

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ
ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ Д 01.01.123

На правах рукописи

Юсупов Равиль Харсанович

УДК 523.530

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НЕОДНОРОДНОЙ
ВСЕЛЕННОЙ**

Специальность 01.01.03 - математическая физика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Бишкек - 2001

Работа выполнена в Ыссык-Кульском государственном университете
им. К. Тыныстанова

Научные руководители:

доктор физико-математических наук, профессор,
заслуженный деятель науки КР Гурович В. Ц.
Член-корреспондент НАН КР, доктор физико-
математических наук, профессор, заслуженный деятель
науки КР Шаршекеев О.

Официальные оппоненты:

академик РАН, лауреат государственной премии РФ
Фридман А.М. (Институт астрономии РАН);
доктор физико-математических наук
Кенжебаев Ш. (Институт математики НАН КР).

Ведущая организация: Казахский государственный национальный
университет им. Аль-Фараби.

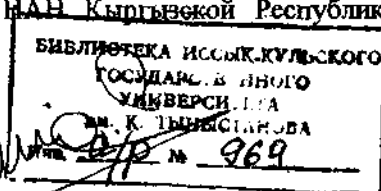
Защита состоится «12» октября 2001 г. в 14⁰⁰ часов на
заседании диссертационного совета Д 01.01.123 по присуждению ученых
степеней доктора и кандидата физико-математических наук при Институте
математики Национальной академии наук Кыргызской Республики.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке
Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Автореферат разослан «18» августа 2001 г.

Отзывы на автореферат просим присылать по адресу: 720071, г. Бишкек-71,
проспект Чуй 265-а, Институт математики НАН Кыргызской Республики,
диссертационный совет Д 01.01.123.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник _____



Искандаров С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Современная астрофизика и космология - наиболее интенсивно развивающиеся области современного естествознания. Колоссальные по земным масштабам плотности энергии, реализующиеся на начальном этапе расширения Мира и в современных релятивистских объектах привлекают сюда специалистов по физике высоких энергий и теории элементарных частиц. Плазменное наполнение Мира и сложные физико-химические процессы в атмосфере звезд и планет дают простор для смелых гипотез специалистов в этих областях. Если учесть, что большинство этих наблюдательных данных получены с помощью вынесенных в космическое пространство аппаратов, то станет понятно общенаучная значимость этих идей, от философии до технических приложений в земных условиях.

Однородные и изотропные космологические модели Фридмана в пределах точности наблюдений адекватно отображают строение и эволюцию нашей Вселенной. С точки зрения общих решений уравнений Эйнштейна это есть весьма частный вырожденный случай, почему реализован именно он - важнейшая проблема современной космологии. Ответ на этот вопрос может быть получен только после анализа более общего класса космологических решений - неоднородных и анизотропных. В этом состоит актуальность рассматриваемых в диссертации задач.

По математической постановке они близки к математическим моделям астрофизических объектов во Вселенной. Поэтому естественно было включить результаты этих исследований в диссертационную работу.

Из перечисленного выше вытекает цель диссертационной работы:

- исследование локальных неоднородностей во Вселенной и их роль в образовании крупномасштабной структуры Вселенной;
- исследование структуры полевых звездных образований и их детонации для объяснения феномена гамма-всплесков;
- исследование неоднородной космологической модели с учетом влияния скалярного поля.

Для достижения указанной цели в работе решены следующие основные задачи:

1. Исследование истечения релятивистского газа с поверхности черной дыры (ЧД) в рамках идеальной релятивистской гидродинамики.
2. Проведение анализа возможности возникновения стационарной ударной волны для указанного в пункте 1 случая.
3. Рассмотрение задачи релятивистской детонации при распаде однородного и неоднородного скалярных полей, образующих полевые звездные конфигурации.
4. Рассмотрение самосогласованной задачи движения вещества в центрально-симметричной системе отсчета с ЧД в начале координат.
5. Исследование задачи возникновения статических нейтринных облаков на фоне эволюционирующей Вселенной. По имеющимся сведениям о массе нейтрино оценить размеры современных галактик.
6. Исследование возможности нахождения самосогласованного нелинейного решения для тороидального вихря на фоне общего космологического решения.

7. Изучение статического распределения неоднородного скалярного поля в центральной системе отсчета.

8. Рассмотрение задачи перехода от сопутствующей системы отсчета к центральной.

Методы исследования: аналитический метод (качественная теория дифференциальных уравнений); численные методы (метод Рунге Кутты, пакеты прикладных программ «Mathematica», «Mathcad»).

Научная новизна работы определяется тем, что все рассматриваемые задачи нелинейны и для своей реализации требуют разработки специальных приемов. Эти результаты являются новыми и в принципе допускают проверку наблюдениями (тороидальный вихрь во Вселенной, гамма-всплески). Методической новизной является также теория перевода из сопутствующей системы отсчета в центральную. Эта методика важна для рассмотрения образования Метагалактики из испаряющейся ЧД. Она основана на математической теории якобианов.

Теоретическая и практическая ценность результатов.

1. Общая физическая ценность результатов сводится к демонстрации возможности получения асимптотически однородных моделей из неоднородных.

2. Нестационарные вихревые движения по утверждению астронома из США Б. Партриджа были обнаружены в результате наблюдений. В этом практическая ценность данного результата. Возможность теоретического описания тороидальных вихрей можно использовать в плазмохимии и физике взрыва, в лабораторных экспериментах, где подобные структуры генерируются соответствующими процессами.

3. Простая оценка характерного размера стационарной нейтринной структуры дает размер современного скопления галактик. Этот результат получен из простой оценки и имеет чрезвычайно важное значение. Согласно современным данным теории крупномасштабного строения Вселенной темное вещество (в частности нейтрино) составляет основную массу Вселенной. Экспериментально полученная оценка массы покоя нейтрино (m_ν) позволяет сделать вывод, что пока его средняя кинетическая энергия kT много больше массы покоя $m_\nu c^2$. При этом нейтрино ведут себя как фотоны и не могут образовывать гравитационно замкнутую систему. При выравнивании этих энергий газ нейтрино становится холодным и начинается образование гравитационно замкнутого облака, не принимающего участие в расширении вместе со Вселенной. Обычное вещество попадает в потенциальную гравитационную яму этих облаков и создает видимую часть галактик. Если это рассуждение справедливо, то простая теоретическая оценка размеров нейтринного облака должна совпадать с наблюдаемыми размерами скоплений галактик. Использование для этой оценки экспериментально найденного значения массы покоя нейтрино m_ν дает возможность получить соответствующий порядок размера облака. И *vice versa*: используя подобное ход рассуждений можно предсказать массу покоя нейтрино исходя из размеров скоплений галактик. Это практически важный результат можно использовать в соответствующих лекционных курсах по современной космологии.

4. Наблюдения последнего времени показывают, что силы тяготения не замедляют расширения Вселенной. Наблюдается ускорение разлетающегося вещества. Этот факт объясняется наличием в современной Вселенной полей, превосходящих по

массе наблюдаемую материю. С одной стороны, она объясняет ускорение расширения Мира, с другой – «помогает» нейтрино образовывать крупномасштабную структуру. Самогравитирующие поля, распадающиеся на отдельные кластеры, могут, в принципе, заменить отведенную в космологии роль для нейтрино, если эксперименты не подтвердят наличия необходимой массы покоя нейтрино.

5. Кластерная составляющая скалярных полей может объяснить наиболее загадочный феномен современной астрофизики – короткие гамма-всплески, которые по мощности излучения превосходят излучение всей Вселенной в видимом спектре. В этом принципиальная важность полученного результата.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- 1) исследование уравнений, описывающих стационарное движение релятивистского газа в поле ЧД;
- 2) анализ возможности возникновения ударной волны для задачи, указанной в пункте 1;
- 3) релятивистская детонация полевых звезд с переходом на фронте волны энергии поля в энергию релятивистской высокотемпературной плазмы;
- 4) гипотеза рождения Мира Фридмана из испаряющейся ЧД;
- 5) оценка образования нейтринных протогалактик в результате расширения Вселенной и их характерные размеры;
- 6) эволюция тороидального вихря Хилла на однородном расширяющемся космологическом фоне;
- 7) космологические модели с нелинейным скалярным полем;
- 8) математическая методика перехода из сопутствующей системы отсчета в центральную.

Апробация работы. Материалы работы докладывались и обсуждались на Международной научно-практической конференции «Проблемы механики и прикладной математики», посвященной памяти проф. Ф.И. Франкля. Бишкек-1995; на IV научной конференции КРСУ (Бишкек, 1997 г.); на Эйнштейновских чтениях в КГНУ (Бишкек, 1997 г.); на Международном симпозиуме по экспериментальной гравитации (Самарканд, 1999г.); на научном семинаре на кафедре физики ИГУ.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в статьях [1-9] (см. список работ). В работе [1] диссертантом проведено исследование уравнения на фазовой плоскости и физический анализ полученных решений. В работе [2] диссертантом найдено обобщение аналитического классического вихревого решения на случай расширяющегося фона космологической модели (другие соавторы реализовали численный вариант этого решения). В работах [4-5] постановка задач принадлежит научным руководителям, рассмотрение задачи получено диссертантом и В.Н. Фоломеевым. Идеи использования якобианов принадлежит диссертанту. В работах [6-9] постановка проблем принадлежат научным руководителям, исследование задачи и физические выводы принадлежат диссертанту. Другие соавторы оказали помощь в компьютерной реализации.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитируемой литературы из 56 наименований. Работа содержит 99 страницы и 9 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, цель работы, основные результаты. Показана новизна и научная ценность результатов. Кратко изложена структура диссертации.

В главе первой «Уравнения релятивистской газодинамики и космологические модели» приведен обзор литературы по теме диссертационной работы. §1 посвящен обзору вариационного принципа для уравнений релятивистской газодинамики, который не изложен достаточно полно в широко используемых монографиях. В §2-4 записано выражение для тензора энергии-импульса релятивистского газа и законы термодинамики с учетом второй вязкости. Далее, выписаны соответствующие уравнения Эйнштейна для центрально-симметричного поля в сопутствующей системе отсчета. В §5-6 изложены фридмановская и деситтеровская космологические модели. В §7 проведен обзор об использовании скалярного поля в космологии.

Вторая глава «Локальные неоднородности во Вселенной». В §1 рассматривается движение ультрарелятивистского газа в поле Шварцшильда. Соответствующий тензор энергии-импульса выбран в виде

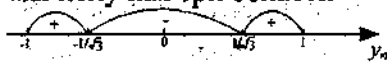
$$T_i^k = (\epsilon + p) u_i u^k - \delta_i^k p. \quad (1)$$

Используя (1), получим искомое уравнение для зависимости скорости газа v от радиуса r :

$$\frac{2}{v} \frac{dv}{dr} \left(\frac{\sigma_0^2 r^2 v^2}{1 - \sigma_0^2 (1 - v^2)} \right) = 1 \left(\frac{r_0^2}{r(r - r_0)} - \frac{4\epsilon_0^2}{b^2 c^2} \right), \quad (2)$$

где c_s - скорость звука, $r_g = \frac{2GM}{c^2}$ - гравитационный радиус ЧД: здесь

G - постоянная тяготения, M - масса ЧД. Для уравнения (2) построена фазовая плоскость и проведено его полное исследование. В §2 проведен анализ возможности возникновения стационарных ударных волн на основании результатов, полученных в §1. Условие существования сильной ударной волны при релятивистском падении газа на ЧД привело нас к неравенству шестой степени. Решая неравенство мы получим три области



Здесь u_{xp} есть скорость движения газа за фронтом ударной волны. Т.к. решение должно быть положительным, нас будет интересовать область $1/\sqrt{3} < u_{xp} < 1$. Но мы знаем, что $u_{xp} < 1/\sqrt{3}$, следовательно задача не имеет решения, т.е. не существует возможности возникновения сильной ударной волны при релятивистском падении газа на ЧД.

В §3 данной главы обсуждается гипотеза, когда испарение малой ЧД является "детонатором" рождения Мира. Центральносимметричное испарение ЧД поставляет во внешнюю область начальный поток материи, который, расширяясь, генерирует вещество и создает раннюю Вселенную. Испарение ЧД с относительно произвольным размером и обеспечивает причинную связанность Мира. Последующее исчезновение ЧД приводит к однородной и изотропной Вселенной. (Возможно сохранение следов ЧД в малых флуктуациях метрики, которые обеспечат в будущем крупномасштабную структуру Вселенной.)

Рассмотрена не самосогласованная задача движения вещества в поле Шварцшильда. Для этого воспользуемся законом сохранения энергии $T_{;k}^k = 0$ и уравнением для проекции

дивергенции от тензора энергии-импульса на 4-скорость $u^i T_{ik} = 0$. Используя выражение для тензора энергии-импульса, приведённое выше, можно получить следующую систему уравнений для определения зависимости плотности энергии ϵ и 4-скорости u^1 от расстояния до начала координат r :

$$\begin{cases} \frac{d\epsilon}{dr} = \frac{4\epsilon}{3\zeta} \frac{A}{\zeta r^2 u^1 \sqrt{1-1/r+(u^1)^2}} \\ \frac{du^1}{dr} = \frac{4\epsilon}{3\zeta} \frac{A}{\zeta r^2 u^1 \sqrt{1-1/r+(u^1)^2}} - \frac{2}{r} u^1 \end{cases} \quad (3)$$

Численно решая данную систему, получим графики зависимости $\epsilon = \epsilon(r)$ и $u^1 = u^1(r)$. Из них видно, что независимо от начальной плотности энергии эффекты вязкой диссипации приводят к асимптотическому течению с постоянной величиной ϵ . Это величина и поддерживается при последующем космологическом расширении.

Наличие во Вселенной темного вещества в виде нейтрино, взаимодействие которого с другим веществом осуществляется только с помощью полей тяготения, приводит к целому ряду важных космологических следствий. Пока температура нейтрино существенно больше их массы покоя, эти частицы ведут себя аналогично фотонам, внося лишь вклад в общую массу. При уменьшении кинетической энергии до массы покоя они переходят в режим холодного вещества и первыми начинают выстраивать крупномасштабную структуру Вселенной. Теперь нейтринное облако перестает расширяться, и находится в состоянии равновесия под влиянием собственного поля тяготения. Такие нейтринные «протозвезды» рассматриваются в §4. При этом используется бoльцмановское распределение нейтрино и ньютоновская

гравитация. Важно отметить, что характерный размер такого облака соответствует наблюдаемому ныне характерному размеру скопления галактик. Эта оценка близка к общепринятой, однако получена существенно проще стандартного подхода.

В §5 рассматривается возможность нахождения самосогласованного нелинейного решения для тороидального вихря на фоне общего космологического расширения. Эволюция области Метагалактики, существенно меньшей горизонта на нерелятивистской стадии, при пренебрежении диссипативными процессами может быть описана системой уравнений Эйлера и непрерывности совместно с уравнением Пуассона для гравитационного потенциала:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} \nabla) \mathbf{v} &= -\nabla \left(\frac{p}{\rho(t)} + \Phi \right); \\ \frac{d\rho}{dt} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{v}) &= 0, \quad \Delta \Phi = 4\pi G \rho(t). \end{aligned} \tag{4}$$

Здесь \mathbf{v} , p , Φ — соответственно скорость, давление и гравитационный потенциал, G — постоянная тяготения, $\rho(t)$ — однородная плотность, зависящая от времени t . В данном случае удается найти точное решение для расширяющегося с фоном вихря. При этом происходит наложение вихревого движения на космологическое при условии, что уравнения гидродинамики — нелинейны. Астрофизическое приложение такой модели может быть интересно в связи со сценарием образования радиогалактик.

В §6 рассмотрена релятивистская детонация поля с образованием за фронтом волны релятивистской плазмы. Сферически симметричное движение плазмы допускает

автомодельное решение, которое сводится к исследованию уравнения для радиальной скорости плазмы v

$$\frac{dv}{d\xi} \left[\frac{1}{\omega^2} \left(\frac{v-\xi}{1-v\xi} \right)^2 - 1 \right] = \frac{2v}{\xi} \frac{\theta^2}{1-v\xi} \quad (5)$$

Здесь ω - скорость звука, $\xi=r/t$ - автомодельная переменная, сконструированная из радиальной координаты r и времени t , (скорость света $c=1$). Решение этого уравнения на фронте волны, движущейся со скоростью $D=2\omega/(1+\omega^2)$, имеет бесконечную производную. Значение скорости v при этом равно скорости звука ω . Величина скорости монотонно падает до значения $v=0$ в точке, соответствующей узлу дифференциального уравнения (5). Далее решение «сшивается» со значением $v=0$. Это решение справедливо до значения $\xi=0, (r=0)$. В месте сшивки решений разрыв испытывает только вторая производная v , что допустимо для уравнения первого порядка (5).

Глава третья «Неоднородные космологические решения со скалярным полем». В §1 изучено статическое распределение неоднородного скалярного поля в центральной системе отсчета с метрикой

$$ds^2 = e^\nu dt^2 - e^\lambda dr^2 - r^2 d\Omega^2, \quad (6)$$

где ν и λ - функции только от радиальной координаты r (то есть модель является неоднородной и стационарной). Будем исследовать эту модель с учетом влияния скалярного поля ϕ с лагранжианом

$$L = \frac{1}{2} g^{\mu\nu} \phi_{,\mu} \phi_{,\nu} - V. \quad (7)$$

При этом были получены соответствующие уравнения Эйнштейна

$$\begin{aligned}
 -e^{-\lambda} \left(\frac{v'}{r} + \frac{1}{r^2} \right) + \frac{1}{r^2} &= -\frac{\kappa}{2} (e^{-\lambda} \phi'^2 - 2V) \\
 -e^{-\lambda} \left(-\frac{\lambda'}{r} + \frac{1}{r^2} \right) + \frac{1}{r^2} &= \frac{\kappa}{2} (e^{-\lambda} \phi'^2 + 2V)
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

и уравнение для скалярного поля

$$\frac{d^2\phi}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{d\phi}{dr} + \frac{1}{2} \left(\frac{dv}{dr} - \frac{d\lambda}{dr} \right) \frac{d\phi}{dr} = e^{\lambda} \frac{dV}{d\phi}
 \tag{9}$$

Далее было проведено численное исследование полученной системы уравнений (8) и (9) с выбором конкретного вида потенциальной энергии нелинейного скалярного поля в виде

$$V = \frac{1}{2} m^2 \phi^2 - \frac{\chi}{4} \phi^4
 \tag{10}$$

где m - масса кванта скалярного поля, χ - константа его взаимодействия с самим собой.

Были рассмотрены два характерных случая:

- 1) Квадрат массы скалярного поля выбирался отрицательным. Полученная таким образом модель представляет собой асимптотически плоскую Вселенную.
- 2) Квадрат массы скалярного поля положительный. В этом случае поле $\phi \rightarrow const$ и играет роль эффективной космологической константы, за счет которой данная модель экспоненциально быстро раздувается (мир де Ситтера).

Заметим, что в обоих случаях распределение поля сильно неоднородно, что моделирует неоднородную Вселенную.

Также рассмотрена аналогия скалярного поля и обычного вещества, с помощью которой исследуются эффективные давление и плотность энергии скалярного поля.

В §2 приведена общая методика перехода из сопутствующей системы координат в центральную с использованием якобианов.

Этот приём основан на использовании в качестве промежуточных переменных эйлеровых и лагранжевых радиальных координат. Важной особенностью указанного отображения метрик является его неоднозначность. Трём известным моделям де Ситтера соответствует одно и то же выражение для метрики в центральной системе отсчета. Это позволяет выбрать различные варианты сценария в полученном выше космологическом решении с ЧД.

В заключении приведены

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В данной диссертационной работе рассматривались математические модели астрофизических объектов во Вселенной. Были получены следующие основные результаты:

1. Получено уравнение движения ультрарелятивистского газа в поле Шварцшильда и произведен его подробный качественный анализ на фазовой плоскости.
2. С помощью решения нелинейной задачи о стационарном потоке релятивистского газа в поле ЧД исследовано образование ударных волн. Показано отсутствие сильных стационарных ударных волн.
3. Рассмотрен процесс прохождения релятивистской детонационной волны по скалярному полю с переходом энергии поля в энергию высокотемпературной плазмы, образующейся за фронтом волны.
4. Показано, что включение вязкости в указанной в пункте 1 задаче приводит к появлению асимптотически однородного потока ультрарелятивистского газа. Этот результат указывает на возможность образования части однородного Мира Фридмана из испаряющейся ЧД.

5. Рассмотрено образование нейтринных протогалактик в результате уменьшения их температуры в процессе эволюции Вселенной. Показано, что их характерный размер соизмерим с размерами современных галактик.
6. Исследована эволюция тороидального вихря на расширяющемся космологическом фоне мира Фридмана. Проанализированы возможности астрофизических следствий.
7. Рассмотрены неоднородные космологические модели с описанием материи в виде нелинейных скалярных полей, диктуемых теорией элементарных частиц. Найден класс решений, переходящих асимптотически в однородную изотропную Вселенную.
8. Найдена математическая методика перехода от сопутствующей системы координат к центральной с использованием якобианов. Интересно отметить, что трем космологическим моделям (открытая, закрытая и плоская) в сопутствующей системе соответствует одна единственная в центральной.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Асаналиева Г. Б., Фоломеев В.Н., Юсупов Р.Х. К гидродинамике испарения черных дыр // Вестн. Кыргызск. гос. нац. ун-та. Вып. 1. Естест.-техн. науки. – Бишкек, 1997. - С. 95-98.
2. Асаналиева Г. Б., Фоломеев В.Н., Юсупов Р.Х. Плазменный вихрь в расширяющейся вселенной // Там же. - С. 114-120.
3. Гурович В.Ц., Фоломеев В.Н., Юсупов Р.Х. Рождение Мира Фридмана из черной дыры. I // Мат-лы IV научн. конф. КРСУ. - Бишкек, 1997. - С. 7.
4. Гурович В. Ц., Фоломеев В.Н., Юсупов Р.Х. Рождение Мира Фридмана из черной дыры. II // Роль Эйнштейна в развитии

физической науки и цивилизации XX века. - Бишкек: КГНУ, 1997. - С. 49-54.

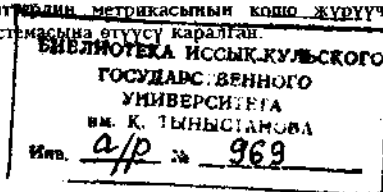
5. Фоломеев В.Н., Шаршекеев О.Ш., Юсупов Р.Х. Космологические решения де Ситтера в центральной системе отсчета // Наука и новые технологии. – 1998. – № 2. – С. 10-14.
6. Фоломеев В.Н., Шаршекеев О.Ш., Юсупов Р.Х. Неоднородные деситтеровские решения со скалярным полем // Там же. – 1999. – № 4. – С. 169-174.
7. Folomeev V., Gurovich V., Usupov R., Phenomenon of Gamma Ray Bursts as Relativistic Detonation of Scalar Fields // Astrophysics. - Los-Alamos, 2000. - № 8. – P. 334-340.
8. Folomeev V., Gurovich V., Usupov R., The Spherical Relativistic Detonation of Scalaron Stars // High Energy Physics. - Los-Alamos, 2000. – P. 134-139.
9. Гурович В.Ц., Иман кызы М., Фоломеев В.Н., Шаршекеев О.Ш., Юсупов Р.Х. Скалярные поля в космологии и релятивистской астрофизике // Приложение к журналу «Вестн. Иссык-Кульск. ун-та». – 2001. – С. 110-117.

Юсупов Равиль Харсанович

Бир тектү ү эмес ааламдын математикалык моделдери

АННОТАЦИЯ

Кара чуңкурдун гравитациялык талаасындагы релятивистик газдын стационардык агымы изилденет. Каралып жаткан агымда сокку уруу толкундарынын пайда болуу мүмкүндүктөрү анализденет. Бул процессте экинчи илээшкектиктен эсепке алынышы бөлүкчөлөрдүн пайда болушун моделдейт жана асимптотикалык бир тектүү агымды берет (бул буулангы жаткан кара чуңкурдан Ааламдын пайда болуусунун жөнөкөй түрлөгү модели болуп эсептелет) Улам кийинки галактикалык топтордун пайда болуусун моделдөөчү, өзүнүн гравитациялык күчтөрү менен тең салмактануучу стационардуу нейтрондук тумандуулук үчүн чыгарылыш алынган. Аалам менен кошо кеңейүүчү Хиллдин торовддук куюну өзгөртөт. Радиогалактиканын динамикасы үчүн колдонулууга мындай куюндун экөө сунуш кылынган. Сызыктуу эмес скалярдык талаа менен толтурулган Ааламдын алгачкы абалынын бир тектүү эмес моделдери каралган. Мындай моделдердин эволюциясы үчүн табылган чыгарылыштар асимптотикалык түрдө Фридмандын моделдери сыяктуу бир тектүү моделдердин чыгарылышына умтулат. Жалпы ыкма боюнча якобианды колдонуу менен де Ситтердин метрикасынын кошо жүрүүчү координат системасынан борбордук координат системасына өтүүсү каралган.



Юсупов Равиль Харсанович
Математические модели неоднородной Вселенной

АННОТАЦИЯ

Исследуется стационарное течение релятивистского газа в гравитационном поле ЧД. Анализируется возможность появления ударных волн при указанных истечении. Учет второй вязкости в этом процессе моделирует рождения частиц и дает асимптотически однородный поток (это упрощенная модель рождения Вселенной из испаряющейся ЧД). Получено решение для стационарного нейтринного облака уравновешенного собственными гравитационными силами, моделирующее последующее развития скопления галактик. Исследуется расширяющейся вместе со Вселенной тороидальный вихрь Хилла. Предложено использование пары таких вихрей для динамики радиогалактик. Изучены неоднородные модели ранней Вселенной, заполненной нелинейным скалярным полем. Найденные решения для эволюции этих моделей асимптотически стремятся к однородным моделям типа моделей Фридмана. Рассмотрен переход метрики де Ситтера от сопутствующей системы координат к центральной по общей методике с использованием якобианов.

Usupov Ravil Kharsanovich
The mathematical models of inhomogeneous Universe

SUMMARY

The stationary current of relativistic gas in a gravitational field of BH is explored. The opportunity of occurrence of shock waves is analyzed at indicated outflow of gas. The account of a second viscosity in this process simulates the creation of particles and gives asymptotically homogeneous stream (it is the simplified model of creation of the Universe from evaporation BH). The solution for stationary neutrino cloud balanced of proper gravitational forces is obtained that simulative subsequent developments of galaxies evolution. The toroidal Hill vortex expanding together with the Universe is explored. The usage of a pair of such vortexes for dynamics of radiogalaxies is offered. The inhomogeneous models of the early Universe filled by nonlinear scalar field are investigated. The obtained solutions for evolution of these models asymptotically aspire to homogeneous models such as Friedmann models. The transition of the deSitter metric from an comoving reference to central one is considered in general technique with use of Jacobians.

