

Taxonomie extrasolárních systémů

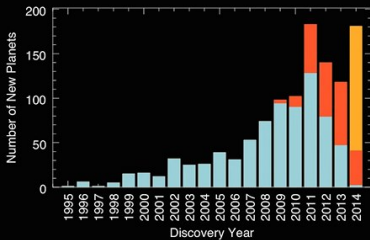
P. Pintr^a, E. Plávalová^b, V. Peřinová^c, A. Lukš^c

^aInstitute of Plasma Physics, ASCR, TOPTEC Turnov,

^b Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences,
Interplanetary Matter Division, Dúbravská cesta 9, 845 04 Bratislava,
The Slovak Republic

^c Regional Centre of Advanced Technologies and Materials,
Joint Laboratory of Optics
of Palacký University and Institute of Physics AS CR,
Faculty of Science, Palacký University,
17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, Czech Republic

- 1 Proč klasifikace extrasolárních systémů?
- 2 Charakteristika centrální hvězdy
 - Harvardský klasifikační systém
 - Dynamická charakteristika systému
 - Složková informace
- 3 Charakteristika planetárního systému
 - Hmotnostní třídění exoplanet
 - *SN* index
 - *ZI* index
- 4 Taxonomie extrasolárních systémů



Úvod


- Objeveno více než 1300 planetárních systémů,
- Objeveno více než 500 planetárních systémů s více planetami,
- Neexistuje jednotná klasifikace planetárních systémů a exoplanet,
- Existuje nějaká metoda, jak jednoduše systémy klasifikovat a porovnávat?

Předchozí práce

- Jednotná klasifikace planetárních systémů neexistuje,
- Taxonomie exoplanet - první práce (Sudarsky et al., 2003) ,(Marchi, 2007) a (Lundock et al., 2009),
- Pozdější taxonomie exoplanet - (Plávalová, 2012) and (Russell, 2014),
- Poslední práce - tvorba nového kódu pro exoplanety na základě jednotné klasifikace,

Klasifikace

- (Plávalová, 2012) - klasifikace exoplanet podobná Harvardské klasifikaci hvězd, stručný a jasný kód,
- (Russell, 2014) - dynamická a hmotnostní klasifikace, dělení do tříd, stručný a jasný kód,
- Cíl = jednotná klasifikace a stručný a jasný kód, který popisuje exoplanety, není potřeba velkých tabulek.



Charakteristika centrální hvězdy

Harvardský klasifikační systém

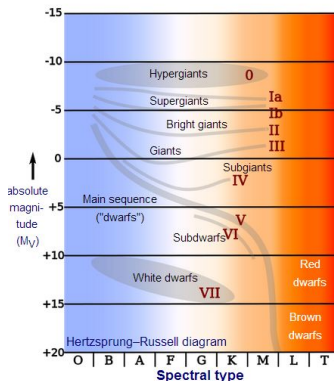
Class	Effective Temperature	Main sequence mass	Main sequence radius
O	≥ 30000 K	$\geq 16 M_{Sun}$	$\geq 6.6 R_{Sun}$
B	10000 - 30000 K	2.1 - 16 M_{Sun}	1.8 - 6.6 R_{Sun}
A	7500 - 10000 K	1.4 - 2.1 M_{Sun}	1.4 - 1.8 R_{Sun}
F	6000 - 7500 K	1.04 - 1.4 M_{Sun}	1.15 - 1.4 R_{Sun}
G	5200 - 6000 K	0.8 - 1.04 M_{Sun}	0.96 - 1.15 R_{Sun}
K	3700 - 5200 K	0.45 - 0.8 M_{Sun}	0.7 - 0.96 R_{Sun}
M	2400 - 3700 K	0.08 - 0.45 M_{Sun}	$\leq 0.7 R_{Sun}$

Table 1: Harvard spectral classification system for the basic stellar parameters.

Další značení

- hvězdní pozůstalci - PSR pro pulzary,
- hnědí trpaslíci - M, L, T, Y

Dynamická charakteristika systému



Další značení


- značíme římskou číslicí - I - VII,
- další třídy - hvězdní pozůstalci (sr) a hnědí trpaslíci (bd).

Proč hvězdná složka?

- Více než 70% hvězd tvoří dvojhvězdy, existují i vícenásobné systémy,
- Vliv na vznik a vývoj planetárního systému (osamocená hvězda nebo vícenásobný systém),
- Potřeba znát u které složky obíhá daná exoplaneta,

Složkové značení

- Osamocené systémy (systémy s centrální hvězdou) značíme X,
- Pokud vícenásobný systém - značíme složky A, B, C, atd..,
- Pokud vícenásobný systém - planeta obíhající obě složky - pak značení AB, BC atd...,



Charakteristika planetárního systému

Hmotnostní distribuce

Různé přístupy, různé dělení

- PHL laboratoř - porovnává hmotnosti exoplanet se Zemí,
- (Russell, 2014) zavedl minimální hmotnost planet,
- rozdělil exoplanety do tříd dle hmotnosti,
- (Plávalová, 2012) jiné hmotnostní dělení exoplanet,

Planet Type	Mass (Earth Units)	Radius (Earth Units)
Mercurian	0.00001 – 0.1	0.03 – 0.7
Subterran	0.1 – 0.5	0.5 – 1.2
Terran	0.5 – 2	0.8 – 1.9
Superterran	2 – 10	1.3 – 3.3
Neptunian	10 – 50	2.1 – 5.7
Jovian	50 – 5000	3.5 – 27

Table 2: Description of the proposed classification of planets based on mass and radius according to (PHL laboratory, 2016b).

Nové hmotnostní třídění exoplanet

Class	Mass (Jupiter Units M_J)	Mass [kg]	w_i
C	≤ 0.00015	$\leq 3 \times 10^{23}$	0.00001
M	0.00015 – 0.0015	$3 \times 10^{23} - 3 \times 10^{24}$	0.0001
E	0.0015 – 0.015	$3 \times 10^{24} - 3 \times 10^{25}$	0.001
N	0.015 – 0.15	$3 \times 10^{25} - 3 \times 10^{26}$	0.01
J	0.15 – 1.5	$3 \times 10^{26} - 3 \times 10^{27}$	1
S	1.5 – 15	$3 \times 10^{27} - 3 \times 10^{28}$	10
D	≥ 15	$\geq 3 \times 10^{28}$	100

Table 4: Description of the proposed classification of planets based on the mass.

SN index

- SN udává hmotnostní charakteristiku planetárního systému,
- Cílem je jednoduché čtení a jasná fyzikální interpretace,
- Pokud vynásobíme hodnotou 1×10^{27} [kg] přibližná celková planetární hmotnost,

$$WS = \sum_{i=1}^m w_i n_i, \quad (1)$$

kde n_i počet a w_i je váha.

$$SN = \sum_{i=1}^7 w_i n_i \quad (2)$$

Příkladem: Sluneční soustava má $SN = 2.222$ a 55 Cancri system $SN = 13.1$.

ZI index

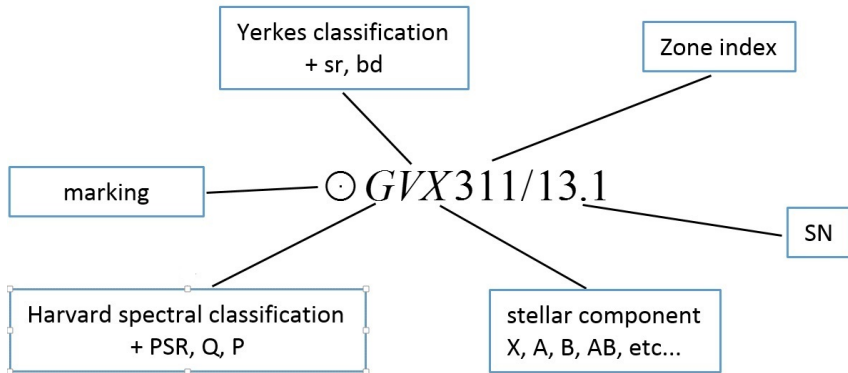
- ZI udává rozdělení planet do tří oblastí (horká, obyvatelná, chladná),
- Cílem je jednoduché čtení a jasná fyzikální interpretace,
- Nejdůležitější - prostřední číslo - udává počet planet v obyvatelné oblasti dle konzervativní definice obyvatelné zóny,

$$ZI = \sum_{j=1}^3 s_j k_j, \quad (3)$$

kde k_1 je počet exoplanet v horké zóně, k_2 počet exoplanet v obyvatelné zóně, k_3 počet exoplanet v chladné zóně. Platí $s_1 = 100$ pro horkou oblast, $s_2 = 10$ pro obyvatelnou oblast and $s_3 = 1$ pro chladnou oblast.

Příkladem: Sluneční soustava má $ZI = 224$ a 55 Cancri system $ZI = 311$.

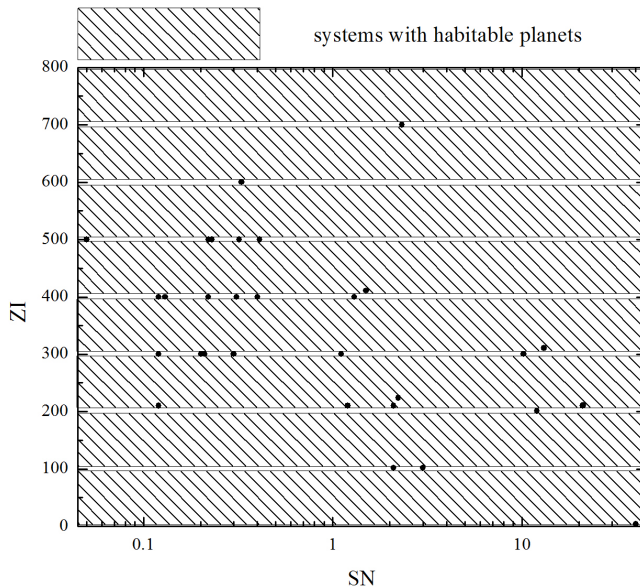
Taxonomie extrasolárních systémů



System	M_{Sun}	R_{Sun}	T_s [K]	Full code
Solar	1	1	5778	\odot <i>GVX224/2.222</i>
55 Cancri	$0.95^{+0.1}_{-0.1}$	$1.152^{+0.035}_{-0.035}$	$5373^{+9.7}_{-9.7}$	\odot <i>GVX311/13.1</i>
Ups And	$1.27^{+0.06}_{-0.06}$	$1.48^{+0.087}_{-0.087}$	$6074^{+13.1}_{-13.1}$	\odot <i>FVX210/21</i>
HD 40307	$0.75^{+0.03}_{-0.04}$	$0.716^{+0.010}_{-0.010}$	4977^{+59}_{-59}	\odot <i>KVX300/0.21</i>
61 Vir	$0.94^{+0.03}_{-0.03}$	$0.96^{+0.01}_{-0.01}$	$5585^{+9.7}_{-9.7}$	\odot <i>GVX200/0.2</i>
Gliese 667 C	$0.31^{+0.04}_{-0.04}$	$0.42^{+0.06}_{-0.06}$	3700^{+100}_{-100}	\odot <i>MVC110/0.11</i>
2M1207	$4^{+6}_{-1} M_J$	$1.5^{+0.0}_{-0.0} R_J$	1600^{+100}_{-100}	\odot <i>MbdX001/10.0</i>
HD10180	$1.06^{+0.017}_{-0.017}$	$1.20^{+0.318}_{-0.318}$	5911^{+60}_{-60}	\odot <i>GVX411/1.5</i>
HD 181433	$0.86^{+0.06}_{-0.06}$	$0.203^{+0.007}_{-0.007}$	4902^{+41}_{-41}	\odot <i>KVX102/2.1</i>

Table 6: The data and taxonomy identification for a few examples of extrasolar systems. M_J marks the mass of Jupiter and R_J marks the radius of Jupiter.

Porovnání extrasolárních systémů



- Představili jsme novou taxonomii extrasolárních systémů,
- Rychlý a přehledný zápis do jednoduchého kódu,
- Kód složen z charakteristiky centrální hvězdy a indexů SN i ZI ,
- Představili jsme nové hmotnostní třídění exoplanet,
- Kód lze využít pro popis extrasolárních systémů v různých programech,
- Kód navazuje na taxonomii exoplanet.