

ПРОБЛЕМЫ ЗАХВАТА ПЕРВИЧНЫХ ЧЕРНЫХ ДЫР ЗВЕЗДАМИ

Ю. В. Бондаренко

В существующих космологических теориях эволюции Вселенной [1] количество первичных черных дыр (ПЧД) приходящихся на одну типичную звезду (класса Солнца) составляет от 10^9 до 10^{14} . Такое количество ПЧД побуждает рассмотреть возможность поиска ПЧД по их влиянию на эволюцию таких звездных объектов, как белые карлики [2, 3] и нейтронные звезды [4], но предварительно необходимо рассмотреть возможность попадания ПЧД внутрь выше указанных звездных объектов [5]. Основным механизмом захвата может выступать захват в тройных столкновениях, который относится к финальным движениям в задаче трех тел.

В ряде работ [6, 7, 8] показано что, существуют такие виды финальных движений в задаче трех тел, которые приводят к образованию двойных систем. Данный процесс может протекать во всех звездных скоплениях при достаточной концентрации звезд и малых скоростях движения. Однако в звездных системах, например в галактиках, в которых концентрация звезд мала, а скорости велики, вероятность данного события очень низка. Достаточная же концентрация звезд и сравнительно малые пространственные скорости звезд обеспечиваются в таких системах, как, например, шаровые звездные скопления.

Шаровые звездные скопления – системы, имеющие единое происхождение и существующие за счет гравитационного взаимодействия, действующего между отдельными звездами. Плотность звезд в шаровых звездных скоплениях значительно выше, чем в окружающем пространстве. Отличительной особенностью шаровых звездных скоплений является то, что практически все звезды входящие в его состав имеют среднюю пространственную скорость $V \sim 4 \div 10$ км/с. Повышенная концентрация и малая пространственная скорость звезд, входящих в состав скопления, обеспечивает значительное влияние на эволюцию звездной системы таких процессов как сближение и тройные столкновения звезд. Поэтому наиболее благоприятные условия для образования двойных систем, в состав которых войдет ПЧД, создаются в шаровых звездных скоплениях.

Основные результаты по статистике образования двойных систем получены в работе Хигги [9]. Количество образующихся двойных систем, определяется функцией $Q(x)$, задаваемой соотношением:

$$n^3(R)Q(x) = \int d^3v_1 d^3v_2 d^3v_3 d^2t d^3r_1 d^3r_2 \times \\ \times f(r_1, v_1) f(r_2, v_2) f(r_3, v_3) |V| \delta^3(R' - R) \delta(x' - x) \quad (1)$$

где

$$f(r, v) = n(R) \left(\frac{m \beta(m)}{2\pi} \right)^{3/2} \exp \left(-\frac{1}{2} \beta(m) m v^2 \right) \quad (2)$$

функция распределения звезд в шаровом звездном скоплении, а $\beta(m)$ величина, обратная средней кинетической энергии звезды в шаровом звездном скоплении.

При анализе формулы (1) для случая, когда в тройном столкновении участвуют звезды разных масс, было получено следующее выражение для $Q(x)$:

$$Q(x) \cong \frac{\sqrt{2} (\beta_1 \beta_2)^{3/2} \beta_3^{1/2} m_1^4 m_2^4 m_3^{5/2} M_{12}^{1/2}}{\sum_{j=1}^2 m_j \beta_j \left(\sum_{i=1}^3 m_i \beta_i \right)^{1/2} x^{7/2}}, \quad (3)$$

где введены обозначения:

$$M_{ij} = m_i + m_j, \quad (4)$$

$$\beta_i = \beta(m_i). \quad (5)$$

В связи с тем, что из шаровых звездных скоплений ПЧД не испаряются, то средняя пространственная скорость ПЧД сравнима со скоростью звезд входящих в скопление.

$$v_1^2 \sim v_2^2 \sim v_3^2 \quad (6)$$

$$\beta_1 \sim \frac{1}{m_1} \quad (7)$$

Если в тройном столкновении участвуют две звезды с массами m_2 и m_3 и ПЧД с массой m_1 с образованием двойной системы состоящей из ПЧД и звезды с массой m_2 то из (3) следует:

$$Q(x) \sim \int \frac{m^{5/2}}{x^{7/2}} dx \sim m^0 \quad (8)$$

Из этого следует, что эффективность образования двойных систем, в состав которых войдут ПЧД, сравнима с эффективностью образования двойных звезд. Однако из значительно большей концентрации ПЧД в сравнении с концентрацией звезд двойных систем с участием ПЧД будет значительно больше. Вероятность захвата ПЧД на орбиту белого карлика близка к единице.

Данный результат может быть применен не только для захвата ПЧД, но и для построения теории динамики темной материи.

Литература

1. *Rich J.* Fundamentals of Cosmology. Springer. 2001.
2. *Tikhomirov V. V., Yuralevich S. E.* Neutrino burst of a white dwarf being absorbed by a primordial black hole. // Proc. of BSU. Phys. Math. № 1. (2003).
3. *Tikhomirov V. V., Yuralevich S. E.* New possible source of huge neutrino bursts. astro-ph/0202445.
4. *Tikhomirov V. V., Yuralevich S. E.* Neutron star absorption by a primordial black hole. // Proc. of BSU. Phys. Math. 2002. №1. P. – 11.
5. *Derishev E. V. and Belyanin A. A.* // Prospects for detection of primordial black holes captured in cold dark matter haloes around massive objects. Astron. Astrophys. Vol. 343, P. 1–9 (1999).
6. *Chazy.* Sur l'allure finale du mouvement dans le le probleme des trois corps quand le temps croit indefiniment. Ann. l'Ecole Norm. Sur. 3 ser., P. 29 – 130. (1922).
7. *Смейл С.* Топология и механика. Успехи матем. наук. Т. 27. вып. 2. С. 77 - 133. (1972)
8. *Биркгоф Дж.* Динамические системы. М.-Л.: ГТТИ, 1940 / Amer. Math. Soc. Coll. Publ., Vol. 9. (1927).
9. *Heggie D. C.* Binary evolution in stellar dynamics. // Mon. Not R. Astron. Soc. Vol. 173, P. 729. (1975).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАЛЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ АНТРАЦЕНА В ВОДЕ МЕТОДОМ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА МАТРИЦ ВОЗБУЖДЕНИЯ-ИСПУСКАНИЯ

Д. В. Глушков

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), образующиеся как в процессе деятельности человека, так и в различных природных процессах, постоянно поступают в окружающую среду. Чрезмерное содержание таких соединений, вызванное техногенными загрязнениями, способно оказать необратимое воздействие на окружающую среду и здоровье людей. В связи с нарастающим количеством загрязнений проблема экологического мониторинга и контроля содержания ПАУ в воде становится все более актуальной.

Многие ПАУ входят в состав нефтепродуктов. Т.к. ПАУ обладают люминесценцией, следовательно, могут служить люминесцентным маркером для детектирования нефтяных загрязнений. Люминесцентные методы обладают исключительно высокой чувствительностью, позволяющей в благоприятных условиях детектировать люминесцирующие соединения в концентрациях 10^{-14} моль/л и ниже. Однако реальный предел обнаружения при применении люминесцентных методов для анализа