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, spočtěte velkou poloosu trajektorie exoplanety $a =$ 0,52 au a zapište dosazené hodnoty včetně jednotek.

Musíme vzít v potaz i Newtonův gravitační zákon

=>$T^2 = 4\pi^2 a^3/\varkappa M$, kde T [s], a [m], M [kg], $\varkappa$ = 6,674*10^-11
a = $(T^2\varkappa M/4\pi^2)^{1/3}$ = 0,52 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,
   b) zcela jistě mimo zónu života,
   c) 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 Rs Povrchová teplota sledované exoplanety je pak 410 K (138° C)

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

   Měřítko osy relativní změny jasnosti: 1 mm odpovídá relativní změně 10^-1,85 Průměrná hodnota relativního poklesu je .10^-4,24 s chybou 0,11%.

   Poloměr exoplanety určený pomocí vztahu 10 je 0,00645 $R_\odot$, což je 0,704 poloměrů Země[9].

[9] Poloměr 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 [kg.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.

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

K.....změna radiální rychlosti
G.....gravitační konstanta
P.....perioda planety [s]
Mp.....hmotnost planety
Mh.....hmotnost hvězdy
e.....excentricita

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

$\Rightarrow K = (2\pi G \div P)^{1/3} \times Mp \div (Mp + Mh)^{2/3}$
model 1: K = 0,065 m/s
model 2: K = 0,066 m/s

Spektrograf Harps je schopen rozpoznat radiální rychlost 30 cm/s, 0,065 m/s = 6,5 cm/s => tuto změnu nelze rozpoznat

8. Diskutujte zjištěné parametry exoplanety. Odhadněte, jak se projevily 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 => výpočty jsou nepřesné.