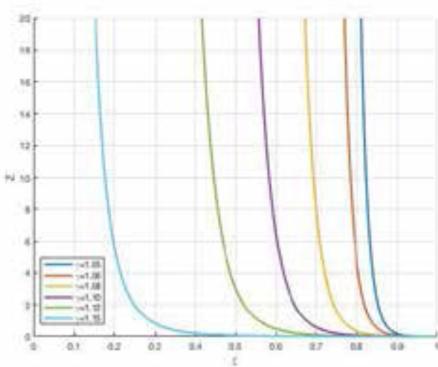
Рис. 2. Семейство кривых G для различных значений показателя адиабатыРис. 3. Семейство кривых Z для различных значений показателя адиабаты

Литература

1. Bisnovatyi-Kogan G.S. Strong shock in the uniformly expanding medium // Gravitation and Cosmology. 2015. V. 21. P. 236–240.
2. Zeldovich Ya.B., Novikov I.D. Relativistic astrophysics. Volume 2. The structure and evolution of the universe – Chicago, IL: University of Chicago Press, 1983. V.M. Safronov, N.I. Arkhipov, I.S.
3. Седов Л.И. Методы подобия и размерностей в механике. М.: Наука, 1977.

УДК 524.354

Статистика ортогональных интеримпульсных радиопульсаров как тест закона их эволюции

В.С. Бескин^{1,2}, П.А. Герасименко¹, Е.А. Гусев¹

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

В настоящее время существует две основных модели эволюции угла наклона оси магнитного диполя к оси вращения радиопульсаров χ . Согласно наиболее распространенной МГД-модели, основанной на результатах численного моделирования [1], угол χ с течением времени уменьшается, тогда как согласно аналитической модели БГИ [2] – стремится к 90° . Тестовой проверкой теории торможения стало бы прямое определение направления эволюции угла наклона между осью магнитного диполя и осью вращения. К сожалению, до сих пор никаких сколь-либо надежных результатов относительно этой величины получено не было. Правда, предпринимались попытки определить направление эволюции угла наклона, анализируя распределения радиопульсаров как по самому углу наклона осей χ , так и по ширине их средних профилей. При этом часто делался вывод, что угол наклона стремится к нулю. Однако, как уже

илось в [2], при этом не учитывалась зависимость «линии смерти» от угла наклона. В том, что при достаточно больших периодах P рождение плазмы возможно лишь при углах наклона осей χ . Соответственно, независимо от закона эволюции индивидуальных пульсаров, среднее значение угла χ должно уменьшаться с ростом вращения.

Понятно, что последовательный учет зависимости «линии смерти» от угла χ может выполнен лишь на основе кинетического подхода, при котором анализируются параметрические распределения. К сожалению, до сих пор в подавляющем большинстве работ эволюция угла наклона при таком анализе не принималась во внимание. Лишь в последнее время стали появляться работы, в которых эволюция угла χ велась достаточно последовательно. Однако и в этом случае никаких уверенных сведений относительно направления эволюции угла наклона сделано не было.

Не получилось дать ответ и в работе [3], в которой была сделана попытка улировать тест, который позволил бы определить направление эволюции угла χ . Идея была связана с анализом относительного количества интеримпульсных пульсаров, у которых, помимо основного импульса, наблюдается еще один источник излучения, расположенный примерно посередине между последовательными импульсами. Как известно, интеримпульс может наблюдаться либо у пульсаров с углом наклона $\chi \sim 90^\circ$ (когда интеримпульс связан с излучением от другого магнитного пола), либо с углом наклона $\chi \sim 0^\circ$ (когда главный импульс и интеримпульс связаны с прохождениями через диаграмму направленности, имеющую вид «полого конуса»). Но, что число пульсаров с углами $\chi \sim 0^\circ$ и $\chi \sim 90^\circ$ существенно зависит от направления эволюции угла наклона. Однако оказалось, что наблюдаемое количество интеримпульсных пульсаров можно объяснить как в рамках модели БГИ, так и в МГД-модели. Это означает, что со значительной неопределенностью начального распределения пульсаров по углу периода P . Так или иначе, было показано, что наблюдаемое распределение пульсаров по углу χ не противоречит модели БГИ.

С другой стороны, аналитический метод, используемый в [3], не позволял злить количество ортогональных интеримпульсных пульсаров в модели БГИ. Прежде это было связано с тем, что в модели БГИ закон эволюции

$$\dot{P}_{-15} = Q \frac{B_{12}^2}{P} \cos^2 \chi + A \frac{B_{12}^2}{P}, \text{ где } A = 2 \left(\frac{\Omega R}{c} \right)^{1/2}, \quad (1)$$

$$\dot{\chi} = Q \frac{B_{12}^2}{P} \sin \chi \cos \chi \quad (2)$$

$B/10^{12}$ Гс) не задается простой аналитической формулой. Кроме того, большую роль должна была играть зависящая от величины магнитного поля «линия смерти», являющаяся из условия $Q = 1$ [3]:

$$Q = P^{15/14} B_{12}^{-4/7} \cos^{2d-2} \chi, \quad (3)$$

$\approx 0,75$ [2]. Поэтому единственным способом, позволяющим оценить количество ортогональных интеримпульсных пульсаров в модели БГИ, является метод Монте-Карло. Вопросу и посвящена настоящая работа.

При определении количества ортогональных интеримпульсных пульсаров были сделаны следующие предположения.

Функция видимости, связанная с необходимостью попасть в диаграмму направленности, выбиралась стандартным образом

$$V_{beam}^{vis} = W_0 \sin \chi, \chi > W_0, \quad (4)$$

$$V_{beam}^{vis} = W_0^2, \chi < W_0, \quad (5)$$

$$\text{где } W_0 = 5,4^\circ / \sqrt{P}. \quad (6)$$

Функция видимости, связанная с невозможностью наблюдать далекие слабые пульсары, задавалась более точной формулой [3]:

$$L \propto P^{-0.2} \cos^{1/2} \chi. \quad (7)$$

3. Начальное распределение по периодам P и углам наклона χ было выбрано таким же, как и в работе [3], которое давало наилучшее согласие для случая соосных интеримпульсных пульсаров, т.е. линейно растущее распределение по периоду P и равномерное по углу χ .
4. Распределение по магнитному полю определялось как

$$f(B_{12}) \propto \frac{B_{12}^a}{(1 + B_{12})^b}, \quad (8)$$

где коэффициенты $a \approx 0.5$ и $b \approx 2.6$ были найдены из наблюдаемого распределения пульсаров.

В результате, было определено относительное количество нейтронных звезд, которые в рамках модели БГИ могли наблюдаваться как соосные интеримпульсные пульсары. При этом было показано, что их количество не противоречат наблюдаемым данным.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 17-02-00788.

Литература

1. Spitkovsky A. Time-dependent Force-free Pulsar Magnetospheres: Axisymmetric and Oblique Rotators // Ap. J. 2006. V. 648, I. 1. P. L51–L54.
2. Бескин В.С.; Гуревич А.В.; Истомин Я.Н. Электродинамика магнитосферы пульсара // ЖЭТФ. 1983. Т. 85, Вып. 4. С. 401–433.
3. Arzamasskiy L. I.; Beskin V. S.; Pirov K. K. Statistics of interpulse radio pulsars: the key to solving the alignment/counter-alignment problem // MNRAS. 2017. V. 466, I. 2. P. 2325–2336.

УДК 523.43-852

Восстановление температурных профилей в атмосфере Марса по данным спектрометра TIRVIM миссии Экзомарс-2016

П.В. Власов^{1,2}, Н.И. Игнатьев²

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Институт космических исследований РАН

В марте 2016 года была запущена миссия Экзомарс-2016 с целью всестороннего изучения Марса. На орбитальном аппарате TGO (Trace Gas Orbiter) в числе прочих приборов установлен разработанный в Институте космических исследований РАН комплекс ACS (Atmospheric Chemistry Suite) [1], включающий в себя три спектрометра: NIR, MIR и TIRVIM. Фурье-спектрометр TIRVIM предназначен для исследования в надирном и затменном режимах температурных и аэрозольных профилей в спектральном диапазоне 1,7–17 мкм, а также малых газовых составляющих. Осенью 2016 года во время манёвров TGO были получены первые тестовые данные с приборов ACS. По полученным с TIRVIM первым данным было произведено самосогласованное восстановление температурных и аэрозольных профилей в атмосфере Марса. Восстановление профилей было реализовано двумя методами: при помощи итерационной процедуры релаксации и методом статистической регуляризации.

В случае релаксации при восстановлении температурного профиля выбираются m спектральных каналов, для которых определяется яркостная температура измеренного излучения T_{ν_i} , и m атмосферных уровней, на которых восстанавливается температура и концентрация аэрозолей. Сама процедура релаксации основана на модифицированном итерационном методе Шахина–Тумей [2]: