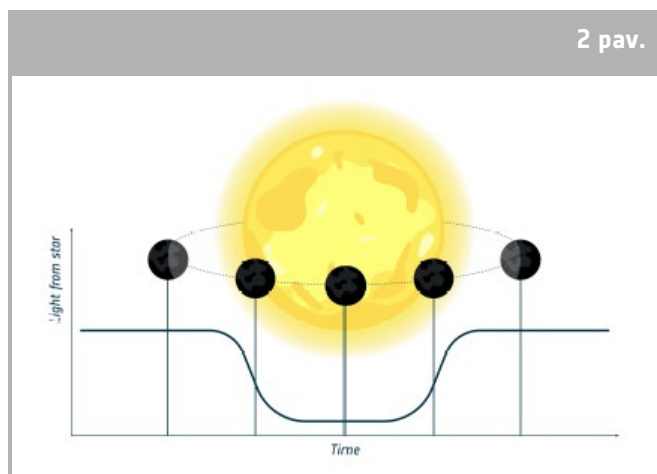
Veikla gali būti pristatoma naudojant vadovaujamąjį formatą arba projektais grindžiamo mokymosi formatą, pavyzdžiui, per hakatoną. Mokytojo vadove pateikiami abu variantai.

Kas yra egzoplaneta?

Egzoplanetos, arba ekstrazolinės planetos, yra planetos, esančios už mūsų Saulės sistemos ribų ir skriejančios aplink kitą žvaigždę nei mūsų Saulė.

Kaip tiriame egzoplanetas?

Šiuo metu yra patvirtinta daugiau kaip 5000 egzoplanetų, esančių maždaug 4000 žvaigždžių sistemų, tačiau egzoplanetas aptikti sunku. Signalas, kurį gauname iš egzoplanetų, yra labai mažas, palyginti su daug didesniu signalu, gaunamu iš didesnių ir ryškesnių žvaigždžių šeiminių, paprastai jis yra daug mažesnis nei 1 %.



2 pav.

[↑ Tranzitinės fotometrijos metodo pavaizdavimas.](#)

Egzoplanetoms aptikti ir apibūdinti yra įvairių metodų, šiame užsiėmime naudosime **tranzitinės fotometrijos metodą**. Tai labiausiai paplitęs egzoplanetų paieškos metodas.

Fotometrija - žodis "fotometrija" kilęs iš graikų kalbos: photo "šviesa" ir metry "matas". Tai astronomijoje naudojamas metodas, kuriuo kiekybiškai matuojama žvaigždžių šviesa.

Tranzitas - egzoplaneta aptinkama matuojant žvaigždės šviesos silpnėjimą.

→ Veikla

Veiklą "Hack an Exoplanet" sudaro du uždaviniai. Pirmasis uždavinys - milžiniškos egzoplanetos KELT-3b tranzitinės šviesos kreivės analizė. Laikydami pagalbiniuose medžiagoje pateiktų nurodymų ir (arba) vadovaudami mokomuosiuose vaizdo įrašuose pateikta informacija, mokiniai galės išvesti KELT-3b savybes.

Antrasis iššūkis - mini Neptūno egzoplanetos TOI-560c tranzitinės šviesos kreivės analizė. Atlikę KELT-3b analizę, mokiniai turėtų gebėti savarankiškai atlikti TOI-560c duomenų analizę, laikydami panašaus proceso.

Įranga

- Kompiuteris su prieiga prie interneto, kad galėtumėte naudotis naršyklės programinės įrangos įrankiu *allesfitter*. Jei šio veiksmo atlikti neįmanoma, komandos gali naudoti geriausiai tinkančius parametrus, pateiktus **1 priede** - egzoplanetos KELT-3b tranzito šviesos kreivė ir **2 priede** - egzoplanetos TOI-560c tranzito šviesos kreivė.
- Kiekvienai grupei atspausdintas mokinio darbo lapas, kuriame pateikiama:
 - Egzoplanetų tyrimų žemėlapis
 - KELT-3b ir TOI-560c bylos
 - Informacija apie Saulės sistemos planetas
 - Žingsnis po žingsnio *allesfitter* vadovas
- Skaičiuotuvas (neprivaloma)
- Prie šios veiklos taip pat pridedami šeši pagalbinių vaizdo įrašai, kuriais komandos gali naudotis (žr. skyrių "Nuorodos"):
 - Įvadas į "Hack an Exoplanet" - tapkite egzoplanetų detektyvu
 - "Allesfitter" mini pamoka - žingsnis po žingsnio vadovas, kaip pritaikyti geriausią modelį duomenims
 - Kaip nustatyti egzoplanetos dydį
 - Egzoplanetos orbitos periodas ir atstumas pagal trečiąjį Keplerio dėsnį
 - Ar egzoplanetos gali būti tinkamos gyventi?
 - Iš ko sudarytos egzoplanetos?

Vaizdo įrašuose pateikta informacija taip pat pateikiama šiame mokytojo vadove.

Pratimai:

Šių dviejų taikinių duomenų rinkinius 2023 m. sausio 22 ir 23 d. specialiai šiai edukacinei veiklai gavo ESA palydovas "Cheops". Duomenis apdorojo EKA ekspertai ir jie jau paruošti naudoti mokiniams.

Šią veiklą galima atlikti vadovaujant arba mokantis pagal projektą, pavyzdžiui, per hakatoną. Mokytojo vadove pateikiami abu variantai.

Rekomenduojame šią užduotį atlikti 3-4 mokinių komandose. Taip mokiniai galės aptarti, kaip geriausiai atlikti kiekvieną užduotį, ir aptarti rezultatus.

Pastaba: jei duomenų analizė yra pernelyg sudėtinga, komandos taip pat gali papildyti bylos medžiagą ieškomos informacijos internete.

Vadovaujamas formatas

- Pradėkite pristatydami klasei egzoplanetų temą. Siūlome pasinaudoti šiuo įvadinio vaizdo įrašu: *Jvadas į egzoplanetą*.
- Suskirstykite klasę į komandas po 3-4 mokinius.
- Pateikite mokiniams iššūkį. Kiekviena komanda turės apibūdinti pagrindines egzoplanetos KELT-3b savybes, užpildydama mokinių darbo lapuose pateiktą bylą. Komandos turės nustatyti KELT-3b dydį, orbitinį periodą, orbitinį atstumą, temperatūrą ir sudėtį bei palyginti jos savybes su mūsų Saulės sistemos planetomis. Egzoplanetų tyrimo žemėlapyje pateikiama daugiau informacijos apie kiekvieną paminėtą savybę.
- Išdalykite komandoms pagalbinis dokumentus ir duokite joms kelias minutes jiems išanalizuoti.
- Nustatykite laiką, per kurį komandos turi nustatyti kiekvieną egzoplanetos savybę. **Prieš** komandoms pradėdant darbą nustatant kiekvieną savybę, pateikite joms atitinkamą pagalbinį vaizdo įrašą. Pagalbinuose vaizdo įrašuose pateikiama informacija apie tai, kaip nustatyti kiekvieną savybę, ir KELT-3b sprendimas.
- Prieš pereidami prie kito parametro, įsitikinkite, kad komandos supranta, kaip nustatyti kiekvieną parametą.
- Nustačius visus parametrus, komandos turėtų pristatyti ir aptarti savo išvadas su klase.
- Kitą žingsnį galite pasiūlyti atlikti 2 užduotį ir nustatyti egzoplanetos TOI-560c savybes.

Projekto formatas - hakatonas

- Suskirstykite klasę į komandas po 3-4 mokinius.
- Pradėkite pristatydami mokiniams hakatono koncepciją, naudodami šį įvadinį vaizdo įrašą: *Jvadas į "Hack an Exoplanet"*
- Galite leisti komandoms savarankiškai atlikti užduotis (pvz., kaip namų darbą ar klasės projektą) arba jas atlikti bendroje klasėje ar mokyklos renginyje.
- Jei reikia, sustiprinkite mokiniams užduoties sąvoką. Kiekviena komanda turės apibūdinti pagrindines egzoplanetos KELT-3b savybes, užpildydama savo mokinių darbo lapuose esančią bylą. Komandos turės nustatyti KELT-3b dydį, orbitinį periodą, orbitinį atstumą, temperatūrą ir sudėtį bei palyginti jos savybes su mūsų Saulės sistemos planetomis. Egzoplanetų tyrimo žemėlapyje pateikiama daugiau informacijos apie kiekvieną paminėtą savybę.
- Išdalykite komandoms pagalbinis dokumentus ir skirkite joms laiko visai užduočiai atlikti; KELT-3b analizei siūlome skirti apie 90 minučių.
- Norėdami užtikrinti, kad komandos nuolat darytų pažangą, galite nustatyti kiekvienos savybės nustatymo laiką arba parodyti atitinkamą pagalbinį vaizdo įrašą ir tam tikrais momentais pateikti patarimų. Pagalbinuose vaizdo įrašuose pateikiama informacija, kaip nustatyti kiekvieną savybę, ir KELT-3b sprendimas.
- Nustačius visus parametrus, komandos turėtų pristatyti ir aptarti savo išvadas su visa grupe.
- Kitą žingsnį galite pasiūlyti atlikti 2 užduotį ir nustatyti egzoplanetos TOI-560c savybes.

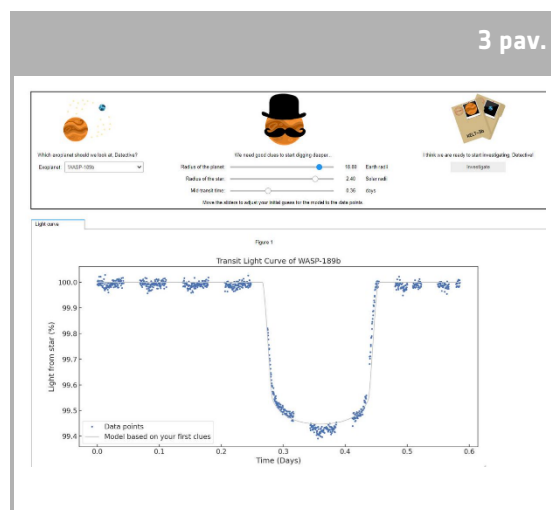
→ 1 uždavinys - KELT-3b duomenų analizė

Prieiga prie palydovinių duomenų ir jų pritaikymas

Duomenis galima rasti paspaudus šią nuorodą: hackanexoplanet.esa.int/allesfitter

Ši "allesfitter" versija - tai internetinė programa, suteikianti paprastą ir nemokamą prieigą prie "Cheops" palydovų duomenų, leidžianti modeliuoti kelias egzoplanetas pagal tranzito matavimus. Ją galima pasiekti iš darbalaukio naršyklės.

Norėdami gauti geriausiai tinkančius duomenų parametrus, mokiniai turėtų vadovautis mokinio darbo lape pateiktu *allesfitter* žingsnis po žingsnio vadovu arba žiūrėti vaizdo pamoką. Šiame vadove bus pateiktos instrukcijos, kaip naudotis naršykle pagrįsta mokomąja *allesfitter* įrankio versija. Šioje įrankio versijoje jau yra įkelti duomenų rinkiniai, ir ji leidžia tirti tik konkrečius parametrus: planetos spindulį, žvaigždės spindulį ir tranzito vidurio laiką.



↑ "Allesfitter" sąsaja.

Pastaba: Jei šio etapo atlikti neįmanoma, komandos gali naudoti geriausiai tinkančius parametrus, pateiktus **1 priede** - egzoplanetos KELT-3b tranzito šviesos kreivė ir **2 priede** - egzoplanetos TOI-560c tranzito šviesos kreivė.

Kaip nustatyti egzoplanetos dydį?

Naudojant tranzitinės fotometrijos metodą, teleskopas matuoja žvaigždės šviesos kiekį per tam tikrą laiko tarpą. Mokslininkai pagal šiuos duomenis pritaiko modelius ir bando aptikti žvaigždės šviesos pokyčius, kuriuos gali sukelti egzoplaneta.

Taikydami tranzitinės fotometrijos metodą, tiesiogiai egzoplanetos neaptinkame (išskyrus labai specifinius atvejus). Vietoj to matuojame žvaigždės šviesos kiekį, kurį užstoja egzoplaneta, kai praeina tarp žvaigždės ir teleskopo.

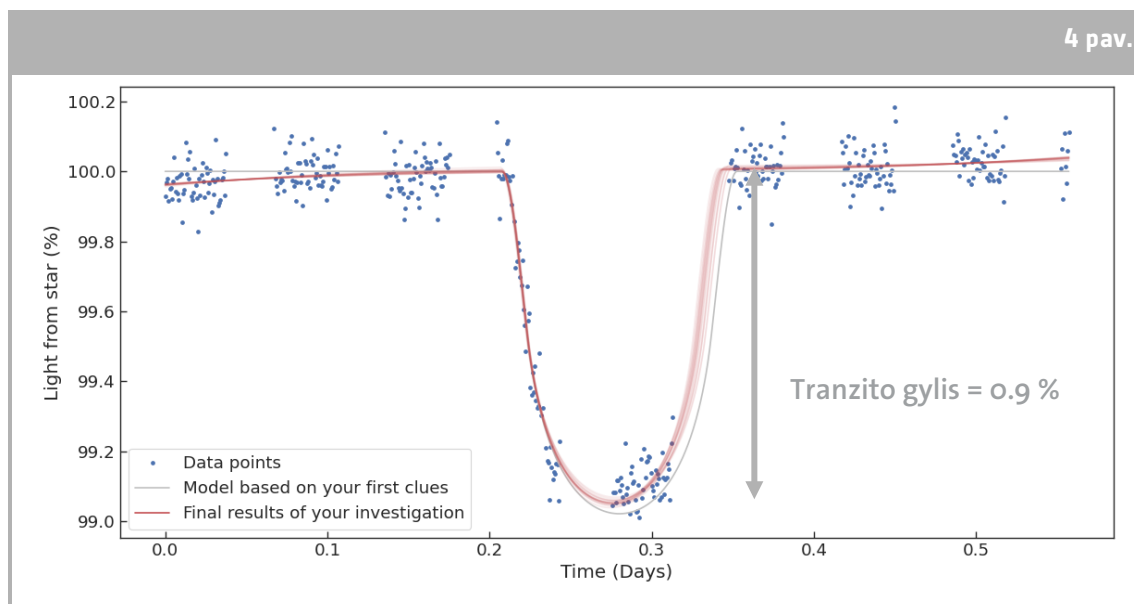
Žvaigždės šviesos kiekis, kurį užstoja egzoplaneta, paprastai vadinamas tranzito gyliu. Ši vertė proporcinga egzoplanetos projektuojamam plotui.

Egzoplanetos spindulį (R_p) galima nustatyti žinant žvaigždės spindulį (R_s) ir tranzito gylį:

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

KELT-3b pavyzdys:

Dabar kaip pavyzdį panagrinėkime KELT-3b duomenis.



↑ KELT-3b duomenys iš Cheopso su geriausiai tinkančiu tranzito šviesos kreivės modeliu iš *allesfitter*.

Žvaigždės KELT-3 spindulys yra žinomas ir pateiktas byloje: $R_s = 1.70 R_{Sun}$

Analizuodami Cheopso duomenis galime nustatyti, kad tranzito gylis yra maždaug 0,9 % (4 pav.).

Naudodami pirmiau pateiktą lygtį: $R_p = \sqrt{R_s^2 \times \frac{\text{transit depth}}{100}} = \sqrt{1.70^2 \times \frac{0.9}{100}} = 0.161 R_{Sun}$

Konvertavimas į Žemės spindulių vienetus: $R_p = 0.161 \times 109 = 17.5 R_{Earth}$

Paleidę "*allesfitter*" programinę įrangą, mokiniai gaus geriausiai tinkančią spindulio vertę. Ši vertė gali gerokai skirtis nuo šio paprasto įvertinimo. Sąsajoje mokiniai gali keisti tik tris parametrus, tačiau "*allesfitter*" programinė įranga duomenims pritaikyti sudėtingą modelį su dar keliais paslėptais parametrais, kurie gali užtikrinti išsamesnį duomenų atitikimą.

Kaip nustatyti orbitos periodą ir atstumą pagal trečiąjį Keplerio dėsnį

Planetos orbitos periodas T - tai laikas, per kurį planeta apskrieja vieną pilną ratą aplink savo žvaigždę. Jį galima išmatuoti nustatant dviejų iš eilės tos pačios egzoplanetos tranzito vidurio laiką (tranzito vidurį) ir išmatuojant laiko tarpą tarp jų.

Šių stebėjimų metu turime tik vieną tranzitą, tačiau galime ekstrapoliuoti orbitos periodą, palyginę dabartinius stebėjimo duomenis su ankstesnių stebėjimų duomenimis, esančiais duomenų archyve.

Žinodami egzoplanetos orbitos periodą, galime pasinaudoti trečiuoju Keplerio dėsniumi ir nustatyti vidutinį orbitinį atstumą d tarp planetos ir žvaigždės.

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

Kur G yra gravitacinė konstanta, o M_s - žvaigždės masė.

KELT-3b pavyzdys:

Dabar kaip pavyzdį panagrinėkime KELT-3b duomenis. Atlikdami šį pratimą mokiniai turėtų atkreipti dėmesį į vienetus.

- Gravitacijos konstanta SI vienetais yra $G = 6.67430 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
- Žvaigždės KELT-3 masė yra žinoma: $M_s = 1.96 M_{Sun}$
- Reikia paversti jos masę SI vienetais: $M_s = 3.90 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Iš modelio atitikimo sužinojome, kad orbitos periodas $T = 2,70339 \text{ dienos}$. Orbitinį periodą pavertus sekundėmis: $T = 233573 \text{ s}$

Dabar turime visą informaciją, reikalingą atstumui tarp žvaigždės ir egzoplanetos nustatyti.

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

Dabar palyginkime KELT-3b periodą ir vidutinį orbitinį atstumą su mūsų Saulės sistemos planetomis:

1 lentelė		
Planeta	Laikotarpis (dienomis)	Vidutinis orbitinis atstumas (au)
KELT-3b	2,70339	0,048
Gyvsidabris	87,97	0,4
Žemė	365,25	1
Neptūnas	60 266,25	30

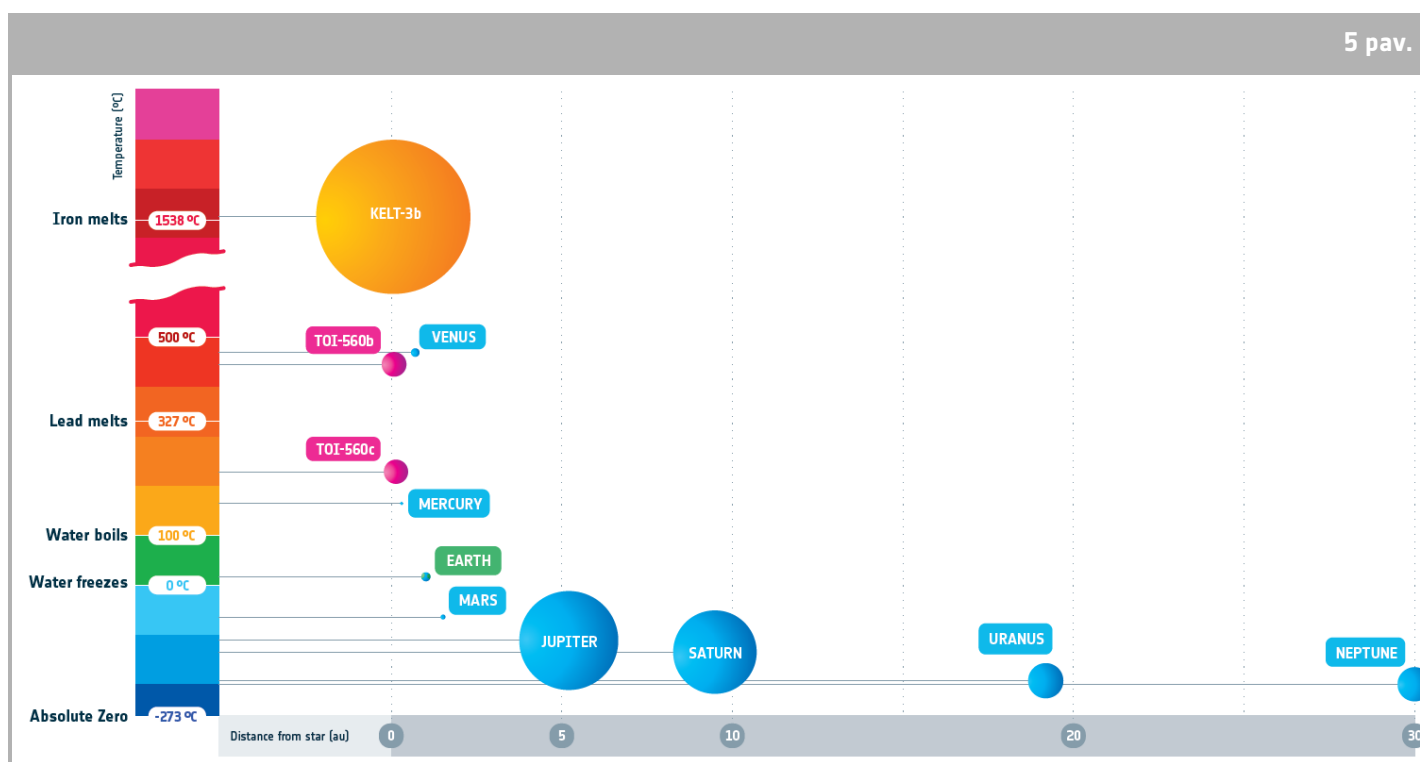
[↑ KELT-3b ir Saulės sistemos planetų periodo ir vidutinio orbitinio atstumo palyginimas](#)

Dėl mažo egzoplanetos atstumo iki ją priimančios žvaigždės KELT-3b orbitos periodas yra daug trumpesnis nei Merkurijaus, artimiausios Saulės sistemos planetos, orbitos periodas. Tranzitinės fotometrijos metodu tokio tipo orbitas turinčias planetas identifikuoti lengviau nei tokias planetas, kokios yra mūsų Saulės sistemoje.

Kaip sužinoti, ar egzoplaneta gali būti tinkama gyventi?

Iki šiol Žemė yra vienintelė vieta visatoje, kurioje egzistuoja gyvybė. Taip pat nežinoma, ar gyvybė galėtų išsivystyti ir egzistuoti sąlygomis, labai nepanašiomis į tas, kurios egzistuoja mūsų planetoje. Nagrinėdami egzoplanetas ir nustatydami galimas tinkamumo gyventi sąlygas, mokslininkai stengiasi nustatyti panašias į Žemės sąlygas, pavyzdžiui, temperatūrą.

Svarbus veiksnys, į kurį reikia atsižvelgti siekiant užtikrinti tinkamumą gyventi, yra temperatūra. Planetos temperatūrą dažniausiai lemia jos atstumas iki priimančiosios žvaigždės. Kai planeta skrieja aplink žvaigždę tokiu atstumu, kad jos paviršiuje gali būti **skysto vandens**, planeta yra savo žvaigždės šeiminingės gyvenamojoje zonoje.



↑ Diagrama, vaizduojanti planetų dydžio ir temperatūros priklausomybę nuo atstumo iki žvaigždės šeiminingės. Planetų dydis ir atstumas vaizduojami dviem skirtingais masteliais.

Venera: Saulės sistemos išimtis

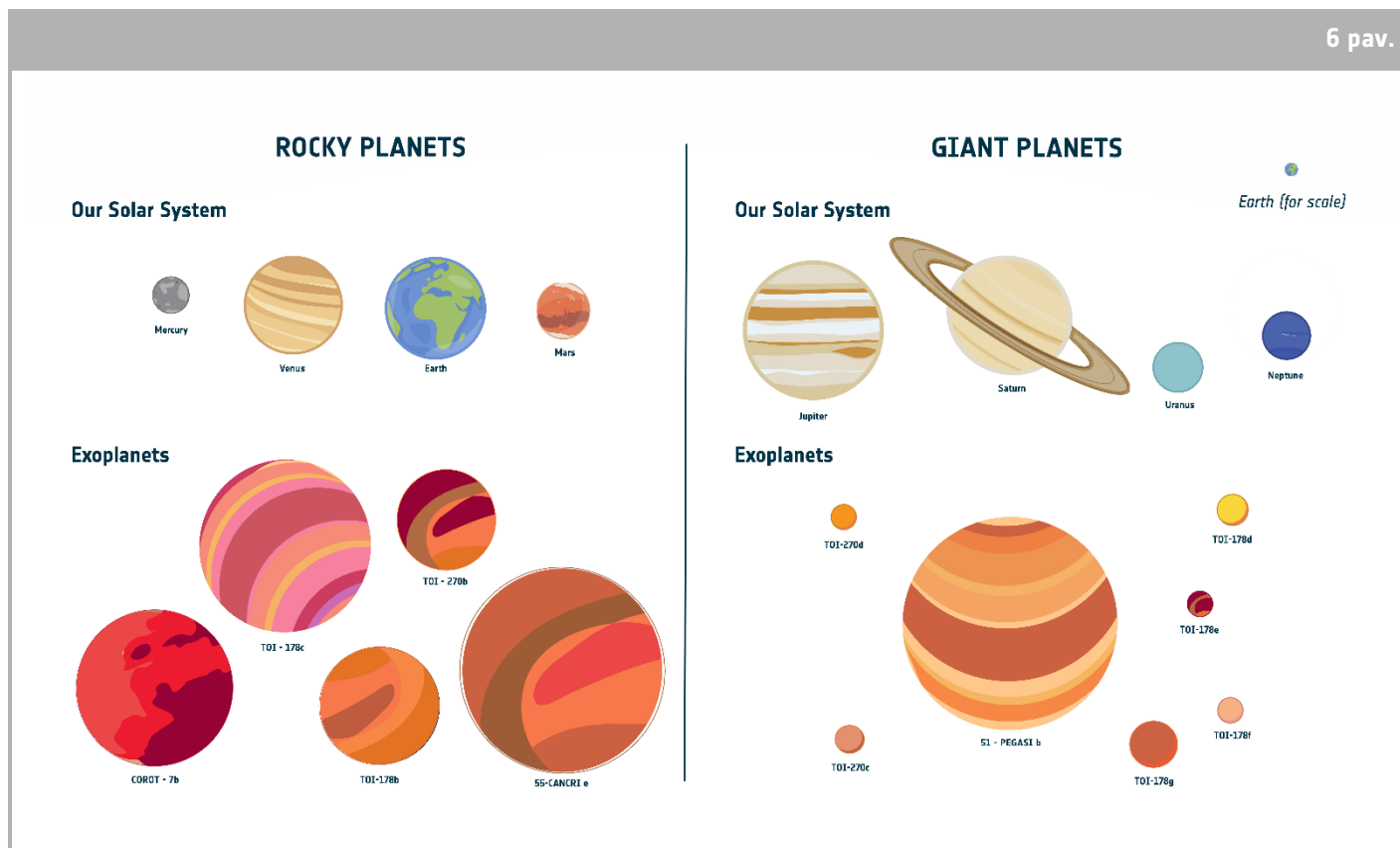
Planetos paviršiaus temperatūrai įtakos turi ir jos atmosfera. Saulės sistemoje išskirtinis pavyzdys yra Venera. Jos tiršta atmosfera veikia kaip šiltnamis ir įkaitina paviršių iki aukštesnės nei švino lydymosi temperatūros, todėl ši planeta yra šiltesnė už Merkurijų, nors yra toliau nuo Saulės.

KELT-3b pavyzdys:

Dabar aptarsime KELT-3b pavyzdį. Mažai tikėtina, kad KELT-3b galėtų būti gyvybės šeiminingas, nes jis yra per arti savo pagrindinės žvaigždės, todėl jo paviršiaus temperatūra yra labai aukšta ir viršija geležies lydymosi temperatūrą. Dauguma aminorūgščių - gyvybės sudedamųjų dalių - neišlaikytų tokios ekstremalios temperatūros. Be to, planetą bombarduoja didelė spinduliuotė, nes ji yra labai arti savo žvaigždės šeiminingės.

Iš ko sudarytos egzoplanetos?

Mūsų Saulės sistemoje planetos paprastai skirstomos į dvi kategorijas: uolines ir dujines. Tačiau egzoplanetos gali labai skirtis nuo mums įprastų kaimyninių planetų.



↑ Tikrų egzoplanetų, kurios jau aptiktos skriejančios aplink netolimas žvaigždes, dailininkų įspūdžių pavyzdžiai.

Apskaičiuojant vidutinį egzoplanetos **tankį**, ρ , galima susidaryti nuomonę apie egzoplanetos sudėtį.

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

Kur M yra egzoplanetos masė, o V - egzoplanetos tūris.

Paprastai egzoplanetos masė ir tūris nustatomi su didele paklaida. Šios paklaidos vėliau perkeliamos į egzoplanetos tankio skaičiavimą, todėl tankio vertės neapibrėžtis yra nuo 10 % iki 30 %.

Kitas egzoplanetų tyrimo metodas vadinamas spektroskopija. Šiuo metodu iš žvaigždės ar egzoplanetos gaunama šviesa suskirstoma į skirtingus bangos ilgius, todėl galima nustatyti egzoplanetos **atmosferos sudėtį** ar debesų dangą.

KELT-3b pavyzdys:

Dabar kaip pavyzdį panagrinėkime KELT-3b duomenis. KELT-3b masė yra $617 M_{\text{Earth}}$. Šios vertės neįmanoma nustatyti iš tranzitinės fotometrijos. Ji buvo nustatyta iš ankstesnių stebėjimų, naudojant kitą metodą, vadinamą radialiniu greičiu.

Pirmoje užduotyje jau nustatėme KELT-3b spindulį. Žinodami spindulį, galime apskaičiuoti egzoplanetos tūrį, darydami prielaidą, kad ji yra tobula sfera: $V = \frac{4}{3} \pi R^3$.

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

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

* Ši spindulio vertė buvo apskaičiuota apskaičiuojant tranzito gylį, mokiniai taip pat gali naudoti *allesfitter* geriausiai tinkančio modelio vertę.

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

Ši vertė yra daug mažesnė už vidutinį Jupiterio tankį ir artimesnė WASP-189b (žinomos karštos Jupiterio egzoplanetos) tankiui. Dėl mažo atstumo iki žvaigždės šeiminkės ir aukštos temperatūros egzoplaneta yra "pūkuota".

KELT-3b santrauka

KELT-3b yra karštas Jupiteris, skriejantis aplink į Saulę panašią KELT-3 žvaigždę, esančią maždaug už 690 šviesmečių nuo Žemės.

KELT-3b skrieja labai arti savo pagrindinės žvaigždės - daugiau nei 10 kartų arčiau nei Žemė skrieja aplink Saulę. Egzoplanetai reikia tik 2,7 dienos, kad ji pilnai apsisuktų aplink KELT-3.

Dėl to, kad egzoplaneta yra labai arti savo žvaigždės šeiminkės, jos vidutinė temperatūra yra labai aukšta - aukštesnė už geležies lydymosi temperatūrą, todėl ji visiškai tinkama gyventi.

KELT-3b sudarytas daugiausia iš vandenilio ir helio, panašiai kaip Jupiteris. Dėl aukštos egzoplanetos temperatūros ir artumo prie žvaigždės jos atmosfera yra labai išsiplėtusi, o vidutinis tankis labai mažas.

2 lentelė	
Egzoplanetos	KELT-3b
Planetos tipas	Karštas Jupiteris
Spindulys (R) _{Earth}	16,81 (iš <i>allesfitter</i>)
	17,5 (nuo tranzito gylio)
Masė (M) _{Earth}	617 ± 105
Orbitos periodas (dienomis)	2.70339
Vidutinis orbitinis atstumas (au)	~0.048
Tankis (g/cm^3) ³	~0.63
Vidutinė temperatūra (°C)	~1543

[↑ KELT-3b savybių įvertinimo santrauka](#)

Pateikite savo projektą

Komandos gali pateikti savo komandos projektą "Hack an Exoplanet" platformoje ir gauti dalyvavimo sertifikatą. Norėdami pateikti projektą, apsilankykite svetainėje hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project.

→ 2 uždavinys - TOI-560c duomenų analizė

Baigusios KELT-3b duomenų analizę, komandos turėtų sugebėti atlikti tą patį TOI-560c duomenų analizės procesą.

Visą reikiamą informaciją rasite bylos medžiagoje, mokinio darbo lape ir adresu hackanexoplanet.esa.int/challenges.

Komandos gali pateikti savo projektą "Hack an Exoplanet" platformoje ir gauti dalyvavimo sertifikatą. Norėdami pateikti savo komandos projektą, apsilankykite svetainėje hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project.

Geriausio projekto prizas:

Norėdamos laimėti geriausio projekto prizą, komandos turėtų pateikti savo tiriamąjį žurnalą apie TOI-560c pagal pateiktą šabloną.

Jūsų komandos pateiktoje medžiagoje turėtų būti pateikta Cheopso duomenų apie TOI-560c analizė ir ji turėtų būti parengta pagal mokslinio straipsnio formatą, įskaitant santrauką, analizę, rezultatus ir išvadas.

Laimėjusios komandos gaus EKA dovanų ir galimybę 2023 m. liepos 17 d. dalyvauti internetiniame seminare su Nobelio fizikos premijos laureatu Didier Quelozu. Galutinis paraiškų pateikimo terminas - 2023 m. birželio 14 d.

Norėdami pateikti projektą, apsilankykite adresu hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project.

→ NUORODOS

Pagalbiniai ištekliai

Įsilaužimas į egzoplanetą:
hackanexoplanet.esa.int

Įsilaužti į egzoplanetų mokytojų vadovą
hackanexoplanet.esa.int/educators-guide

"AllesFitter" mokomoji programinės įrangos versija:
hackanexoplanet.esa.int/allesfitter

Įvadas į "Hack an Exoplanet" - tapkite egzoplanetų detektyvu
hackanexoplanet.esa.int/challenges

"Allesfitter" mini pamoka - žingsnis po žingsnio vadovas, kaip pritaikyti geriausią modelį duomenims
hackanexoplanet.esa.int/allesfitter-guide

Kaip nustatyti egzoplanetos dydį
hackanexoplanet.esa.int/challenges-size

Egzoplanetos orbitos periodas ir atstumas pagal trečiąjį Keplerio dėsnį
hackanexoplanet.esa.int/challenges-orbital-period-and-distance

Ar egzoplanetos gali būti tinkamos gyventi?
hackanexoplanet.esa.int/challenges-temperature-and-habitability

Iš ko sudarytos egzoplanetos?
hackanexoplanet.esa.int/challenges-composition

KELT-3b mokslinės nuorodos
exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/overview/KELT-3

EKA ištekliai

ESA klasės ištekliai
esa.int/Education/Classroom_resources

Mokyti su egzoplanetomis
esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets

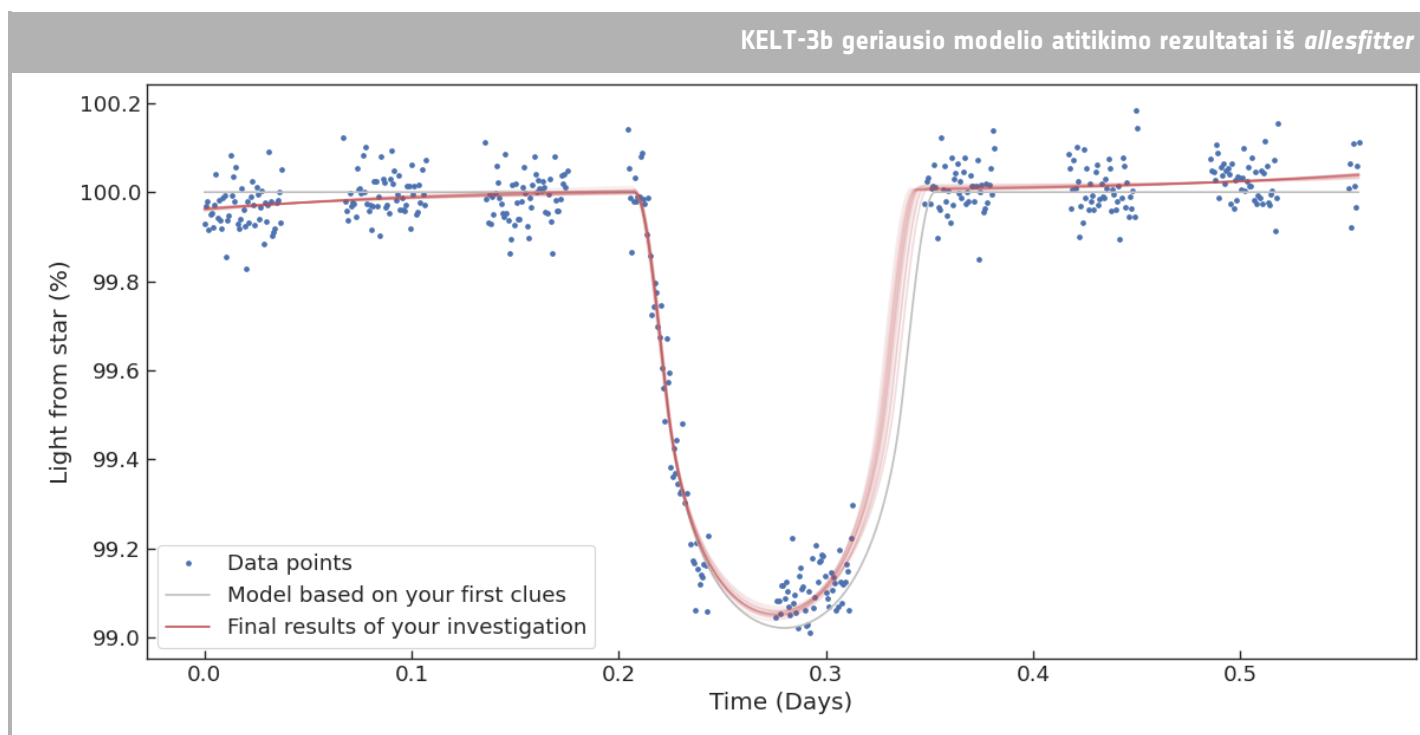
Susipažinkite su "Cheops": egzoplanetą apibūdinančiu palydovu
esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_the_Characterising_Exoplanet_Satellite

EKA kosmoso projektai

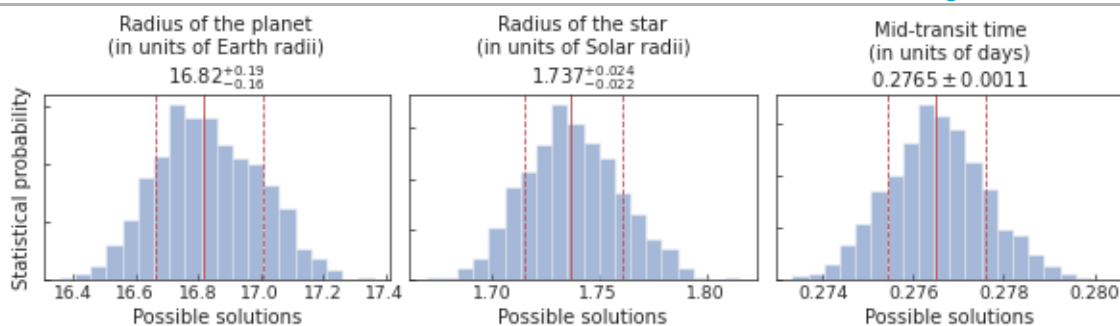
Cheopsas - egzoplanetų palydovas
esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cheops

→ 1 priedas

Egzoplanetos KELT-3b tranzito šviesos kreivė



↑ Tranzito šviesos kreivės geriausiai tinkantis modelis.



- Histogramos rodo kiekvieno parametro tam tikros vertės tikimybę.
- Centrinė ištisinė linija rodo kiekvieno parametro medianą.
- Brūkšninės linijos, esančios kairėje ir dešinėje, atitinkamai žymi apatinę ir viršutinę ribas.
- Tai vadinama 1 sigmos neapibrėžtimi. Tai reiškia, kad statistiškai galime būti 68 % tikri, jog tikroji vertė neviršija šių paklaidų.
- Atkreipkite dėmesį, kad tai reiškia, jog įmanoma, kad tikroji parametro vertė yra už šių ribų; tai yra tik statistinės neapibrėžtys, o ne galutinės ribos.

↑ Visų KELT-3b parametrų verčių statistinės tikimybės histograma

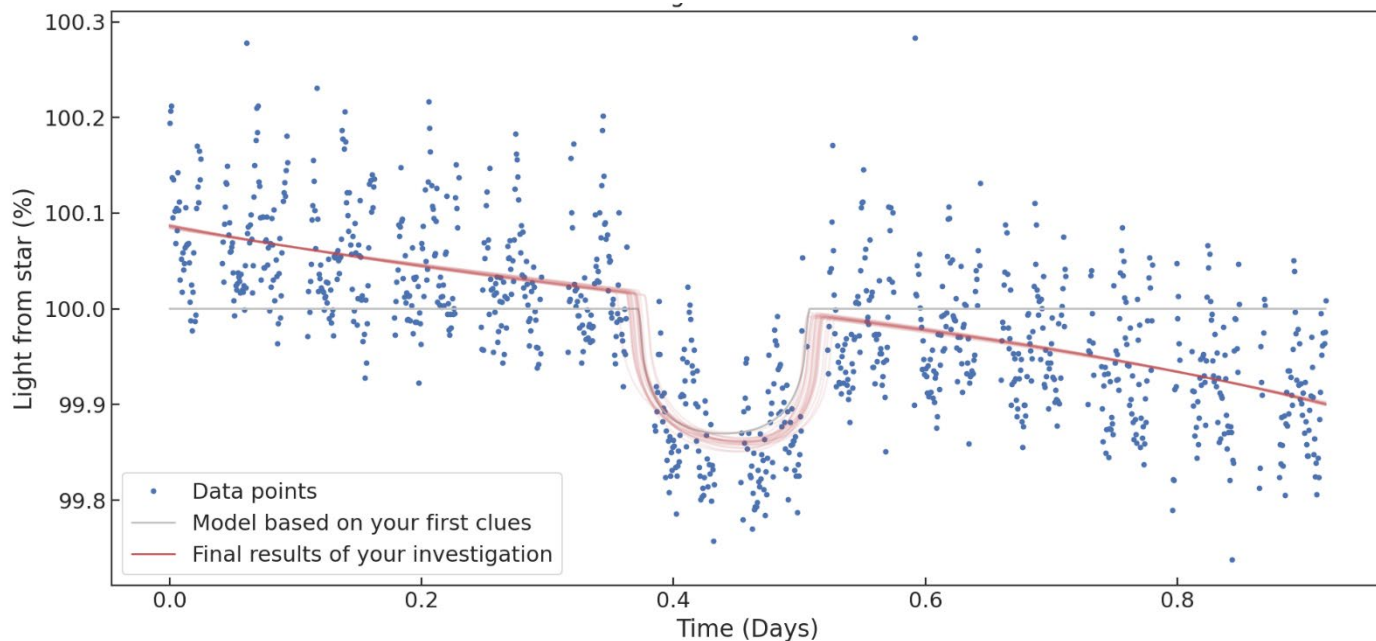
Pavadinimas	Vertės mediana	Mažesnė klaida	Viršutinė klaida	Bylos pastaba
Planetos spindulys (Žemės spindulių vienetais)	16.82	0.16	0.19	Cheopso pastebėjimai
Žvaigždės spindulys (Saulės spindulių vienetais)	1.737	0.022	0.024	Cheopso pastebėjimai
Tranzito vidurio laikas (dienų vienetais)	0.2765	0.0011	0.0011	Cheopso pastebėjimai
Orbitos periodas (dienų vienetais)	2.70339			Kiti pastebėjimai iš archyvo

↑ Lentelė su geriausiai tinkančiais modelio parametrais.

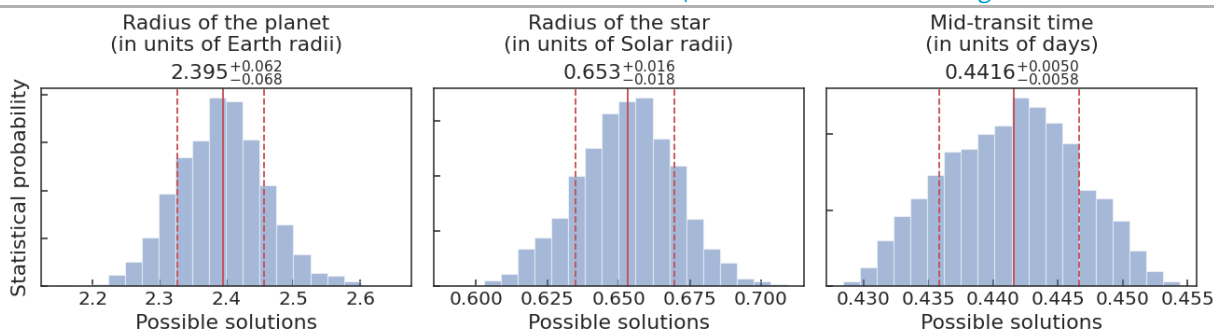
→ 2 priedas

Egzoplanetos TOI-560c tranzitinė šviesos kreivė

TOI-560c geriausi modelio atitikimo rezultatai iš *allesfitter*



↑ Tranzito šviesos kreivės geriausiai tinkantis modelis.



- Histogramos rodo kiekvieno parametro tam tikros vertės tikimybę.
- Centrinė ištisinė linija rodo kiekvieno parametro medianą.
- Brūkšninės linijos, esančios kairėje ir dešinėje, atitinkamai žymi apatinę ir viršutinę ribas.
- Tai vadinama 1 sigmos neapibrėžtimi. Tai reiškia, kad statistiškai galime būti 68 % tikri, jog tikroji vertė neviršija šių paklaidų.
- Atkreipkite dėmesį, kad tai reiškia, jog įmanoma, kad tikroji parametro vertė yra už šių ribų; tai yra tik statistinės neapibrėžtys, o ne galutinės ribos.

↑ Visų TOI-560c parametrų verčių statistinės tikimybės histograma

Pavadinimas	Vertės mediana	Mažesnė klaida	Viršutinė klaida	Bylos pastaba
Planetos spindulys (Žemės spindulių vienetais)	2.395	0.068	0.062	Cheopso pastebėjimai
Žvaigždės spindulys (Saulės spindulių vienetais)	0.653	0.018	0.016	Cheopso pastebėjimai
Tranzito vidurio laikas (dienų vienetais)	0.4416	0.0058	0.0050	Cheopso pastebėjimai
Orbitos periodas (dienų vienetais)	18.8797			Kiti pastebėjimai iš archyvo

↑ Lentelė su geriausiai tinkančiais modelio parametrais.