

СЕКЦИЯ «ФИЗИКА»**ПОДСЕКЦИЯ «АСТРОФИЗИКА»****Масса черной дыры в рентгеновской двойной системе М33 Х-7
и эволюционный статус системы****Абубекеров М.К., Богомазов А.И.**

*Старший научный сотрудник, кандидат физ.-мат. наук
Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга,
МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
E-mail: marat@sai.msu.ru*

Выполнен анализ наблюдаемой кривой лучевых скоростей [1] двойной рентгеновской системы М33 Х-7 в модели Роша. Исследована зависимость масс компонент от степени заполнения оптической звездой своей полости Роша. Получена связь между массой оптической звезды и массой компактного объекта. При наиболее вероятной массе оптической звезды $m_V = 70M_{\text{sun}}$, масса компактного объекта заключена в пределах $m_X = 15.55 \pm 3.20M_{\text{sun}}$. В работе показана возможность формирования в двойных системах черных дыр с массой $m_X = 15M_{\text{sun}}$ и выше. Приведены характерные эволюционные треки двойных звездных систем, одной из эволюционных стадий которых является объект типа М33 Х-7. Согласно результатам популяционного синтеза двойные системы типа М33 Х-7 должны присутствовать в галактиках с массой $10^{11} M_{\text{sun}}$ и более. В настоящий момент количество подобных систем в галактике М33 должно быть порядка единицы. Изучен также эволюционный статус рентгеновской двойной системы IC 10 Х-1 с компонентом Вольфа-Райе, которая, возможно, содержит массивную черную дыру. Показано, что конечные стадии систем М33 Х-7 и IC10 Х-1 должны сопровождаться излучением потока гравитационных волн.

Литература

1. Orosz J. A., McClintock J. E., Narayan R., et al. (2007) Nature v. 449, p. 872.

**Влияние вызванного тропосферой фазового шума на точность РСДБ-наблюдений
близкорасположенных источников¹****Дуев Дмитрий Андреевич²***Студент*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия
E-mail: dmitry.duev@gmail.com*

В практических РСДБ-экспериментах при наблюдении близкорасположенных космических аппаратов (КА) дифференциальная астрометрическая точность ограничивается влиянием тропосферы Земли на распространение сигнала. В работе было проведено прямое моделирование принципа распространения волновых фронтов Гюйгенса-Френеля внутри френелевского канала в тропосфере Земли с колмогоровским распределением флуктуаций плотности с использованием платформы Matlab.

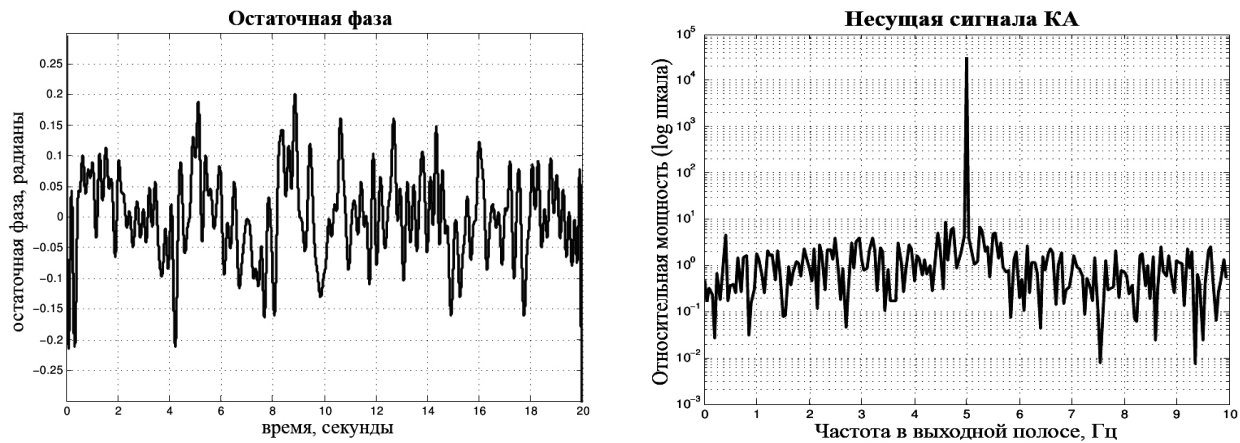
В таблице представлена полученная зависимость среднеквадратического отклонения дифференциальной электрической длины Δl от углового расстояния α между источниками:

¹ Тезисы доклады основаны на материалах работ, проведенных в рамках программы летних студенческих исследований Объединённого Европейского Института РСДБ (JIVE), г. Двингелоо, Нидерланды

² Автор выражает признательность профессору Погребенко С.В. (JIVE) за помощь в подготовке тезисов.

$\alpha = 10'$	$\alpha = 1'$	$\alpha = 10''$
$\Delta l = (3.2 \pm 0.2)e-05$ м	$\Delta l = (3.4 \pm 0.1)e-06$ м	$\Delta l = (5.7 \pm 0.2)e-07$ м

Результаты моделирования были сопоставлены с данными реального КА ESA Venus Express. Первичная обработка сигнала произведена на программном спектрометре обсерватории Метсахови (Финляндия) (ПСМ). Для последующей обработки была написана Matlab-программа захватывания частоты, генерирующая полиномы, «останавливающие» фазу сигнала КА. Затем на ПСМ производилась фильтрация сигнала для основного тона, применяя полученные полиномы. Этот сигнал использовался в дальнейшем для детектирования фазы в узкой полосе с помощью составленной на Matlab программы. Остаточная фаза сигнала (в основном обусловленная влиянием тропосферы) и остаточный спектр несущей КА, полученный с разрешением 50 МГц, представлены ниже на графиках:



Результаты моделирования и их сравнение с реальными данными показывают, что достижима суб-микросекундная точность определения дифференциальной задержки при РСДБ-наблюдениях. Это позволяет определять относительное положение составных космических аппаратов (например, орбитальный + посадочный модули) с точностью до 1 метра на расстояниях порядка нескольких астрономических единиц.

Литература

1. Quirrenbach, A. (2006) The Effects of Atmospheric Turbulence on Astronomical Observations // Adaptive Optics for Vision Science and Astronomy, ASP Conference Series, p. 129-144.
2. <http://astro.berkeley.edu/~jrg/SEEING> (prof. J.R. Graham, University of California Berkeley).

Комплекс программ исследования спектров волновых процессов в атмосфере земли, планет и солнца по сериям изображений на основе фазированной антенной решетки**Егоров Г.А.***студент**Ульяновский государственный университет, инженерно-физический факультет высоких технологий Ульяновск, Россия**E-mail: egorov_g_a@mail.ru*

В работе излагается основная концепция, способ реализации и первые результаты создания комплекса программ анализа волновых процессов в атмосфере Солнца и Земли. Волны с периодами большими часа, которые исследуются в данной работе для планет и, в частности для Земли, относятся к разряду планетарных и мезомасштабных волн. Для Солнца волны сравнимые с радиусом Солнца так же имеют периоды от 5 мин. (звуковые моды) и более. Эти факты и частота получения снимков со спутников типа SOHO определяют диапазон частот, в котором проводятся исследования. В качестве данных используются магнитограммы с космической обсерватории SOHO и изображения с геостационарных спутников Земли (GOES, METEOSAT и др.). Сама методика построения спектров реализуется с помощью двух процедур. В первой процедуре на каждом отдельном снимке выбирается набор точек, размером пиксель или некоторый регион, по которому производится усреднение контрастов изображений. Каждая точка рассматривается как узел пространственной фазированной антенной решетки, а последовательность значений контрастов на последовательности снимков, как временной ряд в узле антенной решетки. В этом случае спектры строятся с помощью многомерного метода энтропии [1,2,3]. Перемещая антенную решетку по лимбу Солнца или планет можно построить карту волновых векторов для данного временного диапазона.

Во второй процедуре элементами антенной решетки являются отдельные снимки объектов, а ряды пространственных распределений контрастов на изображении играют роль временных рядов в предыдущем варианте метода. В этом случае задача решается с помощью метода максимальной энтропии, реализуемого с помощью двумерных алгоритмов авторегрессии. Частично такая методика реализовывалась в электронном космофизическом практикуме «Космофизика-2007» [4]. В работе описаны основные элементы комплекса программ и результаты предварительных расчетов волновых процессов для магнитограмм Солнца.

Литература

1. Дворянинов Г.С., Журавлев В.М., Прусов А.В. Метод максимальной энтропии в многомерном спектральном анализе. Часть 1,2, Препринт МГИ АН УССР.-1987
2. Дворянинов Г.С., Журавлев В.М., Прусов А.В. Метод максимальной энтропии в многомерном спектральном анализе временных рядов, Морской гидрофизический журнал.-1987.-N3.-С.41-48
3. Журавлев В.М., Журавлев А.В, Егоров Г.А. Оценивание пространственно-временных спектров волновых процессов на основе последовательности изображений с помощью многомерного метода максимальной энтропии, Изв. вузов, Поволжский регион, 2008, N7
4. Электронный космофизический практикум “Космофизика-2007”, под рук. Журавлева В.М. (УлГУ) и Радченко В.В. (МГУ), Ульяновск-Москва, Ульяновский государственный университет, 2007

Оценка пороговой скорости нарастания магнитного поля при бетатронном механизме ускорения в условиях кулоновского торможения на протонах.

Летуновский С.В.³

Аспирант

Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия

E-mail: grayser@bk.ru

В процессе исследования бетатронного механизма ускорения ионов в плазме солнечной вспышки, возникает задача оценить минимальное значение скорости нарастания поля, при котором темпы ускорения превышают кулоновские потери. Это одно из главных условий ускорения.

Рассмотрим плазму в изменяющемся однородном магнитном поле. В начальный момент времени индукция магнитного поля равна B_0 . В течении некоторого времени Δt поле нарастает до уровня B_m по закону $B = B(t)$. Пусть закон нарастания будет линейным.

Согласно закону электромагнитной индукции $\int_s E ds = -\frac{d\Phi}{dt}$, если учесть, что $\frac{\partial\Phi}{\partial t} = \frac{\partial B}{\partial t} \cdot \pi r^2$,

и при условии, что $\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{dB}{dt}$ (поле зависит только от времени), то получим $E = \frac{dB}{dt}$,

подставив выражение для силы $F = qE$, в итоге получаем ускоряющую силу, действующую на ион со стороны поля:

$$F_{acc} = Ze \frac{dB}{dt}, \quad (1)$$

где Z – заряд иона.

Коэффициент торможения (на единицу массы) определяется выражением [1], модифицированным в [2] для ионов с произвольными A и Z

$$F_{dec}(X) = -(Z/A)^2 \frac{2\pi e^2 \ln \Lambda}{m_p^2 k v_{Te}^2} \sum_{\sigma} \frac{n_{\sigma} q_{\sigma}^2}{(T_{\sigma}/m_{\sigma})} \left(1 + A \frac{m_p}{m_{\sigma}}\right) G(\mu_p X) \quad (2)$$

где $X = v/v_{Te}$ – относительная скорость частицы, $\ln \Lambda$ – кулоновский логарифм плазмы,

$n_{\sigma}, q_{\sigma}, m_{\sigma}, T_{\sigma}$ – плотность, заряд, масса и температура σ -й компоненты. $\mu_p = \frac{v_{Te}}{v_{T\sigma}}$, где

$v_{T\sigma} = \sqrt{2kT_{\sigma}/m_{\sigma}}$, $\sigma = e, p, \dots$ Условие процесса ускорения – преобладание ускоряющей силы

над диссипативной $F_{acc} > F_{dec}$. Приводя неравенство и выражения (1),(2) в систему

$$\begin{cases} F_{acc} > F_{dec} \\ X = v/v_{Te} \\ Z_i e \frac{dB}{dt} = \frac{dv}{dt} m_i \end{cases} \quad (3)$$

Получаем оценку критической скорости нарастания магнитного поля.

В работе делается оценка пороговых скоростей нарастания магнитного поля для ионов гелия, кислорода и железа в плазме, с параметрами, аналогичными плазме солнечной короны.

Литература

1. Ишимару С. Основные принципы физики плазмы. М.: Атомиздат, 1975.
2. Орищенко А.В. Обогащение солнечных космических лучей тяжелыми элементами. Диссертация на соискание к. ф-м. н. Ленинград 1984.

³ Автор выражает признательность доценту к.ф-м.н. Орищенко А.В, за помощь в подготовке тезисов.

Чему равны планковские электрический и магнитный заряды.**Младченков А.А.**

Студент

Смоленский государственный университет, физико-математический факультет,
Смоленск, Россия
ChiPmld@yandex.ru

Выражения и численные значения планковских параметров массы, длины, времени хорошо известны.

Они получаются переходом от основных механических единиц измерения: массы, длины, времени, к трем другим величинам – постоянной Планка \hbar , скорости света c и гравитационной постоянной G_N . Отображение одного трехмерного многообразия ($\ln m, \ln l, \ln t$) в другое ($\ln \hbar, \ln c, \ln G_N$) в данном случае обратимо, поскольку определитель матрицы преобразования отличен от нуля.

В данной работе мы рассматриваем более общую задачу: взаимное отображение расширенного четырехмерного многообразия ($\ln q, \ln m, \ln l, \ln t$), где q – электрический заряд, в другое четырехмерное многообразие ($\ln \varepsilon_0, \ln \hbar, \ln \mu_0, \ln \rho_E$), где ε_0 и μ_0 – известные электромагнитные постоянные, а ρ_E – плотность темной энергии.

Теперь для планковских параметров получаются следующие выражения и численные значения:

$$q_{Pl} = \sqrt[4]{\frac{\varepsilon_0 \hbar^2}{\mu_0}} = 5,29 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \quad (1)$$

$$l_{Pl} = \sqrt[8]{\frac{\hbar^2}{\rho_E^2 \mu_0 \varepsilon_0}} = \sqrt[4]{\frac{\hbar}{\rho_E}} = 83,3 \text{ мкм} \quad (2)$$

$$m_{Pl} = \sqrt[8]{\varepsilon_0^5 \hbar^6 \mu_0^5 \rho_E^2} = \sqrt[4]{\frac{\hbar^3 \rho_E}{c^5}} = 0,421 \cdot 10^{-38} \text{ кг} \quad (3)$$

$$t_{Pl} = \sqrt[8]{\frac{\varepsilon_0^3 \hbar^2 \mu_0^3}{\rho_E^2}} = \sqrt[4]{\frac{\hbar}{c^3 \rho_E}} = 2,7 \cdot 10^{-13} \text{ с} \quad (4)$$

$$\text{Для } \rho_E \text{ мы использовали значение } 6,554 \cdot 10^{-10} \frac{\ddot{A} \alpha}{\dot{\iota}^3}. \quad (5)$$

Если предположить существование магнитного заряда g (монополия Дирака) и использовать известное соотношение Дирака

$$q_{Pl} \cdot g_p = \hbar n \quad (6)$$

то можно получить и планковское значение магнитного заряда (для $n = 1$)

$$g_{Pl} = \frac{\hbar}{q_{Pl}} = 1,89 \cdot 10^{-16} \frac{\hat{e} \hat{a} \cdot \dot{\iota}^2}{\hat{n} \cdot \hat{E} \hat{e}} \quad (7)$$

С использованием расширенного варианта размерного анализа получены выражения для планковских параметров длины l_{Pl} , массы m_{Pl} , времени t_{Pl} , а также электрического заряда q_{Pl} и магнитного заряда g_p через известные величины ε_0 , \hbar , μ_0 и плотность темной энергии ρ_E .

Литература

1. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. М.: ГРФМЛ. Наука. 1972. – 440 с.
2. Девис П. Случайная Вселенная. Пер. с англ. М.: Мир. 1985. – 160 с.

3. Мальцев А. И. Основы линейной алгебры. М.: Наука, ГРФМЛ. 1970. – 400 с.
4. Review Particle Physies. Phys. Letters. И 667,1 (2008) ceived.

**Блок регистрации электронов комплекса научной аппаратуры "Разрез" для
космического эксперимента "Радиоскаф"**

Рудницкий А. Г.*, Петров В.Л.**

** Студент специалист, ** аспирант*

Московский Государственный университет имени М.В.Ломоносова

Физический факультет, Москва, Россия

E-mail: almax6@bk.ru

В течение последних 30 лет на различных космических аппаратах регистрируются потоки электронов с энергиями от десятков кэВ до нескольких МэВ на малых высотах вблизи геомагнитного экватора вне радиационного пояса Земли. Тем не менее, особенности поведения потоков этих электронов, их высотная зависимость и механизмы появления в этой области до сих пор не ясны [1, 2]. Для решения этой задачи был создан блок Р-ДБ2 комплекса научной аппаратуры «Разрез» (в рамках эксперимента «Радиоскаф»).

В состав блока входит детектор электронов – сцинтилляционный кристалл CsI(Tl), просматриваемый ФЭУ, датчик температуры, закрепленный на медной пластине на поверхности блока, а также система световодов, заведенная на фотодетектор. В блоке также располагается микроконтроллер, управляющий сбором данных с датчиков.

Основной задачей прибора является измерение энергетического спектра электронов на высотах от 180 до 350 км в диапазоне энергий сотни кэВ – несколько МэВ. На данный момент указанная область высот является мало изученной – запускать спутники на такие низкие орбиты крайне невыгодно. Эти данные необходимы для исследования причин появления потоков электронов на малых высотах вне радиационного пояса.

Для регистрации электронов используется сцинтилляционный детектор на базе кристалла CsI и чувствительного ФЭУ. Кристалл коллимирован корпусом блока и закрыт металлической фольгой для выделения электронов с энергиями больше 200 кэВ.

Другой задачей блока Р-ДБ2 является исследование изменения температуры поверхности скафандра вдали от базовой станции, особенно в моменты прохождения границы свет-тень (терминатора). На приборе располагаются фото- и термодатчик. Верхняя часть блока имеет форму полусферы с расположенными на ее поверхности 16 световодами, соединенными непосредственно с фотодатчиком. Термодатчик размещен на медном основании на внешней стороне прибора. Внутри скафандра будут размещены еще четыре термодатчика в разных местах скафандра. Такая конструкция позволит определять момент пересечения спутником терминатора и измерять изменение температурного поля внутри и температуры поверхности скафандра.

Процессом сбора данных с детекторов управляет микроконтроллер, расположенный в блоке. Эта информация периодически отправляется на блок управления сбором данных комплекса аппаратуры в виде телеметрического кадра.

В эксперименте приборы, в том числе и блок Р-ДБ2, будут установлены на отработавший свой ресурс скафандр, который затем будет запущен с Международной Космической станции в сторону Земли. Прибор Р-ДБ2 будет располагаться снаружи на ступне скафандра для снижения экранировки детекторов.

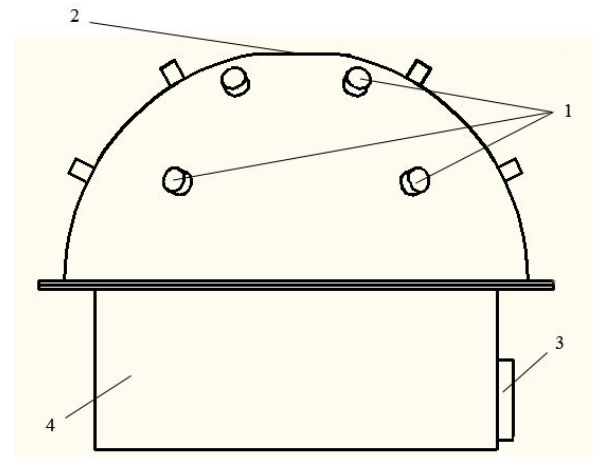


Рис. 1. Общий вид блока РДБ-2. 1 – световоды, 2 – кристалл CsI, 3 – термодатчик, 4 – управляющая электроника.

Проведение эксперимента в рамках проекта «Радиоскаф» позволит получить новые данные об энергетическом спектре электронов на низких высотах под радиационным поясом, а также впервые измерить температуру внутри и снаружи скафандра в условиях полета с выключенной системой жизнеобеспечения, что представляет большой практический интерес для исследователей космического пространства.

Литература

1. Bratolyubova-Tsulukidze L.S., Grachev E.A., Grigoryan O.R., and Nechaev O.Yu. // Near-equatorial electrons as measured onboard the MIR orbital station. – Cosmic Research. – V. 39. – 6. – 2001. – P. 564-573.
2. Grigoryan O.R., Panasyuk M.I., Petrov V.L., Sheveleva V.N., Petrov A.N. // Spectral characteristics of electron fluxes at $L < 2$ under the Radiation Belts. – Adv. Space Res. – Vol. 42. – 2008. – P. 1523-1526.

Приближение leaky-box к диффузионной модели распространения космических лучей, реализованной в GALPROP

Стрельникова О.Н.

аспирант

Научно-Исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва, Россия

olgov@mail.ru

Распространение космических лучей в Галактике обычно описывается в диффузионном приближении. Наиболее адекватной считается галактическая модель с распределением источников (остатков сверхновых) в галактическом диске и с плоским протяженным гало космических лучей[1]. Самой полной численной реализацией этой модели является код GALPROP[2], с помощью которого рассчитывается перенос и взаимодействия релятивистских протонов, ядер, электронов и позитронов, а также производимое или галактическое нетепловое радио-, рентгеновское и гамма-излучение. Код включает детальное описание распределений межзвездного газа, магнитного поля и фонового излучения, необходимое в подобных расчетах.

Одной из важнейших задач, возникающих при исследовании распространения галактических космических лучей, является исследование их ядерной фрагментации, сопровождающейся производством вторичных релятивистских ядер. В полных расчетах рассматриваются до сотни различных изотопов в широком интервале энергий примерно от 10^8 до 10^{15} эВ/нуклон. При этом часто используются модели, более простые, чем диффузионная. Наиболее известной из них является однородная (в иностранной литературе

leaky-box) модель [1], в которой перенос космических лучей приближенно описывается с помощью введения характерного времени выхода релятивистских частиц из Галактики T_e и соответствующей проходимой толщи вещества X_e , которые зависят от энергии частиц. Эта простая модель удовлетворительно описывает совокупность данных о составе стабильных первичных и вторичных ядер в космических лучах. Ее адекватность подкрепляется аналитическими решениями диффузионных уравнений для простых моделей с плоским гало.

В настоящей работе мы находим leaky-box модель, которая является наилучшим приближением к диффузионной модели, заложенной в GALPROP, при расчетах первичных и вторичных стабильных ядер. Также определяется расхождение между этими моделями, которое зависит от величины сечений взаимодействия включенных в расчеты ядер – применимость leaky-box приближения ухудшается с увеличением сечения. Это заключение подтверждается проведенными в работе аналитическими расчетами в рамках простых диффузионных моделей.

Литература

1. V.L. Ginzburg, V.S. Ptuskin, Rev. Mod. Phys. 48, 161, (1976)
2. A.W. Strong, I.V. Moskalenko, Propagation of cosmic ray nuclei in the Galaxy. Astrophys. J. 509, 212 (1998)