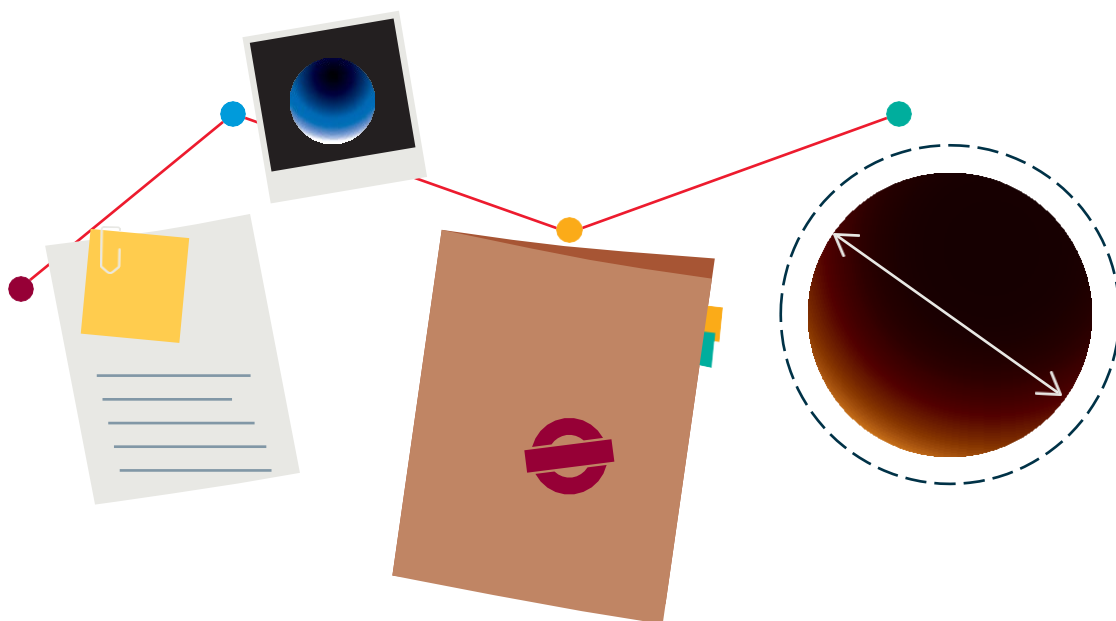


mācīes kosmosuar

→ UZLAUZT EKSOPLANĒTU

Kļūšana par kosmosa detektīvu





MĀCĪTĀJA GRĀMATVEDĪBA

<i>Ātri fakti</i>	03
<i>Ievads</i>	04
<i>Darbība</i>	05
1. uzdevums: <i>KELT-3b datu analīze</i>	07
2. uzdevums: <i>TOI-560c datu analīze</i>	13
<i>Saites</i>	14
<i>Pielikumi</i>	15

mācīes kosmosu - uzlauzt eksoplanētu | P39

www.esa.int/education

EKA Izglītības birojs gaida atsauksmes un komentārus

teachers@esa.int

EKA Izglītība sadarbībā ar EKA Zinātne

Autortiesības 2023 © Eiropas Kosmosa aģentūra

→ UZLAUZT EKSOPLANĒTU

Kļūšana par kosmosa detektīvu

Ātri fakti

Temats: Fizika, matemātika, astronomija

Vecuma diapazons: 14 - 19 gadi

Tips: studentu aktivitāte un/vai hakatons

Sarežģītība: vidēja

Skolotāja sagatavošanās laiks: 1 stunda

Nepieciešamais nodarbības laiks: 90 minūtes vienam uzdevumam (kopā 3 stundas)

Izmaksas: zemas (0-10 eiro)

Atrašanās vieta: klase

Izmanto: datoru (ja nav iespējams, tiek piedāvāta alternatīva)

Atslēgas vārdi: Fizika, matemātika, astronomija Eksoplanēta, tranzīts

Īss apraksts

Šajā aktivitātē skolēni raksturos divas eksoplanētas, analizējot ESA satelīta Cheops iegūtos datus. Skolēni darbosies kā īsti zinātnieki un pielāgos datus modelim, lai iegūtu vislabāk piemērotos parametrus.

Aktivitāti var veikt, izmantojot vadītu formātu vai uz projektu balstītu mācību formātu, piemēram, hakatonu. Skolotāja rokasgrāmatā ir aprakstītas abas iespējas.

Aktivitātes papildina eksoplanētu ekspertu sagatavoti video skaidrojumi.

Mācību mērķi

- Zinātniski strādājat ar reāliem satelītu datiem.
- Pielietot matemātiskās datu analīzes metodes, pielāgojot modeli reāliem datiem.
- Uzziniet vairāk par Keplera Trešo likumu un orbitālo mehāniku.
- Izpratne par to, kas ir eksoplanētu tranzīts.
- Veidojiet prasmes strādāt komandā, ņemot vērā laika ierobežojumus.

Jums ir nepieciešams arī

Atbalsta videomateriāli. Skatīt sadaļu Saites.

- Ievads par eksoplanētu uzlaušanu - kļūsti par eksoplanētu detektīvu
- *Allesfitter* mini pamācība - soli pa solim, kā piemērot labāko modeli datiem
- Kā noteikt eksoplanētas lielumu
- Eksoplanētu orbitālais periods un attālums, izmantojot Keplera Trešo likumu
- Vai eksoplanētas varētu būt apdzīvojamas?
- No kā sastāv eksoplanētas?

→ Ievads

Šī izglītojošā aktivitāte ir izstrādāta saistībā ar pirmo ESA izglītības hakatonu vidusskolēniem: "**Hack an Exoplanet**". Šie uzdevumi ļauj skolēniem izmantot reālus satelītu datus, lai izpētītu svešas pasaules un uz vienu dienu kļūtu par eksoplanētu detektīviem.

2023. gada janvārī EKA Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite) novēroja divas eksoplanētas - KELT-3b un TOI-560c, kas īpaši paredzētas šai darbībai. Analizējot Cheops datus, skolēni var pievienoties ESA zinātniekiem atbilžu meklējumos un palīdzēt viņiem saprast šīs divas noslēpumainās svešzemju pasaules.



1. attēls

↑ Cheopsa mākslinieka nospiedums.

Uzdevumi ir praktiski uzdevumi, kuros skolēniem jāanalizē ESA satelīta Cheops sniegtie dati. Skolēniem būs jāraksturo eksoplanētu galvenās īpašības, izmantojot palīgmateriālus un īpaši šiem datu kopumiem sagatavoto pielāgojuma rīka *allesfitter* mācību versiju. Aktivitātes ir papildinātas gan ar rakstiskiem, gan video skaidrojumiem un piemēriem, ko sagatavojuši eksoplanētu eksperti.

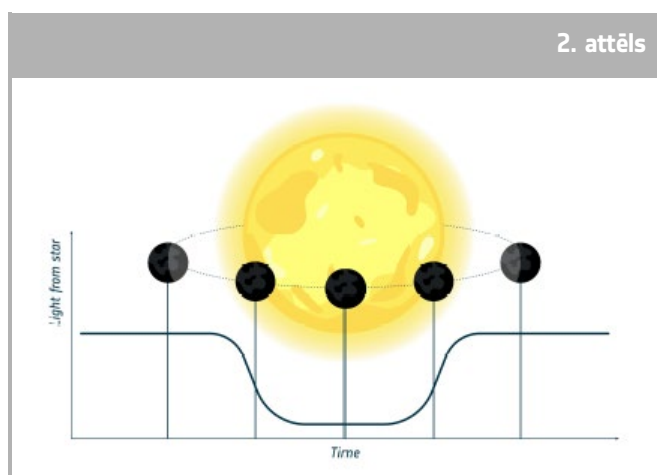
Aktivitātes var pasniegt, izmantojot vadītu formātu vai uz projektu balstītas mācīšanās formātu, piemēram, hakatonā. Skolotāja rokasgrāmatā ir aprakstītas abas iespējas.

Kas ir eksoplanēta?

Eksoplanētas jeb ekstrasaules planētas ir planētas ārpus mūsu Saules sistēmas, kas riņķo ap citu zvaigzni, kas nav mūsu Saule.

Kā mēs pētām eksoplanētas?

Pašlaik ir vairāk nekā 5000 apstiprinātu eksoplanētu aptuveni 4000 zvaigžņu sistēmās, taču eksoplanētas ir grūti atklāt. Signāls, ko mēs saņemam no eksoplanētām, ir ļoti mazs salīdzinājumā ar daudz lielāku signālu, kas nāk no lielākām un spožākām saimniekzvaigznēm - parasti tas ir daudz mazāks par 1 %.



2. attēls

↑ Tranzīta fotometrijas metodes attēlojums.

Eksoplanētu atklāšanai un raksturošanai ir dažādas metodes, šajā nodarbībā mēs izmantosim **tranzīta fotometrijas metodi**. Šī ir visizplatītākā eksoplanētu meklēšanas metode.

Fotometrija - vārds fotometrija cēlies no grieķu valodas: photo "gaisma" un metry "mērīt". Tā ir metode, ko izmanto astronomijā, lai kvantitatīvi izmērītu zvaigžņu gaismu.

Tranzīts - eksoplanēta tiek atklāta, izmērot zvaigznes gaismas samazināšanos.

→ Darbība

Aktivitāte "*Hack an Exoplanet*" sastāv no diviem uzdevumiem. Pirmais uzdevums ir milzu eksoplanētas KELT-3b tranzīta gaismas līknes analīze. Ievērojot norādījumus palīgmateriālā un/vai sekojot informācijai mācību videomateriālos, skolēni varēs iegūt KELT-3b īpašības.

Otrs izaicinājums ir mini-neptūna eksoplanētas TOI-560c tranzīta gaismas līknes analīze. Pēc KELT-3b procesa pabeigšanas skolēniem būtu jāspēj patstāvīgi pabeigt TOI-560c datu analīzi, ievērojot līdzīgu procesu.

Aprīkojums

- Dators ar piekļuvi internetam, lai piekļūtu pārlūkprogrammas rīkam *allesfitter*. Ja šis solis nav iespējams, komandas var izmantot vislabāk piemērotos parametrus, kas sniegti **1. pielikumā** - Eksoplanētas KELT-3b tranzīta gaismas līkne un **2. pielikumā** - Eksoplanētas TOI-560c tranzīta gaismas līkne.
- Katrai grupai izdrukāta skolēnu darba lapa, kurā ir:
 - Eksoplanētu izpētes karte
 - KELT-3b un TOI-560c lietu datnes
 - Informācija par Saules sistēmas planētām
 - Soli-pa-solim *allesfitter* ceļvedis
- Kalkulators (pēc izvēles)
- Šai aktivitātei ir arī seši atbalsta videoklipi, kas palīdzēs komandām (skatīt sadaļu Saites):
 - Ievads par eksoplanētu uzlaušanu - kļūsti par eksoplanētu detektīvu
 - *Allesfitter* mini pamācība - soli pa solim, kā piemērot labāko modeli datiem
 - Kā noteikt eksoplanētas lielumu
 - Eksoplanētu orbitālais periods un attālums, izmantojot Keplera Trešo likumu
 - Vai eksoplanētas varētu būt apdzīvojamas?
 - No kā sastāv eksoplanētas?

Videoierakstos sniegtā informācija ir izklāstīta arī šajā skolotāja rokasgrāmatā.

Vingrinājums:

Datu kopas par abiem mērķiem tika iegūtas ar ESA satelītu Cheops 2023. gada 22. un 23. janvārī, īpaši šim izglītojošajam pasākumam. Datus ir apstrādājuši EKA eksperti, un skolēni tos var izmantot.

Šo aktivitāti var pasniegt vadītā formātā vai uz projektu balstītas mācīšanās formātā, piemēram, hakatonā. Skolotāja rokasgrāmatā ir aprakstītas abas iespējas.

Mēs iesakām šo uzdevumu veikt komandās, kurās ir 3 līdz 4 skolēni. Tas ļaus skolēniem apspriest labāko pieeju katra uzdevuma izpildei un apspriest rezultātus.

Piezīme: ja datu analīze ir pārāk sarežģīta, komandas var arī aizpildīt lietas materiālus, meklējot informāciju tiešsaistē.

Vadības formāts

- Sāciet, iepazīstinot klasi ar tēmu par eksoplanētām. Mēs iesakām izmantot šo ievada video: *levads eksoplanētu uzlaušanā*.
- Sadaliet klasi komandās pa 3 līdz 4 skolēniem.
- Iepazīstiniet skolēnus ar šo uzdevumu. Katrai komandai būs jāraksturo eksoplanētas KELT-3b galvenās īpašības, aizpildot skolēnu darba lapās pieejamo lietu. Komandām būs jānosaka KELT-3b izmērs, orbitālais periods, orbitālais attālums, temperatūra un sastāvs, kā arī jāsalīdzina tās īpašības ar mūsu Saules sistēmas planētām. Eksoplanētu izpētes kartē ir sniegta plašāka informācija par katru minēto īpašību.
- Izdaliet komandām apliecinātos dokumentus un dodiet tām dažas minūtes laika to analīzei.
- Nosakiet laiku, kurā komandām jānosaka katras eksoplanētas īpašība. ***Pirms*** komandas sāk darbu, lai noteiktu katru īpašību, iepazīstiniet tās ar attiecīgo videoierakstu. Atbalstošajos videoklipos ir iekļauta informācija par to, kā noteikt katru īpašību, un KELT-3b risinājums.
- Pārliecinieties, ka komandas saprot, kā noteikt katru parametru, pirms pāriet pie nākamā.
- Pēc visu parametru noteikšanas komandām jāprezentē un jāapspriež savi secinājumi ar klasi.
- Kā nākamo soli jūs varat piedāvāt izpildīt 2. uzdevumu un noteikt eksoplanētas TOI-560c īpašības.

Projekta formāts - hakatons

- Sadaliet klasi komandās pa 3 līdz 4 skolēniem.
- Sāciet, iepazīstinot skolēnus ar hakatona koncepciju, izmantojot šo ievadfilmu: *Iepazīstiet ar šo materiālu, izmantojot ievaddaļu: levads "Hack an Exoplanet"*
- Varat ļaut komandām veikt uzdevumus patstāvīgi (piemēram, kā mājasdarbu vai klases projektu) vai arī veikt tos kopīgā klases vai skolas pasākumā.
- Ja nepieciešams, nostipriniet skolēniem uzdevuma jēdzienu. Katrai komandai būs jāraksturo eksoplanētas KELT-3b galvenās īpašības, aizpildot skolēnu darba lapās pieejamo lietu. Komandām būs jānosaka KELT-3b izmērs, orbitālais periods, orbitālais attālums, temperatūra un sastāvs, kā arī jāsalīdzina tās īpašības ar mūsu Saules sistēmas planētām. Eksoplanētu izpētes kartē ir sniegta plašāka informācija par katru minēto īpašību.
- Izniedziet komandām atbalsta dokumentāciju un dodiet tām laiku, lai veiktu pilnu uzdevumu; mēs iesakām KELT-3b analīzei veltīt aptuveni 90 minūtes.
- Lai pārliecinātos, ka komandām ir vienmērīgs progress, varat noteikt laika grafiku katras pazīmes noteikšanai vai parādīt attiecīgo atbalsta videoklipu un sniegt padomus konkrētos brīžos. Atbalstošajos videoklipos ir iekļauta informācija par to, kā noteikt katru īpašību, un KELT-3b risinājums.
- Pēc visu parametru noteikšanas komandām jāprezentē un jāapspriež savi secinājumi ar visu grupu.
- Kā nākamo soli jūs varat piedāvāt izpildīt 2. uzdevumu un noteikt eksoplanētas TOI-560c īpašības.

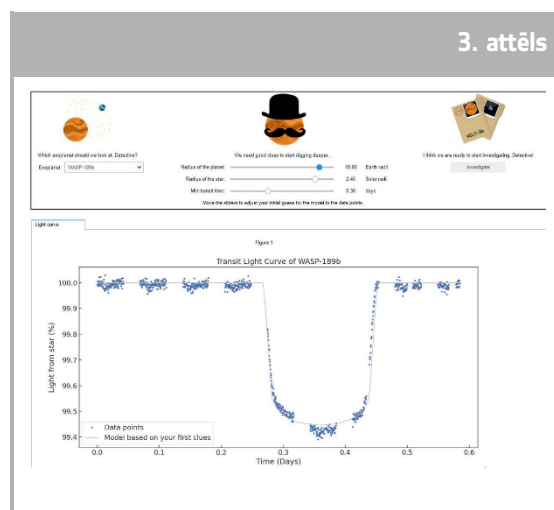
→ 1. uzdevums - KELT-3b datu analīze

Piekļuve satelīta datiem un to pielāgošana

Datiem var piekļūt, izmantojot šo saiti: hackanexoplanet.esa.int/allesfitter.

Šī *allesfitter* versija ir tiešsaistes lietojumprogramma, kas nodrošina vienkāršu un bezmaksas piekļuvi Cheops satelīta datiem, ļaujot modelēt vairākas eksoplanētas, izmantojot tranzīta mērījumus. Tai var piekļūt no datora pārlūkprogrammas.

Lai iegūtu datu vislabāk piemērotos parametrus, studentiem jāievēro *allesfitter* soli pa solim norādījumi studentu darba lapā vai jāseko video pamācībai. Šajā rokasgrāmatā būs sniegti norādījumi, kā izmantot *allesfitter* rīka pārlūkprogrammas mācību versiju. Šajā rīka versijā jau ir augšupielādētas datu kopas, un tā ļauj izpētīt tikai konkrētus parametrus: planētas rādiuss, zvaigznes rādiuss un vidējā tranzīta laiks.



↑ [Allesfitter saskarne.](#)

Piezīme: Ja šis posms nav iespējams, komandas var izmantot vislabāk piemērotos parametrus, kas sniegti **1. pielikumā** - eksoplanētas KELT-3b tranzīta gaismas līkne un **2. pielikumā** - eksoplanētas TOI-560c tranzīta gaismas līkne.

Kā noteikt eksoplanētas izmēru?

Izmantojot tranzīta fotometrijas metodi, teleskops mēra zvaigžņu gaismas daudzumu noteiktā laika periodā. Zinātnieki šiem datiem pielāgo modeļus, lai mēģinātu noteikt zvaigžņu gaismas svārstības, ko varētu izraisīt eksoplanēta.

Izmantojot tranzīta fotometrijas metodi, eksoplanētu tieši nepamanām (izņemot ļoti īpašus gadījumus). Tā vietā mēs mēra zvaigznes gaismas daudzumu, ko eksoplanēta bloķē, kad tā iet starp zvaigzni un teleskopu.

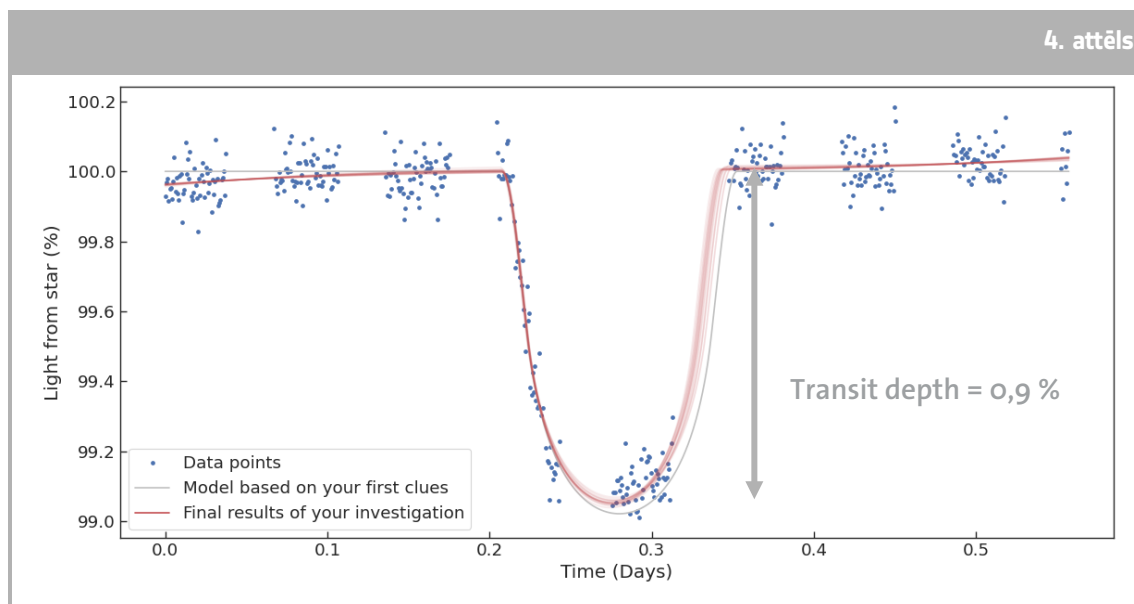
Zvaigznes gaismas daudzumu, ko bloķē eksoplanēta, parasti sauc par tranzīta dziļumu. Šī vērtība ir proporcionāla eksoplanētas projektētajai platībai.

Eksoplanētas rādiuss (R_p) ir iespējams noteikt, ja ir zināms zvaigznes rādiuss (R_s) un tranzīta dziļums:

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

KELT-3b piemērs:

Tagad analizēsim KELT-3b datus kā piemēru.



↑ KELT-3b dati no Cheopsa ar tranzīta gaismas līknes labāko fit modeli no *allesfitter*.

Zvaigznes KELT-3 rādiuss ir zināms un norādīts lietas materiālos: $R_s = 1.70 R_{Sun}$

Analizējot Cheopsa datus, mēs varam noteikt, ka tranzīta dziļums ir aptuveni 0.9 % (4. attēls).

Izmantojot iepriekš minēto vienādojumu: $R_p = \sqrt{R_s^2 \times \frac{\text{transit depth}}{100}} = \sqrt{1.70^2 \times \frac{0,9}{100}} = 0,161 R_{Sun}$

Konvertēt uz Zemes rādiusa vienībām: $R_p = 0,161 \times 109 = \mathbf{17,5 R_{Earth}}$

Kad skolēni palaidīs *allesfitter* programmatūru, viņi iegūs rādiusa vislabāko piemērotāko vērtību. Šī vērtība var ievērojami atšķirties no šī vienkāršā aprēķina. Interfeisā skolēni var mainīt tikai trīs parametrus, bet *allesfitter* programmatūra pielāgo datus ar sarežģītu modeli ar vairākiem slēptiem parametriem, kas var nodrošināt pilnīgāku datu atbilstību.

Kā noteikt orbitālo periodu un attālumu, izmantojot Keplera Trešo likumu

Planētas orbitālais periods T ir laiks, kurā planēta veic vienu pilnu riņķi ap savu zvaigzni. To var izmērīt, nosakot vienas un tās pašas eksoplanētas divu secīgu tranzītu vidējo laiku (tranzīta centrs) un izmērot laika intervālu starp tiem.

Šiem novērojumiem mums ir tikai viens tranzīts, bet mēs varam ekstrapolēt orbitālo periodu, salīdzinot pašreizējos novērojumu datus ar iepriekšējiem novērojumu datiem, kas atrodami datu arhīvā.

Zinot eksoplanētas orbitālo periodu, mēs varam izmantot Keplera Trešo likumu, lai noteiktu vidējo

orbitālo attālumu d starp planētu un zvaigzni.

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

Kur G ir gravitācijas konstante un M_s ir zvaigznes masa.

KELT-3b piemērs:

Tagad analizēsim KELT-3b datus kā piemēru. Šajā uzdevumā skolēniem jāpievērš liela uzmanība vienībām.

- Gravitācijas konstante SI vienībās ir $G = 6,67430 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
- Zvaigznes KELT-3 masa ir zināma: $M_s = 1,96 M_{sun}$
- Mums tā masa jāpārrēķina SI vienībās: $M_s = 3,90 \times 10^{30} \text{ kg}$
- No modeļa atbilstības mēs uzzinājām, ka orbitālais periods $T = 2,70339 \text{ dienas}$. Pārrēķinot orbitālo periodu sekundēs: $T = 233573 \text{ s}$

Tagad mums ir visa informācija, kas nepieciešama, lai noteiktu attālumu starp zvaigzni un eksoplanētu.

$$d = \sqrt[3]{\frac{GM_s}{4\pi^2} T^2} = \sqrt[3]{\frac{6,67430 \times 10^{-11} \times 3,90 \times 10^{30}}{4\pi^2} 233573^2} = 7,112 \times 10^9 \text{ m} = \mathbf{0,048 \text{ au}}$$

Tagad salīdzināsim KELT-3b periodu un vidējo orbitālo attālumu ar mūsu Saules sistēmas planētām:

1. tabula		
Planēta	Periods (dienas)	Vidējais orbitālais attālums (au)
KELT-3b	2,70339	0,048
Dzīvsudrabs	87,97	0,4
Zeme	365,25	1
Neptūns	60266,25	30

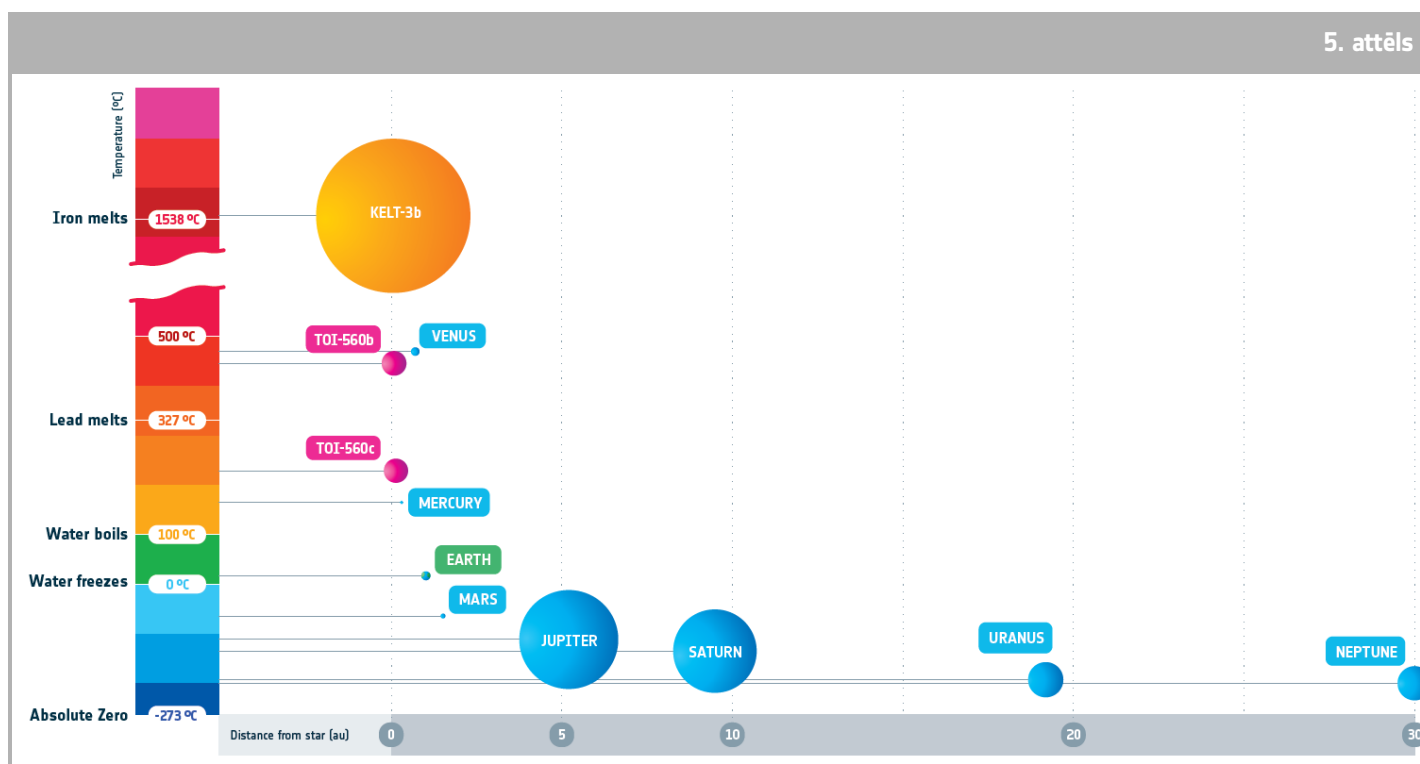
[↑ KELT-3b un Saules sistēmas planētu perioda un vidējā orbitāla attāluma salīdzinājums](#)

KELT-3b orbitālais periods ir daudz īsāks nekā Merkurijam, Saulei vistuvākajai planētai mūsu Saules sistēmā, jo eksoplanēta atrodas nelielā attālumā no savas saimnieka zvaigznes. Ar tranzīta fotometrijas metodi planētas ar šāda veida orbītām identificē vieglāk nekā tādas planētas kā mūsu Saules sistēmā.

Kā mēs varam zināt, vai eksoplanēta varētu būt apdzīvojama?

Līdz pat šai dienai Zeme ir vienīgā vieta Visumā, par kuru ir zināms, ka uz tās ir dzīvība. Nav arī zināms, vai dzīvība varētu attīstīties un pastāvēt apstākļos, kas ir ļoti atšķirīgi no tiem, kādi ir uz mūsu planētas. Pētot eksoplanētas un nosakot iespējamās apdzīvojamības apstākļus, zinātnieki cenšas noteikt līdzīgus apstākļus Zemei, piemēram, temperatūru.

Svarīgs faktors, kas jāņem vērā attiecībā uz apdzīvotību, ir temperatūra. Planētas temperatūru lielākoties nosaka tās attālums līdz saimnieka zvaigznei. Ja planēta riņķo ap zvaigzni tādā attālumā, ka uz tās virsmas var būt **šķidr ūdens**, planēta atrodas savas saimniekzvaigznes **apdzīvojamajā zonā**.



↑ Diagramma, kurā attēloti planētu izmēri un temperatūra atkarībā no attāluma līdz to saimnieka zvaigznei. Planētu izmēri un attālumi ir attēloti divos dažādos mērogos.

Venēra: izņēmums Saules sistēmā

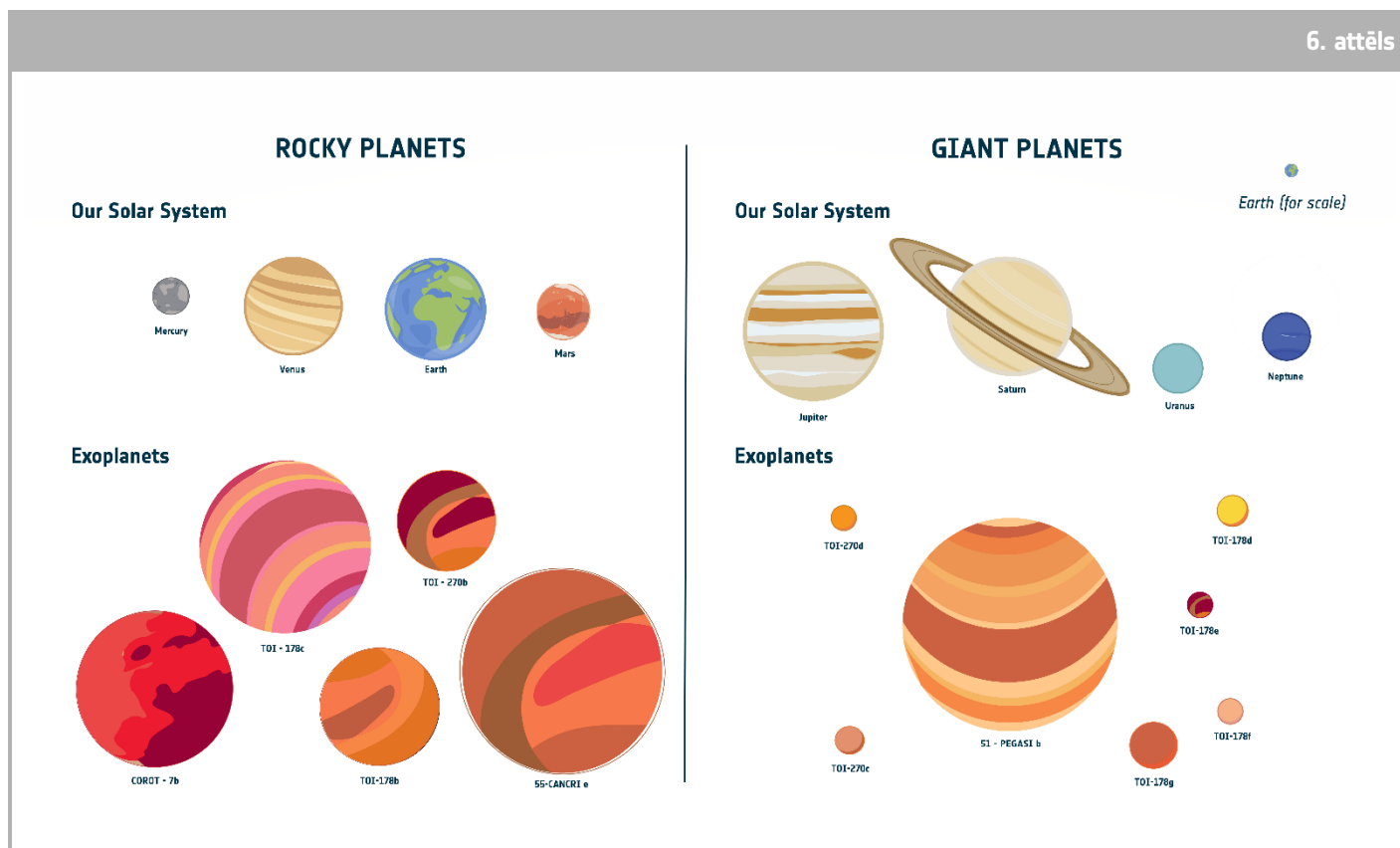
Planētas virsmas temperatūru ietekmē arī tās atmosfēra. Saules sistēmā Venēra ir ekstrēms piemērs. Tās biežā atmosfēra darbojas kā siltumnīca un sasilda virsmu līdz temperatūrai, kas pārsniedz svina kušanas temperatūru, tāpēc tā ir siltāka planēta nekā Merkurs, lai gan atrodas tālāk no Saules.

KELT-3b piemērs:

Tagad kā piemēru aplūkosim KELT-3b. Maz ticams, ka KELT-3b varētu būt dzīvības mājvieta, jo tā atrodas pārāk tuvu savai galvenajai zvaigznei, tāpēc tās virsmas temperatūra ir ļoti augsta, virs dzelzs kušanas temperatūras. Lielākā daļa aminoskābju, kas ir dzīvības pamatelementi, neizturētu tik ekstremālas temperatūras. Turklāt planēta ir arī pakļauta spēcīgai radiācijas iedarbībai, jo atrodas ļoti tuvu savai galvenajai zvaigznei.

No kā sastāv eksoplanētas?

Mūsu Saules sistēmā planētas parasti iedala divās kategorijās: klinšainās un gāzveida. Tomēr eksoplanētas var ļoti atšķirties no mums pazīstamajām kaimiņplanētām.



↑ reālu eksoplanētu, kas jau ir atklātas ap tuvējām zvaigznēm, mākslinieku iespaidu piemēri.

Aprēķinot eksoplanētas vidējo **blīvumu**, ρ , var iegūt priekšstatu par eksoplanētas sastāvu.

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

Kur M ir eksoplanētas masa un V ir eksoplanētas tilpums.

Eksoplanētas masu un tilpumu parasti nosaka ar lielu kļūdu, kas saistīta ar šīm vērtībām. Šīs kļūdas pēc tam tiek pārnestas uz eksoplanētas blīvuma aprēķinu, radot blīvuma vērtības nenoteiktību robežās no 10 % līdz 30 %.

Cita metode, ko izmanto eksoplanētu izpētē, ir spektroskopija. Izmantojot šo metodi, no zvaigznes vai eksoplanētas saņemtā gaisma tiek sadalīta dažādos viļņu garumos, kas ļauj noteikt eksoplanētas **atmosfēras sastāvu** vai mākoņu pārklājumu.

KELT-3b piemērs:

Tagad analizēsime KELT-3b datus kā piemēru. KELT-3b masa ir $617 M_{\text{Earth}}$. Šo vērtību nav iespējams noteikt no tranzīta fotometrijas. Tā tika noteikta no iepriekšējiem novērojumiem, izmantojot citu metodi, ko sauc par radiālo ātrumu.

Pirmajā uzdevumā mēs jau noteicām KELT-3b rādiusu. Zinot rādiusu, mēs varam aprēķināt eksoplanētas tilpumu, pieņemot, ka tā ir perfekta lode: $V = \frac{4}{3} \pi R^3$.

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

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

* Šī rādiusa vērtība tika aprēķināta, izmantojot tranzīta dziļuma aprēķinu, skolēni var izmantot arī *allesfitter* vislabāk piemērotā modeļa vērtību.

$$\rho = \frac{M}{V} = 0,63 \text{ g cm}^{-3}$$

Šī vērtība ir daudz mazāka par Jupitera vidējo blīvumu un tuvāka WASP-189b (zināma karstā Jupitera eksoplanēta) blīvumam.

KELT-3b kopsavilkums

KELT-3b ir karsts Jupiters, kas riņķo ap Saulei līdzīgu zvaigzni KELT-3 aptuveni 690 gaismas gadu attālumā no Zemes.

KELT-3b riņķo ļoti tuvu savai galvenajai zvaigznei - vairāk nekā 10 reizes tuvāk nekā Zeme riņķo ap Sauli. Eksoplanētai ir nepieciešamas tikai 2,7 dienas, lai apgrieztos pilnā orbītā ap KELT-3.

Tā kā eksoplanēta atrodas ļoti tuvu saimnieka zvaigznei, tās vidējā temperatūra ir ļoti augsta - augstāka par dzelzs kušanas temperatūru, tāpēc tā ir pilnībā apdzīvājama.

KELT-3b sastāv galvenokārt no ūdeņraža un hēlija, līdzīgi kā Jupiters. Eksoplanētas augstās temperatūras un tuvuma zvaigznei dēļ tās atmosfēra ir ļoti izstiepta (pūkaina), un tās vidējais blīvums ir ļoti zems.

2. tabula	
Eksoplanētas	KELT-3b
Planētas tips	Karstais Jupiters
Rādiuss (R_{Earth})	16,81 (no <i>allesfitter</i>)
	17,5 (no tranzīta dziļuma)
Masa (M_{Earth})	617 ± 105
Orbītas periods (dienas)	2,70339
Vidējais orbitālais attālums (au)	~0,048
Blīvums (g/cm^3)	~0,63
Vidējā temperatūra ($^{\circ}\text{C}$)	~1543

[↑ KELT-3b īpašību novērtējuma kopsavilkums](#)

Iesniedziet savu projektu

Komandas var iesniegt savas komandas izstrādāto projektu "Hack an Exoplanet" platformā, lai saņemtu dalības sertifikātu. Lai iesniegtu savu projektu, apmeklējiet vietni hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project.

→ 2. uzdevums - TOI-560c datu analīze

Pēc KELT-3b datu analīzes pabeigšanas komandām būtu jāspēj veikt to pašu analīzes procesu TOI-560c datiem.

Visa nepieciešamā informācija ir pieejama lietas materiālā skolēna darba lapā un vietnē hackanexoplanet.esa.int/challenges.

Komandas var iesniegt savu projektu "Hack an Exoplanet" platformā, lai saņemtu dalības sertifikātu. Lai iesniegtu komandas projektu, apmeklējiet vietni hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project.

Labākā projekta balva:

Lai iegūtu balvu par labāko projektu, komandām jāiesniedz pētnieciskais žurnāls par TOI-560c, attēlā redzamo veidni.

Jūsu komandas iesniegumā jāiekļauj Cheops datu analīze par TOI-560c, un tam jāatbilst zinātniskā raksta formātam, ieskaitot kopsavilkumu, analīzi un rezultātus, kā arī secinājumus.

Uzvarētāju komandas saņems EKA labumus, kā arī iespēju 2023. gada 17. jūlijā piedalīties tīmekļa seminārā ar Nobela prēmijas laureātu fizikā Didjē Kvelo. Pieteikumu iesniegšanas termiņš ir 2023. gada 14. jūnijs.

Lai iesniegtu savu projektu, apmeklējiet vietni hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project.

→ SAITES

Atbalsta resursi

Uzlauziet eksoplanētu:

hackanexoplanet.esa.int

Uzlauzt eksoplanētu skolotāju rokasgrāmatu par šo darbību

hackanexoplanet.esa.int/educators-guide

AllesFitter programmatūras izglītojošā versija:

hackanexoplanet.esa.int/allesfitter

Ievads par eksoplanētu uzlaušanu - kļūsti par eksoplanētu detektīvu

hackanexoplanet.esa.int/challenges

Allesfitter mini pamācība - soli pa solim, kā piemērot labāko modeli datiem

hackanexoplanet.esa.int/allesfitter-guide

Kā noteikt eksoplanētas lielumu

hackanexoplanet.esa.int/challenges-size

Eksoplanētu orbitālais periods un attālums, izmantojot Keplera Trešo likumu

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

Vai eksoplanētas varētu būt apdzīvojamas?

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

No kā sastāv eksoplanētas?

hackanexoplanet.esa.int/challenges-composition

Zinātniskās atsauces uz KELT-3b

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

ESA resursi

ESA klases resursi

esa.int/Education/Classroom_resources

Mācīt ar eksoplanētām

esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets

Iepazīstieties ar Cheops: eksoplanētu raksturojošais satelīts

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

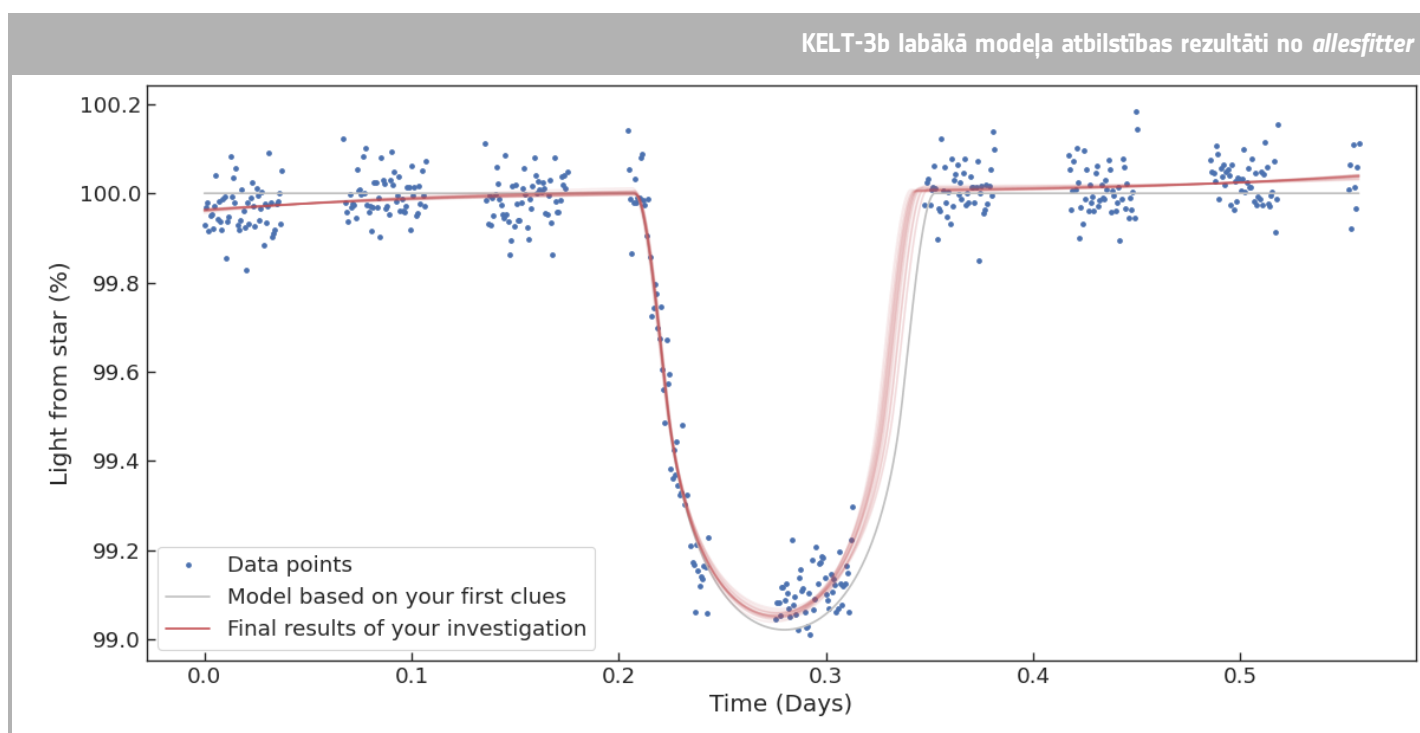
EKA kosmosa projekti

Cheops - Eksoplanētu raksturojošais satelīts

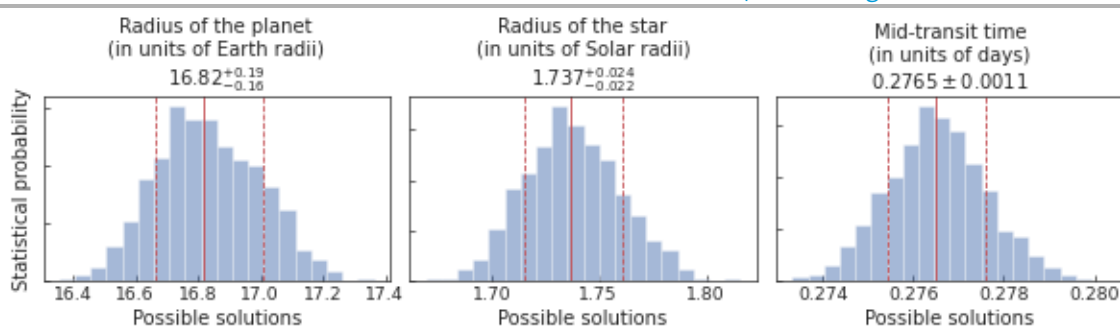
esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cheops

→ 1. pielikums

Eksoplanētas KELT-3b tranzīta gaismas līkne



↑ [Tranzīta gaismas līknes labākais fit modelis.](#)



- Histogrammās parādīta katra parametra varbūtība, ka tam būs noteikta vērtība.
- Centrālā, vienlaidu līnija parāda katra parametra mediānas vērtību.
- Pārtrauktās līnijas pa kreisi un pa labi no tās norāda attiecīgi apakšējo un augšējo robežu.
- Tās sauc par 1 zīmes nenoteiktību. Tas nozīmē, ka statistiski mēs varam būt 68% pārliecināti, ka patiesā vērtība atrodas šajās robežās.
- Ņemiet vērā, ka tas nozīmē, ka ir iespējams, ka parametra patiesā vērtība atrodas ārpus šīm robežām; tās ir tikai statistiskās nenoteiktības, nevis noteiktas robežas.

↑ [Visu KELT-3b parametru vērtību statistiskās varbūtības histogramma](#)

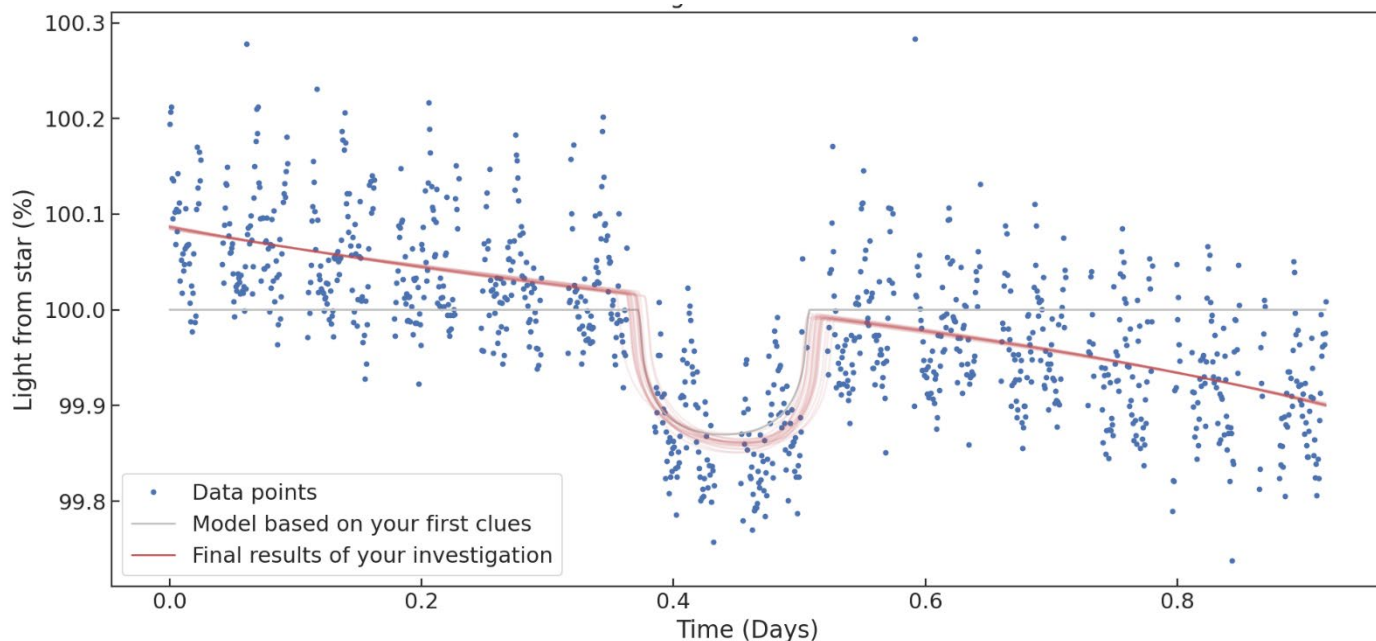
Nosaukums	Vidējā vērtība	Zemāka kļūda	Augšējā kļūda	Piezīme par lietu
Planētas rādiuss (Zemes rādiusa vienībās)	16,82	0,16	0,19	Cheopsa novērojumi
Zvaigznes rādiuss (Saules rādiusa vienībās)	1,737	0,022	0,024	Cheopsa novērojumi
Tranzīta viduslaiks (dienu vienībās)	0,2765	0,0011	0,0011	Cheopsa novērojumi
Orbītas periods (dienās)	2,70339			Citi novērojumi no arhīva

↑ [Tabula ar vislabāk piemērotā modeļa parametriem.](#)

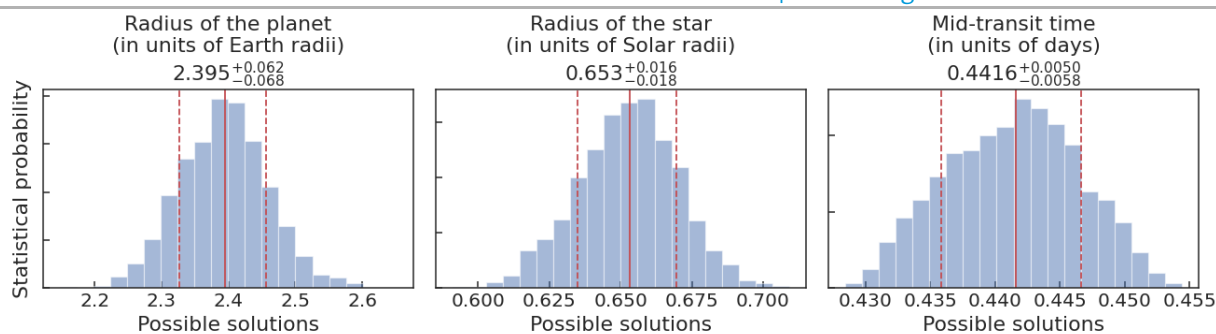
→ 2. pielikums

Eksoplanētas TOI-560c tranzīta gaismas līkne

TOI-560c labākais modelis fit rezultāti no *allesfitter*



↑ [Tranzīta gaismas līknes labākais fit modelis.](#)



- Histogrammās parādīta katra parametra varbūtība, ka tam būs noteikta vērtība.
- Centrālā, vienlaidu līnija parāda katra parametra mediānas vērtību.
- Pārtrauktās līnijas pa kreisi un pa labi no tās norāda attiecīgi apakšējo un augšējo robežu.
- Tās sauc par 1 zīmes nenoteiktību. Tas nozīmē, ka statistiski mēs varam būt 68% pārliecināti, ka patiesā vērtība atrodas šajās robežās.
- Ņemiet vērā, ka tas nozīmē, ka ir iespējams, ka parametra patiesā vērtība atrodas ārpus šīm robežām; tās ir tikai statistiskās nenoteiktības, nevis noteiktas robežas.

↑ [Visu TOI-560c parametru vērtību statistiskās varbūtības histogramma](#)

Nosaukums	Vidējā vērtība	Zemāka kļūda	Augšējā kļūda	Piezīme par lietu
Planētas rādiuss (Zemes rādiusa vienībās)	2,395	0,068	0,062	Cheopsa novērojumi
Zvaigznes rādiuss (Saules rādiusa vienībās)	0,653	0,018	0,016	Cheopsa novērojumi
Tranzīta vidus laiks (dienu vienībās)	0,4416	0,0058	0,0050	Cheopsa novērojumi
Orbītas periods (dienās)	18,8797			Citi novērojumi no arhīva

↑ [Tabula ar vislabāk piemērotā modeļa parametriem.](#)