

Библиографический список

1. Усова А.В. Формирование учебно-познавательных умений в процессе изучения предметов естественного цикла. URL: <http://fiz.1september.ru/article.php?ID=200601602> (дата обращения: 14.09.2018).

ЭКЗОПЛАНЕТЫ В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ И ШКОЛЬНИКОВ

Exoplanets in project activities students and schoolboys

Гурина Роза Викторовна

доктор педагогических наук, доцент; профессор кафедры физических методов в прикладных исследованиях инженерно-физического факультета высоких технологий, Ульяновский государственный университет

Gurina Roza V.

Doctor of Pedagogical Science, Professor Assistant;
Professor of the Department of Physical Methods in Applied Sciences,
Faculty of Engineering and Physics, Ulyanovsk State University

***Аннотация.** Метод рангового анализа представляет широкое поле деятельности для исследований экзопланетных систем в рамках проектной деятельности школьников и студентов. Обнаружено соответствие ранговых распределений параметров девяти экзопланет системы HD 10180 HIP и планет Солнечной системы гиперболическому ранговому распределению, что свидетельствует о том, что космогонические процессы происходят по детерминированному сценарию.*

***Ключевые слова:** проектная деятельность, ранговый анализ, экзопланетные системы.*

***Summary.** The method of the rank analysis represents a wide field of activity for researches of exoplanet systems within project activity of schoolboys and students.*

It was found matching rank distribution parameters nine extrasolar planets system HD 10180 HIP and the planets of the solar system to the hyperbolic rank distributions, it can be concluded that the cosmogonic processes occur on a deterministic scenario.

***Keywords:** project activity Rank analysis, exoplanet's system.*

Изучение астрономии не только формирует современную астрономическую картину мира у учащихся, но и оказывают влияние на их мышление – развивает глобальное (космическое) мышление, мотивационно-ценностное отношение к Миру и жизни [3].

Известно, что в нашей стране научная информация в учебники попадает спустя десятки лет – это факт. Например, школьные учебники астрономии для 10-х классов вплоть до 1977 года (астрономия изучалась как отдельная дисциплина)

плина) в качестве картины мироздания представляли для изучения средневековую Ньютоновскую модель Вселенной как бесконечную в пространстве и вечную во времени. Например, в учебнике Б.А. Воронцова-Вельяминова 1977 года на странице 135 читаем: «Вселенная в свете научных данных оказывается бесконечной во времени, т.е. вечной и вечно меняющейся. Она никогда не имела начала и никогда не будет иметь конца, она всегда существовала и будет существовать» [1]. И это несмотря на то, что в начале двадцатых годов XX века, благодаря открытиям Хаббла и Фридмана, в науке утвердилось модель нестационарной, невечной и небесконечной, неэвклидовой расширяющейся Вселенной с возрастом 13–15 млрд лет, берущей начало от Большого Взрыва. Опоздание поступления научной информации в учебники по астрономии более чем на 50 лет!

В настоящее время открыто более 3000 экзопланет, и их изучение фактически проходит в рамках проектной деятельности студентов и школьников. Огромные возможности для этого предоставляет сайт «Планетные системы. allplanets.ru», на котором можно найти орбитальные и физические параметры всех известных внесолнечных планетных систем и их звезд. Эмпирические данные сайта позволяют проводить обширные исследования и обобщения в следующих направлениях:

- сравнение экзопланетных систем (ЭПС) старых и молодых звезд по физическим свойствам: составу атмосфер, состоянию поверхности, температуре, массам планет, количеству планет в системе;

- сравнение орбитальных характеристик экзопланет (больших полуосей, эксцентриситета, сидерических периодов) с подобными у планет СС, вычисление и сравнительный анализ орбитальных скоростей планет;

- сравнение ЭПС желтых звезд класса G между собой и с СС по физическим свойствам, орбитальным характеристикам, нахождение у них общих признаков;

- исследование ЭПС методом рангового анализа (РА) и сравнение их с СС.

Первые три направления не представляют сложности для понимания целей и задач исследования, на последнем остановимся подробнее.

Исследование экзопланетных систем методом РА

В работах [2; 7 и др.] показано, что эмпирические ранговые распределения (РР) космических объектов, в том числе планет СС по массам, орбитальным периодам вращения, большим полуосям орбит, диаметрам планет аппроксимируются гиперболой:

$$W = \frac{A}{r^\beta} \tag{1}$$

где W – ранжируемый параметр объектов в порядке убывания W (массы, радиуса, периода вращения и т.д.); r – ранг или ранговый номер по порядку (1, 2, 3...); $A = W$ при $r = 1$; β – ранговый коэффициент, характеризующий крутизну

гиперболы. Уравнение (1) называют законом гиперболического РР. Системы с такими РР объектов в них называются *ценозами*, так как сначала они были выявлены и исследованы в био- и экосистемах, затем обнаружены и достаточно глубоко исследованы в технике (техноценозы) [5]. Позднее учение о ценозах разной природы распространилось на другие области знания.

Закономерно возникают вопросы: «Каково РР параметров планет в других звездных системах?», «Справедлив ли для них закон (1)?». В настоящее время известно несколько сотен планетных систем с числом планет от 1 до 9, у которых измерены их параметры. При этом максимальное число планет – 9 обнаружено у звезды HD 10180 HIP 7599 из созвездия Южной Гидры, находящейся на расстоянии 39,4 пк от Солнца. Ее параметры близки к солнечным: масса звезды – 1.06 солнечных масс, эффективная температура – 5911К, возраст – 4,3 млрд лет.

Исследования в рамках школьных и студенческих проектов [2; 4; 7 и др.] показали, что РР параметров планет СС, экзопланет и их орбитальных характеристик являются жестко детерминированными системами с гиперболическими РР (1).

Рис. 1а иллюстрирует график РР масс планет $M(r)$ СС с аппроксимацией. Известно, что гипербола «спрямляется» при построении в двойном логарифмическом масштабе. Рис.1б иллюстрирует линейризованный график РР $\ln W = f(\ln r)$. Причем, излом свидетельствует о делении системы на 2 подсистемы.

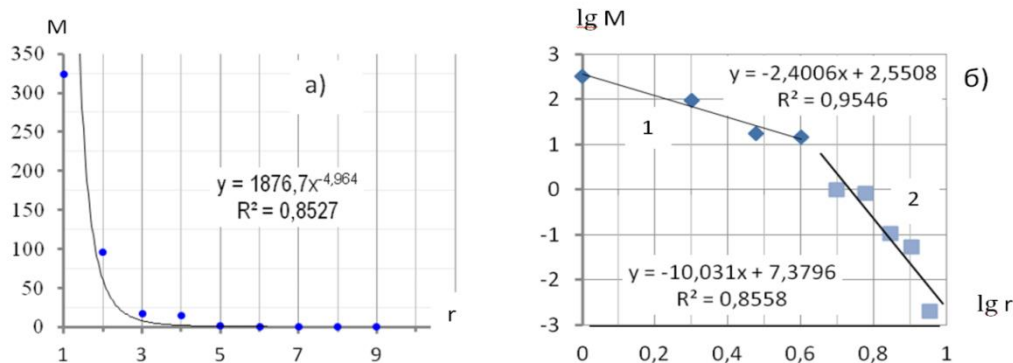


Рис. 1. Гиперболическое РР девяти масс планет СС, включая Плутон

а) $M(r)$, где M -масса планеты в массах Земли ($M/M_{\text{З}}$);

б) линейризованный график $\lg M = f(\lg r)$ с изломом, где 1 – планеты-гиганты; 2– планеты земной группы

Графики рис. 1а и 1б РР масс планет СС аппроксимированы гиперболой (1) с высокой степенью – квадрат коэффициента регрессии R^2 (0,85 и 0,86 соответственно). Точка $r = 1$ соответствует Юпитеру. Точка $r = 9$ – Плутону. Ранговый коэффициент β показывает довольно большую крутизну гиперболы $\beta = 5$ (рис. 1а). На спрямленном в двойном логарифмическом масштабе графике рис. 1б фиксируется излом, свидетельствующий о наличии двух подсистем в СС: пла-

нет-гигантов (1) и планет земной группы (2). При этом для подсистемы 1 планет-гигантов $\beta = 2,4$, для подсистемы 2 планет земной группы $\beta = 10$.

Плутон по праву включен в ранговое распределение, так как является пограничным объектом между планетами и планетоидами, как показано в работах [3; 4] и может быть отнесен и к тем, и к другим.

На рис. 2а и 2б представлены графики РР экзопланет М (r) ЭПС Гидры HD 10180 НР по массам, которые оказались идентичны соответствующим графикам РР планет СС.

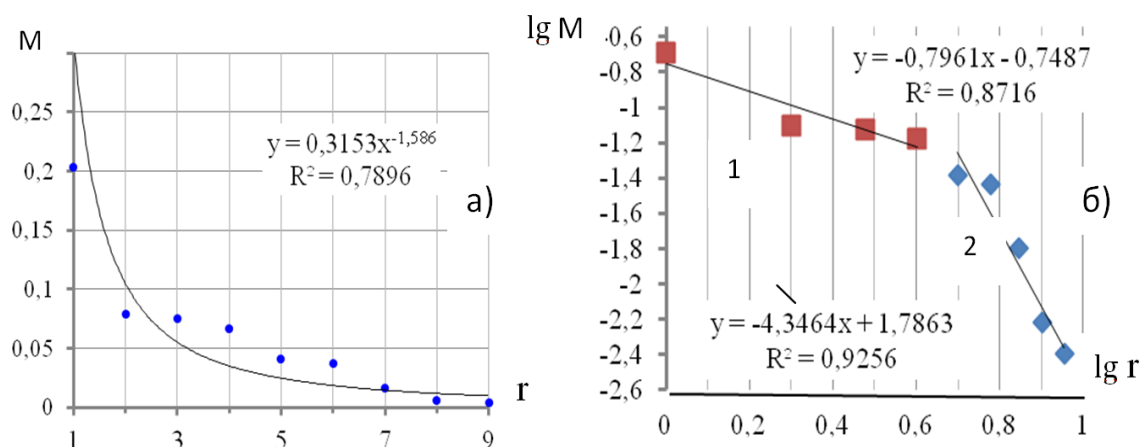


Рис. 2. Гиперболическое РР девяти масс планет звезды HD 10180 НР:

а) $M(r)$, где M – масса планеты в массах Юпитера ($M/M_{Ю}$);

б) линеаризованный график $\ln M = f(\ln r)$ с изломом; 1 – газовые гиганты, 2 – планеты-Земли

Эмпирические точки ложатся на гиперболу с высокой степенью точности: коэффициент регрессии $R^2 = 0,79$. Меньшая точность по сравнению с СС объясняется удаленностью объектов ЭПС. При этом крутизна гиперболы РР также высока и равна $\beta = 1,6$.

Аналогия просматривается и в наличии двух подсистем – планет газовых гигантов и планет меньших размеров (планеты-Земли), на что указывает излом графика в логарифмическом масштабе (рис. 2б).

Исследованы РР экзопланет по сидерическим периодам, большим полуосям орбит, диаметрам планет. Они также аппроксимируются гиперолой (1) с высокой степенью точности.

В исследовании было важно выяснить, является ли случайной аналогия между РР планет в нашей СС и планет в системе Гидры. То есть закон гиперболического РР (1) имеет частный или всеобщий, вселенский характер? На сколько близки эти две системы?

Сравнительный анализ РР этих двух систем проводился методом корреляционного анализа Пирсона [6], который устанавливает тесноту связи между выборками значений параметров x и y . Формула Пирсона для подсчета коэффициента линейной корреляции R_i :

$$R_i = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i \Delta y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2 \sum_{i=1}^n (\Delta y_i)^2}}, \quad (2)$$

где $\Delta x_i = x_i - \langle x \rangle$; $\Delta y_i = y_i - \langle y \rangle$; x_i, y_i – значения, принимаемые переменными x, y ; $\langle x \rangle, \langle y \rangle$ – средние по x , и по y . Средние величины рассчитываются по известным формулам. Обозначения в формуле (2) с учетом формулы (1): x – значения параметров первого РР – W_I ; y – значения параметров второго РР – W_{II} , то есть x и y – это параметры W в двух выборках РР $W(r)$.

Были рассчитаны коэффициенты Пирсона 2-х пар выборок:

- Первая пара – два гиперболических РР (рис.1а и рис. 2а). Расчет показал – коэффициент Пирсона $R_i = 0,936$;
- Вторая пара – РР в двойном логарифмическом масштабе (рис.1б и рис. 2б); коэффициент Пирсона $R_i = 0,967$.

Сравнение РР двух систем методом Пирсона в обоих случаях показал высокую степень схожести – коэффициент Пирсона имеет высокое значение – около 1.

Подобным методом были рассчитаны коэффициенты Пирсона для нескольких других РР ЭПС, результаты изложены ниже.

- РР по массам планет для двух 6-планетных систем HD 219134 и Kepler-20 KOI-70 KIC 6850504 – коэффициент Пирсона равен $R_i = 0,784$.
- РР по массам планет для двух 5-планетных систем 55 Cancri HD 75732 и tau Ceti HD 10700 – коэффициент Пирсона равен $R_i = 0,937$.
- РР по радиусам планет для двух 6-планетных систем Kepler-11 KIC 6541920 и Kepler-20 KOI-70 KIC 6850504 – коэффициент Пирсона $R_i = 0,942$.
- РР по радиусам планет для двух 8-планетных систем Kepler-90 KOI-351 KIC 11442793 и Солнечной системы (без Плутона) – коэффициент Пирсона $R_i = 0,979$.
- РР по радиусам планет для двух 4-планетных систем Kepler-89 KOI-94 KIC 6462863 и Kepler-87 KOI-1574 KIC 10028792 – коэффициент Пирсона $R_i = 0,968$.

Исследования проведены в творческих минигруппах студентов инженерно-физического факультета высоких технологий УлГУ и учащихся Лицея физики, математики и информатики № 40 при УлГУ в рамках проектной деятельности.

Выводы

- Метод рангового анализа представляет необъятное поле деятельности для исследований экзопланетных систем в рамках проектной деятельности школьников и студентов на достаточно высоком научном уровне.
- Обнаружены соответствия параметрических РР внесолнечных планетных систем, планет СС гиперболическому закону РР (1) с высоким коэффициентом регрессии и высоким значением коэффициента Пирсона. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что космогонические процессы во Вселенной происходят по строго детерминированному сценарию, а также о законе (1) как законе, носящем вселенский характер.

Библиографический список

1. *Воронцов-Вельяминов Б.А.* Астрономия: Учебник для 10 класса. – М.: Просвещение, 1977.
2. *Гурина Р.В., Дятлова М.В., Хайбуллов Р.А.* Ранговый анализ астрофизических и физических систем // Казанская наука. 2010. № 2. С. 8–11.
3. *Гурина Р.В.* Подготовка учащихся физико-математических классов к будущей профессиональной деятельности в области физики: Монография. – Ульяновск: ВАО «МДЦ», 2009.
4. *Гурина Р.В., Харламова А.А.* Ранговый анализ внесолнечных планетных систем // Физика для школьников. 2016. № 3. С. 43–48.
5. *Кудрин Б.И.* Введение в технетику. – Томск: Изд-во ТГУ, 1993.
6. *Сидоренко Е.В.* Методы математической обработки в психологии. – СПб.: ООО «Речь», 2000.
7. *Учайкин М.В.* Применение закона рангового распределения к объектам солнечной системы // Известия ГАО в Пулкове. 2009. № 219. Вып. 3. С. 87–94.