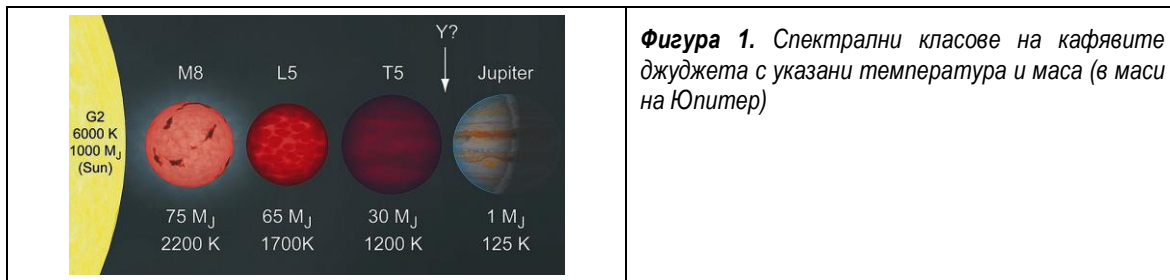


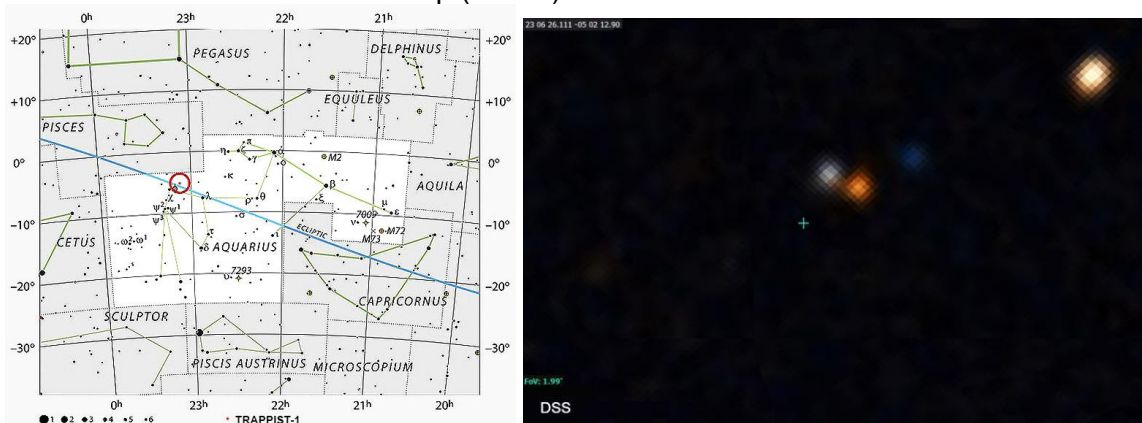
## СЕНЗАЦИЯТА “TRAPPIST-1”

На 22 февруари НАСА проведе „сензационна“ пресконференция на която с апломб заяви, че са открити 7 сравними по големина и „земен“ състав (т.е., скалисти, а не газове, като Юпитер) планети около една миниатюрна звездичка (кафяво джудже), TRAPPIST-1 (2MASS J23062928-0502285 в каталога на проекта „2 Micron All Sky Survey“). Звездата е на 39.5 св. г. разстояние от Слънцето, има спектрален клас M8V и ефективна температура едва 2550 K (т.е., *излъчва максимално в участъка над 1 мкм*, а не като нашето Слънце, около 0.5 мкм). По определените спектрални характеристики са оценени и физическите параметри на звездата (Табл. 1, по-долу). Тя е почти пълен аналог на първото известно кафяво джудже, *Teide 1* (в съзвездието Телец,  $T_e=2600$  K,  $S_p=M8$ ). Размерът на такъв обект е сравним с Юпитер, т.е.,  $R\sim 0.1 R_\odot$ , но масата му е  $M\sim 0.01 M_\odot$  или от порядъка на 100  $M_J$  (Фиг. 1)! От тук следва, че средната плътност на такова джудже е **десетки пъти по-голяма** от тази на Слънцето ( $1.4$  г/см<sup>3</sup>), докато Юпитер има почти „слънчева“ плътност ( $\sim 1.3$  г/см<sup>3</sup>) – Табл. 1. Това е следствие от физиката на тези два типа обекти – в ядрото на звездата, за разлика от Юпитер, протичат термоядрени реакции с отделяне на много енергия и за да поддържа фигурата ѝ в равновесие, налягането на стълба вещество над ядрото трябва да е голямо, т.е. количеството, а оттам и плътността на това вещество, да са много по-големи от „юпитеровите“ величини.



Фигура 1. Спектрални класове на кафявите джуджета с указани температура и маса (в маси на Юпитер)

TRAPPIST-1 е наречена на името на проекта и телескопа, с който се изпълнява: 0.6-м роботизиран телескоп на университета в Лиеж **TRAPPIST (TRANSiting Planets and Planetesimals Small Telescope)** в обсерваторията *Ла-Сила* (Чили) на ЕЮО. През 2016 г. около тази звезда са засечени транзити от 3 планети, а след включването в наблюденията и на космическия 0.85-м инфрачервен телескоп *Spitzer* (преименуван след изпълнението на мисията *SIRTF*) на НАСА, още 4. Звездата е в зодиакалния пояс, в съзвездието Водолей и е само на 5° южно от небесния екватор (Фиг. 2).



Фигура 2. Положение на TRAPPIST-1 на звездната карта (вляво) и в 2' поле на каталога DSS.

На Фиг. 3 са показани данните за звездата от базата SYMBAD. Блясъкът в различните филтри се различава драстично – на 8.5 звездни величини, като потокът енергия във визуалната област е 2500 пъти по-слаб от този във филтър K [да припомним, че стандартните филтри са с максимуми както следва: U (0.36  $\mu$ ), B (0.44  $\mu$ ), V (0.55  $\mu$ ), R (0.64

$\mu$ ), I (0.88  $\mu$ ), J (1.25  $\mu$ ), H (1.65  $\mu$ ), K (2.2  $\mu$ )]. Самата величина  $V \approx 19^m$  прави невъзможни визуалните наблюдения даже със сравнително голям (~0.5 м) телескоп.

Query : 2MASS J23062928-0502285

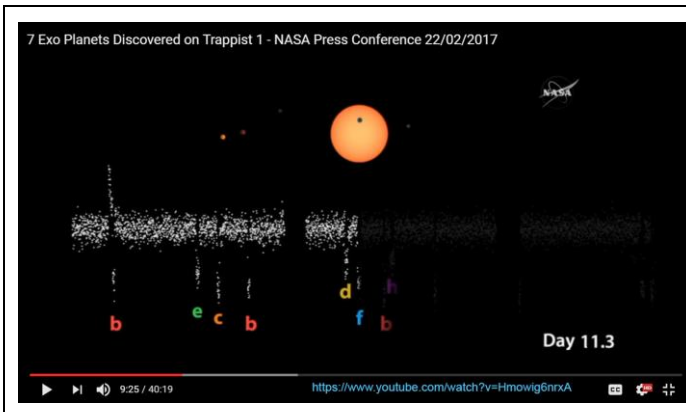
C.D.S. - SIMBAD4 rel 1.5.11 - 2017.02.24CET11:37:47

**Basic data : 2MASS J23062928-0502285 -- High proper-motion Star**

Other object types: IR (2MASS,2MASSI,...), PM\* (Ref), \* (2MUCD) Fluxes (6) : V 18.798 [0.082] C 2006AJ....132.1234C  
 ICRS coord. (ep=J2000) : 23 06 29.36 -05 02 29.2 (Infrared) [ 130 130 90 ] R 16.466 [0.065] C 2006AJ....132.1234C  
 FK5 coord. (ep=J2000 eq=2000) : 23 06 29.36 -05 02 29.2 [ 130 130 90 ] I 14.024 [0.115] C 2006AJ....132.1234C  
 FK4 coord. (ep=B1950 eq=1950) : 23 03 51.07 -05 18 19.4 [ 158 158 90 ] J 11.354 [0.022] C 2003yCat.2246....0C  
 Gal coord. (ep=J2000) : 069.7127 -56.6446 [ 130 130 90 ] H 10.718 [0.021] C 2003yCat.2246....0C  
 Proper motions mas/yr : 922.1 -471.9 [1.8 1.8 0] B 2006AJ....132.1234C K 10.296 [0.023] C 2003yCat.2246....0C  
 Radial velocity / Redshift / cz : V(km/s) -56.3 [3] / z(--) -0.000188 (Opt) D 2009ApJ...705.1416R  
 Parallaxes (mas): 82.58 [2.58] D 2006AJ....132.1234C  
 Spectral type: M8 D 2007AJ....133.2258S

Фигура 3. Данни за TRAPPIST-1 от базата SYMBAD.

Първите наблюдения и откриването на планети около тази звезда са направени в 2016 г. с телескопа TRAPPIST от белгийския астроном Michaël Gillon (Мишел Жийон) и той бе удостоен с честта да участва в пресконференцията на НАСА. След задействането на обсерваторията VLT на ЕЮО и особено на *Spitzer*, броят на засечените транзити (с много сложна форма! – Фиг. 4) нараства до над 30 и става възможно да се моделира процесът на преминаване на няколкото планети пред диска, за да се установят параметрите на системата – периоди на обиколка (по повтаряемостта на отделните транзити), размер на телата (по относителния влог в затъмненията), а оттам – и плътността им. Така става ясно, че се касае за сравнително близки по размер едно с друго и в сравнение със Земята тела с плътности, характерни за земната група (~5 г/см<sup>3</sup>), т.е., *скални*, а не „водородни“, като често наблюдаваните екзопланетни „Юпитери“.



Фигура 4. Кадър от пресконференцията за TRAPPIST-1 с илюстрация на записи на транзити.

Оказва се, че орбитите на първите 6 планети са почти кръгови, а на седмата се уточнява все още. Знаейки периодите, от третия закон на Кеплер следват и разстоянията на тези тела до централното им светило. Аналогията на системата TRAPPIST-1 със спътниковата на Юпитер, а дори и с групата на земеподобните планети от слънчевата система, е забележителна, (Фиг. 5).



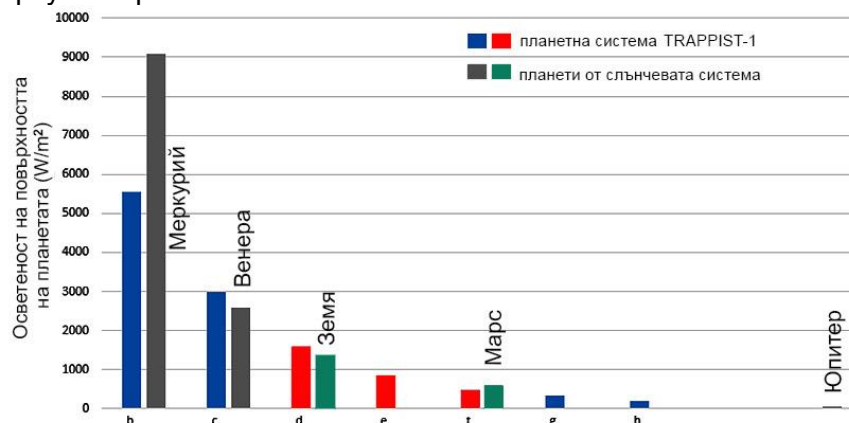
Фигура 5. Сравнение на системата на TRAPPIST-1 със слънчевата система.

В следващата Таблица 1 са приведени данни и оценки за TRAPPIST-1 в сравнение с тези за Слънцето и Юпитер.

**Таблица 1.** Данни за звездата TRAPPIST-1 в сравнение със Слънцето и Юпитер.

Характеристика	Слънце	Траппист-1	Отн. Зв/Слънце	Юпитер	Отн. Зв/Юпитер
Радиус (км)	~700000	~80000 ± 4000	0.114 ± 0.006 R <sub>☉</sub>	70000	1.14
Диаметър (км)	1400000	156000-168000	0.114 ± 0.006	140000	1.14
Площ (S <sub>☉</sub> )	1	0.013	0.013	0.00100	1.30
Обем (V <sub>☉</sub> )	1	0.00148	0.00148	0.00100	1.48
Маса (M <sub>☉</sub> )	1	0.08 ± 0.009	0.08 (~1/12)	1/1047	83.8048 ± 9.428 M <sub>J</sub>
Ср. плътност (г/см <sup>3</sup> )	1.408	~75	~53	1.326	~56
Температура (K)	5772	2550 ± 55	~2.3	-	-
Отн. светимост (визуална)	1	0.00000373	0.00000373	-	-
Болометрична светимост (W)	3.8x10 <sup>26</sup>	1.9x10 <sup>23</sup>	~0.0005		

Да оценим **общото излъчване** на звездата – нейната болометрична светимост. От наблюдателните данни знаем потоците в 6 филтъра (Фиг. 2). Формалното им интегриране няма да даде реалистична стойност, защото не покриват целия спектър. Но можем да направим оценка на болометричната (пълната) светимост в приближението на абсолютно черно тяло и оттам да оценим потока лъчиста енергия и по-точно, осветеността (мощност, падаща на единица площ) от TRAPPIST-1 за всяка от нейните планети. Мощността (светимостта) на излъчване от единица площ на абсолютно черно тяло с ефективна температура T е пропорционална на T<sup>4</sup>, следователно, отношението на светимостите L<sub>0</sub> и L<sub>1</sub> на две такива тела с повърхности S<sub>0</sub> и S<sub>1</sub> и температури T<sub>0</sub> и T<sub>1</sub> ще бъде (L<sub>0</sub>/L<sub>1</sub>) = (S<sub>0</sub>/S<sub>1</sub>)(T<sub>0</sub>/T<sub>1</sub>)<sup>4</sup>. В нашия случай отношението на повърхностите е равно на квадрата на отношението на радиусите им – (S<sub>0</sub>/S<sub>1</sub>) = (R<sub>0</sub>/R<sub>1</sub>)<sup>2</sup>. Ако визираме Слънцето (с индекс „0“) и въпросната звезда (с индекс „1“) от данните в Табл. 1 получаваме, че отношението (L<sub>1</sub>/L<sub>0</sub>) ≈ 0.0005. Светимостта на слънцето е L<sub>0</sub> = 3.8x10<sup>26</sup> W, следователно за светимостта на TRAPPIST-1 получаваме оценка L<sub>1</sub> ≈ 1.9x10<sup>23</sup> W (Табл. 1). Оттук лесно се оценява осветеността върху повърхността на всяка от планетите в тази система – Фиг. 6.



**Фигура 6.** Болометрична осветеност на планетите на TRAPPIST-1 в сравнение с някои планети от слънчевата система. С червено и зелено са означени планетите с подходяща за живот от земен тип инсолация.

Въпреки нищожната светимост на звездата, върху планетите пада достатъчно енергия, благодарение на много по-голямата им близост до светилото! Представа за енергетиката на TRAPPIST-1 може да ни даде земната металургия – в центъра на доменната пещ, например, температурата е сравнима с тази на въпросната звезда и добре е известна горещината, която окръжава тези пещи. И поне за трите планети TRAPPIST-1d, e, f имаме подходяща инсолация за развитие на живот от земен тип, ако, разбира се, другите условия – главно вода – са налице. Знанието ни за обектите в нашата планетна система ни подсказва, че този „пояс на обитаемост“ е първото условие за наличие на живот.

Случаят TRAPPIST-1 не е първия, в който недвусмислено са открити планети, потенциално удобни за зараждане на живот. На сайта <http://phl.upr.edu/projects/habitable-exoplanets-catalog> към настоящия момент са регистрирани 49 такива „skalни“ обекта с размери от 0.8-2.5  $R_{\text{Земя}}$  и маси 0.5-10  $M_{\text{Земя}}$ . При това, едва за десетина екзопланети (включая TRAPPIST-1d,e,f) такова развитие е по-вероятно. Но преди да тръбим по медиите, че едва ли не вече имаме двойници във Вселената, трябва да уточним някои неща. На първо място, трябва да се опитаме да регистрираме наличие на подходяща атмосфера. Отделно, проблем може да бъде възрастта на планетната система. Оценката за възрастта на самата звезда TRAPPIST-1 е около 1 млрд години, а животът на нашата Земя се развива вече над 3 млрд години, като планетата ни е по-стара с цял милиард години много бурна ранна история. Т.е., за появата на живот е нужно време. В този смисъл тези планети са много „млади“ и навярно днешното им „битие“ е също доста бурно.

Но каквито и резерви да имаме засега, самият факт на откриването на подходящи за живот „гнезда“ извън слънчевата система е от епохално значение. Отрадно е, все пак, че сред вече известните над 4000 екзопланети има доста висок дял на „земни“ аналози.

И няма съмнение, че още по-пълното изследване на такива обекти ще донесе може би неочаквани открития!

Доц. Д. Колев