

Úloha: Vlastnosti exoplanet

Jméno: Plšek Tomáš

Datum odevzdání: 15.12. . . .

Shrnutí úkolů:

1. Z obrázku 2 si vyberte jeden záznam s měřenou jasností hvězdy. Všechna další úkoly pak budete provádět s údaji dle zvoleného záznamu.

Pro tuto praktickou úlohu jsem si zvolil exoplanetu **X**, B, **X**,⁷ jejíž spektrální třída je . **K0**.

Nyní pro zvolenou exoplanetu odměřte z grafu čas mezi poklesy jasnosti hvězdy a spočítejte průměrný čas mezi transity exoplanety. Je vhodné si případně zvolený graf vytisknout větší a z něj pak zjišťovat požadovaná data.

Měření opakujte 10 krát a запиšte do tabulky 10. Měřte různé úseky, například dvě nebo tři periody nebo od prvního poklesu do posledního. Několikrát proměřte i měřítko grafu, aby byl přepočet mezi jednotkami délkovými a zobrazovanými časovými co nejpřesnější. Při všech měřeních se nespokojte s přesností použitého měřidla, zpravidla milimetry, ale jistě můžete měřit s přesností na jednu až dvě desetiny milimetru.

Tabulka 10: Měření periody oběhu

číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
délka [mm]	2,9	3	3,1	3	3,1	2,9	2,9	3	3	3,1
počet period	3,52	3,4	3,3	3,4	3,3	3,52	3,52	3,4	3,4	3,3
délka 1 periody [dny]	200	208	216	208	216	200	200	208	208	216

Měřítka grafu 1 mm odpovídá . **7,14** dní, bylo zjištěno na základě **10-ti** měření s chybou $\pm 0,05$ mm (0,36 dne)

Průměrná hodnota oběžné periody z provedených měření je **208** . . dní = . . **0,57** . . roků.⁸

2. V této chvíli vystačíme s tím, že známe spektrální třídu mateřské hvězdy a v tabulce 11 si najdete příslušnou hmotnost hvězdy.

Povšimněte si, závislosti spektrální třídy hvězdy a hmotnosti. Které hvězdy jsou zde nejhmotnější? Chladné nebo žhavé? . . **Žhavé** . . .

Vraťme se zpět k našemu úkolu. Máme určit velkou poloosu oběžné trajektorie exoplanety. Využijeme třetího Keplerova zákona, ale lze jej využít v následujícím tvaru nebo ve vztahu něco chybí?

$$P^2 M = a^3 \quad (12)$$

Pokud ve vztahu něco chybí, napište správný tvar. Svou odpověď zdůvodněte!

⁷Nehodící se škrtejte.

⁸Máme samozřejmě na mysli pozemský den 1 d = 86400 s a juliánský pozemský rok v délce 365,25 dne.

Tabulka 11: Hmotnosti hvězd

Spektr.	05	B0	B5	A0	A5	F0	F5	G0	G5	K0	K5	M0	M5
Hmotnost [M_{\odot}]	40	17	7.0	3.5	2.2	1.8	1.4	1.07	0.93	0.81	0.69	0.48	0.22

Dosaďte do vztahu, spočítejte velkou poloosu trajektorie exoplanety $a = 0,64 \text{ au}$ a запиšte dosazené hodnoty včetně jednotek.

JnhU`a`YaY`dci`Éh`j`j`Y`hj`Ufi`H#A`1`U`ž`_XY`U`Cui`Qž`H`Cfc`Q`U`A`OAgQ`.....Ag`""""\achbcgh`g`i`bW

Vyjde nám stejný výsledek jako když použijeme tvar $a^3 = (\kappa \times M \times m \times T^2) \div 4\pi^2$, kde a [m], T [s] a M [kg]
 \Rightarrow m zanedbáváme a $\kappa \div 4\pi^2$ nám kompenzuje vyjádření vzdálenosti v [au], periody v [rok] a hmotnosti v [Ms]

$$a = (T^2 M)^{1/3} = (0,57^2 \times 0,81^2)^{1/3} = 0,64 \text{ au}$$

3. Zjistěte poloměr mateřské hvězdy exoplanety z tabulky 12 a poté do obrázku vyznačte polohu hvězdy. Dávejte pozor na měřítka os, jsou obě logaritmická!

A nyní odpovězte na otázku, kde se nachází sledovaná exoplaneta (označte jednu z následujících možností).

Exoplaneta se nachází:

- a) nepochybně v zóně života na grafu,
☒ zcela jistě mimo zónu života,
☒ poblíž hranice zóny života.

4. Odhadněte povrchovou teplotu planety ze vztahu 9. Nejdříve potřebujete určit rozměry a povrchovou teplotu mateřské hvězdy. K tomu nám poslouží tabulka 12.

Tabulka 12: Parametry hvězd hlavní posloupnosti HR diagramu

Spektr.	05	B0	B5	A0	A5	F0	F5	G0	G5	K0	K5	M0	M5
Hmotnost [M_{\odot}]	40	17	7.0	3.5	2.2	1.8	1.4	1.07	0.93	0.81	0.69	0.48	0.22
Radius [R_{\odot}]	17.8	7.59	3.98	2.63	1.78	1.35	1.20	1.05	0.93	0.85	0.74	0.63	0.32
Temperature [K]	35000	21000	13500	9700	8100	7200	6500	6000	5400	4700	4000	3300	2600

Ve zvoleném případě je mateřská hvězda spektrální třídy **K0**. a to znamená, že její povrchová teplota je **4700 K**, a poloměr **0,85 R_{\odot}** . Povrchová teplota sledované exoplanety je pak **261,15 K $\sim -12^{\circ}\text{C}$**

R_{\odot}poloměr Slunce

5. Určete velikost exoplanety dle vztahu 10. Nejprve změřte relativní pokles jasnosti ze zvoleného grafu světelné křivky. Měření opakujte pro všechny registrované transity a spočítejte průměrnou hodnotu. Měření samozřejmě můžete opakovat i pro stejné transity. Opakovaně proměřte i měřítko grafu. Nakonec spočítejte průměrnou hodnotu a chybu určení.

Měřítka osy relativní změny jasnosti: 1 mm odpovídá relativní změně **0,133**. Průměrná hodnota relativního poklesu je **4,24**. s chybou **$\pm 0,11$**

Poloměr exoplanety určený pomocí vztahu 10 je **0,0073 R_{\odot}** , což je **0,8** poloměrů Země⁹.

⁹Poloměr Slunce je přibližně 109 poloměrů Země.

Tabulka 13: Měření relativní změny jasnosti.

číslo transitu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
změřený pokles [mm]	33	32	32	33	30	32	31	33	30	32

6. Do grafu 4a) vyznačte nalezený poloměr exoplanety a odečtěte z něj odhadovanou hustotu planety (pozor – graf je v logaritmické škále!). Obdobně do grafu 4b) vyznačte zjištěnou střední vzdálenost exoplanety od mateřské hvězdy a odečtěte odhadovanou hustotu exoplanety. Hodnoty zapište do tabulky 14 a pro obě spočítejte hmotnost planety za předpokladu kulového tvaru planety. Hmotnost exoplanety vyjádřete jak v kilogramech, tak ve hmotnostech Země $M_Z = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg.

Tabulka 14: Určení hustoty a hmotnosti planety.

	odhad hustoty [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	hmotnost planety [kg]	hmotnost planety [M_Z]
model 1	5700	$3,16 \times 10^{24}$	0,528
model 2	5600	$3,10 \times 10^{24}$	0,518

7. Spočítejte, jak velkou změnu radiální rychlosti mateřské hvězdy způsobí sledovaná planeta a určete, jakým přístrojem a zda vůbec by byla taková změna radiální rychlosti ze Země pozorovatelná.

$$K = (2\pi G \div P)^{\frac{1}{3}} \times (M_p \sin \Phi) \div (M_p + M_h)^{\frac{1}{3}} \times 1/(1 - e^2)^{\frac{1}{2}}$$

Uvažujeme kruhovou trajektorii planety ($e=0$)
a sklon oběžné dráhy vůči pozorovateli $\Phi = 90^\circ$

$$\Rightarrow K = (2\pi G \div P)^{\frac{1}{3}} \times M_p \div (M_p + M_h)^{\frac{1}{3}}$$

$$\text{model 1: } K = 0,065 \text{ m/s}$$

$$\text{model 2: } K = 0,066 \text{ m/s}$$

K.....změna radiální rychlosti

G.....gravitační konstanta

P.....perioda planety [s]

M_phmotnost planety

M_hhmotnost hvězdy

e.....excentricita

Tuto změnu můžeme ze Země pozorovat radioteleskopem

8. Diskutujte zjištěné parametry exoplanety. Odhadněte, jak se projeví různé zjednodušující předpoklady na výsledných parametrech.

Mateřská hvězda exoplanety je nižší spektrální třídy než Slunce - má menší rozměr, je méně hmotná a má i nižší povrchovou teplotu.

Exoplaneta samotná má hmotnost téměř poloviční vůči Zemi, a její poloměr odpovídá 80% Zemského.

Povrchová teplota se pohybuje jen lehce pod bodem mrazu vody (při normálním tlaku) a planeta se nachází v zóně života.

Neznáme přesné hodnoty hmotnosti, velikosti a teploty povrchu mateřské hvězdy (pouze je odhadujeme ze spektrální třídy hvězdy) + odhad hustoty planety \Rightarrow výpočty jsou nepřesné.