

HACKNI EXOPLANETU

Staň se vesmírným detektivem

Vaším úkolem je analyzovat data z družice Cheops z exoplanety **KELT-3b** a **TOI-560c** a doplnit chybějící informace do svých spisů.

ESA prostřednictvím svých vědeckých misí hledá odpovědi na největší otázky naší doby, jako jsou záhady našeho vesmíru, pochopení naší Sluneční soustavy a hledání obyvatelných planet nebo života mimo naši domovskou planetu.

V těchto úkolech se připojíte k vědcům při hledání odpovědí a pomůžete jim pochopit tyto dva záhadné cizí světy.

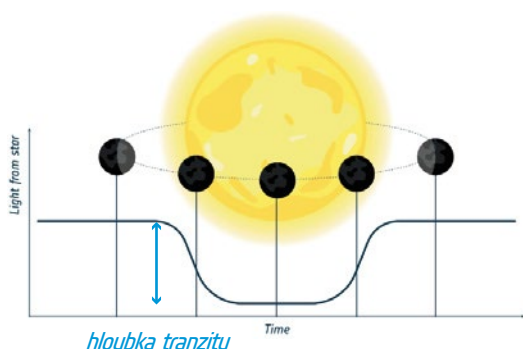


Exoplanety: základy



Úkolem **sondy Cheops** je pozorovat známé exoplanety a charakterizovat je pomocí pozorování poklesu světla z hvězdy, který je způsoben přechodem planet přes jejich hostitelské hvězdy.

Cheops pozoroval dvě záhadné exoplanety **KELT-3b** a **TOI-560c** v lednu 2023.



Exoplanety se obtížně detekují, protože signál, který z nich přichází, je slabý ve srovnání s mnohem silnějším signálem, který přichází od jejich větších a jasnějších hostitelských hvězd. Jednou z metod detekce exoplanet je **tranzitní fotometrie**.

Exoplaneta je detekována měřením zeslabení světla přicházejícího od hvězdy, když exoplaneta prochází mezi hvězdou a dalekohledem, což se nazývá **tranzit exoplanety**. **Světelná křivka** je měření světla hvězdy za určité časové období. Vlevo vidíte znázornění poklesu světelné křivky hvězdy během tranzitu exoplanety, který se také nazývá hloubka tranzitu.



Astronomové používají k analýze dat a sestavování matematických modelů specifické softwarové nástroje. Jeden z nástrojů, který astronomové používají k analýze exoplanet, je k dispozici na adrese hackanexoplanet.esa.int/allesfitter.



KELT-3b

KELT-3b
CASE FILE

Rychlá fakta:

TYP

Horký Jupiter

POLOMĚR PLANETY



HMOTNOST PLANETY

$617 \pm 105 M_{\text{EARTH}}$

OBĚŽNÁ DOBA

VZDÁLENOST OD HOSTITELSKÉ HVĚZDY

HUSTOTA

ODHALENO

2012 při průzkumu KELT

VLASTNOSTI

nadýchaný a plynný

SLOŽENÍ



TEPLOTA

$1543^{+37}_{-39} \text{ } ^\circ\text{C}$

Tato exoplaneta, známá jako **KELT-3b**, je třetí exoplanetou nalezenou průzkumem KELT a nepodobá se ničemu, co jsme dosud v naší Sluneční soustavě viděli.

Cheops pozoroval tuto záhadnou exoplanetu **22. ledna 2023 ve 23:20 SEČ**. Analýzou dat jsme zjistili, že KELT-3b je...

Ve srovnání s planetami Sluneční soustavy je KELT-3b...

KELT-3 je hvězda podobná Slunci vzdálená od Země 690 světelných let v souhvězdí Lva. KELT-3 je o něco větší než naše Slunce.

Hmotnost hvězdy = $1,96 \pm 0,50 M_{\text{Sun}}$

Poloměr hvězdy = $1,70 \pm 0,12 R_{\text{Sun}}$



TOI - 560c



Rychlá fakta:

TYP

Mini-Neptun

POLOMĚR PLANETY



HMOTNOST PLANETY

$9,70^{+1,80}_{-1,70} M_{\text{EARTH}}$

OBĚŽNÁ DOBA



VZDÁLENOST OD HOSTITELSKÉ HVĚZDY



HUSTOTA



ODHALENO

2021 při průzkumu TESS

VLASTNOSTI

Zřejmě podobný Neptunu

SLOŽENÍ



TEPLOTA

$225 \pm 15 \text{ } ^\circ\text{C}$

Ve srovnání s KELT-3b je TOI-560c téměř tropická, i když je stále o stovky stupňů Celsia teplejší než Země.

Cheops pozoroval tuto záhadnou exoplanetu **23. ledna 2023** ve **13:12 SEČ**. Analýzou těchto dat jsme zjistili, že TOI 560c je...

Ve srovnání s planetami Sluneční soustavy je TOI-560c...

TOI-560, známá také jako HD 73583, je malá oranžově červená hvězda v souhvězdí Hydry, vzdálená od Země asi 103 světelných let. TOI-560 je menší a chladnější než naše Slunce. Kromě TOI-560c obíhá kolem této hvězdy ještě druhá planeta, TOI-560b.

Hmotnost hvězdy = $0,73 \pm 0,02 M_{\text{Sun}}$

Poloměr hvězdy = $0,65 \pm 0,02 R_{\text{Sun}}$

ZAČÍNÁME ZDE



JAK SE STUDUJÍ EXOPLANETY?

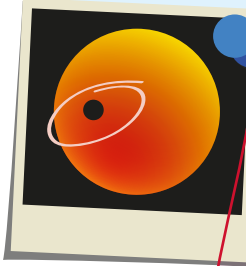
Exoplanety jsou planety mimo naši Sluneční soustavu, které obíhají kolem jiné hvězdy, než je naše Slunce.

Vědci k jejich detekci používají dalekohledy.

JSTE PŘIPRAVENI ZAHÁJIT VYŠETŘOVÁNÍ!

POMOCÍ NÁSTROJE ALLESFITTER ZÍSKÁTE PŘÍSTUP K DATŮM SHROMÁŽDĚNÝM DRUŽICÍ CHEOPS A ANALYZUJETE DVĚ ZÁHADNÉ EXOPLANETY: KELT-3B A TOI-560C.

VELIKOST EXOPLANETY



Hloubka tranzitu exoplanety odpovídá poměru plochy disku planety a plochy disku hvězdy. Změřením hloubky tranzitu a znalostí poloměru hvězdy (R_s) lze určit poloměr exoplanety (R_p).

$$\text{hloubka tranzitu (\%)} \approx \frac{\pi R_p^2}{\pi R_s^2} \times 100$$

JAKÝ JE VÁŠ ODHAD VELIKOSTI EXOPLANETY VE SROVNÁNÍ S HODNOTOU NEJLEPŠÍHO MODELU Z NÁSTROJE ALLESFITTER?

OBĚŽNÁ DOBA

Oběžná doba planety T je doba, za kterou planeta vykoná kolem své hvězdy jeden celý oběh. Pokud je pozorováno více oběhů téže exoplanety, pak je časový interval mezi zjištěnými poklesy světelné křivky přímým měřením oběžné doby planety.



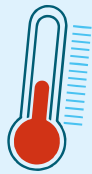
KDY SE USKUTEČNÍ DALŠÍ TRANZIT VAŠÍ EXOPLANETY?

OBĚŽNÁ VZDÁLENOST

Na základě oběžné doby T můžeme pomocí **třetího Keplerova zákona** odvodit **vzdálenost** d mezi planetou a hvězdou. Kde G je gravitační konstanta a M_{star} je hmotnost hvězdy.

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

JE OBĚŽNÁ VZDÁLENOST VYPOČTENÁ POMOCÍ TŘETÍHO KEPLEROVA ZÁKONA SROVNATELNÁ S VÝSLEDKEM NEJLEPŠÍHO MODELU Z NÁSTROJE ALLESFITTER?



TEPLOTA

Teplotu planety určuje především její vzdálenost od mateřské hvězdy a přítomnost atmosféry. Důležitým faktorem, který je třeba brát v úvahu pro obyvatelnost, je teplota. Pokud planeta obíhá kolem hvězdy ve vzdálenosti, ve které může být přítomna kapalná voda, nachází se v obyvatelné zóně.

MYSLÍTE SI, ŽE SE VAŠE EXOPLANETA NACHÁZÍ V OBYVATELNÉ ZÓNĚ SVĚ MATEŘSKÉ HVĚZDY?

SLOŽENÍ

Hmotnost M exoplanety nelze určit tranzitní metodou, ale jinými metodami ano, například pomocí radiální rychlosti. Pokud známe hmotnost i poloměr planety, můžeme odhadnout hustotu ρ a složení exoplanety.

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

Kde V je objem exoplanety. Pro výpočet objemu planety předpokládejte, že se jedná o dokonalou kouli:

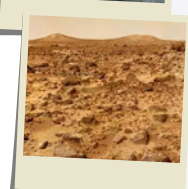
$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

JAKÁ JE HUSTOTA VAŠÍ EXOPLANETY? JAKÉ JE PODLE VÁS JEJÍ SLOŽENÍ?

POROVNÁNÍ

V naší Sluneční soustavě se planety dělí na dvě kategorie: kamenné a plynné. Exoplanety však mohou být velmi odlišné od našich sousedních planet, na které jsme zvyklí.

JAK SI VAŠE EXOPLANETA STOJÍ V POROVNÁNÍ SE ZEMÍ A OSTATNÍMI PLANETAMI SLUNEČNÍ SOUSTAVY?



SLOVNÍČEK

K řešení úloh budete potřebovat určité informace o astronomických veličinách a jednotkách. V astronomii se měření často uvádějí v exotických jednotkách. Mnohé z těchto jednotek se týkají veličin, které lze přesně měřit, jako například velikosti některých astronomických objektů.

Astronomická jednotka (au)

Jedna astronomická jednotka je přibližně vzdálenost mezi Zemí a Sluncem. $1 \text{ au} = 149\,597\,870,7 \text{ km}$. Světelný rok je výrazně větší než astronomická jednotka. $1 \text{ ly} = 63\,241 \text{ au}$.

Sluneční poloměr (R_{Sun})

Jeden sluneční poloměr odpovídá poloměru Slunce; tato jednotka je užitečná při porovnávání hvězdných velikostí. $1 R_{\text{Sun}} = 695\,700 \text{ km}$.

Poloměr Země (R_{Earth})

Poloměr Země je přibližně 11krát menší než poloměr Jupiteru. $1 R_{\text{Earth}} = 6\,378 \text{ km}$.

Hmotnost Slunce (M_{Sun})

Slunce je středně velká hvězda s hmotností 330 000krát větší než Země. $1 M_{\text{Sun}} = 1,9884 \times 10^{30} \text{ kg}$.

Hmotnost Země (M_{Earth})

Země je největší z kamenných planet naší Sluneční soustavy. $1 M_{\text{Earth}} = 5,9722 \times 10^{24} \text{ kg}$.

Gravitační konstanta (G)

Je konstanta používaná při výpočtu gravitační přitažlivosti mezi dvěma objekty. $G = 6,6743 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$.

Rychlost světla (c)

Rychlost světla je konstantní, pokud je ve vakuu $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$.

Rok (y)

Ačkoli existuje několik různých druhů roku, v astronomii se *rok* vztahuje na 365,25 dne (31 557 600 sekund).

Světelný rok (ly)

Jeden světelný rok je vzdálenost, kterou světlo urazí za jeden rok. $1 \text{ ly} = 9\,460\,730\,472\,580,8 \text{ km}$.

→ Informační list o planetách Sluneční soustavy

	Planeta	Poloměr (R_{Earth})	Hmotnost (M_{Earth})	Střední oběžná vzdálenost (au)	Doba oběhu (dny)	Hustota (g/cm^3)	Průměrná teplota ($^{\circ}\text{C}$)
Kamenné	Merkur	0,383	0,055	0,39	88	5,43	167
	Venuše	0,949	0,815	0,72	224,7	5,24	464
	Země	1	1	1	365,25	5,51	15
	Mars	0,532	0,107	1,5	687	3,93	-65
Plynní obří	Jupiter	11,21	317,8	5,2	4 331	1,33	-110
	Saturn	9,45	95,2	9,6	10 747	0,69	-140
	Uran	4,01	14,5	19,2	30 589	1,27	-195
	Neptun	3,88	17,1	30,2	59 800	1,64	-200