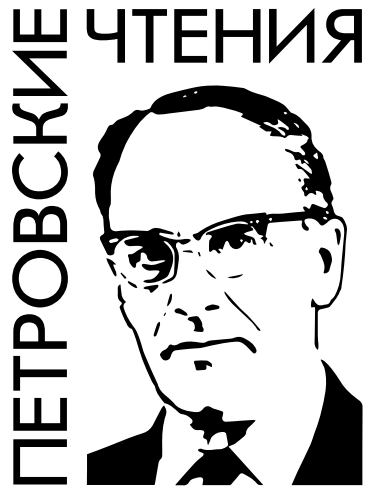




KAZAN FEDERAL UNIVERSITY

Russian Gravitational Society  
5-100 Russian Academic Excellence Project



---

**2-я Международная зимняя школа-семинар  
по гравитации, космологии и астрофизике  
«Петровские чтения-2016»  
Программа и тезисы докладов**

**2<sup>nd</sup> International Winter School-Seminar  
on gravity, cosmology, and astrophysics  
«Petrov School-2016»  
Program and Abstracts**

---

Казань, 2016

УДК 530.12+521

2-я Международная зимняя школа-семинар по гравитации, космологии и астрофизике «Петровские чтения-2016». Программа и тезисы докладов международной научной школы-семинара. — Казань: Казанский университет, Изд-во «Хэтер», 2016. — 34 с.

Сборник содержит программу и тезисы докладов участников 2-ой Международной зимней школы-семинара по гравитации, космологии и астрофизике «Петровские чтения-2016». В материалах представлены работы ведущих специалистов и начинающих исследователей из научных центров России, ближнего и дальнего зарубежья, посвященные исследованиям в ОТО и модифицированных теориях гравитации, теоретической и наблюдательной космологии, релятивистской астрофизике. Международная зимняя школа-семинар проходила в Казанском университете с 5 по 10 декабря 2016 года.

Сборник адресован научным работникам, аспирантам и молодым ученым, специализирующимся в области теории гравитации, космологии и астрофизики, а также для студентов старших курсов естественнонаучных направлений.

*Школа-семинар «Петровские чтения-2016» проводится за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров. Проведение «Петровских чтений-2016» нацелено на реализацию научно-образовательных задач в рамках стратегической академической единицы «Астровывзов».*

УДК 530.12+521

- © Казанский университет, 2016
- © Коллектив авторов, 2016
- © Издательство «Хэтер», 2016

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРОГРАММА</b>	<b>5</b>
<b>ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ</b>	<b>12</b>
<i>A.V. Aminova, M.Kh. Lyulinskiy. Dynamics in superspace . . . . .</i>	12
<i>A.V. Astashenok. The self-consistence models of compact stars in <math>R^2</math>-gravity . . .</i>	13
<i>A.N. Golubiatnikov, D.B. Lyuboshits. Formation of annihilation shockwaves at the gravitational collapse. . . . .</i>	13
<i>D. Gorbunov. The Higgs Inflation. . . . .</i>	14
<i>D. Gorbunov. Sterile Neutrino Dark Matter . . . . .</i>	14
<i>A. Gusev. Spin-orbit dissipative dynamics of the Moon and radio/laser beacons VL-BI/LRR/LLR technologies for ChangE-5/6, Luna-25/26/27, ILOM missions . . . . .</i>	14
<i>E.O. Pozdeeva. Inflationary scenarios motivated by Grand Unification Theory . . .</i>	15
<i>H. Velten. Application of viscous effects in cosmology . . . . .</i>	16
<i>F. Zaripov. The cosmological scenario with a variable in the equation of state of the theory of induced gravity . . . . .</i>	16
<i>Р.А. Абзалов, С.В. Сушков. Космологические возмущения в теории гравитации с неминимальной кинетической связью . . . . .</i>	17
<i>К.А. Большакова. Пример решения для степенной инфляции в мульти-скалярно-тензорной теории гравитации в режиме медленного скатывания . .</i>	18
<i>К.А. Бронников, П.А. Королев, А.А. Махмудов, М.В. Скворцова. Кротовые норы и черные вселенные, связанные с дополнительными измерениями. . . . .</i>	19
<i>С.Ю. Вернов. Нелокальные космологические модели и методы локализации. .</i>	19
<i>С.О. Гладков. К теории линейной гравитации . . . . .</i>	20
<i>Д.Е. Грошев, А.Б. Балакин. Электродинамические эффекты в аксионно-активных системах . . . . .</i>	21
<i>А.К. Гуц. Два подхода к построению машины времени . . . . .</i>	22
<i>Р.Г. Даутов. Решточное действие квантовой хромодинамики в пространстве Шварцшильда. . . . .</i>	24
<i>В.М. Журавлев. Нерелятивистская физика как геометрия и топология пространства . . . . .</i>	24
<i>В.М. Журавлев. О точных решениях в задаче о самогравитирующей пыли . . .</i>	26
<i>Е.А. Исанаев. Модель динамической кротовой норы с выполненным световым энергетическим условием . . . . .</i>	27
<i>Р.В. Королев, С.В. Сушков. Точные решения в теории гравитации с неминимальной кинетической связью и космологической постоянной . . . . .</i>	28
<i>Е.А. Павлов. Параметры диаграммы Хаббла . . . . .</i>	29
<i>С.Г. Рубин. Многомерная гравитация. Достоинства и недостатки . . . . .</i>	30
<i>В.В. Учайкин. Дробно-дифференциальная феноменология в астрофизике и космологии . . . . .</i>	30
<i>В.В. Учайкин, Д.Н. Безбатько. Неброуновские блуждания в модели развития гало тёмной материи . . . . .</i>	31
<i>В.В. Учайкин, К.В. Щарипова. Перколяционная модель диффузии внеземных цивилизаций . . . . .</i>	32

## **ПРОГРАММА**

---

2-й Международной зимней школы-семинара  
по гравитации, астрофизике и космологии  
«Петровские чтения-2016»  
5-10 декабря 2016 г.

### Информация о месте проведения Петровских чтений

- Оргкомитет Школы-семинара будет располагаться в Музее Института физики (второй этаж, рядом с Конференц-залом №2, 2-ой высотный корпус, ул. Кремлевская, д.16а)
- Открытие Петровских чтений и первое лекционное заседание будут проходить 5 декабря в Актовом зале Казанского университета (Главный корпус, ул. Кремлевская, д.18)
- Регистрация участников 5 декабря и все заседания, начиная с 6 декабря, будут проходить в Конференц-зале №2 Института физики (второй этаж, 2-ой высотный корпус, ул. Кремлевская, д.16а)

### 5 ДЕКАБРЯ, ПОНЕДЕЛЬНИК

8.00-14.00	<b>Конференц-зал №2</b> Встреча, регистрация и расселение участников
12.30-13.30	Экскурсия по Институту физики
14.00-14.45	<b>АКТОВЫЙ ЗАЛ КАЗАНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА</b> <i>Открытие Петровских чтений</i> под председательством проф. <b>С. В. Сушкова</b> <i>Приветственное слово:</i> - проф. <b>Д. А. Таюрский</b> , проректор по образовательной деятельности КФУ - проф. <b>С. И. Никитин</b> , директор Института физики КФУ - акад. <b>А. А. Старобинский</b> , председатель программного комитета - проф. <b>С. В. Червон</b> , член президиума Российского гравитационного общества

### ЛЕКЦИОННОЕ ЗАСЕДАНИЕ. Председатель С. В. Сушков

15.00-16.30	Акад. <b>А. А. Старобинский</b> . Advanced topics on inflation. Часть I.
16.30-16.40	<i>Перерыв</i>
16.40-18.00	Проф. <b>И.Л. Бухбиндер</b> , Elements of supersymmetric field theory (Supersymmetry for beginners). Часть I.
19.00	<i>Фуршет</i>

**6 ДЕКАБРЯ, ВТОРНИК****ЛЕКЦИОННОЕ ЗАСЕДАНИЕ. Председатель С. Г. Рубин**

8.30-9.50	Проф. <b>Shin'ichi Nojiri</b> , Cosmology in Bigravity Theories. Часть I.
9.50-10.00	<i>Кофе-брейк</i>
10.00-11.20	Проф. <b>А.В. Топоренский</b> , Non-minimally coupled scalar field in cosmology
11.20-11.30	<i>Кофе-брейк</i>
11.30-12.50	Акад. <b>А. А. Старобинский</b> . Advanced topics on inflation. Часть II.

12.50-14.00	<i>Обед</i>
-------------	-------------

**ЛЕКЦИОННОЕ ЗАСЕДАНИЕ. Председатель А. В. Топоренский**

14.00-15.20	Проф. <b>И.Л. Бухбиндер</b> , Elements of supersymmetric field theory (Supersymmetry for beginners). Часть II.
15.20-15.30	<i>Кофе-брейк</i>
15.30-16.30	Проф. <b>В.М. Журавлев</b> , Нерелятивистская физика как геометрия и топология пространства

16.30-16.45	<i>Кофе-брейк</i>
-------------	-------------------

**Научный семинар. Председатель А. А. Попов**

16.45-17.00	Зарипов Ф.Ш., Космологический сценарий с переменным уравнением состояния в теории индуцированной гравитации
17.00-17.15	Pozdeeva E.O., Inflationary scenarios motivated by Grand Unification Theory
17.15-17.30	Каримов Р.Х., Эффект Саньяко в теории $f(R)$ гравитации.
17.30-17.45	Кулбакова А.К., Шаяхметов А.А. Lyapunov exponents, Geodesic stability, and quasinormal modes
17.45-18.00	Морозов В.М. Журавлев В.М., О многозначных решениях уравнений динамики волн и квантовой теории и их роли в теории гравитации.
18.00-18.15	А.Е. Павлов, Параметры диаграммы Хаббла
18.15-18.30	Королев Р. В., Сушков С. В., Точные сферически-симметричные решения в теории гравитации с неминимальной кинетической связью и космологической постоянной

## 7 ДЕКАБРЯ, СРЕДА

**ЛЕКЦИОННОЕ ЗАСЕДАНИЕ. Председатель А. А. Старобинский**

8.30-9.50	Проф. <b>С.Г. Рубин</b> , Multidimensional gravity: Advantages and disadvantages
9.50-10.00	<i>Кофе-брейк</i>
10.00-11.20	Проф. <b>Shin'ichi Nojiri</b> , Cosmology in Bigravity Theories. Часть II.
11.40-12.40	<i>Экскурсия в музей истории Казанского университета</i>

**ЛЕКЦИОННОЕ ЗАСЕДАНИЕ. Председатель В.М. Журавлев**

14.00-15.20	Проф. <b>И.Л. Бухбиндер</b> , Elements of supersymmetric field theory (Supersymmetry for beginners). Часть III.
15.20-15.30	<i>Кофе-брейк</i>
15.30-16.50	Проф. <b>И.Ф. Бикмаев</b> . Problem of distance determination in the Universe
16.50-17.00	<i>Кофе-брейк</i>

**Научный семинар. Председатель Е.О. Поздеева**

17.00-17.30	<i>Пленарный доклад:</i> А.А. Асташенок, The self-consistent models of compact stars in $R^2$ -gravity
17.30-17.45	В.М. Журавлев, О точных решениях в задаче о самогравитирующей пыли
17.45-18.00	Ю.Г. Игнатъев, А.А. Агафонов, Д.Ю. Игнатъев. Космологические модели, основанные на фермионных системах с фантомным скалярным взаимодействием.
18.00-18.15	К.А.Бронников, П.А.Королёв, А.А.Махмудов, М.В.Скворцова, Кротовые норы и черные вселенные, связанные с дополнительными измерениями
18.15-18.30	Исанаев Е.А., Сушков С.В., Модель динамической кротовой норы с выполненным световым энергетическим условием
19.00	<i>Товарищеский ужин</i>

<b>8 ДЕКАБРЯ, ЧЕТВЕРГ</b>
---------------------------

**ЛЕКЦИОННОЕ ЗАСЕДАНИЕ. Председатель С. Д. Одинцов**

8.30-9.50	Проф. <b>С.В. Червон</b> , Scalar field cosmologies
9.50-10.00	<i>Кофе-брейк</i>
10.00-11.20	Проф. <b>Hermano Velten</b> , Application of viscous effects in cosmology
11.20-11.30	<i>Кофе-брейк</i>
11.30-12.50	Чл.-кор. <b>Д.С. Горбунов</b> , Sterile Neutrino Dark Matter

12.50-14.00	<i>Обед</i>
-------------	-------------

**ЛЕКЦИОННОЕ ЗАСЕДАНИЕ. Председатель С. Ю. Вернов**

14.00-15.20	Проф. <b>И.Л. Бухбиндер</b> , Elements of supersymmetric field theory (Supersymmetry for beginners). Часть IV.
15.20-15.30	<i>Кофе-брейк</i>
15.30-16.30	Проф. <b>А.К. Гуц</b> , Два подхода к построению машины времени

16.30-16.45	<i>Кофе-брейк</i>
-------------	-------------------

**Научный семинар. Председатель А. Е. Заяц**

16.45-17.00	А.Н. Голубятников, Д.Б. Любошиц, Formation of annihilation shockwaves at the gravitational collapse.
17.00-17.15	В.В.Учайкин, Д.Н.Безбатько, Неброуновские блуждания в модели развития гало
17.15-17.30	А.В. Гусев, Spin-orbit dissipative dynamics of the Moon and radio/laser beacons VLBI/LRR/LLR technologies for ChangE-5/6, Luna-25/26/27, ILOM missions.
17.30-17.40	Р.Г. Даутов, С.В. Сушков, Решёточное действие квантовой хромодинамики в пространстве Шварцшильда
17.40-17.50	В.А Попов, И.Г. Абдуллин, Бозе-Эйнштейновский конденсат, как гравитационно-связанная система.
17.50-18.00	Нургалиев И.С., Реалистические модели материальной точки и потока возвращают Вселенной ее вечность
18.00-18.10	Д.Е. Грошев, Электродинамические эффекты в аксионно-активных системах
18.10-18.20	Р.А. Абзалов, Космологические возмущения в теории гравитации с неминимальной кинетической связью



<b>9 ДЕКАБРЯ, ПЯТНИЦА</b>
---------------------------

**ЛЕКЦИОННОЕ ЗАСЕДАНИЕ. Председатель А. Б. Балакин**

8.30-9.50	Проф. <b>С.Ю. Вернов</b> , Non-local cosmological models and localization methods
9.50-10.00	<i>Кофе-брейк</i>
10.00-11.20	Проф. <b>С.Д. Одинцов</b> , The unified inflation- dark energy evolution from modified gravities: new models
11.20-11.30	<i>Кофе-брейк</i>
11.30-12.50	Чл.-кор. <b>Д.С. Горбунов</b> , The Higgs Inflation

12.50-14.00	<i>Обед</i>
-------------	-------------

**ЛЕКЦИОННОЕ ЗАСЕДАНИЕ. Председатель С.В. Червон**

14.00-15.20	Проф. <b>И.Л. Бухбиндер</b> , Elements of supersymmetric field theory (Supersymmetry for beginners). Часть V.
15.20-15.30	<i>Кофе-брейк</i>
15.30-16.30	Проф. <b>В.В. Учайкин</b> , Дробно-дифференциальные модели в астрофизике и космологии

16.30-16.45	<i>Кофе-брейк</i>
-------------	-------------------

**Научный семинар. Председатель В.А. Попов**

16.45-17.00	М.А. Скугорева, Асимптотические решения в телепараллельной гравитации с неминимальной связью
17.00-17.15	Большакова К.А., Пример решения для степенной инфляции в мульти-скалярно-тензорной теории гравитации в режиме медленного скатывания
17.15-17.30	Тимошкин А.В., Inflationary Universe with a viscous fluid avoiding self-reproduction
17.30-17.45	D.A. Tretyakova, Horndeski black hole observational properties
17.45-18.00	J. Matsumoto, S.V. Sushkov, Cosmology with nonminimal kinetic coupling and a Higgs-like potential
18.00-18.15	К.В. Шарипова, П.П. Миронов, Перколяционная модель диффузии внеземных цивилизаций
18.15-18.30	Гладков С.О., К теории линейной гравитации
18.30-18.45	V.D. Andreyev, The Gravitation in model of inversely-dual spaces

**10 ДЕКАБРЯ, СУББОТА****ЛЕКЦИОННОЕ ЗАСЕДАНИЕ. Председатель С. В. Сушков**

9.30-10.50	Проф. <b>И.Л. Бухбиндер</b> , Elements of supersymmetric field theory (Supersymmetry for beginners). Часть VI.
10.50-11.00	<i>Кофе-брейк</i>
11.00-12.00	Проф. <b>А.Б. Балакин</b> , Axion electrodynamics
12.00-12.30	<b>Заккрытие Школы-семинара</b>

## **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

---

## DYNAMICS IN SUPERSPACE

A.V. Aminova<sup>1</sup>, M.Kh. Lyulinskiy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *asya.aminova@kpfu.ru, avaminova@gmail.com*; Department of Relativity Theory and Gravity, Kazan Federal University

<sup>2</sup> *miklul@rambler.ru*; Department of Relativity Theory and Gravity, Kazan Federal University

In modern theoretical physics geometric spaces with exotic features are often used as an arena of action. Most of all, this is due to the success of particle physics, where the methods of Clifford algebras are applied. In this case it is possible to bring to the study of physical phenomena powerful mathematical tools. The theory of supermanifolds is related with the concept of supersymmetry developed in fundamental works of Gol'dman and Lichtman, Volkov and Akulov, Wess and Zumino. Supersymmetry brings together internal and external (the space-time) symmetries. It is the basis of new theory of gravity – supergravity as well as superstring theory, which is a candidate for a unified theory of all the fundamental interactions.

The present work is devoted to the construction of supersymmetric cosmological models in the framework of a consistent supersymmetric approach developed in the works of Aminova and Mochalov. The consistent approach to the supersymmetric theory of gravity means that the supergeometry is defined by supersymmetry properties. This approach requires the development of group-invariant methods of supergravity. In this direction we not only have almost no concrete results, but the very principles that should guide the relationship between supersymmetry and supergeometry were not clearly formulated. The first steps in this direction were made in [3]. The given work continues that line. We regard supersymmetry as an automorphism of a supergeometric structure, in particular, as infinitesimal supertransformation preserving a metric of a superspace. The metric is defined as an invariant of a Lie supergroup of supertransformations in the spirit of Kleyn's Erlangen program, the idea of which is to consider the symmetry, or a group of transformations as a basis for determining the geometry of space. In this paper we consider the important case of supersymmetric Minkowski space [3]. We write Hamilton-Jacoby equation and obtain supersymmetric terms. We derive motion equations and find supersymmetric velocity.

### References

1. F. A. Berezin, The method of second quantization. - Moscow: Nauka, 1965.
2. V. P. Akulov, D. V. Volkov, "On Riemannian superspaces of minimal dimension", *TMP*, 1979, v. 41, no. 2, 147–151.
3. D. A. Leites, "Introduction to the theory of supermanifolds", *UMN*, 1980, v. 35, no. 1 (211).
4. A. V. Aminova, S. V. Mochalov, "Metric of the Minkowski superspace as an invariant of the Poincare supergroup", *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Mat.*, 1994, no. 3, 10–16.
5. Berezin F.A., Marinov M.S., *Ann. Phys.*, 104:2 (1977), 336–362 .

## THE SELF-CONSISTENCE MODELS OF COMPACT STARS IN $R^2$ -GRAVITY

A.V. Astashenok<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *artyom.art@gmail.com*; I. Kant Baltic Federal University, 236041, Nevskogo str. 14, Kaliningrad, Russia

We construct nonperturbative models of compact stars in  $R^2$ -gravity. For solution describing the star one assume that metric is spherically symmetric with two independent function of radial coordinate:

$$ds^2 = -e^{2\psi} dt^2 + e^{2\lambda} dr^2 + r^2 d\Omega^2. \quad (1)$$

The modified Tolmann-Oppenheimer-Volkov equations can be obtained from Einstein equations in  $R^2$  gravity (in units  $G = c = 1$ ):

$$(1 + 2\alpha R)G_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\alpha R^2 g_{\mu\nu} - 2\alpha(\nabla_\mu \nabla_\nu - g_{\mu\nu} \square)R = 8\pi T_{\mu\nu}. \quad (2)$$

Here  $G_{\mu\nu}$  is the Einstein tensor and  $T_{\mu\nu}$  is the energy-momentum tensor. The scalar curvature is independent variable and for  $R$  we have additional equation.

For  $\alpha > 0$  the shooting method of solution gives that there is unique value of curvature at the center of star at which solution has required Schwarzschild asymptotic. This fine-tuning for  $R$  at the center of star is equivalent to fine-tuning of scalar field in corresponding scalar-tensor theory. For distant observer the gravitational mass of star increases negligibly ( $\sim 0.01 - 0.1 M_\odot$  for realistic values of  $\alpha$ ) with increasing  $\alpha$ . Considering  $f(R)$  theory directly one can say that increasing of mass occurs by “gravitational sphere” outside the star with some “effective mass”. In scalar-tensor theory for conformal frame we also have dilaton sphere outside the star but its contribution into gravitational mass for distant observer is negligible. For  $\alpha < 0$  we have no rigid condition on  $R$  at center of star. The mass also grows with increasing  $|\alpha|$  due to appearance of gravitational sphere around the star. But the value of this increasing strongly depends from chosen equation of star varying in wide limits and can exceed  $0.5 - 1 M_\odot$  for some hadronic equations of state.

## FORMATION OF ANNIHILATION SHOCKWAVES AT THE GRAVITATIONAL COLLAPSE

A.N. Golubiatnikov<sup>1</sup>, D.B. Lyuboshits<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *golubiat@mail.ru*; MSU, department of hydromechanics

<sup>2</sup> *daniilll@ya.ru*; MSU, department of hydromechanics

In this report in the framework of general relativity a solution of the problem of annihilation wave that occurs when a mixture of particles and antiparticles is compressing under its own gravity is presented. Taking into account the possible leaving of a concentrated isotropic light wave of a directional radiation. This problem may be regarded as a description of the formation of the expansion of a gravitating gas in a nonhomogeneous dust collapse. According to the concept A. Taub (1971), developed by AN Golubiatnikov

(1976-1999) for the transformation of the rest mass to the energy of the expanding matter, this phenomenon can be put into the scheme of evolution of the universe such as «compression — expansion» without point singularity.

This work was supported by RFBR (project 14-01-00056, 15-01-00361).

## THE HIGGS INFLATION

D. Gorbunov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *gorby@ms2.inr.ac.ru*; Institute for Nuclear Research

The discovered at LHC Higgs boson may be responsible not only for the Electroweak symmetry breaking and hence all the elementary particles acquiring masses, but also for the early time inflation, which makes the Universe homogeneous, flat and causally connected. To this end the Higgs boson must non-minimally couple to gravity. There are important issues of strong coupling, non-renormalizability, stability of cosmological parameters with respect to quantum corrections, electroweak vacuum stability.

## STERILE NEUTRINO DARK MATTER

D. Gorbunov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *gorby@ms2.inr.ac.ru*; Institute for Nuclear Research

Sterile neutrinos are Standard Model gauge singlet fermions, introduced to explain the active neutrino masses through mixing. Sterile neutrino of 1-50 keV mass is considered as a possible candidate for Warm Dark matter, which exhibits specific kinematics interesting for addressing the issues of dark matter structures at small scales. The sterile neutrino dark matter production mechanisms includes resonant and non-resonant oscillations in the primordial plasma, Majoron decays and others.

## SPIN-ORBIT DISSIPATIVE DYNAMICS OF THE MOON AND RADIO/LASER BEACONS VLBI/LRR/LLR TECHNOLOGIES FOR CHANGE-5/6, LUNA-25/26/27, ILOM MISSIONS

A. Gusev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *alexander.gusev@mail.ru*; Kazan Federal University

The problem of rotation of the multi-layer Moon will remain a central problem for selenodesy, selenodynamics and selenophysics. Its actuality increases with an increase of accuracy of different kind observations of the Moon. Now the laser ranging measurements of distances to the lunar reflectors achieves a millimeter level of accuracy. The LRO, GRAIL, ChangE-3/4, ILOM projects are focused on even more precision description of a

gravitational field and physical librations of the Moon (with accuracy of determination of the main selenopotential coefficients up to  $10^{-12}$ ).

The orbit of the multi-layer Moon is inclined on  $5,17^{\circ}$  to the ecliptic and regresses with an 18.6 year period. The rotation of the Moon is synchronous with the orbital motion (Cassini laws). The spin axis of the solid Moon is tilted with respect to the ecliptic and its precession is locked to the precession of the orbit (Peale, 1968). Goldreich (1967) demonstrated that a Lunar liquid core of low viscosity would not precess with the mantle. The spin axis of the lunar core is nearly normal to the ecliptic plane. If the Lunar core is locked to the mantle, then the spin axis of the core is nearly aligned with the symmetry of the core-mantle boundary.

If a spin axis of the core is slightly displaced from the configuration then the spin axis precesses about the symmetry axis with the core precessions period  $P_{core} = P_{Moon} \dot{(C_m/C)} \dot{(1/e_c)}$ , where  $P_{Moon}$  is the rotation period of the Moon,  $e_c$  is the core flattening, and  $(C_m/C)$  the ration of the polar moment of inertia of the Moon to that of the mantle. The core flattening is given by  $e_c = (C_c - A_c)/C_c$ , where  $A_c$  and  $C_c$  are a moments inertia of the core. If the mantle precesses faster than the core  $P_m < P_c$ , the core will not follow the mantle as is the today. If the precession period of the core is less than that of the mantle  $P_m > P_c$  the core and mantle will precess together, with the core oscillating around the symmetry axis of the mantle. Locking occurs for core flattening larger than ratio  $P_{Moon}/P_{mantle}$ . In the limit of very small flattening, the rotation axis of the core is perpendicular to the ecliptic plane and fluid core of the Moon does not precess with the mantle (Meyer, 2011).

Our goal is to show how the milliarcsecond precision observations of lunar physical librations and lunar tides in the project ChangE-3/4-5/6, Luna-25/26 and ILOM: the optical telescopes or radio beacons on the Moon, or the long-term observations of the lunar satellite with high-precision camera and laser altimetry by differential, Inverse and Same Beam Interference (SBI) VLBI may be used for determining the parameters of liquid and rigid cores of the Moon. It is shown, that the analytical theory of physical libration of the Moon can be used as the convenient tool for carrying out of modeling of the future supervision from a lunar surface, for understanding of distinctions in lunar coordinate systems and carrying out of the approached estimations of changes in Moon dynamic characteristics.

## INFLATIONARY SCENARIOS MOTIVATED BY GRAND UNIFICATION THEORY

E.O. Pozdeeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> [pozdeeva@www-hep.sinp.msu.ru](mailto:pozdeeva@www-hep.sinp.msu.ru); Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics (SINP MSU)

We consider the inflation scenarios in non-minimally coupled models with potentials corresponding to the Higgs sector of the Grant Unification Theory. The obtained inflation models are in good agreement with the most recent and accurate observational data.

## APPLICATION OF VISCOUS EFFECTS IN COSMOLOGY

H. Velten<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *velten@pq.cnpq.br*; Physics Department UFES (Espírito Santo-Brazil)

We review some results on cosmologies which are quite similar to the standard LCDM one but with the addition of bulk and shear viscous effects.

## THE COSMOLOGICAL SCENARIO WITH A VARIABLE IN THE EQUATION OF STATE OF THE THEORY OF INDUCED GRAVITY

F. Zaripov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *farhat.zaripov@kpfu.ru*; Kazan Federal University, Kazan, Russia

This research is an extension of the author's article (Grav. & Cosm., **13** (2007), No. 4; Zaripov F.Sh.//Astr. and Space Sci. : Volume 352, Issue 1 (2014), Page 289-305. ), in which conformally invariant generalization of string theory was suggested to higher-dimensional objects. Special cases of the proposed theory are Einstein's theory of gravity and string theory. The study is done to solve these equations for the case of the cosmological model.

In this model time-evolving gravitational ( $G_{eff}$ ) and cosmological ( $\Lambda_{eff}$ ) "constants" take place which are determined by the square of scalar fields  $Y \equiv (X, X)$ . The values of which can be matched with the observational data. Thus, there are evolving over time gravitational ( $G_{eff}$ ), cosmological ( $\Lambda_{eff}$ ) "constants":

$$G_{eff} = \frac{w}{2\xi Y}, \quad \Lambda_{eff} = \frac{1}{2\xi Y}(-B + U), \quad n = 4, \quad (1)$$

The values of  $w$ ,  $\xi$ ,  $B$  are constant.  $U = U(X^A)$  - fields-dependent potential  $X^A$ . For simplicity let's assume  $U(X^A) = U(Y(X^A))$ .

In general, we get the systems of "macroscopic" equations

$$\square Y = \frac{n-2}{4(n-1)\xi} \left[ -nB + 2\xi RY + \frac{2n}{n-2}U \right] + \frac{w}{2\xi(n-1)} T_{(e)\alpha}^\alpha \quad (2)$$

$$G_{\alpha\beta} = \frac{1}{2\xi Y} \left[ -\frac{n-2}{2}B_0 + U \right] g_{\alpha\beta} + \frac{1}{Y} [\nabla_\alpha \nabla_\beta - g_{\alpha\beta} \square] Y + \frac{w}{2\xi Y} T_{(e)\alpha\beta}, \quad (3)$$

where  $G_{\alpha\beta}$  - the Einstein tensor, and "microscopic"

$$\square X^A + 2\xi R X^A + 2 \frac{dU}{dY} X^A = S^A, \quad (4)$$

constraint equations

$$g_{\mu\nu} = (\nabla_\mu X, \nabla_\nu X) \quad \mu, \nu = \overline{0, n-1}. \quad (5)$$

The functions  $X^A = X^A(\sigma^\mu)$ , where  $A, B = 1, 2, \dots, D$ ,  $\mu, \nu = 0, 1, \dots, n-1$ , map  $n$ -dimensional manifold  $\Pi$  described by the metric  $g_{\mu\nu}$ , into  $D$ -dimensional space-time  $M$



with the metric  $\eta_{AB}$ , where space  $M$  described by the Minkovski metric with the signature  $(-, +, \dots, +)$ .  $R$  is the scalar curvature of the manifold  $\Pi$ , the operator  $\nabla_\nu$  denotes the covariant derivative in the manifold  $\Pi$ , where the Christoffel symbols connected with the metric in the standard way. Let's assume that the space of  $\Pi$  is parameterized by the coordinates  $\sigma^\mu$ , where  $\sigma^0 = t$  is the time coordinate, and the components  $\sigma^i$  ( $i = 1, 2, \dots, n-1$ ) describe a certain  $n-1$  - dimensional object, denoted by  $\Gamma$ . The values of  $w$ ,  $\tilde{\xi}$ ,  $\Lambda_X$  are constant. The study of the complete system requires the definition of the model, ie definition of  $S^A$ . In this work, we will not deal with this issue, noting only naturally occurring hypothesis that specific sector of fields  $\{X^1, X^2, \dots, X^k\}$ ,  $k < D$  can play a role of Higgs scalar field theory of strong and electroweak interactions. We note that the gravitational equations (3) include only macroscopic features:  $Y, B, g_{\alpha\beta}$  and EMT material environment  $T_{(e)\alpha\beta}$ .

The equations that describe the theory have solutions that can both match with the solutions of the standard theory of gravity as well as it can differ from it. This is due to the fact that the fundamental "constants" of the theory, such as gravitational and cosmological, can evolve over time and also depend of the coordinates. Thus, in a rather general case the theory describes the two systems (stages): Einsteinian and "evolving" or "restructuring" (the name suggested by the author). This process is similar to the phenomenon of phase transition, where the different phases (Einsteinian gravity system, but with different constants) transit into each other.

## КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМУЩЕНИЯ В ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ С НЕМИНИМАЛЬНОЙ КИНЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗЬЮ

Р.А. Абзалов<sup>1</sup>, С.В. Сушков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> robert-abzalov@mail.ru ; Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

<sup>2</sup> sergey\_sushkov@mail.ru ; Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

В нашей работе были рассмотрены космологические возмущения в скалярно-тензорной теории гравитации с неминимальной кинетической связью. Лагранжиан модели содержит член вида  $\zeta G^{ij} \phi_{,i} \phi_{,j}$  и представляет собой частный случай общего Лагранжиана Хорндески, который приводит к уравнениям движения второго порядка. Построен полный набор уравнений для скалярных, векторных и тензорных возмущений. Детально исследованы векторные и тензорные моды возмущений. Показано, что векторные моды затухают, а поведение тензорных мод под хаббловским горизонтом кардинально отличается от соответствующего поведения во фридмановской космологии.

### Литература

1. E.N. Saridakis, S.V. Sushkov, Phys. Rev. D 81, 083510 (2010)
2. S.V. Sushkov, Phys. Rev. D 85, 123520 (2012)
3. M.A. Skugoreva, S.V. Sushkov, A.V. Toporensky, Phys. Rev. D 88, 083539 (2013)

## ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ДЛЯ СТЕПЕННОЙ ИНФЛЯЦИИ В МУЛЬТИ-СКАЛЯРНО-ТЕНЗОРНОЙ ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ В РЕЖИМЕ МЕДЛЕННОГО СКАТЫВАНИЯ

К.А. Большакова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *katerina.novokozlova@gmail.com*; УлГПУ им. И.Н. Ульянова

Для двухполевой модели в мульти- скалярно-тензорной теории гравитации найдены решения в режиме медленного скатывания, когда гравитационная часть задана в картине Эйнштейна, а действие не-гравитационного поля  $S_m$  задается в картине Йордана. Конформное преобразование из картины Йордана к картине Эйнштейна осуществляется через конформный фактор  $A^2(\varphi) : \tilde{g}_{\mu\nu} = A^2(\varphi) g_{\mu\nu}^*$ .

Рассмотрим мульти-скалярно-тензорную теорию гравитации с действием [1,2]:

$$S = \frac{1}{\kappa} \int d^4x \sqrt{-g^*} \left[ \frac{R^*}{2} - \frac{1}{2} g^{*\mu\nu} h_{AB} \partial_\mu \varphi^A \partial_\nu \varphi^B - W(\varphi^C) \right] + S_m[\psi_m, A^2(\varphi) g_{\mu\nu}^*] \quad (1)$$

Обозначения согласованы с работами [1,2].

Зададим действие не-гравитационного поля  $S_m$ , как действие скалярного поля  $\psi$  в картине Эйнштейна:

$$S_m = \int d^4x A^4(\psi) \sqrt{-g^*} \left[ -\frac{1}{2} \psi_{,\mu} \psi_{,\nu} A^{-2}(\psi) g_{\mu\nu}^* - V(\psi) \right] \quad (2)$$

Скалярная составляющая действия (1) гравитационного поля будет представлена двухкомпонентной нелинейной сигма моделью с метрикой пространства целей [3]:

$$d\sigma^2 = h_{11} d\phi^2 + h_{22}(\phi, \chi) d\chi^2. \quad (3)$$

Найден пример решения для случаев, когда линейная зависимость для  $\chi = t$  и масштабный фактор  $a = Ct^m$  где  $C, m = const$

Выражаю благодарность за постановку задачи и обсуждение полученных результатов научному руководителю профессору С.В. Червону.

### Литература

1. Thibault Damour and Gilles Esposito-Farese, *Class Quantum Grav* **1992**, 9 (1992).
2. Michael Horbatsch, Hector O. Silva, Davide Gerosa, Paolo Pani, Emanuele Berti, Leonardo Gualtieri and Ulrich Sperhake, arXiv:1505.07462v2 [gr-qc] 8 Jun 2015, (2015).
3. Червон С.В., Фомин И.В., Кубасов А.С. *Скалярные и киральные поля в космологии*, Ульяновск, УлГПУ, 2015-216 С.

## КРОТОВЫЕ НОРЫ И ЧЕРНЫЕ ВСЕЛЕННЫЕ, СВЯЗАННЫЕ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ИЗМЕРЕНИЯМИ

К.А. Бронников<sup>1</sup>, П.А. Королев<sup>2</sup>, А.А. Махмудов<sup>3</sup>, М.В. Скворцова<sup>4</sup>

<sup>1</sup> kb20@yandex.ru; Российский Университет Дружбы Народов, Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

<sup>2</sup> korolyov.pavel@gmail.com; Российский Университет Дружбы Народов

<sup>3</sup> arslan.biz@gmail.com; Российский Университет Дружбы Народов

<sup>4</sup> milen577@mail.ru; Российский Университет Дружбы Народов

Мы представляем решения в 6-мерной общей теории относительности с фантомным скалярным полем как источником гравитации. Решения позволяют перейти от эффективной 4-мерной геометрии умноженной на малые дополнительные измерения к эффективному 6-мерному пространству-времени, с отличающимися физическими законами. Мы рассматриваем множества со структурой  $M_0 \times M_1 \times M_2$ , где  $M_0$  это 2-мерное Лоренцево пространство-время, в то время как каждое из  $M_{1,2}$  может быть как 2-мерной сферой так и 2-мерным тором. Некоторые решения описывают кротовые норы со сферической симметрией в нашем пространстве-времени и тороидальные дополнительные измерения. Другие представляют собой решения типа черная вселенная: в одном конце имеется 6-мерная асимптотически анти-де Ситтеровская черная дыра, в то время как вне горизонта геометрия стремится к 4-мерной де Ситтеровской космологии умноженной на малое 2-мерное дополнительное сферическое пространство.

## НЕЛОКАЛЬНЫЕ КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ

С.Ю. Вернов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> svernov@theory.sinp.msu.ru; Научно-Исследовательский Институт Ядерной Физики им. Д.В. Скобельцына Московского Государственного Университета, Россия, 119991, Москва, Ленинские Горы 1

В настоящее время нелокальная гравитация активно исследуется. Существует несколько причин роста интереса к подобным космологическим моделям. Во-первых, существуют проблемы теоретического описания наблюдательных данных с помощью локальных моделей. Примером такой проблемы является описание тёмной энергии с параметром уравнения состояния  $w$ , меньшим чем минус единица. Современные эксперименты свидетельствуют о том, что из предположения о постоянстве  $w$  с вероятностью 95% следует, что  $w = -1.13^{+0.23}_{-0.25}$ . Положительная космологическая постоянная соответствует  $w = -1$ . В любой космологической модели с минимально связанным скалярным полем, обладающим стандартным кинетическим членом, получаем  $w > -1$ . Существование тёмной энергии с  $w < -1$  означает нарушение изотропного условия энергодоминантности. Возможный способ избежать проблему неустойчивости в моделях с  $w < -1$  с фантомным скалярным полем, состоит в рассмотрении таких моделей, как эффективных, возникающих из фундаментальной теории, которая не имеет отрицательного кинетического члена. В ка-

честве такой теории рассматривается теория струн, с которой связаны нелокально модифицированные теории гравитации и нелокальные скалярные поля.

Исследования как тёмной энергии, так и ранней Вселенной (модели инфляции и "отскока") стимулировали активное изучение нелокальных космологических моделей, мотивированных струнной теорией поля, в частности, моделей с нелокальным скалярным полем  $\phi$ , лагранжиан которого включает член  $\phi e^{-\square\phi}$ .

Модели нелокальной гравитации (без дополнительных скалярных полей) также активно рассматриваются в настоящее время. Наиболее популярные модели нелокально модифицированной гравитации включают в себя либо аналитическую функцию оператора Даламбера, либо обратный оператор Даламбера. Отметим, что многие модели модифицированной гравитации, в том числе и нелокальные, можно переформулировать как модели общей теории относительности с дополнительными скалярными полями, возможно, нелокальными и неминимально связанными с гравитацией. Таким образом, данные модели и методы их исследования близки к методам исследования моделей со скалярными нелокальными полями и являются их важным дополнением.

Отметим, что многие нелокальные гравитационные модели не получаются из конкретного действия теории струн и включают в себя произвольные функции. Важным вопросом является наличие тех или иных космологических решений в данных моделях в зависимости от вида функции, определяющей вклад нелокальной поправки к действию Гильберта–Эйнштейна. Для построения космологических решений активно развиваются и используются методы локализации.

## К ТЕОРИИ ЛИНЕЙНОЙ ГРАВИТАЦИИ

С.О. Гладков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> [sglad@newmail.ru](mailto:sglad@newmail.ru); Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Из сравнения пространственных масштабов левой и правой частей основного уравнения общей теории относительности (ОТО) показано, что характерные размеры, на которых существенно изменяются компоненты метрического тензора составляют величину  $\delta x \sim \frac{c}{4\sqrt{2\pi G\rho}}$ , что по порядку величины соответствует пример-

но  $10^{13}$  см =  $10^8$  км. Отмечено, что, если масштаб изменения составляет меньше этой величины, следует решать однородное уравнение ОТО без правой части, то есть, без тензора энергии – импульса. При этом зависимость метрического тензора  $g_{ik}(\mathbf{r}, t)$ , должна определяться лишь геометрическими свойствами пространства – времени, а не материей. Отмечено, что в том случае, если мы ищем физическое решение, обязанное именно свойствам материи (то есть, учету тензора энергии – импульса), зависимость  $g_{ik}(\mathbf{r}, t)$  следует искать только в аддитивной форме  $g_{ik} = g_{0ik} + h_{ik}$ , где  $g_{0ik}$  – всегда является псевдо – евклидовым метрическим тензором, а поправки  $h_{ik}$  искомые функции. Найдено общее выражение для полного функционала действия  $S_g(h_{ik})$  в этом приближении, которое приводит к корректным линейным уравнениям гравитационного поля, из которых в различных част-

ных случаях получаются все известные решения теории гравитации: закон Ньютона, метрика Шварцшильда, решение Керра, гравитационные волны, красное смещение, поправка Хаббла, модель Фридмана и другие.

## ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В АКСИОННО-АКТИВНЫХ СИСТЕМАХ

Д.Е. Грошев<sup>1</sup>, А.Б. Балакин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *groshvedmitri@mail.ru*; Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

<sup>2</sup> *alexander.balakin@kpfu.ru*; Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Темная материя, которая не излучает сама и не рассеивает внешнее электромагнитное излучение, контролирует 23% энергобаланса Вселенной [1], являясь одним из двух главных элементов её структуры. Холодная темная материя, частицы которой вышли из состояния термодинамического равновесия на ранних этапах и превратились в нерелятивистский газ с нулевым давлением в современную эпоху, наиболее предпочтительна как модельная субстанция с точки зрения современной космологии.

Большинство кандидатов на роль частиц холодной темной материи принадлежит к классу вимпов (WIMP – Weakly Interacting Massive Particle). К данному классу формально относятся и аксионы – псевдо-Голдстоуновские бозоны. История формирования концепции массивных аксионов, которые были предсказаны Печчеи и Квинн [2] и введены в физику высоких энергий в качестве новых легких бозонов Вайнбергом [3] и Вилчеком [4], описана, к примеру, в обзорах [5-6].

Мы используем термин аксионно - активные системы по аналогии с термином магнито – активные системы, которые детально исследованы в электродинамике классической и релятивистской плазмы. Явления, обусловленные взаимодействием аксионов с фотонами, могут происходить в магнитосферах Земли и Солнца; их отпечатки можно обнаружить в истории ранней Вселенной; их последствия можно найти в земных лабораториях, в которых рабочим элементом является сильное магнитное поле.

Мы сфокусируем свое внимания на процессах, происходящих вблизи нейтронных звезд с сильным магнитным полем, т.н. магнетаров. Наличие реликтового космологического аксионного поля в окрестности магнетаров приводит к необычным с точки зрения классической электродинамики явлениям; например, возможно существование продольных кластеров, в которых электрическое и магнитное поле параллельны. Наличие подобных нетривиальных магнитоэлектрических кластеров может приводить к экспериментально проверяемым последствиям, скажем, к возникновению дополнительных линий поглощения в спектрах магнетаров в результате эффекта Штарка.

Математическая модель основана на аксионном расширении функционала действия

$$S = \frac{\hbar}{c} \int d^4x \sqrt{-g} \left\{ \frac{R + 2\Lambda}{\kappa} + \frac{1}{2} F_{mn} F^{mn} + \frac{1}{2} \phi F_{mn}^* F^{mn} - \Psi_0^2 [\nabla_m \phi \nabla^m \phi - V(\phi^2)] \right\} \quad (1)$$

Здесь  $g$  – определитель метрического тензора  $g_{ik}$ ,  $\nabla_m$  – ковариантная производная,  $R$  – скаляр Риччи,  $\kappa \equiv \frac{8\pi G}{c^4}$ ,  $G$  – гравитационная постоянная,  $\Lambda$  – космологическая постоянная,  $\hbar$  – постоянная Планка,  $c$  – скорость света в вакууме,  $F_{mn}$  – тензор Максвелла;  $F_{mn}^* = \frac{1}{2}\varepsilon^{mnpq}F_{pq}$  – тензор, дуальный к  $F_{pq}$ . Аксион - фотонное взаимодействие описывается в (1) членом  $\frac{1}{2}\phi F_{mn}^* F^{mn}$ . Символ  $\phi$  обозначает безразмерное псевдоскалярное поле. Эффективное макроскопическое аксионное поле  $\Phi$  равно  $\Psi_0\phi$ , где постоянная  $\Psi_0$  является предметом специального обсуждения. Функция  $V(\phi^2)$  описывает потенциал псевдоскалярного поля; в простейшем случае мы используем квадратичный потенциал  $V = \mu^2\phi^2$ , где  $\mu = m_{(A)}c/\hbar$  имеет размерность обратной длины ( $m_{(A)}$  – масса аксиона) Псевдоскалярное поле, фигурирующее в (1), удовлетворяет уравнению

$$\nabla_k \nabla^k \phi + \phi V(\phi^2) = -\frac{1}{4\Psi_0^2} F_{mn}^* F^{mn} \quad (2)$$

Мы исследуем случай, когда градиент аксионного поля пространственноподобен, что соответствует случаю с конденсацией аксионов на компактных гравитирующих стационарных объектах с магнитным полем. Обсуждается каталог аналогов классических электродинамических эффектов в рамках расширенной аксионной электродинамики.

## Литература

1. V. Trimble: Ann. Rev. Astron. Astrophys. 25 (1987), 425.
2. R.D. Peccei and H. R. Quinn: Phys. Rev. Lett. 38 (1977), 1440.
3. S. Weinberg: Phys. Rev. Lett. 40 (1978), 223.
4. F. Wilczek: Phys. Rev. Lett. 40 (1978), 279.
5. M.S. Turner: Phys. Rept. 197 (1990), 67.
6. G.G. Raffelt: Phys. Rept. 198 (1990), 1.

## ДВА ПОДХОДА К ПОСТРОЕНИЮ МАШИНЫ ВРЕМЕНИ

А.К. Гуц<sup>1</sup>

<sup>1</sup> [guts@omsu.ru](mailto:guts@omsu.ru); Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

О машине времени говорят с момента выхода в свет известного литературного произведения писателя-фантаста Герберта Уэллса. Однако впервые реальный возможный принцип работы машины времени в рамках общей теории относительности был описан намного позже в 1949 году Куртом Гёделем. Для путешествия в прошлое следовало создать временную петлю, т. е. времениподобную гладкую кривую, ведущую из события настоящего к событию прошлого, и обратно.

Ключевой в таком подходе к конструированию машины времени является гипотеза о существовании вечного Мира событий  $M^4$  – 4-мерного многообразия, состоящего из событий настоящего, прошлого и будущего. Эйнштейн по этому поводу

писал: "мы-то, физики, знаем, что никакого прошлого нет... Всё прошедшее остаётся и пребывает всегда на линии мировых событий...". Но помимо уверенности Эйнштейна, у нас мало доказательств в пользу справедливости гипотезы о вечном Мире событий. Если изначально рассматриваемая пространственно-временная модель Мира событий в форме лоренцева 4-многообразия не содержит таких временных петель, то их приходится создавать, существенно изменяя топологию и лоренцеву геометрию Мира событий. Сделать это можно, если использовать теорию слоений и характеристических классов на них [1].

В отличие от Эйнштейна, Джон Уилер считал, что основным строительным элементом в окружающей нас Вселенной является не "событие", а "3-геометрия". Вселенная появляется в результате квантовой интерференции "замороженных" пространств-времен,

$$\Psi^{[4]\mathcal{G}} = \int_K c_k \Psi_k^{[3]\mathcal{G}} dk, \quad c_i \in \mathbb{C}, \quad (1)$$

которые в его теории суперпространства представляются 3-геометриями. "Замороженные" пространства-времена, описываемые пси-функциями  $\Psi_k^{[3]\mathcal{G}}$  от 3-геометрий, – это то, что в исторической науке называется историческими эпохами. Вечными являются исторические эпохи, а не Мир событий. При построении квантовой машины времени должен осуществляться переход из настоящей исторической эпохи в прошлую историческую эпоху, а не из настоящего события в прошлое событие, как в машине времени Гёделя. Это решает проблему парадокса дедушки. Специальным образом организованный коллапс волнового пакета

$$\int_K c_k \Psi_k^{[3]\mathcal{G}} d\mu(k) \rightarrow \Psi_{k'}^{[3]\mathcal{G}} \quad (3)$$

и позволяет перейти из настоящей исторической эпохи в прошлую историческую эпоху. Однако, такие переходы будут носить вероятностный характер, и это создает новые проблемы при реализации путешествий во времени. Тем не менее, квантовый подход к построению машины времени кажется более перспективным и правильным [2].

## Литература

1. Гутц А.К. *Физика реальности*. – Омск: КАН, 2012.
2. Guts A.K. *Geometry of historical epoch, the Alexandrov's problem and non-Gödel quantum time machine*. URL: <http://arxiv.org/abs/1608.08532v1>.

## РЕШЕТОЧНОЕ ДЕЙСТВИЕ КВАНТОВОЙ ХРОМОДИНАМИКИ В ПРОСТРАНСТВЕ ШВАРЦШИЛЬДА

Р.Г. Даутов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *ramsterdau@mail.ru*; Казанский (Приволжский) федеральный университет;  
Научный руководитель — д. ф.- м. н., профессор кафедры теории относительности и гравитации  
Сушков С. В.

Построение квантовой теории гравитации является одной из острых проблем в современной фундаментальной физике. Замечательным успехом в этой области явилось предсказание Хокингом [Hawking, 1975, с. 199] явления квантового испарения черных дыр. Вблизи черной дыры гравитационное поле становится достаточно сильным, чтобы оказать влияние на квантовые процессы.

На сегодняшний день квантовая теория поля в искривленном пространстве-времени выступает как некоторое приближение к пока несуществующей квантовой теории гравитации.

В недавнем времени открылась совершенно новая область исследований - решёточная квантовая хромодинамика в искривленном пространстве-времени. Решёточная квантовая хромодинамика – это численный метод, являющийся непертурбативным применением квантовой хромодинамики, в рамках подхода фейнмановского интеграла по траекториям. В 2014 году японским физиком Арата Ямамото была опубликована пионерская работа «Lattice QCD in curved spacetimes» [Yamamoto, 2014, 054510]. В этой работе Ямамото рассматривает решёточное действие в общем виде для искривленных пространств и проводит численное моделирование рождения частиц в пространстве Фридмана-Робертсона-Уокера, т.е. в расширяющейся Вселенной.

Ввиду слабости гравитационных сил, для проявления квантового характера гравитации необходимо, чтобы гравитационное поле было достаточно сильным. В связи с этим актуальным является исследование поведения квантовой хромодинамики в сильных гравитационных полях. В качестве первой тестовой модели можно рассмотреть случай окрестности не вращающейся, незаряженной черной дыры. Пространство вокруг такой черной дыры описывается метрикой Шварцшильда.

В данной работе построено решёточное действие квантовой хромодинамики в пространстве Шварцшильда. Построенное решёточное действие может быть использовано для проведения численных расчётов.

## НЕРЕЛЯТИВИСТСКАЯ ФИЗИКА КАК ГЕОМЕТРИЯ И ТОПОЛОГИЯ ПРОСТРАНСТВА

В.М. Журавлев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *zhvictorm@gmail.com*; Ульяновский государственный университет, Научно-исследовательский технологический институт им. С.П. Капицы, ул. Л.Толстого, 42, 432017 Ульяновск, Россия

В работе излагается подход к описанию динамики полей и частиц классической механики и квантовой теории на основе тополого-геометрической интерпретации



материи и ее свойств, как проявлений неевклидовой геометрии физической гиперповерхности размерности 3, вложенной в евклидово пространство размерности 4. Основные положения этого подхода изложены ранее в работах [1, 2, 3, 4, 5]. В данной работе, кроме описания основной концепции, представлены результаты некоторых дополнительных исследований, касающихся включения в теория элементов спинорного формализма, как проявления инвариантности по отношению к вращениям во вспомогательном пространстве геометрических маркеров.

Основой описания геометрии физического пространства в предлагаемой теории является функция высоты  $\mathcal{F}$ , называемая также фундаментальным потенциалом, которая выделяет в объемлющем евклидовом пространстве  $W^4$  трехмерную гиперповерхность  $V^3$  с помощью алгебраического уравнения:

$$u = \mathcal{F}(\mathbf{x}, t), \quad (1)$$

где  $u$  - выделенная координата в  $W^4$  и  $\mathbf{x} = (x, y, z)$  - декартовы координаты на гиперплоскости  $P^3 \subset W^4$ , ортогональной к координатному направлению  $u$ . В работе будет предполагаться, что гиперповерхность, описываемая соотношением (1) является гладкой, а сама функция высоты  $\mathcal{F}$  является функцией Морса. Последнее предположение означает, что в теории рассматриваются только такие функции  $\mathcal{F}$ , у которых все критические точки  $P: \partial \mathcal{F} / \partial x^\alpha|_P = 0$ , являются изолированными. Это требование важно для упрощения интерпретации электрического заряда как топологического инварианта - эйлеровой характеристики [1, 3]. Как и в теории Морса [?] топология гиперповерхности  $V^3$  не ограничивается односвязными многообразиями. Как показано в [1, 5] объяснение барионного заряда и самой структуры барионов связывается в теории с наличием ручек Уилера в структуре  $V^3$ . Более того, этот факт важен с точки зрения обоснования самой геометрической природы функции  $\mathcal{F}$ , как фундаментального потенциала. Многозначность этой функции может быть объяснена исключительно с точки зрения неевклидовой геометрии  $V^3$  [1, 5].

Время в данной работе предполагается текущим одинаково во всех точках  $W^4$  в независимости от выбора инерциальной системы отсчета. Это предположение означает, что в данной работе не рассматриваются явления с точки зрения систем отсчета, движущихся со скоростью близкой к скорости света относительно других инерциальных систем отсчета. Тем самым данная теория может рассматриваться как способ геометризации классической физики вместе с квантовой теорией нерелятивистских систем. Однако некоторые закономерности, характерные для Специальной теории относительности (СТО), будут рассмотрены в данной работе с точки зрения данной теории.

В работе на основе специальной конструкции - геометрических маркеров, рассматриваются основные соотношения, вытекающие из основных свойств пространства маркеров, такие, как непрерывность, связность пространства и топологическая выделенность экстремумов функции высоты. При записи этих условий в форме соотношений, записанных в физических координатах, появляются уравнения электродинамики с целочисленным зарядом и уравнения гравитационного поля в форме уравнения уравнения Пуассона, но с полем напряженности, имеющим вихревую составляющую. Динамика этих полей связана с введением поля переноса маркеров, что позволяет ввести в теорию уравнения индукции электромагнитного поля в почти стандартном виде и дополнительно уравнение гравимагнитной индукции,

которое описывает связь напряженности гравитационного поля с полем переноса маркеров.

Введение процедуры пространственного усреднения с помощью якобиана преобразований физических координат в пространство маркеров, позволяет получить уравнения Ньютона частиц в усредненной форме и уравнения Шредингера, что позволяет их сопоставить уравнениям нерелятивистской физики.

В дальнейшем показывается, что естественное расширение способа усреднения приводит к уравнениям полей и частиц, содержащим дополнительные эффекты, которые можно отождествить с эффектом скрытой массы или “темной материи”.

## Литература

1. Zhuravlev V.M. A topological interpretation of quantum theory and elementary particle structure // *Gravitation and Cosmology* - 2011 - Vol. 17 - No. 3 - PP. 201–217
2. Журавлев В.М. Геометрия, топология и физические поля (Часть I). Пространство, время и фундаментальные взаимодействия, 2014, вып. 4. С. 6-24. <http://www.stfi.ru/ru/issues.htm>
3. Журавлев В.М. Геометрия, топология и физические поля. (Часть II). Масса и гравитация, 2014, вып. 4. С. 25-39. <http://www.stfi.ru/ru/issues.html>
4. Журавлев В.М. Геометрия, топология и физические поля. (Часть III). Уравнение индукции фундаментальных полей.-2015 - N3-С. 44-60. <http://www.stfi.ru/ru/issues.html>
5. Журавлев В.М. Геометрия, топология и физические поля. ((Часть IV). Топологическая структура элементарных частиц. -2015.-N4-С. 104-118. <http://www.stfi.ru/ru/issues.html>

## О ТОЧНЫХ РЕШЕНИЯХ В ЗАДАЧЕ О САМОГРАВИТИРУЮЩЕЙ ПЫЛИ

В.М. Журавлев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *zhvictorm@gmail.com*; Ульяновский государственный университет, Научно-исследовательский технологический институт им. С.П. Капицы, ул. Л.Толстого, 42, 432017 Ульяновск, Россия

В работе рассматриваются модели динамики пылевой и заряженной среды в собственных гравитационных и электрических полях. Решение соответствующих задач строится на основе метода гидродинамических подстановок [1], который является одним из вариантов метода функциональных подстановок, обобщающих подстановки типа Коула-Хопфа [2, 3]. Рассматриваются модели одномерного течения идеальной и вязкой самогравитирующей среды для общего вида начальных распределений ее плотности и скорости. Строятся общие решения динамики самогравитирующей пыли для плоской, цилиндрической и сферической симметрий начального распределения плотности и скорости. Приводятся примеры точных решений и их анализ. Подход распространяется на течения в собственном электрическом поле в совокупности с собственным полем тяготения. Приводятся конкретные примеры решений. Обсуждается способ распространить данный подход на течения более общего вида, не обладающие пространственными симметриями.

## Литература

1. V. M. Zhuravlev and D.A.Zinov'ev. Physics of Wave Phenomena, 2011, Vol. 19, No. 4, pp. 313–317
2. Журавлев В.М., Зиновьев Д.А., Письма в ЖЭТФ, **87**, N 5, 314 (2008)
3. Журавлев В.М., ТМФ, **158**, N 1, 58 (2009) **5**, N 9, 603 (2007)
4. Журавлев В.М. Сб. Инновационные технологии. Под ред. проф. С.В. Булярского. Ульяновск. Изд. УлГУ, 2010 г., С. 77-93

## МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ КРОВОЙ НОРЫ С ВЫПОЛНЕННЫМ СВЕТОВЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ УСЛОВИЕМ

Е.А. Исанаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> [lcdheir@mail.ru](mailto:lcdheir@mail.ru) ; Казанский (Приволжский) федеральный университет;  
Научный руководитель — д. ф.- м. н., профессор кафедры теории относительности и гравитации Сушков С. В.

Анализируя геометрию статической сферически симметричной кротовой норы, Моррис и Торн [1] установили, что необходимым условием её существования является наличие в горловине материи, для которой нарушается световое энергетическое условие. Детальный анализ, проведённый Хохбергом и Виссером [2], показал, что это условие неизбежно нарушается в горловине произвольной статической кротовой норы.

В случае динамических кротовых нор горловину можно определить по разному. От выбора определения зависит выполнение рассматриваемого энергетического условия. Несмотря на то, что проблема выполнения/нарушения энергетических условий в динамических кротовых норах была известна и представляла большой интерес ещё в конце прошлого столетия, исследовательских работ в этой области практически нет [3].

Целью работы было построение решения динамической кротовой норы, для которой не нарушается как минимум световое энергетическое условие. В нашем исследовании горловина определена как „двумерная поверхность с минимальной площадью в каждый момент времени“ [4]. Исходным пунктом была метрика сферически симметричной кротовой норы с зависящим от времени радиусом горловины.

В данной работе показано построение решения динамической сферически симметричной кротовой норы без приливных сил, для которой во всём пространстве-времени выполняются световое и сильное энергетические условия. В ходе анализа выявлено, что конечной стадией эволюции этой модели будет коллапс с образованием голой сингулярности.

## Литература

1. Morris, M. S. Wormholes in spacetime and their use for interstellar travel: A tool for teaching general relativity / M. S. Morris, K. S. Thorne // Am. J. Phys. – 1988. – Vol. 56. – P. 395 – 412.

2. Visser, M. Geometric structure of the generic static traversable wormhole throat / D. Hochberg, M. Visser // Phys. Rev. D. – 1997. – Vol. 56. – P. 4745 – 4755.
3. Hochberg, D. Null Energy Condition in Dynamic Wormholes / D. Hochberg, M. Visser // PRL. – 1998. – Vol. 81. – P. 746 – 749.
4. Лекционные заметки по теоретической и математической физике, Т. 8 / Под редакцией проф. А.В. Аминовой – Издательство Казанского Университета. – 2007. – 320 с.

## ТОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ В ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ С НЕМИНИМАЛЬНОЙ КИНЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗЬЮ И КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ ПОСТОЯННОЙ

Р.В. Королев<sup>1</sup>, С.В. Сушков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *korolyovrv@gmail.com*; Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

<sup>2</sup> *sergey\_sushkov@mail.ru*; Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Особый подход к построению модифицированных теорий гравитации представляют модели, учитывающие неминимальную связь между производными динамических величин материальных полей с кривизной пространства-времени. Наиболее общая скалярно-тензорная теория такого рода была построена в 70-х годах прошлого столетия в работе Хорндески [1]. Простейший лагранжиан в теории Хорндески содержит слагаемое вида  $G^{ij}\phi_{,i}\phi_{,j}$ , которое обеспечивает неминимальную кинетическую связь скалярного поля с кривизной. Ринальди [2] построил класс частных точных решений, имеющих характерные особенности черных дыр, в частности, горизонт событий. В настоящей работе рассматривается действие теории гравитации с космологической постоянной и неминимальной кинетической связью скалярного поля с кривизной

$$S = \int dx^4 \sqrt{-g} \left\{ \frac{R - 2\Lambda}{8\pi} - [\varepsilon g_{\mu\nu} + \eta G_{\mu\nu}] \phi'^{\mu} \phi'^{\nu} \right\}, \quad (1)$$

где  $g_{\mu\nu}$  – метрика пространства-времени,  $g = \det(g_{\mu\nu})$ ,  $R$  – скалярная кривизна,  $G_{\mu\nu}$  – тензор Эйнштейна,  $\phi$  – вещественное безмассовое скалярное поле,  $\Lambda$  – космологическая постоянная и  $\eta$  – параметр неминимальной кинетической связи с размерностью квадрата длины. Параметр  $\varepsilon$  принимает значения  $\pm 1$ . В случае  $\varepsilon = 1$  мы имеем каноническое скалярное поле с положительной кинетической энергией, а в случае  $\varepsilon = -1$  – фантомное скалярное поле с отрицательной кинетической энергией. В данной работе мы используем метод Ринальди для построения частных точных регулярных решений, описывающих кротовые норы.

Работа поддержана грантом РФФ 16-12-10401.

### Литература

1. G. W. Horndeski, Int. J. Theor. Phys. 10, 363 (1974).
2. M. Rinaldi, Phys. Rev. D **86** (2012) 084048.
3. R. V. Korolev and S. V. Sushkov, Phys. Rev. D **90** (2014) 124025.

## ПАРАМЕТРЫ ДИАГРАММЫ ХАББЛА

Е.А. Павлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> alexpavlov60@mail.ru ; Объединенный Институт Ядерных Исследований, Российский государственный аграрный университет

Сверхновые типа Ia служат стандартными свечами для проверки космологических моделей. Последние наблюдения за сверхновыми привели космологов к заключению, что Вселенная, с точки зрения Стандартной космологии, заполнена в основном пылью и загадочной тёмной энергией [1]. Для объяснения причин ускоренного расширения Вселенной прикладываются значительные усилия (см., например, [2]). Конформная космологическая модель [3] позволяет объяснить данные по сверхновым без  $\Lambda$ -члена. Эволюция длин в Стандартной космологической модели заменяется эволюцией масс в Конформной космологии. Фитирование диаграммы Хаббла с помощью Конформной космологической модели с параметрами  $\Omega_{rigid} = 0,755, \Omega_M = 0,245$  дают такую же качественную аппроксимацию, какую даёт Стандартная космологическая модель с параметрами  $\Omega_{\Lambda} = 0,72, \Omega_M = 0,28$  [4]. Здесь  $\Omega_M$  - параметр барионной плотности материи,  $\Omega_{\Lambda}$  - параметр, характеризующий вклад  $\Lambda$ -члена, параметр  $\Omega_{rigid}$  отвечает сверхжесткому состоянию материи. Суть конформного подхода заключается в том, что конформные переменные [5], [6] являются физическими для описания гравитации Эйнштейна. Соотношения: фотометрическое расстояние - красное смещение находятся в аналитическом виде. Формулы выражаются в  $\zeta$ - и  $\xi$ - функциях Вейерштрасса. Продемонстрируем здесь две кривые: эффективная звездная величина - красное смещение, используемые в астрономии, полученные двумя моделями (см. рис. 1). Незначительные различия между кривыми проявляются на ранней и поздней стадиях эволюционного развития Вселенной [7]. В стандартной модели для описания диаграммы Хаббла используются три характеристики: параметры Хаббла, замедления и толчка [1]. Параметр замедления меняет свой знак в течение эволюции в точке перегиба кривой, что приводит к загадке: какова причина смены режима замедления на ускоренное расширение? Аналогичные параметры в Конформной космологии остаются положительными в течение всей эволюции: Вселенная не испытывает загадочного толчка, обсуждаемого в [1].

### Литература

1. A.G. Riess et al. Type Ia supernova discoveries at  $z > 1$  from the Hubble Space Telescope: evidence for past deceleration and constraints on dark energy evolution. The Astrophysical Journal. 607, 665 (2004).
2. M. Szydlowski, W. Godlowski. Which cosmological model - with dark energy or modified FRW dynamics? Physics Letters. 633B, 427 (2006).
3. V.N. Pervushin, A.E. Pavlov. Principles of Quantum Universe. Lambert Academic Publishing. Saarbrücken (2014).
4. A.F. Zakharov, V.N. Pervushin. Conformal cosmological model parameters with distant SNe Ia data: "gold" and "silver". International Journal of Modern Physics. 19D, 1875 (2010).
5. P.A.M. Dirac. Fixation of coordinates in the Hamiltonian theory of gravitation. Physical Review. 114, 924 (1959).

6. J.W. York. Role of conformal three-geometry in the dynamics of gravitation. *Physical Review Letters*. 28, 1082 (1972).
7. A.E. Pavlov. Intrinsic time in Geometrodynamics: Introduction and application to Friedmann cosmology. arXiv: 1606.09460v1 [gr-qc].

## МНОГОМЕРНАЯ ГРАВИТАЦИЯ. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

С.Г. Рубин<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> [sergeirubin@list.ru](mailto:sergeirubin@list.ru) ; НИЯУ МИФИ

В лекции будут рассмотрены перспективы развития идеи существования дополнительного пространства. Внимание будет обращено на следующие вопросы:

1. Недостатки: перенормируемость, устойчивость, избыток полей.
2. Стабилизация дополнительных измерений.
3. Возникновение симметрий при низких энергиях, барионная асимметрия.
4. Проблема тонкой настройки физических параметров Вселенной.
5. Новые эффекты:
  - а искаженное дополнительное пространство,
  - б взаимопроникающие пространства (кротовые норы).

## ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ФЕНОМЕНОЛОГИЯ В АСТРОФИЗИКЕ И КОСМОЛОГИИ

В.В. Учайкин<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> [vuchaikin@gmail.com](mailto:vuchaikin@gmail.com); Ульяновский государственный университет

В лекции рассказывается о производных дробного порядка, некоторых их свойствах и применениях в астрофизических задачах и космологических моделях. Физически, необходимость в дробных производных может возникнуть по двум причинам: когда наблюдению доступна лишь часть замкнутой системы, и когда её окружению присуще свойство самоподобия. Самоподобие (скейлинг) является характерной чертой турбулентности, и поэтому естественно ожидать, что в астрофизических задачах, где турбулентность является едва ли не главным процессом, и в космологии, разделяющей Вселенную на видимую и невидимую части, дробные производные должны сыграть определённую роль. Такие работы действительно есть, однако их немного. В лекции даётся обзор и местами критический анализ таких работ, добрая половина которых выполнена при той или иной степени участия автора

лекции. Солнечные вспышки и солнечный ветер, интерпретация данных Улисса и Вояджеров по солнечным космическим лучам, диффузионные процессы в молекулярных облаках, распространение космических лучей в межпланетном и межзвёздном пространстве, образование и ускорение космических лучей в Галактике, межгалактический перенос космических лучей – апробация мелко-дифференциального аппарата во всех этих задачах дала положительный эффект. Заключительная часть лекции посвящена мелко-дифференциальным моделям в космологии. Дается критический анализ итогов фракционизации (этим словом автор обозначает формальную замену производных целых порядков мелко-производными) космологических уравнений, показывающий бесперспективность применения этого аппарата к однородным замкнутым системам. Приводимые автором новые результаты, полученные им в соавторстве с его учениками, касаются возникновения и развития крупномасштабной структуры Вселенной: в этой области применение мелко-дифференциального аппарата вполне обосновано.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (2014/296) и Российского фонда фундаментальных исследований (грант 16-01-00556).

## НЕБРОУНОВСКИЕ БЛУЖДЕНИЯ В МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ГАЛО ТЁМНОЙ МАТЕРИИ

В.В. Учайкин<sup>1</sup>, Д.Н. Безбатько<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *vuchaikin@gmail.com*; Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия

<sup>2</sup> *barrakkuda12@gmail.com* ; Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия

Одним из направлений моделирования крупномасштабной структуры вселенной является подход, основанный на теории случайных блужданий. Во многих работах для этой цели используется модель броуновского движения [1]. Главной идеей этого подхода является образование локализованного элемента структуры при достижении флуктуациями плотности критической величины, называемой барьером. Модель броуновского движения принимается в таких работах за аксиому и не исключает рассмотрение более общих моделей. Некоторые авторы считают броуновскую модель не вполне корректной ввиду отсутствия корреляций и других эффектов, характеризующих реальный физический процесс [2,3].

В настоящем докладе рассматривается задача о распределении времени первого достижения барьера в рамках модели уравнения гиперболического типа (телеграфное уравнение), являющегося обобщением обычного уравнения диффузии. На основе этого обобщения модифицируется формализм Пресса-Шехтера и строится функция распределения масс гало. Результаты сравниваются с известными результатами в модели броуновского движения, мелко-броуновского движения и данными N-частичного моделирования [4].

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-01-00556.

## Литература

1. Press W. H., Schechter P., ApJ 187, 425 (1974).
2. Pan J., Mon. Not. R. Astron. Soc. 374, L6–L9 (2007).
3. Hiotelis N., Astrophys Space Sci (2013) 343:755–761.
4. Tinker J. et al, ApJ 688, 709 (2008).

## ПЕРКОЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДИФФУЗИИ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

В.В. Учайкин<sup>1</sup>, К.В. Щарипова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *vuchaikin@gmail.com*; Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия

<sup>2</sup> *kri\_sharipova28@mail.ru*; Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия

Вывод Э. Ферми об отрицании существования внеземных цивилизаций ввиду отсутствия свидетельств их пребывания в нашей Галактике и её окрестности называют парадоксом Ферми вследствие противоречия расчётам, согласно которым колонизация Галактики иными цивилизациями (если таковые существуют) вполне выполнима за время её существования. Гипотеза Ферми приводит также к выводу об исключительности Земной цивилизации, несовместимому с Космологическим принципом, отрицающим наличие привилегированных систем отсчёта.

Разрешение парадокса Ферми естественно искать на пути совершенствования феноменологической модели диффузии, управляющей этим процессом. Очевидно, обычная диффузионная модель, с обсуждения применимости которой начинают свою перспективную статью Ньюман и Саган [1], несовместима с крупномасштабной структурой Вселенной, и по этой причине подходящую модель следует искать в классе аномальных диффузионных моделей. В статье [2] обсуждается перколяционная модель, в рамках которой распространение цивилизации рассматривается как её просачивание сквозь космические структуры. Настоящий доклад посвящён обсуждению перспектив применения к этой проблеме мелко-дифференциальной перколяционной модели [3]. Мелко-дифференциальный характер диффузионного оператора отражает принципиальную сущность диффундирующей цивилизации: её память и наличие внутренней информационной связи. Кроме этого, предлагаемая модель учитывает губительное действие космических радиационных полей, являющихся сильным ограничительным фактором рассматриваемой диффузии. В докладе даётся вывод уравнения перколяционной диффузии мелко-дифференциального дифференциального типа, приведено решение в двух эквивалентных формах, обсуждаются первые качественные оценки, полученные в рамках этой модели.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-01-00556.

## Литература

1. Newman, W. and Sagan, C. (1981). Galactic civilizations: Population dynamics and interstellar diffusion, Icarus 46, 3, pp. 293–327.



2. Willey K. The Fermi Paradox, Self-Replicating Probes, and the Interstellar Transportation Bandwidth. arXiv: 1111.6131.2011.
3. Учайкин В.В., Метод дробных производных. Ульяновск, изд-во Артишок, 2008.

2-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗИМНЯЯ ШКОЛА-СЕМИНАР  
ПО ГРАВИТАЦИИ, КОСМОЛОГИИ И АСТРОФИЗИКЕ  
«ПЕТРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ-2016»

2<sup>nd</sup> INTERNATIONAL WINTER SCHOOL-SEMINAR  
ON GRAVITY, COSMOLOGY, AND ASTROPHYSICS  
«PETROV SCHOOL-2016»

Программа и сборник тезисов докладов  
международной научной конференции

5 – 10 декабря 2016

КФУ, Казань, Россия

Под общей редакцией профессора *С.В. Сушкова*  
Разработка авторского LaTeX-стиля оформления - *А.А. Агафонов*

Набор сборника осуществлен в издательском пакете LaTeX2 $\epsilon$ .

Подписано в печать 29.11.2016