

Bauman Moscow State Technical University

---

# **XXII International Scientific Conference Physical Interpretations of Relativity Theory**

**Moscow, 5-9 July, 2021**

## **Abstracts**

---



**Bauman Moscow State Technical University**

---

**International  
Scientific Conference  
Physical Interpretations of Relativity Theory**

Moscow, 5–9 July, 2021

Abstracts

Moscow, 2021

## Bauman Moscow State Technical University

Physical Interpretations of Relativity Theory: International Scientific Conference (Moscow, 5–9 July, 2021): Abstracts / Bauman Moscow State Technical University. – Moscow: BMSTU, 2021. – 136, [1] p.

The conference focuses on the following issues: discussion of physical, geometric and mathematical interpretation of the theory of relativity and its modern generalizations; discussion of observed effects, and experimental verification of the theory of relativity; methods for recording gravitational waves; effects of relativistic electrodynamics and optics of moving media; astrophysical observations and space experiments.

Support and assistance were provided by The State Duma Committee on Education of the Russian Federation, Department of Physics, University of Liverpool, Great Britain, Russian Gravitational Society, Moscow Physical Society, The International Society on General Relativity and Gravitation, British Society for the Philosophy of Science, Calcutta Mathematical Society.

## CONTENTS

<i>Agrawal A.S., Mishra B., Tripathy S.K.</i> Matter bounce scenario in an extended gravity.....	7
<i>Akpojotor G.E., Ibeh G.J.</i> Can the Higgs radiation as the fundamental energy source be the path to a theory of everything?.....	7
<i>Alexeyev S.O., Krichevskiy D.P.</i> Study of gravity models with nonlinear symmetry realization .....	8
<i>Antonyuk P.N.</i> A new approach to the derivation of the law of universal gravitation from Kepler's laws.....	10
<i>Avramenko A.E.</i> Pulsar: physical generalization of galactic time-space.....	11
<i>Babourova O.V., Frolov B.N., Khetzeva M.S., Kushnir D.V.</i> The structure of the curvature tensor of plane gravitational waves.....	14
<i>Babourova O.V., Frolov B.N.</i> Decrease of the effective cosmological constant in the Poincare gauge theory of gravity with a scalar field.....	16
<i>Beesham A., Bishi B.K., Mahanta K.L.</i> Reconstruction of some cosmological models from the deceleration parameter.....	18
<i>Behera D.</i> Anisotropic Cosmological Models in f(R,T) Theory.....	19
<i>Berezin V., Dokuchaev V., Eroshenko Y., Smirnov A.</i> Cosmological solutions in Weyl geometry.....	20
<i>Bolshakova K.A., Chervon S.V.</i> Effective one-field model of TMS gravity with Higgs potential.....	22
<i>Burinskii A.Ya.</i> The Dirac electron consistent with proper gravitational and electromagnetic field of the Kerr-Newman solution.....	24
<i>Chaadaev A.A., Chervon S.V.</i> Exact spherically symmetric solution of f(R, $\square R$ ) gravity.....	25
<i>Chakraborty S., MacDevette K., Dunsby P.K.S.</i> A model-independent approach to dynamical system analysis in cosmology.....	27
<i>Chervon S.V., Fomin I.V.</i> Chiral cosmological models of f(R, $(\nabla R)^2$ , $\square R$ ) gravity.....	28
<i>Dokuchaev V.I., Nazarova N.O.</i> Images of black holes.....	30
<i>Doroфеев V.Yu.</i> Gravity on a nonassociative algebra.....	32
<i>Emtsova E.D., Krssak M., Petrov A.N., Toporensky A.V.</i> On the Schwarzschild solution in TEGR .....	33
<i>Eroshenko Yu.N.</i> Primordial black holes in the early Universe.....	35
<i>Fil'chenkov M.L., Laptev Yu.P.</i> Vacuum Polarization and Particle Creation for Two-Horizon Metrics.....	36

<i>Fisenko S.I.</i> Analogy of star formation with the formation of plasma of multicharged ions in pulsed high current discharges.....	38
<i>Fomin I.V., Chervon S.V.</i> Relic gravitational waves in cosmological models based on the modified gravity theories.....	41
<i>Garat A.</i> A new symmetry for the imperfect fluid in relativistic astrophysics.....	42
<i>García-Farieta J.E., Hellwing W.A., Gupta S., Bilicki M.</i> Probing gravity with redshift-space distortions: effects of tracer bias and sample selection.....	43
<i>Gladyshev V.O., Sharandin E.A., Skrabatun A.V.</i> Generation of the third optical harmonic in air under femtosecond infrared repetitively pulsed excitation.....	44
<i>Grib A.A., Pavlov Yu.V.</i> Some properties of nonsynchronous reference frames in cosmology.....	45
<i>Gutierrez-Pineres A.C.</i> Newman-Janis Ansatz for rotating wormholes.....	47
<i>Ibeh G.J., Akpojotor G.E.</i> Current Status of the Newtonian, Inflationary and Cyclic Models of the Early Universe.....	48
<i>Il'ichov L.V., Rostom A.M., Shepelin A.V., Tomilin V.A.</i> Multiworld Motives by Closed Time-like Curves.....	48
<i>Ivanova I.D.</i> Null shells and double layers in quadratic gravity.....	49
<i>Izmaïlov G.N.</i> An uniform model for Dark Matter and Dark Energy.....	51
<i>Izmaïlov G.N., Ozolin V.V.</i> Precision Clock Network As Space-Based Gravity Antennas.....	52
<i>Kadam S.A., Mishra B.</i> Late time cosmic acceleration in $f(T, B)$ gravity.....	53
<i>Kamalov T.F.</i> What are Non-local Variables?.....	54
<i>Karimov R.Kh., Izmailov R.N., Nandi K.K., Ivanova A.A.</i> Shapiro delay in Kerr-Sen black hole.....	56
<i>Kassandrov V.V., Markova N.V.</i> Extended geometry and kinematics induced by biquaternionic and twistor structures.....	58
<i>Khamis Hassan M.H., Volkova O.A., Kamalov T.F.</i> Phenomenon of dark matter and dark energy as result of non-calculation additional derivatives....	62
<i>Kopylov S.</i> The hypothesis of black hole evaporation in multidimensional spaces.....	63
<i>Koshelev N.A.</i> Extended $f(R)$ theories with kinetic curvature scalar in the weak field regime.....	65
<i>Kruglov A.I., Okunev V.S.</i> Expansion of the Concept of the Term "Physical Vacuum".....	68

<i>Krysanov V.A.</i> Noise factor and reception bandwidth in optoacoustical GW antenna.....	71
<i>Le T.D.</i> A study of space-time variation of the gravitational constant using high-resolution quasar spectra.....	75
<i>Lebed A.G.</i> Breakdown of the Equivalence Principle for a composite quantum body.....	76
<i>Levin S.F.</i> Cosmological distance scale: discordances and rank inversion....	76
<i>Li B., Zhang H., Shum P.</i> The Underlying Mechanisms of Time Dilation Effect in Curved Space-Time.....	80
<i>Lohakare S.V., Mishra B.</i> Dynamical behaviour of accelerating cosmological model $F(R, G)$ gravity.....	80
<i>Makarov A.M., Luneva L.A.</i> The problem of the existence of gravitational waves in classical physics.....	81
<i>Mayburov S.</i> Search for periodical variations of nucleus weak decay parameters.....	82
<i>Meierovich B.E.</i> Gravitational Radius in view of Existence and Uniqueness Theorem.....	84
<i>Milyukov V.K.</i> The space-borne gravitational wave detector TianQin: Current progress on science and technology.....	86
<i>Mishra B.</i> Little Rip Cosmology in Extended Gravity.....	88
<i>Monakhov V.V., Kozhedub A.V.</i> Spinor vacuum and C, P, T inversions.....	88
<i>Okuniev V.S.</i> An Elementary Analysis of the Simplest Relations of Relativity Theory.....	89
<i>Olkhov O.A.</i> Theory of relativity and geometrisation of quantum mechanics.....	91
<i>Pati L., Mishra B.</i> Dynamics of $f(Q, T)$ gravity with variable deceleration parameter.....	94
<i>Petrov A.N.</i> The field-theoretical methods in Lovelock gravity.....	95
<i>Petrova L.I.</i> The connection of the field theory equations with the equations of mathematical physics. The nature and origins of dark matter and dark energy.....	97
<i>Petrov V.A.</i> Space-Time Scales in High Energy Collisions.....	99
<i>Pinto I.M., Addesso P.</i> Estimating the Chirp-mass and Eccentricity of Coalescing Binary Systems from Time-Frequency Representations of their Gravitational Wave Emission.....	100
<i>Pinto I.M., Pierro V.</i> Fully Optimized Ternary Coatings for Next Generation Interferometric Cryogenic Detectors of Gravitational Waves.....	101
<i>Pokrovsky Yu.E.</i> $F(R,G)$ Gravity with Maximal Noether Symmetry.....	102

<i>Pustovoit V., Gladyshev V., Kauts V., Morozov A., Nikolaev P., Fomin I., Sharandin E., Kayutenko A.</i> High frequency gravitational waves: generation, detection.....	104
<i>Ray P.P.</i> Stability analysis of two-fluid dark energy models.....	105
<i>Romero C.</i> The Invariant Weyl Theory of Gravity.....	106
<i>Rudenko V., Andrusenko S., Krichevskiy D., Manucharyan G.</i> Euro-Asian gravitational network: criteria of quality.....	107
<i>Sahoo P.K.</i> Wormhole geometry in a modified symmetric teleparallel gravity.....	108
<i>Sharif M.</i> Noether Symmetry Technique in Modified Gravity.....	109
<i>Shishanin A.O.</i> Examples of Calabi-Yau threefolds with small Hodge numbers.....	109
<i>Siparov S.V.</i> Completely geometric theory.....	111
<i>Timofeev V.N.</i> On the force caused by a null Einstein-Maxwell field with the plane symmetry.....	114
<i>Toporensky A.V., Zaslavskii O.B.</i> Flow and peculiar velocities in the background of spherically symmetric black holes.....	117
<i>Trell E.</i> From Photon to Oganesson: Lie Algebra Realization of the Standard Model Extending over the Periodic Table.....	117
<i>Tripathy S.K.</i> Unified Dark Fluid models in Brans-Dicke Theory.....	118
<i>Vargashkin V.</i> Statistical analysis of random error of satellite measurements of anisotropy of CMB temperature in temporally and frequency areas.....	119
<i>Vertogradov V.D.</i> Forces in Schwarzschild, Vaidya and generalized Vaidya spacetimes.....	123
<i>Yurasov N.I.</i> About spin of a massive particle in the Standard Model.....	124
<i>Yusupova R.M., Izmailov R.N.</i> Properties of thin accretion disks in the space-time of a non-singular charged black hole.....	127
<i>Zhuravlev V.M.</i> The principle of materiality of space and the theory of fundamental fields.....	128
<i>Zhuravlev V.M., Chervon S.V.</i> Method of multiscale expansions in problems of cosmological inflation.....	132
<i>Zloshchastiev K.G.</i> Superfluids in astrophysics and all that jazz.....	135
<i>Zubair M.</i> Evolution of Tsallis Holographic Dark Energy in Minimally Coupled Gravity.....	136

# Matter bounce scenario in an extended gravity

Agrawal A.S.<sup>1</sup>, Mishra B.<sup>2</sup>, Tripathy S.K.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Mathematics, Birla Institute of Technology and Science-Pilani,  
Hyderabad, India

<sup>2</sup> Department of Mathematics, Birla Institute of Technology and Science-Pilani,  
Hyderabad, India

<sup>3</sup> Department of Physics, Indira Gandhi Institute of Technology, Odisha, India

**E-mail:** agrawalamar61@gmail.com, bivu@hyderabad.bits-pilani.ac.in,  
tripathy\_sunil@redi\_mail.com;

In this paper, we have studied the bouncing cosmology in extended theory of gravity in an anisotropic space time. The bouncing scenario has been formulated to avoid the big bang singularity. We have studied the behaviour of Hubble parameter, deceleration parameter and equation of state parameter. The scalar field reconstruction and the stability of the model are performed with appropriately placing the representative value of the model parameters. The violation of strong energy condition has been shown.

# Can the Higgs radiation as the fundamental energy source be the path to a theory of everything?

Akpojotor G.E.<sup>1</sup>, Ibeh G.J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics, Delta State University, Abraka, Nigeria

<sup>2</sup> Department of Physics, Nigerian Defence Adacemy, Kaduna, Nigeria

**E-mail:** akpogea@delsu.edu.ng, gjibeh@nda.edu.ng;

In this study, we revisit the age long Einstein assertion that the inertia of a body depends on its energy content. By demonstrating with both macroscopic and microscopic systems, we reaffirmed that the energy content provides the inertia. The implication for the Einstein energy-mass relation as possible fundamental equation is then formulated. We then propose that the fundamental energy source is the Higgs radiation from the big bang and that the competition between the kinetic energy (motion speeds) and potential energy (collision types) has been responsible for the types and behaviours of the emergent particles hence the first microscopic systems and then macroscopic systems. One immediate observation is that both the emergent theory and the reductionist theory have this same fundamental energy source as the

kernel of their theories with the former moving forward in time and the latter moving backward in time. We are then led to further postulate that the Higgs radiation as the fundamental energy source is the path to a theory of everything.

## Study of gravity models with nonlinear symmetry realization

Alexeyev S.O.<sup>1</sup>, Krichevskiy D.P.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

E-mail: alexeyev@sai.msu.ru, daniil.krichevskiy@mail.ru;

In this paper we study gravity models with nonlinear symmetry realization. Nonlinear symmetry realization lets one derive phenomenological Lagrangian of Goldstone modes which appear due to spontaneous symmetry breaking [1]. We consider a situation, when symmetry is spontaneously broken from a bigger group – Poincare group, extended with operators of conformal group (the first model) or operators of special linear group (the second model) – down to Poincare group [2].

For the first model we show that 5 emerging scalar fields can't generate inflation in the early Universe.

In the second model 10 emerging scalar fields are associated with gravitational degrees of freedom. We show that the scalar degree of freedom does not interact with matter and gravitational modes, so that gravitational modes are described by traceless symmetric matrix. We also derive interaction Lagrangian for the gravitational modes and vector field. The vertex of the theory describes four-particle interaction.

References:

1. Coleman S.R., Wess J., Zumino B. Structure of phenomenological Lagrangians // Phys. Rev. 1969. V.177. P.2239-2247. DOI:10.1103/PhysRev.177.2239;
2. Arbuzov A., Latosh B. Gravity and nonlinear symmetry realization // Universe. 2020. Vol.6(1). P. 12. DOI:10.3390/universe6010012.

# **Исследование гравитационных моделей с нелинейной реализацией симметрии**

**Алексеев С.О.<sup>1</sup>, Кричевский Д.П.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> ГАИШ МГУ, Москва, Россия

<sup>2</sup> МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

**E-mail:** alexeyev@sai.msu.ru, daniil.krichevskiy@mail.ru;

В данной работе исследуются модели гравитации с нелинейной реализацией симметрии. Нелинейная реализация симметрии позволяет получить феноменологический лагранжиан голдстоуновских мод, возникающих из-за спонтанного нарушения симметрии [1]. Рассматривается спонтанное нарушение симметрии от большей группы - группы Пуанкаре, расширенной операторами конформной группы (первая модель) или операторами специальной линейной группы (вторая модель) - до группы Пуанкаре [2].

В первой модели показано, что 5 возникающих скалярных полей не могут вызвать инфляцию в ранней Вселенной.

Во второй модели 10 возникающих скалярных полей ассоциированы с гравитационными степенями свободы. Показано, что скалярная степень свободы не взаимодействует с веществом и гравитационными модами, поэтому гравитационные моды описываются бесследовой симметричной матрицей. Получен лагранжиан взаимодействия для гравитационных мод и векторного поля. Вершина теории описывает четырехчастичное взаимодействие.

Литература:

1. Coleman S.R., Wess J., Zumino B. Structure of phenomenological Lagrangians // Phys. Rev. 1969. V.177. P.2239-2247. DOI:10.1103/PhysRev.177.2239;
2. Arbuzov A., Latosh B. Gravity and nonlinear symmetry realization // Universe. 2020. Vol.6(1). P. 12. DOI:10.3390/universe6010012.

# **A new approach to the derivation of the law of universal gravitation from Kepler's laws**

**Antonyuk P.N.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

<sup>2</sup> *Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia*

**E-mail:** pavera@bk.ru;

Everyone knows that the inverse square law follows from Kepler's third law. Let us prove more: the law of universal gravitation follows from Kepler's third law.

Kepler knew that his law applied not only to the Solar system, but also to the Jupiter-satellites system. In this case, the constant value in the law has a different numerical value. This means that the constant depends on the mass of the central body (Sun, Jupiter).

We can write a functional equation for this constant, the general solution of which gives a formula for the constant versus mass. The found formula leads us to the law of universal gravitation.

## **Новый подход к выводу закона всемирного тяготения из законов Кеплера**

**Антонюк П.Н.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

<sup>2</sup> *Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия*

**E-mail:** pavera@bk.ru;

Известно, что закон обратных квадратов следует из третьего закона Кеплера. Докажем большее: закон всемирного тяготения следует из третьего закона Кеплера.

Кеплер знал, что его закон применим не только к Солнечной системе, но и к системе Юпитер – спутники. При этом постоянная величина в законе имеет другое числовое значение. Это означает, что постоянная зависит от массы центрального тела (Солнце, Юпитер).

Для этой постоянной мы можем написать функциональное уравнение, общее решение которого дает формулу зависимости постоянной от массы. Найденная формула приводит нас к закону всемирного тяготения.

# Pulsar: physical generalization of galactic time-space

Avramenko A.E.

*Pushchino Radio Astronomy Observatory, Russia*

E-mail: avr@itaec.ru;

After the cancellation of the unit of time - the second as a fraction of the tropical year adopted in 1960 and the definition of the atomic unit of time instead of it in 1967 by the number of periods of the radiation of the cesium atom 133, in physical systems of time measurement, significant collision arose with the ephemeris time based on the theory of planetary motion and their physical applications, established in 19th century Le Verrier and Newcomb. Atomic time, stable over short enough intervals only, could not compete with sidereal time on a secular scale. In addition, serious problems arose with its mathematical adaptation, taking into account the uncertainty of the gravity factor in 4-dimensional time-space. The same problems could not escape the pulsars just discovered at that time.

The monotonically decelerating rotation of a pulsar with a constant derivative of the rotation period is fully consistent with the requirements for the time scale, which were formulated in ephemeris astronomy (V.K. Abalakin, 1978). The time scale is considered as any material system with continuous and stable motion and representing a certain measurable parameter  $P$ , which changes over time as a function of the independent variable of time  $t$ . The observed rotation period of the pulsar  $P(t)=P_0 + P_{dot} \times t$  is just such a measurable parameter. The fixed value of the derivative of the period  $P_{dot}$  determines, firstly, the same conditions for synchronization of the spatial time scales by the initial value of the period  $P_0$  in any spatial coordinates system, and, secondly, the uniformity of the pulsar time scales over an unlimited extent in each of them.

The physical and metric features of ephemeris time scales in the space of the Solar system based on observations of the pulsar B0850 + 08 are considered. The measured daily period increment  $\Delta P$  show a stable monotonic increase in the rotation period of the pulsar with a resolution up to the 25th decimal position, corresponding to the derivative of the period  $P_{dot}=1.676E-16$ . At the same time, up to the 14-15th decimal positions, corresponding to the femtosecond resolution of the pulsar scale, the daily increments of the period are strictly constant within the entire observation interval. The remaining decimal positions of  $\Delta P$ , from 14-15th to 25th, are expressed in a countable number of randomly repeating combinations of them. This testifies, according to our hypothesis, that here we are dealing with the quantum-mechanical interaction of a wave of electromagnetic radiation from a

pulsar with a matter field with its own properties inherent in the physics of nonequilibrium processes associated with the self-organization of dissipative structures (I.R. Prigogine, 1986).

By analogy with the definition of the previous solar second as a fraction of the tropical year, the definition of the unit of time - the pulsar second - is given as the number of periods of the radiation of the pulsar B0850 + 08 measured on the specified date, with accuracy up to 15 decimal positions. This definition, as the previous solar second, is also associated with the kinematic characteristics of a neutron star only. It independent of the gravitational factor, and, unlike the atomic second, has absolute stability in an unlimited time interval. Thus, this definition of the pulsar second corresponds to the conditions of the physical implementation of the coordinate time scales adapted in the space of the solar system.

## **Пульсар: физическое обобщение галактического времени-пространства**

**Авраменко А.Е.**

Пущинская РадиоАстрономическая Обсерватория, Россия

**E-mail:** avr@itaec.ru;

С отменой исчисления времени на основе принятой в 1960 г. единицы времени - секунды как доли тропического года и введением в 1967 г. атомной единицы времени, определяемой по числу периодов излучения атома цезия 133, в физических системах измерения времени возникли непреодолимые противоречия с эфемеридным временем, установленным еще в 19 веке Леверье и Ньюкомом на основе теории планетных движений и их практических приложений. Атомное время, стабильное только на относительно коротких промежутках, не могло конкурировать со звездным временем на вековом масштабе. К тому же возникли серьезные проблемы с его математической адаптацией с учетом неопределенности фактора тяготения в 4-мерном времени-пространстве. Эти же проблемы не миновали и только что открытые на то время пульсары.

Монотонное замедление вращения пульсара с постоянной производной периода полностью согласуется с требованиями к шкале времени, которые были сформулированы в эфемеридной астрономии (В.К. Абалакин, 1978). Шкала времени, как некоторая материальная система, обладающая непрерывным и устойчивым движением и представляющая определенный измеримый параметр  $P$ , изменяющийся со временем в виде функции

независимой переменной времени  $t$ . Именно таким измеримым параметром является наблюдаемый период вращения пульсара  $P(t)=P_0+P_{dot}\times t$ . Фиксированная величина производной периода  $P_{dot}$  определяет, во-первых, условие синхронизации пульсарных шкал времени по начальному значению периода  $P_0$  в любой пространственной координатной системе, и, во-вторых, равномерность пульсарных шкал времени на неограниченной протяженности в каждой из них.

Рассматриваются физические и метрические особенности шкал времени пульсара B0850+08 в пространстве Солнечной системы. Измеренные суточные приращения периода  $\Delta P$  показывает абсолютную детерминированность периода вращения пульсара с разрешением до 25-го десятичного знака при постоянной производной периода  $P_{dot}=1,676\text{E-}16$ . При этом до 14-15-го десятичного знака, соответствующего фемтосекундному разрешению пульсарной шкалы, суточные приращения периода строго постоянны в пределах всего промежутка наблюдений. Остальные десятичные знаки  $\Delta P$ , с 14-15-го до 25-го, выражаются счетным числом случайным образом повторяющихся их комбинаций. Это свидетельствует, по нашей гипотезе, что здесь мы имеем дело с квантово-механическим взаимодействием волны электромагнитного излучения пульсара с полем материи со своими особенностями, характерными для физики неравновесных процессов, связанной с самоорганизацией диссипативных структур (И.Р. Пригожин, 1986). Пульсарная шкала времени, таким образом, обнаруживает эти волновые взаимодействия и безошибочно детектирует их во времени, подтверждая тем самым, что пульсарные шкалы времени едины для измерения любых процессов, протекающих в галактическом пространстве.

По аналогии с определением солнечной секунды в прошлом как доли тропического года дано новое определение единицы времени – пульсарной секунды как числа периодов излучения, измеренных на указанную дату, с точностью до 15-го десятичного знака. Как и прежнее определение секунды как доли тропического года, оно также связано с кинематическими характеристиками нейтронной звезды B0850+08, обладает абсолютной устойчивостью в неограниченном промежутке времени и является физической реализацией единицы времени в координатных шкалах времени, принятых в пространстве Солнечной системы.

# The structure of the curvature tensor of plane gravitational waves

Babourova O.V.<sup>1</sup>, Frolov B.N.<sup>2</sup>, Khetzeva M.S.<sup>3</sup>, Kushnir D.V.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, Moscow,  
Russia

<sup>2,3,4</sup> Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russia

E-mail: babourova@mail.ru, bn.frolov@mpgu.su, ms.khetzeva@mpgu.su,  
shtopor\_94@mail.ru;

The Theorem is proved that the action of the Lie derivative on the plane wave curvature 2-form in the direction of the vector generating in an affine-metric space the invariance group of this wave is equal to zero.

It is known that metrics, torsion and nonmetricity of the plane wave type admit a symmetry group 2 of space-time motions in an affine-metric space with the conditions,  $L_X g_{\alpha\beta} = 0$ ,  $L_X T^\alpha = 0$ ,  $L_X Q_{\alpha\beta} = 0$ , where  $L_X$  is the Lie derivative along the vector field  $X = (a + b'x + c'y)\partial_v + b\partial_x + c\partial_y$  [1]. Here  $a = \text{const}$ ,  $b(u)$ ,  $c(u)$  are arbitrary functions of retarded time  $u$ , and  $b'$ ,  $c'$  are their derivatives. The following Theorem is proved.

**Theorem:** The action of the Lie derivative on the curvature 2-form  $R_{\alpha\beta}$  of a plane gravitational wave in the direction of the vector generating in an affine-metric space the 5-parameter invariance group of this wave is identically equal to zero:  $L_X R_{\alpha\beta} = 0$ .

In the Riemann space of General Relativity, the components of the curvature tensor depend on three arbitrary functions that determine the metric, of which only two determine the Ricci tensor:  $R_{11} = A(u) + C(u)$  (the curvature scalar is equal to zero). Therefore the curvature tensor of plane gravitational waves can carry information encoded by these two functions in the wave source. The third function remains arbitrary. This fact can be useful if gravitational waves can be used to transmit information.

## References:

1. Babourova O.V., Khetzeva M.S., Markova N.A., Frolov B.N. Structure of plane gravitational waves of nonmetricity in affine-metric space. *Class. Quantum Grav.* V. 35, pp. 175011 (8pp), 2018.

# Структура тензора кривизны плоских гравитационных волн

Бабурова О.В.<sup>1</sup>, Фролов Б.Н.<sup>2</sup>, Хецева М.С.<sup>3</sup>, Кушнир Д.В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия

<sup>2,3,4</sup> Московский педагогический государственный университет (МПГУ), Москва, Россия

**E-mail:** babourova@mail.ru, bn.frolov@mpgu.su, ms.khetseva@mpgu.su, shtopor\_94@mail.ru;

Известно, что метрика, кручение и неметричность типа плоской волны допускают в аффинно-метрическом пространстве 5-параметрическую группу  $G_5$  симметрии со свойствами:  $L_X g_{\alpha\beta} = 0$ ,  $L_X T^\alpha = 0$ ,  $L_X Q_{\alpha\beta} = 0$  где  $L_X$  – производная Ли в направлении векторного поля  $X = (a + b'x + c'y)\partial_v + b\partial_x + c\partial_y$  [1]. Здесь  $a = \text{const}$ ,  $b(u)$ ,  $c(u)$  – произвольные функции запаздывающего времени  $u$ , а  $b'$ ,  $c'$  – их производные. Доказана следующая теорема.

**Теорема:** Действие производной Ли на 2-форму кривизны  $R_{\alpha\beta}$  плоской гравитационной волны в направлении вектора  $\vec{X}$ , генерирующего в аффинно-метрическом пространстве 5-параметрическую группу  $G_5$  инвариантности этой волны, тождественно равно нулю:  $L_X R_{\alpha\beta} = 0$ .

В пространстве Римана ОТО компоненты тензора кривизны зависят от трех произвольных функций, определяющих метрику плоской волны, из которых только две определяют тензор Риччи:  $R_{11} = A(u) + C(u)$ , при равных нулю скаляре кривизны.

Тем самым тензор кривизны плоской гравитационной волны может переносить информацию, кодируемую этими двумя функциями в источнике волны. Третья функция остается произвольной. Этот факт может оказаться полезным, если гравитационные волны смогут быть использованы для передачи информации.

Литература:

1. Babourova O.V., Khetzeva M.S., Markova N.A., Frolov B.N. Structure of plane gravitational waves of nonmetricity in affine-metric space. *Class. Quantum Grav.* V. 35, pp. 175011 (8pp), 2018.

# **Decrease of the effective cosmological constant in the Poincare gauge theory of gravity with a scalar field**

**Babourova O.V.<sup>1</sup>, Frolov B.N.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, Moscow, Russia*

<sup>2</sup> *Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russia*

**E-mail:** babourova@mail.ru, bn.frolov@mpgu.su;

In the Poincare gauge theory of gravity, it is proved that at the super-early universe, the effective cosmological constant decreases exponentially from a huge value at the Big Bang to its modern value.

A truncated version of Poincaré gauge theory of gravity is considered, the Lagrangian of which contains the squares of the torsion tensor (which thus plays a dynamic role in the theory), but excludes the squares of the curvature tensor. In this case, by analogy with [1,2], the Lagrangian contains a term (playing the role of dark energy) with the effective cosmological constant, which depends on the Weyl–Dirac cosmological scalar field  $\beta$ .

The super-early stage of the universe with spatially flat FRW metric and scale factor  $a(t)$  is considered. Under the condition that the constant of the self-action of the field  $\beta$  and the coupling constant of the field  $\beta$  with torsion are substantially small (but not equal to zero), a cosmological solution is found, which is similar to that obtained in [1,2]. The peculiarity of this solution consists in an exponentially sharp decrease in the effective cosmological constant (within the time of inflation) with a transition to its present value at a large value of time. At the same time, the scale factor  $a(t)$  demonstrates inflationary behavior.

It can be assumed that the found solution can serve as a basis for solving the well-known cosmological constant problem also in the Poincaré gauge theory of gravity, and not only in the Poincaré–Weyl gauge theory of gravity.

## References:

1. Babourova O.V., Frolov B.N. The Solution of the Cosmological Constant Problem: The Cosmological Constant Exponential Decrease in the Super-Early Universe // *Universe*. – 2020. – V. 6. – N. 12. – P. 230(9);
2. Babourova O.V., Frolov B.N. On the exponential decrease of the “cosmological constant” in the super-early Universe// Journal of Physics: Conference Series – 2020. – V. 1557. P. 012011(6).

# **Уменьшение эффективной космологической постоянной в пуанкаре-калибровочной теории гравитации со скалярным полем**

**Бабурова О.В.<sup>1</sup>, Фролов Б.Н.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия*

<sup>2</sup> *Московский педагогический государственный университет (МПГУ), Москва, Россия*

**E-mail:** babourova@mail.ru, bn.frolov@mpgu.su;

В пуанкаре-калибровочной теории гравитации показано, что в суперранней вселенной эффективная космологическая постоянная экспоненциально уменьшается от огромной величины при Большом взрыве до современного ее значения.

Рассматривается усеченный вариант пуанкаре-калибровочной теории гравитации, в лагранжиане которой присутствуют квадраты тензора кручения (которое тем самым играет динамическую роль в теории), но исключены квадраты тензора кривизны. При этом в лагранжиане по аналогии с [1,2] присутствует (играющее роль темной энергии) слагаемое с эффективной космологической постоянной, зависящей от космологического скалярного поля Вейля–Дирака  $\beta$ .

Рассмотрена супер-ранняя стадия Вселенной с пространственно плоской метрикой ФРУ и масштабным фактором  $a(t)$ . При условии существенной малости констант самодействия поля  $\beta$  и связи поля  $\beta$  с кручением найдено космологическое решение, аналогичное полученному в [1,2]. Особенность данного решения состоит в экспоненциально резком уменьшении эффективной космологической постоянной (в пределах времени инфляции) с переходом к современному ее значению при большом значении времени.

Можно полагать, что найденное решение может служить основой для решения известной проблемы космологической постоянной также и в пуанкаре-калибровочной теории гравитации, а не только в пуанкаре-вейль калибровочной теории гравитации, что было получено в [1,2].

Литература:

1. Babourova O.V., Frolov B.N. The Solution of the Cosmological Constant Problem: The Cosmological Constant Exponential Decrease in the Super-Early Universe // *Universe*. – 2020. – V. 6. – N. 12. – P. 230(9);

2. Babourova O.V., Frolov B.N. On the exponential decrease of the “cosmological constant” in the super-early Universe// Journal of Physics: Conference Series – 2020. – V. 1557. P. 012011(6).

## **Reconstruction of some cosmological models from the deceleration parameter**

**Beesham A.<sup>1</sup>, Bishi B.K.<sup>2</sup>, Mahanta K.L.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> University of Zululand, Kwa-Dlangezwa, South Africa; Mangosuthu University of Technology, Umlazi, South Africa

<sup>2</sup> Lovely Professional University, Phagwara, India

<sup>3</sup> C.V. Raman University, Bhubaneswar, India

**E-mail:** abeesham@yahoo.com, binayabc@gmail.com, mahantakamal@gmail.com;

Since the discovery of the late-time acceleration of the universe [1], researchers are still trying to find an explanation for it. This is regarded as the most important unsolved problem in cosmology today [2]. The most favoured explanation is dark energy, an unknown or exotic form of matter with negative pressure. One may argue that particle physics may provide the answer in time. Currently, the LambdaCDM model is regarded as the best model. Although this model is reasonably successful and widely accepted, there is growing interest in looking at alternatives. Some of the reasons for this are the fine-tuning, coincidence, inflationary paradigm and cosmological constant (Lambda) problems, and whether general relativity is valid on large scales [3].

One focus in trying to understand dark energy is to assume some form of the scale, Hubble or deceleration parameter (or some other reasonable assumption), and then to see how well the model fits in with current observations. This approach is broadly called re-construction. In this talk, we focus on the deceleration parameter. We provide a brief review of the various forms of the deceleration parameter that have been employed in the past in cosmology, and then focus on one particular form in an alternative theory,  $f(R,T)$  gravity, which has drawn a lot of attention. We note that it is most worthwhile to study alternative dark energy & dark gravity models in order to fully understand the entire space of possibilities [4], if nothing else. The parameters of our model are derived and analysed, and shown to be consistent with observations. The energy conditions are also discussed.

## References:

1. Perlmutter S et al 1998 *Nature* 391(1998)51; Riess A G et al 1998 *Astron J* 116(1998)1009;
2. Arun K, Gudennavar S B and Sivaram C 2017 Dark matter, dark energy, and alternate models: A review *Adv Space Res* 60(2017)166-186;
3. Bull P et al 2016 Beyond LambdaCDM: Problems, solutions, and the road ahead *Phys Dark Univ* 12(2017)69-99;
4. Durrer R and Maartens R 2008 Dark Energy and Dark Gravity *Gen Relativ Grav* 40(2008)301-328.

## Anisotropic Cosmological Models in f(R,T) Theory

**Behera D.**

*Department of Physics, Indira Gandhi Institute of Technology, Sarang Dhenkanal, Odisha, India*

**Email:** dipanjali.behera xyz@gmail.com;

We have investigated some cosmic transit models in the framework of an extended gravity theory where the usual Ricci scalar in the gravitational action is replaced by a sum of the Ricci scalar and a term proportional to the trace of the energy momentum tensor. A hybrid scale factor is assumed to simulate the cosmic transit behaviour. The hybrid scale factor has two parameters that describe the behaviour of the model at an initial epoch and at a late epoch. The parameters of the hybrid scale factor have been constrained from the cosmic transit behaviour. Four different cosmic transit models have been constructed and are confronted with the observational Hubble parameter data. A cosmographic test for the cosmic transit models is conducted to assess their dynamical evolution. The effect of the model parameters on the cosmic dynamics has been investigated.

# Cosmological solutions in Weyl geometry

**Berezin V., Dokuchaev V., Eroshenko Y., Smirnov A.**

*Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

**E-mail:** berezin@inr.ac.ru;

The idea of the emergent Universe is very attractive. And the more symmetric it at the very beginning, the easier this may happen. The cosmological principle – homogeneity and isotropy – gives us an example of such symmetry. Is it enough? Roger Penrose and Gerard ‘t Hooft say – no! They advocate for yet another one – conformal invariance. This means that (at least) the very early Universe has no fixed scale. In construction of the conformal invariant Lagrangian we restrict ourselves to the so-called Quadratic Gravity. Then, in the Riemannian geometry there exist only one suitable combination, namely, the square of the Weyl tensor (completely traceless part of the curvature tensor). The corresponding left-hand side of the field equations, the Bach tensor, is linear in the Weyl tensor itself and its second covariant derivatives. But, for any homogeneous and isotropic cosmological space-time (i.e., Robertson-Walker metric with arbitrary scale factor) the Weyl tensor is identically zero. Thus, any cosmological metric is the vacuum solution of the Weyl gravity in the framework of the Riemannian geometry – no cosmology at all! In 1919 Hermann Weyl invented a new geometry, which is now called the Weyl geometry. He introduced some 1-form and incorporated it into the connections by demanding that the new covariant derivative of the metric tensor coefficient equals this 1-form times that very coefficient. Then, he showed that in order these new connections to be conformal invariant, the 1-form must behave under the conformal transformation of the metric as the gauge field. It was the great discovery! How about the cosmology in the Weyl geometry? We started with construction of the Lagrangian for the single particle moving in the given gravitational field in the Weyl geometry and discovered that there may exist some new interaction, absent in the Riemannian geometry (and, particularly, in General Relativity). This due to the existence of the yet another invariant, namely, the contraction of the 1-form with the particle four-velocity vector. We called it “the invariant B”. And we were able to incorporate it into the Lagrangian for the perfect fluid. The cosmological principle requires that the Weyl 1-form should have only one (temporal) non-vanishing component depending only on the time coordinate. Hence, it can be removed by a suitable conformal transformation (also depending only on time). In such a gauge all possible functions of our new invariant B are converted into the set of some constants. The corresponding solutions we called “the basic solutions”. Given the basic solutions,

the general ones are obtained by the arbitrary time-depending conformal transformation of both metric tensor and the 1-form. The important role in the existence of the non-trivial cosmological solutions is played by the possibility of the particle creation.

## **Космологические решения в геометрии Вейля**

**Березин В., Докучаев В., Ерошенко Ю., Смирнов А.**

*Институт ядерных исследований Российской академии наук, Москва, Россия*

**E-mail:** berezin@inr.ac.ru;

Идея возникающей Вселенной чрезвычайно привлекательна. И чем более симметрична она в самом начале, тем легче это совершить. Космологический принцип – однородность и изотропия – дает нам пример такой симметрии. Достаточно ли этого? Роджер Пенроуз и Жерар тОфт говорят – нет! Они ратуют за существование еще одной – конформной инвариантности. Это означает отсутствие во Вселенной (по крайней мере, в самом начале) какого-либо масштаба. При конструировании конформно инвариантного лагранжиана мы ограничимся квадратичной гравитацией. Тогда в рамках римановой геометрии существует только одна подходящая комбинация – квадрат тензора Вейля. Соответствующая левая часть уравнений поля, тензор Баха, пропорционален самому тензору Вейля и его вторым ковариантным производным. Но для любого однородного и изотропно космологического пространственно-временного многообразия (т.е., для метрики Робертсона-Уокера с произвольным масштабным фактором) тензор Вейля тождественно равен нулю. Таким образом, любая космологическая метрика есть вакуумное решения вейлевской конформно гравитации в рамках римановой геометрии – космологии нет и в помине! В 1919 году Герман Вейль придумал новую геометрию, которая теперь носит его имя. Он ввел некоторую 1-форму и встроил ее в коэффициенты связности, потребовав, чтобы новая ковариантная производная коэффициентов метрического тензора равнялась произведению этой 1-формы на эти же коэффициенты метрики. Затем он показал. Что для того, чтобы связности были конформно инвариантны, 1-форма должна вести себя при конформном преобразовании метрики как калибровочное поле. Это было великое открытие! А как насчет космологии в геометрии Вейля? Мы начали с построения лагранжиана для одиночной частицы в заданном гравитационном поле в геометрии Вейля и обнаружили, что может иметь место некоторое новое взаимодействие, отсутствующее в

римановой геометрии (и, в частности, в ОТО). И это благодаря существованию еще одного инварианта – свертке 1-формы с вектором 4-скорости частицы. Мы назвали его «инвариант В». И нам удалось встроить его в лагранжиан для идеальной жидкости. Соответствующие решения мы назвали базовыми. Имея базовые решения, общее решения получатся просто конформным преобразованием метрики и калибровочным преобразованием 1-формы. Важную роль для существования нетривиальных космологических решений играет возможность рождения частиц «за счет геометрии».

## **Effective one-field model of TMS gravity with Higgs potential**

**Bolshakova K.A.<sup>1</sup>, Chervon S.V.<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup> *Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia*

<sup>2</sup> *Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*

<sup>3</sup> *Kazan Federal University, Kazan, Russia*

**E-mail:** bolshakova.ktrn@gmail.com, chervon.sergey@gmail.com;

In [1], we introduced into consideration a model that was built by transforming non-minimal gravity with the Higgs potential to the tensor-multi-scalar theory of gravity (TMS TG) instead of the standard conformal transformation to general relativity. Examples of solutions of such a model were obtained in the slow roll-off approximation for the Higgs boson and two auxiliary fields.

We discuss the possibility of calculating cosmological parameters (spectral indices of scalar and tensor perturbations, tensor-scalar ratio) for the obtained solutions of an inflationary nature and their correspondence to observational data. Since the algorithm for calculating the cosmological parameters in the multifield theory of gravity has not been developed, we propose a method for reducing the three-field model to an effective TMS TG model with one scalar field. The report presents the constructed effective one-field model for which the cosmological parameters are determined in the case of a weak field.

References:

1. K.A. Bolshakova, S.V. Chervon, Grav. Cosmol., v.26, No. 2, pp. 153-151 (2020).

# **Эффективная однополевая модель ТМС гравитации с потенциалом Хиггса**

**Большакова К.А.<sup>1</sup>, Червон С.В.<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup> Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н Ульянова,  
Ульяновск, Россия

<sup>2</sup> Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,  
Москва, Россия

<sup>3</sup> Казанский федеральный университет, Казань, Россия

**E-mail:** bolshakova.ktrn@gmail.com, chervon.sergey@gmail.com;

В работе [1] мы ввели в рассмотрение модель, которая построена за счет преобразования неминимальной гравитации с потенциалом Хиггса к тензорно-мульти-скалярной теории гравитации (ТМС ТГ) вместо стандартного конформного преобразования к ОТО. Были получены примеры решений такой модели в приближении медленного скатывания для хиггсовского бозона и двух вспомогательных полей.

Мы обсуждаем возможность вычисления космологических параметров (спектральные индексы скалярных и тензорных возмущений, тензорно-скалярное отношение) для полученных решений инфляционного характера и их соответствие наблюдательным данным. Поскольку алгоритм вычисления космологических параметров в мультиполевой теории гравитации не разработан, мы предлагаем метод сведения трехполевой модели к эффективной модели ТМС ТГ с одним скалярным полем. В докладе представлена построенная эффективная одно полевая модель, для которой определены космологические параметры в случае слабого поля.

Литература:

1. K.A. Bolshakova, S.V. Chervon, Grav. Cosmol., v.26, No. 2, pp. 153-151 (2020).

# **The Dirac electron consistent with proper gravitational and electromagnetic field of the Kerr-Newman solution**

**Burinskii A.Ya.**

*Nuclear Safety Institute RAS, Moscow, Russia*

**E-mail:** Burinskii@mail.ru;

The consistent with gravity Dirac electron is considered as the Kerr-Newman black hole (BH) solution regularized by the Higgs symmetry breaking model. Such a regularization of the Kerr-Newman BH field at the “classical” distance  $r_e = e^2/2m$  gives the electron the shape of a thin disk (reduced) Compton radius. Disk is filled with the superconducting Higgs vacuum, and the superficial circular currents are created by gravitational frame-dragging at the edge border of superconducting disk. The Dirac wave function propagates along the disk border in the form of a thin string. We solve the corresponding Dirac equation self-consistent with the corresponding Kerr-Newman gravitational and electromagnetic field. The fixed-time solution is described in Heisenberg picture as a symmetric string formed of two half-strings. In the Shroedinger picture, obtained by unitary transformation, the observable size of the electron is reduced by Lorentz contraction, the symmetry of the half-strings is broken, and the potential difference appears between the ends of the half-strings which corresponds to the voltage predicted by Josephson effect for the rotating superconducting junctions.

## **Электрон Дирака согласованный с собственным гравитационным и электромагнитным полем решения Керра-Ньюмана**

**Буринский А.Я.**

*ИБРАЭ РАН, Москва, Россия*

**E-mail:** Burinskii@mail.ru;

Согласованный с гравитацией электрон Дирака рассматривается как решение для черной дыры (ЧД) Керра-Ньюмана (КН), регуляризованное моделью нарушения симметрии поля Хиггса. Регуляризация поля ЧД КН на “классическом” радиусе  $r_e = e^2/2m$  придает электрону форму тонкого диска (половины) комптоновского радиуса. Диск заполнен сверхпроводящим

вакуумом Хиггса, в котором гравитационное затягивание пространства порождает поверхностные кольцевые токи на остром крае сверхпроводящего диска. Волновая функция Дирака распространяется вдоль границы диска в виде тонкой струны. Мы решаем уравнение Дирака, самосогласованное с соответствующим гравитационным и электромагнитным полем КН. Точное решение для фиксированного момента времени описывается в картине Гейзенберга как симметричная струна, образованная из двух полу-струн. В картине Шредингера, полученной соответствующим унитарным преобразованием, наблюдаемый размер электрона уменьшается за счет сокращения Лоренца; симметрия полустврун нарушается, и между концами полустврун возникает разность потенциалов, соответствующая напряжению эффекта Джозефсона для вращающихся сверхпроводящих контактов.

## Exact spherically symmetric solution of $f(R, \square R)$ gravity

Chaadaev A.A.<sup>1</sup>, Chervon S.V.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia

<sup>2</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Kazan Federal University, Kazan, Russia

E-mail: alexandr308@mail.ru, chervon.sergey@gmail.com;

Modified  $f(R, (\nabla R)^2, \square R)$  gravity can be represented [1] as a Chiral Self-Gravitating Model (CSGM) with the action

$$\int \sqrt{-g} d^4x \left( \frac{R}{2\kappa} - \frac{1}{2} h_{AB}(\varphi) \varphi_{,\mu}^A \varphi_{,\nu}^B g^{\mu\nu} - W(\varphi) \right),$$

where the target space metric  $\mathbf{h}_{AB}(\varphi)$  and the potential  $W(\varphi)$  take a form connected with the choice of models' parameters.

We study the model of  $f(R, \square R)$  gravity in the frame of CSGM with the 3D target space and nonzero metric components:  $\mathbf{h}_{11} = \mathbf{1}$ ,  $\mathbf{h}_{23} = \mathbf{h}_{32} = \frac{1}{2} e^{-\sqrt{\frac{2}{3}}\chi}$ . The corresponding potential is

$$W = W(\chi, \phi, \varphi) = \frac{1}{4} e^{-\sqrt{\frac{2}{3}}\chi} \phi - \frac{1}{4} e^{-2\sqrt{\frac{2}{3}}\chi} (f(\phi, \varphi) - \varphi B(\phi, \varphi)).$$

We are looking for solutions in the spherically symmetric spacetime in the harmonic coordinates

$$ds^2 = -e^{2\nu(u)} dt^2 + e^{4\beta(u)+2\nu(u)} du^2 + e^{2\beta(u)} (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2).$$

We found the exact solutions for  $\mathbf{W} = \mathbf{0}$  and the special choice of the field  $\chi$ :  $\chi = -\sqrt{\frac{3}{2}} \ln 2$ :

$$\begin{aligned}\phi &= c_1 u + c_2, & \varphi &= c_3 u + c_4, & v &= A_1 u + A_2, \\ \beta_1 &= -v - \ln|u - u_*|, \\ \beta_2 &= -v - \ln \left| -1 + \frac{\exp(2\mu(u - u_*))}{4\mu^2} \right|, \\ \beta_3 &= -v + \ln \left| \frac{\cos(\alpha(u - u_*))}{\alpha} \right|.\end{aligned}$$

The results of consideration the case for  $\mathbf{W} = \text{const.}$  will be presented as well.

References:

1. S.V. Chervon, J.C. Fabris, and I.V. Fomin. Spherical symmetric solutions of  $f(R)$  gravity with a kinetic curvature scalar. arXiv:2005.11858v1 [gr-qc] (2020).

## Точные сферически симметричные решения $f(R, \square R)$ гравитации

Чаадаев А.А.<sup>1</sup>, Червон С.В.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Ульяновский Государственный Педагогический Университет им. И.Н. Ульянова,  
Ульяновск, Россия

<sup>2</sup> Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,  
Москва, Россия

<sup>3</sup> Казанский федеральный университет, Казань, Россия

E-mail: alexandr308@mail.ru, chervon.sergey@gmail.com;

Модифицированная  $f(R, (\nabla R)^2, \square R)$  теория гравитации может быть представлена [1] как Киральная Само-Гравитирующая Модель (КСГМ) с действием

$$\int \sqrt{-g} d^4x \left( \frac{R}{2\kappa} - \frac{1}{2} h_{AB}(\varphi) \varphi_{,\mu}^A \varphi_{,\nu}^B g^{\mu\nu} - W(\varphi) \right),$$

где метрика пространства целей  $h_{AB}(\varphi)$  и потенциал  $W(\varphi)$  принимают вид соответствующий выбору параметров модели.

В данной работе мы изучаем модель  $f(R, \square R)$  гравитации в рамках КСГМ в 3-х мерном пространстве целей с ненулевыми компонентами:

$h_{11} = 1$ ,  $h_{23} = h_{32} = \frac{1}{2} e^{-\sqrt{\frac{2}{3}}\chi}$ . Соответствующий потенциал имеет вид:

$$W = W(\chi, \phi, \varphi) = \frac{1}{4} e^{-\sqrt{\frac{2}{3}}\chi} \phi - \frac{1}{4} e^{-2\sqrt{\frac{2}{3}}\chi} (f(\phi, \varphi) - \varphi B(\phi, \varphi)).$$

Мы ищем решения в сферически симметричном пространстве-времени в гармонических координатах с метрикой

$$ds^2 = -e^{2\nu(u)} dt^2 + e^{4\beta(u)+2\nu(u)} du^2 + e^{2\beta(u)} (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2).$$

Найдены точные решения для случая равенства нулю потенциала

$W = 0$  и специального выбора поля  $\chi$ :  $\chi = -\sqrt{\frac{3}{2}} \ln 2$ :

$$\begin{aligned} \phi &= c_1 u + c_2, & \varphi &= c_3 u + c_4, & \nu &= A_1 u + A_2, \\ \beta_1 &= -\nu - \ln|u - u_*|, \\ \beta_2 &= -\nu - \ln \left| -1 + \frac{\exp(2\mu(u - u_*))}{4\mu^2} \right|, \\ \beta_3 &= -\nu + \ln \left| \frac{\cos(\alpha(u - u_*))}{\alpha} \right|. \end{aligned}$$

Результат исследования случая с постоянным потенциалом  $W = \text{const.}$  также будет представлен в докладе.

Литература:

1. S.V. Chervon, J.C. Fabris, and I.V. Fomin. Spherical symmetric solutions of f(R) gravity with a kinetic curvature scalar. arXiv:2005.11858v1 [gr-qc] (2020).

## A model-independent approach to dynamical system analysis in cosmology

Chakraborty S.<sup>1</sup>, MacDevette K.<sup>2</sup>, Dunsby P.K.S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> University of Yangzhou, China  
<sup>2,3</sup> University of Cape Town, South Africa

E-mail: saikatnilch@gmail.com, snilch@yzu.edu.cn, mcdkel004@myuct.ac.za,  
peter.dunsby@uct.ac.za;

Dynamical system analysis is an well established mathematical technique in the field of mathematical cosmology, which is used for qualitative understanding of cosmological models. This technique is especially well suited for cosmological models based on modified gravity. A limitation of the existing dynamical system formulations is that one requires to specify the modified gravity model *a-priori* to

carry out a dynamical analysis. For example if one wants to consider cosmology in  $f(R)$  gravity, the functional form of  $f(R)$  needs to be specified *a-priori* to make the corresponding dynamical system autonomous. We propose a new dynamical system formulation, based on the cosmographic parameters, that is free from this limitation. Our approach is based on the fact that cosmographic observational requirements can be projected as algebraic constraints over the phase space. Our formulation allows us to consider, for instance, all possible  $f(R)$  models that can successfully mimic a  $\Lambda$ CDM evolution history at the background level and compare the behavior of perturbations with the  $\Lambda$ CDM model itself; all the while without ever explicitly knowing the actual functional form of  $f(R)$ .

## Chiral cosmological models of $f(R, (\nabla R)^2, \square R)$ gravity

**Chervon S.V.<sup>1,2,3</sup>, Fomin I.V.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia

<sup>3</sup> Kazan Federal University, Kazan, Russia

**E-mail:** chervon.sergey@gmail.com, ingvor@inbox.ru;

We review the application of a Chiral Cosmological Model (CCM) as an equivalent of cosmology based on gravitational theory with higher derivatives with respect to the Ricci scalar. Using the procedure (Naruko *et al*, 2015) of inclusion of Lagrange multipliers into the action of  $f(R, (\nabla R)^2, \square R)$  gravity it is possible (under special choice of Lagrange multipliers) to transform the model to non-minimal gravity with scalar fields in the Jordan frame. Then, by virtue of conformal transformation, the model can be represented in Einstein frame. To study the final version of the model as the CCM with fixed target space metric components and the potential was proposed (Chervon *et al*, 2019) for  $f(R)$  gravity with a kinetic curvature scalar. Inclusion of additional material field into consideration have been proposed as well.

In the present contribution, we report on investigation of CCMs associated with  $f(R, \square R)$  and  $f(R, (\nabla R)^2, \square R)$  gravity, including the features of the model during inflationary stage.

# **Киральныe космологические модели $f(R, (\nabla R)^2, \square R)$ гравитации**

**Червон С.В.<sup>1,2,3</sup>, Фомин И.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,  
Москва, Россия

<sup>2</sup> Ульяновский Государственный Педагогический Университет им. И.Н. Ульянова,  
Ульяновск, Россия

<sup>3</sup> Казанский федеральный университет, Казань, Россия

**E-mail:** chervon.sergey@gmail.com, ingvor@inbox.ru;

Мы представляем обзор приложения Киральной Космологической Модели (ККМ) как эквивалента космологии базирующейся на теории гравитации с высшими производными по скаляру Риччи. Используя процедуру (Naruko *et al*, 2015) включения лагранжевых множителей в действие  $f(R, (\nabla R)^2, \square R)$  гравитации можно (при специальном выборе лагранжевых множителей) преобразовать модель к неминимальной теории гравитации со скалярными полями в картине Йордана. Затем, с помощью конформного преобразования, модель может быть представлена в картине Эйнштейна. Исследование этой финальной версии модели как ККМ с фиксированной метрикой цели и потенциалом было предложено (Chervon *et al*, 2019) для  $f(R)$  гравитации с кинетическим скаляром кривизны. Также было рассмотрено включение дополнительного материального поля в уравнения модели.

В настоящем докладе мы представляем результаты исследования ККМ соответствующих  $f(R, \square R)$  и  $f(R, (\nabla R)^2, \square R)$  модифицированной теории гравитации, включая исследования особенностей инфляционной стадии.

# Images of black holes

Dokuchaev V.I.<sup>1</sup>, Nazarova N.O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA), Via Bonomea, Italy*

**E-mail:** dokuchaev@inr.ac.ru;

Shapes of black hole images, viewed by a distant observer, depend on the distribution of emitting matter around black holes. There are two distinctive astrophysical cases: (1) Luminous stationary background behind the black hole (emission of photons outside the photon spheres). In this case the dark classical black hole shadow is viewed, which is a capture photon cross-section in the black hole gravitational field. (2) Luminous accretion inflow near the black hole event horizon (emission of photons inside the photon spheres). In this case the dark event horizon shadow is viewed, which is a lensed image of the event horizon globe. This event horizon shadow is projected at the celestial sky within the possible position of the classical black hole shadow. The Blandford-Znajek process is a suitable model for the General Relativistic Magnetohydrodynamics (GRMHD) accretion onto black holes, in which the inflowing plasma is strongly heated even in the vicinity of the event horizon by the radial electric current. Nowadays the GRMHD numerical simulations confirm this model. In particular, the dark silhouette of the event horizon shadow (rather than the classical black hole shadow) is viewed at the image of supermassive black hole M87\* obtained by the Event Horizon Telescope collaboration. The classical black hole shadow is very difficult to observe by VLBI methods in view of the insufficiently strong brightness of the standard astrophysical backgrounds (extended hot gas clouds or stars). Meanwhile, the brightness of accretion inflow may far exceed the corresponding one from extended hot gas clouds or stars. The unique information for the verification of gravitation theories in the strong field limit will be provided by the detailed observations of the black hole images by using the Millimetron Space Observatory.

# **Формы изображений черных дыр**

**Докучаев В.И.<sup>1</sup>, Назарова Н.О.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт ядерных исследований Российской Академии Наук, Москва, Россия

<sup>2</sup> Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA), Via Bonomea, Italy

**E-mail:** dokuchaev@inr.ac.ru;

Формы изображений черных дыр, наблюдаемые удаленным телескопом, зависят от распределения излучающего вещества вокруг черной дыры. Обсуждаются возможные формы изображений сверхмассивных черных дыр SgrA\* и M87\*. При подсвечивании черной дыры удаленным фоном может наблюдаться классическая тень черной дыры, граница которой определяется круговыми фотонными орбитами. При подсвечивании черной дыры аккреционным диском, излучающим вплоть до горизонта событий за счет нагрева аккумулируемой плазмы текущим в ней электрическим током (процесс Блэндфорда-Знейека), будет наблюдаться тень (изображение) самого горизонта событий черной дыры. Численные симуляции акреции плазмы на черную дыру с учетом эффектов общей теории относительности и магнитной гидродинамики подтверждают модель Блэндфорда-Знейека. В случае тонкого аккреционного диска внешняя граница тени горизонта событий является изображением экватора на глобусе горизонта событий. В случае толстого аккреционного диска может быть реконструировано изображение всего глобуса горизонта событий. Изображение горизонта событий на небесной сфере расположено внутри ожидаемой классической тени черной дыры. Темное пятно на первой фотографии черной дыры, полученной Телескопом Горизонта Событий, является как раз изображением горизонта событий черной дыры M87\*, а не изображением ее классической тени. Наблюдение классической тени черной дыры крайне затруднено из-за малой яркости удаленных астрофизических фонов по сравнению с яркостью аккумулируемой плазмы вблизи горизонта событий. Формы изображений черных дыр определяются полностью свойствами их гравитационного поля и не зависят от излучения окружающего их вещества. Исследования черных дыр с помощью телескопов типа Космической Обсерватории Миллиметрон обеспечат уникальную возможность экспериментальной проверки общей теории относительности и ее модификаций в режиме сильного поля.

# **Gravity on a nonassociative algebra**

**Dorofeev V.Yu.**

*SPSUE, Saint-Petersburg, Russia*

**E-mail:** friedlab@mail.ru;

The article investigates the effects of transfer over the closed-loop under the assumption of nonassociative algebra. The argument is that such transfers lead to the appearance of noncommutative and nonassociative terms. The noncommutative term, by virtue of the corresponding symmetries, could be assigned to the transformation group  $U(1) \times SU(2)$ . The nonassociative term, in the meanwhile, could be assigned to the gravitational one. Therefore, it appears the incorporation of the gravitational interaction into the Weinberg-Salam model becomes feasible. Further applying the framework of the nonassociative model of gravity, it turns out the gravitational constant could be derived from the quantum model of the early universe and is related to the number of baryon particles.

Noteworthy, there is a two-stage inflation, considered in [1]: at the first stage, we can talk about the birth of Planck particles as dark matter particles, and then the birth of ordinary particles of baryonic matter.

References:

1. V.Yu. Dorofeev. Inflation model and Riemann tensor on non-associative algebra. <https://www.preprints.org/manuscript/202009.0201/v1>.

## **Гравитация на неассоциативной алгебре**

**Дорофеев В.Ю.**

*СПбГУЭ, Санкт-Петербург, Россия*

**E-mail:** friedlab@mail.ru;

Показывается, что на неассоциативной алгебре перенос по замкнутому контуру приводит к появлению некоммутативного и неассоциативного членов. Некоммутативный член, в силу соответствующих симметрий, можно сопоставить группе преобразований  $U(1) \times SU(2)$ , а неассоциативный – гравитационному. Тем самым возникает возможность включения гравитационного взаимодействия в модель Вайнберга-Салама. Оказывается, что гравитационная постоянная, в рамках неассоциативной модели

гравитации, может быть получена на основе квантовой модели ранней вселенной на неассоциативной алгебре и связана с числом барионных частиц.

Следует отметить, что в данной модели возникает двухэтапная инфляция, рассмотренная в [1]. При этом на первом этапе можно говорить о рождении планковских частиц как частиц тёмной материи и затем рождение обычных частиц барионной материи.

### Литература

1. V.Yu. Dorofeev. Inflation model and Riemann tensor on non-associative algebra. <https://www.preprints.org/manuscript/202009.0201/v1>.

## On the Schwarzschild solution in TEGR

**Emtsova E.D.<sup>1</sup>, Krssak M.<sup>2</sup>, Petrov A.N.<sup>1</sup>, Toporensky A.V.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Sternberg Astronomical institute, MV Lomonosov State university, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

**E-mail:** ed.emcova@physics.msu.ru, martin.krssak@gmail.com,  
alex.petrov55@gmail.com, atopor@rambler.ru;

In [1], we have developed the approach for constructing conserved quantities in Teleparallel Equivalent of General Relativity (TEGR) where dynamical variables are tetrad components. The main advantage with respect to many other methods is that conserved currents and related superpotentials are coordinate covariant and invariant with respect to local Lorentz rotations of tetrads. This property is achieved due to introducing a special inertial spin connection (ISC) with zero curvature. The general problem of any teleparallel theory is that ISC is not inner dynamical quantity and can be determined by external requirements only. In [1], we define ISC by a special "turning off gravity" principle.

The Schwarzschild black hole (SBH) solution is simple and describes real physical models, so, it is used for checking various formalisms in general relativity. Here, we test methods of [1] by calculating energy characteristics for SBH in TEGR. We are interested in the total (global) energy of SBH and the energy density measured by a freely falling observer in the field of SBH. There is a huge variety of different coordinates and frames for SBH that initiates different definitions of ISC even with using the "turning off gravity" principle. The different choice of ISC leads to the different results. *The main goal of the research is searching for the most appropriate ISC for SBH.*

Starting from the standard Schwarzschild metric and deriving the related ISC, we obtain the correct SBH mass, but a freely falling observer measures non-zero

energy density that contradicts the equivalence principle. Basing on the Lemaitre metric and its related ISC we have the consistence with the equivalence principle, but do not get the correct mass. Only after constructing new generalized Lemaitre metric (assuming the free falling with arbitrary energy) the problem has been resolved. The new ISC different from others has been found, and we got both the correct mass and compliance with the equivalence principle.

The novelty is in the following: 1) the Lemaitre presentation has been used in TEGR firstly; 2) the new generalized Lemaitre metric has been constructed; 3) the generalized Lemaitre presentation in TEGR has resolved the aforementioned outstanding problems; 4) the definitions of ISC in TEGR and in f(T) theories are compared; 5) the results help us to understand more on the SBHs themselves.

#### References

1. E.D. Emtsova, A.N. Petrov, A.V. Toporensky *J. Physics: Conference Series*, **1557**, 012017 (2020); 2) *Class. Quantum Grav.*, **37**, 095006 (2020).

## О решении Шварцшильда в TEGR

**Емцова Е.Д.<sup>1</sup>, Крссак М.<sup>2</sup>, Петров А.Н.<sup>1</sup>, Топоренкий А.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ, Москва, Россия

<sup>2</sup>Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

**E-mail:** ed.emcova@physics.msu.ru, martin.krssak@gmail.com,  
alex.petrov55@gmail.com, atopor@rambler.ru;

В [1] развит формализм для построения сохраняющихся величин в телепараллельном эквиваленте ОТО (TEGR), где динамическими компонентами являются компоненты тетрад. Преимущество относительно многих других методов в том, что сохраняющиеся токи и суперпотенциалы как ковариантны, так и инвариантны относительно локальных лоренцевых вращений тетрад. Это достигается благодаря включению специальной инерциальной спиновой связности (ИСС) с нулевой кривизной. ИСС, не являясь динамической величиной, вводится извне и определяется специальным принципом «выключения гравитации».

Черная дыра Шварцшильда (ЧДШ), являясь простым решением, представляет реальные физические модели, и поэтому часто используется для тестирования различных методов в ОТО. Мы, используя методы [1], рассчитываем как глобальную энергию ЧДШ, так и плотность энергии, измеряемую свободно падающими наблюдателями в поле ЧДШ. Существует множество координат и систем отсчета для ЧДШ, это инициируют различные

определения ИСС даже с использованием специального принципа. Такая неопределенность приводит к различным результатам. *Основная задача исследования состоит в определении наиболее подходящей ИСС для ЧДШ.*

Итак, сначала для стандартной метрики Шварцшильда выписываем соответствующую ИСС и получаем корректную массу для ЧДШ. Однако, свободно падающий наблюдатель измеряет ненулевую плотность энергии, что противоречит принципу эквивалентности. Для метрики Леметра и соответствующей ИСС, наоборот, получено подтверждение принципа эквивалентности, но нет корректной массы. Только после построения новой *обобщенной* метрики Леметра для новой ИСС были получены и корректная масса, и соответствие с принципом эквивалентности.

Оригинальные результаты таковы: 1) леметрово представление в TEGR использовано впервые; 2) построена новая обобщенная метрика Леметра; 3) обобщенное леметрово представление в TEGR разрешило упомянутые проблемы; 4) сравниваются определения ИСС в TEGR и в  $f(T)$  теориях; 5) результаты дают большее понимание о ЧДШ самой по себе.

Литература:

1. E.D. Emtsova, A.N. Petrov, A.V. Toporensky 1) *J. Physics: Conference Series*, **1557**, 012017 (2020); 2) *Class. Quantum Grav.*, **37**, 095006 (2020).

## Primordial black holes in the early Universe

Eroshenko Yu.N.

*Institute for Nuclear RAS, Moscow, Russia*

**E-mail:** eroshenko@inr.ac.ru;

The possible solution of the  $H_0$  tension problem is discussed in the model with  $\sim 10^{-12} M_\odot$  primordial black holes in the dense weakly relativistic clusters with masses  $18\text{--}560 M_\odot$ . It is assumed that the primordial black holes constitute all the dark matter in the Universe. Due to the collisions of the black holes in the clusters,  $\sim 10\%$  of the total cluster mass can be transformed into gravitational waves after epoch of recombination. Therefore, at the recombination time, the density of matter was larger by  $\sim 10\%$  and, accordingly, the Universe expansion rate was higher. This effect leads to a shortening of the sound horizon scale, as it is necessary to solve the  $H_0$  tension.

# **Первичные черные дыры в ранней Вселенной**

**Ерошенко Ю.Н.**

*Институт ядерных исследований РАН, Москва, Россия*

**E-mail:** eroshenko@inr.ac.ru;

Обсуждается возможность решение проблемы, известной как " $H_0$  tension", в модели с первичными черными дырами с массами  $\sim 10^{-12}M_\odot$ , находящимися в плотных слабо релятивистских кластерах с массами 18-560  $M_\odot$ . Предполагается, что первичные черные дыры составляют всю темную материю во Вселенной. При столкновениях черных дыр в кластерах после эпохи рекомбинации  $\sim 10\%$  общей массы кластеров может быть преобразовано в гравитационные волны. Благодаря этому во время рекомбинации плотность вещества была больше на  $\sim 10\%$  и, соответственно, скорость расширения Вселенной была выше. Этот эффект приводит к уменьшению масштаба звукового горизонта, что позволяет решить проблему " $H_0$  tension".

## **Vacuum Polarization and Particle Creation for Two-Horizon Metrics**

**Fil'chenkov M.L., Laptev Yu.P.**

*RUDN University, Moscow, Russia*

**E-mail:** fmichael@mail.ru;

In spaces with nontrivial topology, due to the presence of boundaries and horizons, there arises a distortion of the spectrum of zero vacuum oscillations, which results in vacuum polarization and particle creation. Evaporation and decay of the horizons for Kerr–Newman and Kottler’s metrics are considered. The surface gravity, effective temperatures and lifetimes of the horizons have been evaluated. The results are applied to black hole physics and cosmology. The horizons are defined as roots of the equation  $g_{00}(r_h) = 0$ . The surface gravity  $\kappa = \frac{c^2}{2} |g'_{00}(r_h)|$  is equal to the acceleration and  $kT_h = \frac{\hbar\kappa}{2\pi c}$  to the temperature on the horizon. The horizon lifetime is  $\tau_h = \int \frac{dE_h}{P_h}$ , where  $E_h$  is the energy and  $P_h = 4\pi r_h^2 \sigma T_h^4$  the power of evaporation or decay of the horizon. Kerr–Newman’s metric describes

charged rotating black hole. The relation  $Q^2 + \frac{a^2 c^2}{G} = \alpha^2 M^2$ , where  $a$  is the specific angular momentum,  $Q$  the charge, and  $M$  the mass of a black hole, is assumed, since massless black holes cannot exist. The horizons exist, if  $\alpha^2 < G$ . For  $\frac{\alpha^2}{G} \ll 1$  Kerr–Newman’s horizons are  $r_+ = \frac{2GM}{c^2}$  and  $r_- = \frac{\alpha^2 M}{2c^2}$ . Cauchy’s horizon evaporates faster than event one, since  $\frac{\tau_-}{\tau_+} = \frac{1}{2^{11}} \left(\frac{\alpha^2}{G}\right)^6$ . Kottler’s metric describes a static cosmological model, involving masses in de Sitter’s vacuum, whose horizons  $r_g$  and  $r_0$  are Schwarzschild and de Sitter’s respectively. The ratio of horizon lifetimes is  $\frac{\tau_0}{\tau_g} = \frac{3}{2^6 \pi} \left(\frac{r_0}{r_g}\right)^6$  for  $r_0 > r_g$ . In the early Universe de Sitter’s vacuum is unstable, i.e.  $\tau_0 < \tau_g$  for  $1 < \frac{r_0}{r_g} < 4 \sqrt[3]{\frac{\pi}{3}}$ . For dark energy  $\tau_0 \gg \tau_g$  for  $r_0 \gg r_g$ .

References:

1. M.L. Fil’chenkov, Yu. P. Laptev, and G.V. Borodin., Gravitation and Cosmology, vol. 23, No 1, p. 80 (2017);
2. M.L. Fil’chenkov, Yu. P. Laptev, and G.V. Borodin., Gravitation and Cosmology, vol. 23, No 4, p. 381 (2017).

## Поляризация вакуума и рождение частиц для метрик с двумя горизонтами

**Фильченков М.Л., Лаптев Ю.П.**

*Университет дружбы народов, Москва, Россия*

**E-mail:** fmichael@mail.ru;

В пространствах с нетривиальной топологией, благодаря наличию границ и горизонтов, возникает искажение спектра нулевых колебаний вакуума, которое приводит к поляризации вакуума и рождению частиц. Рассматривается испарение и распад горизонтов Керра – Ньюмена и Коттлера. Вычислены поверхностная гравитация, эффективные температуры и времена жизни горизонтов. Результаты применимы в физике чёрных дыр и космологии. Горизонты определяются как корни уравнения  $g_{00}(r_h) = 0$ . Поверхностная гравитация  $\kappa = \frac{c^2}{2} |g'_{00}(r_h)|$  равна ускорению, а  $kT_h = \frac{\hbar\kappa}{2\pi c}$  температуре на горизонте. Время жизни горизонта  $\tau_h = \int \frac{dE_h}{P_h}$ ,

где  $E_h$  – энергия,  $P_h = 4\pi r_h^2 \sigma T_h^4$  – мощность испарения или распада горизонта. Метрика Керра – Ньюмена описывает заряженную вращающуюся чёрную дыру. Т.к. безмассовых чёрных дыр не существует, полагают, что имеет место соотношение  $Q^2 + \frac{a^2 c^2}{G} = \alpha^2 M^2$ , где  $a$  – удельный угловой момент,  $Q$  – заряд и  $M$  – масса чёрной дыры. Горизонты существуют, если  $\alpha^2 < G$ . При  $\frac{\alpha^2}{G} \ll 1$  горизонты Керра – Ньюмена есть  $r_+ = \frac{2GM}{c^2}$  и  $r_- = \frac{\alpha^2 M}{2c^2}$ .

Горизонт Коши испаряется быстрее, чем горизонт событий, т.к.  $\frac{\tau_-}{\tau_+} = \frac{1}{2^{11}} \left(\frac{\alpha^2}{G}\right)^6$ . Метрика Коттлера описывает статическую космологическую модель, включающую массы в деситтеровском вакууме, горизонтом которой  $r_g$  и  $r_0$  являются горизонт Шварцшильда и де Ситтера соответственно. Отношение времен жизни горизонтов  $\frac{\tau_0}{\tau_g} = \frac{3}{2^6 \pi} \left(\frac{r_0}{r_g}\right)^6$  при  $r_0 > r_g$ . В ранней Вселенной деситтеровский вакуум неустойчив, т.е.  $\tau_0 < \tau_g$  при  $1 < \frac{r_0}{r_g} < 4 \sqrt[3]{\frac{\pi}{3}}$ . Для тёмной энергии  $\tau_0 \gg \tau_g$  при  $r_0 \gg r_g$ .

Литература:

1. M.L. Fil'chenkov, Yu.P. Laptev, and G.V. Borodin., Gravitation and Cosmology, vol. 23, No 1, p. 80 (2017);
2. M.L. Fil'chenkov, Yu.P. Laptev, and G.V. Borodin., Gravitation and Cosmology, vol. 23, No 4, p. 381 (2017).

## **Analogy of star formation with the formation of plasma of multicharged ions in pulsed high current discharges**

**Fisenko S.I.**

*Moscow State Linguistic University, Moscow, Russia*

**E-mail:** StanislavFisenko@yandex.ru;

The notion of gravitational radiation as a radiation of the same level as the electromagnetic radiation is based on theoretically proved and experimentally confirmed fact of existence of stationary states of an electron in its gravitational field characterized by the gravitational constant  $K = 10^{42}G$  ( $G$  is the Newtonian gravitational constant) and unrecoverable space-time curvature  $\Lambda$  (S.I. Fisenko Journal of Physics: Conference Series, (Volume 1557) ,012019, IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1557/1/012019 (Title: On the issue of gravitational

radiation and thermonuclear fusion), 2020). Such experimental facts include, in particular, data on the broadening of the characteristic emission spectra of many-electron atoms (Haines, M. G. *et al.* Viscous Heating at stagnation in Z-Pinches. *PRL* **96**, 075003-075008 (2006)). Such a broadening of the spectra can be caused only by an additional broadening mechanism, in particular, by the presence of excited states of the electrons in their own gravitational field. Another confirming fact is the new line in the X-ray emission spectrum from the observation of the MOS-camera of the XMM-Newton Observatory. (Bulbul, E. *et al.* Detection of An Unidentified Emission Line in the Stacked X-ray spectrum of Galaxy Clusters. *ArXiv* <http://arxiv.org/abs/1402.2301> (2014)). This line, unlike other identified lines of electromagnetic radiation, cannot be attributed to any atomic transition. The energy spectrum of an electron in its own gravitational field and the energy spectra of many-electron atoms are such that the resonance of these spectra occurs. The result of this resonant interaction is the appearance, including new lines, electromagnetic transitions, not associated with atomic transitions. Gravitational radiation (as a result of transitions over stationary states of a particle in its own gravitational field) can be excited in a dense high-temperature plasma and amplified under certain conditions, but its amplification will lead to compression of the radiating system. Consequently, under conditions of amplification of gravitational radiation, there will not be observed gravitational radiation itself, but only the result of its action. The very fact of plasma compression by a radiated gravitational field can be used for thermonuclear fusion. In this case, the quantitative characteristics of the spectrum of gravitational radiation (as radiation of the same level with electromagnetic radiation) can be determined by the broadening of the spectrum of electromagnetic radiation. There is a definite analogy between the process of star formation and the formation of a pulsed high-current discharge in the plasma of multiply charged ions. But then it is possible to observe the features of the dynamics of the spectrum of characteristic radiation during the formation of stars. These features will include:

- a) Registration of electromagnetic radiation lines not associated with the atomic transitions in the energy range from a few keV to tens of keV,
- b) Adjusting according to the known mechanisms of broadening (a Doppler, radiation and impact widening) does not disclose the broadening of the registered portion of the emission spectrum of the micropinch,
- c) The difference in the number of spectral lines and the quantitative nature of their broadening as stars form.

# **Аналогия звездообразования с формированием плазмы многозарядных ионов в импульсных сильноточных разрядах**

**Фисенко С. И.**

*Московский государственный лингвистический университет, Москва, Россия*

**E-mail:** StanislavFisenko@yandex.ru;

Понятие гравитационного излучения как излучения одного уровня, что и электромагнитное излучение, основано на теоретически доказанном и экспериментально подтвержденном факте существования стационарных состояний электрона в его собственном гравитационном поле, характеризующихся гравитационной постоянной  $K = 10^{42}G$  (G-ニュートンスカヤ гравитационная постоянная) и неустранимой кривизной пространства-времени  $\Lambda$  (S.I. Fisenko Journal of Physics: Conference Series, (Volume 1557), 012019, IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1557/1/012019 (Title: On the issue of gravitational radiation and thermonuclear fusion), 2020). К таким экспериментальным фактам относятся, в частности, данные об уширении характерных эмиссионных спектров многоэлектронных атомов (Haines, M. G. et al. Viscous Heating at stagnation in Z-Pinches. *PRL* **96**, 075003-075008 (2006)). Такое уширение спектров может быть вызвано только дополнительным механизмом уширения, в частности наличием возбужденных состояний электронов в собственном гравитационном поле. Еще одним подтверждающим фактом является новая линия в спектре рентгеновского излучения от наблюдения MOS-camera of the XMM-Newton Observatory. (Bulbul, E. et al. Detection of An Unidentified Emission Line in the Stacked X-ray spectrum of Galaxy Clusters. *ArXiv* <http://arxiv.org/abs/1402.2301> (2014)). Эта линия, в отличие от других идентифицированных линий электромагнитного излучения, не может быть отнесена к какому-либо атомному переходу. Энергетический спектр электрона в его собственном гравитационном поле и энергетические спектры многоэлектронных атомов таковы, что возникает резонанс этих спектров. Результатом этого резонансного взаимодействия является появление, в том числе и новых линий, электромагнитных переходов, не связанных с атомными переходами. Гравитационное излучение (в результате переходов по стационарным состояниям электронов в собственном гравитационном поле) может возбуждаться в плотной высокотемпературной плазме и усиливаться при определенных условиях. При этом его усиление приведет к сжатию излучающей системы. Следовательно, в условиях усиления

гравитационного излучения будет наблюдаться не само гравитационное излучение, а только результат его действия. Сам факт сжатия плазмы излучаемым гравитационным полем может быть использован для термоядерного синтеза. В этом случае количественные характеристики спектра гравитационного излучения (как излучения одного уровня с электромагнитным излучением) могут быть определены путем уширения спектра электромагнитного излучения. Существует определенная аналогия между процессом звездообразования и образованием импульсного сильноточного разряда в плазме многозарядных ионов. Но тогда можно наблюдать особенности динамики спектра характеристического излучения при образовании звезд. Эти функции будут включать в себя:

- a) Регистрация линий электромагнитного излучения, не связанных с атомными переходами в диапазоне энергий от нескольких кэВ до десятков кэВ,
- b) Корректировка по известным механизмам уширения (доплеровское, радиационное и ударное уширение) не раскрывает уширения регистрируемой части спектра излучения микропинча,
- c) Различие в количестве спектральных линий и количественном характере их уширения по мере образования звезд.

## **Relic gravitational waves in cosmological models based on the modified gravity theories**

**Fomin I.V.<sup>1</sup>, Chervon S.V.<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia

<sup>3</sup> Kazan Federal University, Kazan, Russia

**E-mail:** ingvor@inbox.ru, chervon.sergey@gmail.com;

This report examines models of cosmological inflation based on the non-minimal coupling of a scalar field with Ricci and Gauss-Bonnet scalars. It is shown that the selected classes of such models satisfy observational constraints for arbitrary potentials of a scalar field, in contrast to the case of Einstein gravity. The estimates of the spectrum of relic gravitational waves, which do not depend on the choice of parameters of the proposed cosmological models, are presented. The prospects for observing such relic gravitational waves based on modern and promising detection methods are discussed as well.

# **Реликтовые гравитационные волны в космологических моделях на основе модифицированных теорий гравитации**

**Фомин И.В.<sup>1</sup>, Червон С.В.<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup> *Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,  
Москва, Россия*

<sup>2</sup> *Ульяновский Государственный Педагогический Университет им. И.Н. Ульянова,  
Ульяновск, Россия*

<sup>3</sup> *Казанский федеральный университет, Казань, Россия*

**E-mail:** ingvor@inbox.ru, chervon.sergey@gmail.com;

В настоящем докладе рассматриваются модели космологической инфляции на основе неминимального взаимодействия скалярного поля со скалярами Риччи и Гаусса-Бонне. Показано, что выделенные классы таких моделей удовлетворяют наблюдательным ограничениям для произвольных потенциалов скалярного поля в отличие от случая гравитации Эйнштейна. Представлены оценки спектра реликтовых гравитационных волн, которые не зависят от выбора параметров предложенных космологических моделей. Также обсуждаются перспективы наблюдения данных реликтовых гравитационных волн на основе современных и перспективных методов детектирования.

## **A new symmetry for the imperfect fluid in relativistic astrophysics**

**Garat A.**

*Universidad de la Republica - Montevideo, Uruguay*

**E-mail:** garat.alcides@gmail.com;

We will address the existence of a new symmetry for an imperfect fluid by introducing local four-velocity gauge-like transformations for the case when there is vorticity [1]. A similar tetrad formulation as to the Einstein-Maxwell spacetimes formalism presented in previous manuscripts [2,3] will be developed in this manuscript for the imperfect fluids. The four-velocity curl and the metric tensor will be invariant under these kind of four-velocity gauge-like local transformations.

While the Einstein-Maxwell stress-energy tensor is locally gauge invariant under electromagnetic gauge transformations, the perfect fluid stress-energy tensor will not be invariant under four-velocity gauge-like local transformations. We will dedicate our analysis to the imperfect fluid stress-energy tensor that will be invariant under local four-velocity gauge-like transformations when additional transformations are introduced for several variables included in the stress-energy tensor itself. We will also pay special attention to the construction of a vorticity stress-energy tensor invariant under local four-velocity gauge-like transformations. An application on neutron stars will be developed in order to show the simplifications brought about by these new tetrads [4-6].

#### References:

1. Garat A., New symmetry for the imperfect fluid, *Eur. Phys. J. C*, 80 4 (2020) 333. <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-020-7887-9>
2. Garat A., *J. Math. Phys.* 46, 102502 (2005). Garat A., Erratum: Tetrads in geometrodynamics, *J. Math. Phys.* 55, 019902 (2014).
3. Garat A., Einstein-Maxwell tetrad grand unification, *Int. J. Geom. Methods Mod. Phys.*, (2020) 2050125. DOI: S021988782050125X.
4. Garat A., Euler observers in geometrodynamics, *Int. J. Geom. Meth. Mod. Phys.*, Vol.11 (2014), 1450060. arXiv: gr-qc/1306.4005
5. Garat A., Covariant diagonalization of the perfect fluid stress-energy tensor, *Int. J. Geom. Meth. Mod. Phys.*, Vol.12 (2015), 1550031. arXiv: gr-qc/1211.2779
6. Garat A., Euler observers for the perfect fluid without vorticity, *Z. Angew. Math. Phys.* (2019) 70: 119.

## **Probing gravity with redshift-space distortions: effects of tracer bias and sample selection**

**García-Farieta J.E., Hellwing W.A., Gupta S., Bilicki M.**

*Center for Theoretical Physics, Warsaw, Poland*

**E-mail:** jorge@cft.edu.pl;

We investigate clustering properties of dark matter halos and galaxies to search for optimal statistics and scales where possible departures from general relativity (GR) could be found. We use large N-body cosmological simulations to perform measurements based on the two-point correlation function (2PCF) in GR and in selected modified gravity (MG) structure formation scenarios. We employ

two beyond-GR models:  $f(R)$  gravity and the normal branch of the Dvali-Gabadadze-Porrati (nDGP) braneworld and study a range of halo and galaxy populations. In terms of the linear distortion parameter,  $\beta$ , we find that the statistical significance of these signals largely diminishes due to a strong degeneracy between MG-enhanced clustering and modified tracer bias, therefore, we consider statistics less dependent on the bias: relative clustering ratios. The clustering ratios foster noticeable differences between MG and GR models, reaching a maximum deviation of 10% at  $2\sigma$  significance for specific variants of  $f(R)$  and nDGP. We show that such departures could be measured for  $\beta$  if non-linear effects at intermediate scales are correctly modeled. Our study indicates that the clustering ratios give great promise to search for signatures of MG in the large-scale structure. We also find that the selection of an optimal tracer sample depends on a particular statistics and gravity model to be considered.

## **Generation of the third optical harmonic in air under femtosecond infrared repetitively pulsed excitation**

**Gladyshev V.O.<sup>1</sup>, Sharandin E.A.<sup>1</sup>, Skrabatun A.V.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> P.N. Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**E-mail:** shar@bmstu.ru, gladyshev@bmstu.ru;

When focusing ultrashort (270 fs) laser pulses on a YAG: Nd<sup>3+</sup>  $\lambda=1032$  nm in air, nonlinear optical effects were recorded. Achievement of the threshold pump power made it possible to observe the formation of a filament with the accompanying generation of narrow-band radiation at the focus of the lens at a wavelength of the third optical harmonic  $\lambda=344$  nm. Spectral, energy and spatial dependences of ultraviolet radiation ( $\lambda=344$  nm) at different intensities of infrared radiation pumping ( $\lambda=1032$  nm) are given. The study of the properties of generation of the third optical harmonic is necessary in order to develop the theory of interaction of a material medium with a parametrically generated gravitational wave.

# **Генерация третьей оптической гармоники в воздухе при фемтосекундном инфракрасном импульсно-периодическом возбуждении**

**Гладышев В.О.<sup>1</sup>, Шарандин Е.А.<sup>1</sup>, Скрабатун А.В.<sup>1,2</sup>**

*<sup>1</sup> МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия*

*<sup>2</sup> Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, Москва, Россия*

**E-mail:** shar@bmstu.ru, gladyshev@bmstu.ru;

При фокусировке в воздухе сверхкоротких (270 фс) импульсов лазера YAG: Nd<sup>3+</sup>  $\lambda=1032$  нм были зарегистрированы нелинейные оптические эффекты. Достигение пороговой мощности накачки позволяло наблюдать образование филамента с сопутствующим процессом генерации в фокусе линзы узкополосного излучения на длине волны третьей оптической гармоники  $\lambda=344$  нм. Приведены спектральные, энергетические и пространственные зависимости ультрафиолетового излучения ( $\lambda=344$  нм) при разных интенсивностях накачки инфракрасного излучения ( $\lambda=1032$  нм). Изучение свойств генерации третьей оптической гармоники необходимо в целях развития теории взаимодействия материальной среды с параметрически сгенерированной гравитационной волной.

## **Some properties of nonsynchronous reference frames in cosmology**

**Grib A.A.<sup>1</sup>, Pavlov Yu.V.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Theoretical Physics and Astronomy Department, The Herzen University, St. Petersburg, Russia*

*<sup>2</sup> Institute of Problems in Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia*

**E-mails:** andrei\_grib@mail.ru, yuri.pavlov@mail.ru;

One of the main problems of modern cosmology is the value of the cosmological constant or ‘‘dark energy’’. It is not expressed through any mass of the elementary particles – neither Planck mass, nor through the mass of the electron or proton. Its value is close to the value of the critical density at the modern epoch, i.e. to the square of the Hubble’s constant. Can one find some arguments for this value?

Here we show following our article [1] that if one uses not the usual synchronous reference frame but another very natural Ellis frame [2] then a new term appears in equation for geodesics. It has the meaning of the force of repulsion proportional to the square of the variable Hubble's constant. When our Universe evolves into the de Sitter stage this variable constant becomes equal to the really constant cosmological constant equal to that in synchronous system.

Differently from the synchronous system in the vicinity of the Earth one has Minkowski space, so our laboratories are not expanding. It is only on large distances that the Universe is expanding. In this report we also discuss other properties of the Ellis system. In synchronous system stress energy-momentum tensor for background radiation is diagonal. Here it is not diagonal. We discuss possible physical consequence of this nondiagonality.

References:

1. A.A. Grib, Yu.V. Pavlov, Comparison of particle properties in Kerr metric and in rotating coordinates, Eur. Phys. J. Plus, Vol. 136 (2021), 318.
2. G.F.R. Ellis, T. Rothman, Lost horizons, Am. J. Phys., Vol. 61 (1993), 883.

## **Некоторые свойства несинхронных систем отсчета в космологии**

**Гриб А.А.<sup>1</sup>, Павлов Ю.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ИПМиМ РАН, Санкт-Петербург, Россия

**E-mails:** andrei\_grib@mail.ru, yuri.pavlov@mail.ru;

Одна из главных проблем современной космологии – это объяснение наблюдаемого значения космологической постоянной или, другими словами, «темной энергии». Это значение не выражается через значение массы какой-либо элементарной частицы, ни через массу Планка, ни через массу электрона или протона. Величина космологической постоянной, в системе единиц, где скорость света и гравитационная постоянная полагаются равными единице, близка к значению критической плотности в современную эпоху, т.е. к квадрату постоянной Хаббла. Существуют ли аргументы для обоснования такого значения?

Здесь мы показываем, следуя нашей статье [1], что при использовании вместо обычно применяемой синхронной системы координат, другой весьма естественной системы отсчета, рассматриваемой, например, Эллисом в [2], в уравнении геодезических появляются дополнительные члены. Они имеют

смысл сил отталкивания, пропорциональных квадрату изменяющейся «постоянной» Хаббла. Когда наша Вселенная эволюционирует в деситтеровскую стадию, соответствующая силам отталкивания изменяющаяся космологическая постоянная становится равной космологической постоянной, наблюдаемой в синхронной системе координат.

В отличие от синхронной системы, система координат Эллиса в окрестностях Земли соответствует пространству Минковского. Это соответствует тому, что наша лаборатория не расширяется, а расширение Вселенной наблюдается на больших расстояниях. В докладе мы также обсуждаем другие свойства системы отсчета Эллиса. Так, в синхронной системе отсчета тензор энергии-импульса фоновой материи расширяющейся Вселенной диагонален. Здесь же он не диагонален. Обсуждаются возможные наблюдательные следствия этой недиагональности.

Литература:

1. A.A. Grib, Yu.V. Pavlov, Comparison of particle properties in Kerr metric and in rotating coordinates, Eur. Phys. J. Plus, Vol. 136 (2021), 318.
2. G.F.R. Ellis, T. Rothman, Lost horizons, Am. J. Phys., Vol. 61 (1993), 883.

## Newman-Janis Ansatz for rotating wormholes

Gutierrez-Pineres A.C.

Escuela de Física Universidad Industrial de Santander, Colombia

E-mail: acgutier@uis.edu.co;

A central problem in General Relativity is obtaining a solution to describe the source's interior counterpart for Kerr black hole. Besides, determining a method to match the interior and exterior solutions through a surface free of predefined coordinates remains an open problem.

In this talk, we present the ansatz formulated by Newman-Janis to generate solutions to the Einstein field equation inspired by the mentioned problems. We present a class of exact interior solutions of the Einstein equation describing rotating fluids with anisotropic pressures. Furthermore, we will elaborate on some obtained solutions by alluding to rotating wormholes.

# **Current Status of the Newtonian, Inflationary and Cyclic Models of the Early Universe**

**Ibeh G.J.<sup>1</sup>, Akpojotor G.E.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Nigerian Defense Academy, Kaduna, Nigeria*

<sup>2</sup> *Delta State University, Abraka, Nigeria*

**E-mail:** gjibeh@nda.edu.ng;

We present a review of the current trend of the models of the early universe by focusing on the specifics of the Newtonian, Inflationary and Cyclic models in terms of the relationship of the evolution of the universe and its composition including the formation and possible evaporation of primordial blackholes ...using the cosmic microwave background radiation as a benchmark for the successes and failures of each model. Notwithstanding the almost consensus acceptance of the Inflationary model as given a more realistic picture of the early universe we opined that the cyclic model have much to explain if the implications of it's assertions is explored.

## **Multiworld Motives by Closed Time-like Curves**

**Il'ichov L.V., Rostom A.M., Shepelin A.V., Tomilin V.A.**

*Novosibirsk State University, IA&E SB RAS, Novosibirsk, Russia*

**E-mail:** leonid@iae.nsk.su;

We propose a new model, entitled S-CTC, for the description of quantum systems in the presence of causal loops (CTC – closed time-like curves). It is based on the viewpoint on any quantum state as the observer's state of knowledge about the system preparation procedure. We conduct a comparison between our S-CTC model and the previously well-known models of D-CTC and P-CTC, showing that S-CTC includes special quantum features from both D-CTC and P-CTC models. As far as the interaction of the quantum system with itself coming from the future concerns, S-CTC is formally equivalent to P-CTC. On the other hand, when calculating the outcome probabilities for the measurement in between the entrance and exit of CTC, S-CTC becomes equivalent to D-CTC. Both these models require the concept of alternative realities (worlds) corresponding to different measurement outcomes and alternative connections of these realities by CTC.

# **Замкнутые времениподобные кривые и концепция «многих миров»**

**Ильичёв Л.В., Ростом А.М., Шепелин А.В., Томилин В.А.**

*Новосибирский государственный университет, ИАиЭ СО РАН, Новосибирск,  
Россия*

**E-mail:** leonid@iae.nsk.su;

Мы предлагаем новую модель, получившую название S-CTC, для описания эволюции простейших квантовых систем в присутствии причинных петель (СТС – замкнутые времениподобные кривые). Модель основана на трактовке любого квантового состояния как состояния знания наблюдателя о процедуре приготовления системы. Мы проводим сравнение между нашей моделью S-CTC и хорошо известными моделями D-CTC и P-CTC, показывая, что S-CTC включает в себя черты как модели D-CTC, так и P-CTC. Что касается эффектов взаимодействия квантовой системы с самой собой, пришедшей из будущего, модель S-CTC формально эквивалентна P-CTC. С другой стороны, при вычислении вероятностей результата измерения в интервале времени между выходом и входом во внепространственный коридор, ведущий из будущего в прошлое, модель S-CTC становится эквивалентной D-CTC. Обе эти модели требуют концепции альтернативных реальностей (миров), соответствующих различным исходам измерений, и альтернативных способов соединения этих реальностей с помощью СТС.

## **Null shells and double layers in quadratic gravity**

**Ivanova I.D.**

*Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

**E-mail:** pc\_mouse@mail.ru;

For a singular hypersurface of arbitrary type in quadratic gravity equations of motion were obtained using only the least action principle. The equations containing the components of the surface energy-momentum tensor corresponding to the "external pressure" and "external flow", in combination with the Lichnerowicz conditions, are necessary to find the hypersurface itself, while the rest of the equations determine an arbitrary function that arises due to the implicit presence of

$\delta'$ . The coefficients in the equations of motion are zeroed with a combination corresponding to the Gauss-Bonnet term therefore it does not create neither double layers nor thin shells. It has been demonstrated that there is no "external pressure" for any type of null singular hypersurface. For spherically symmetric null singular hypersurfaces additionally the "external flux" is equal to zero and the system of equations of motion is reduced to one which is expressed through the invariants of spherical geometry along with the Lichnerowicz conditions. In this case there is no double layer and only thin shells are possible. Spherically symmetric null thin shells were investigated for spherically symmetric solutions of conformal gravity as an application, in particular, for various vacua and Vaidya-type solutions. By virtue of Lichnerowicz conditions the two-dimensional scalar curvature  $R_2$  must be continuous on the null shell, therefore, for two vacua, the following combinations are possible: matching a vacuum with a constant  $R_2$  and a vacuum with a variable  $R_2$ , matching two vacuums with a variable  $R_2$ , matching two vacua with a coinciding constant  $R_2$ . In the first case, the hypersurface is an analogue of the double horizon in the metric with the variable  $R_2$ ; in other cases, matching is possible only if the metrics coincide up to a conformal factor. With the addition of the Vaidya-type solution new possible matchings appear: Vaidya-type metrics with vacuum with variable  $R_2$ , two Vaidya-type metrics. In the first version, the null shell is actually the singular part of the Vaidya-type solution, in the second, they must coincide up to the conformal factor. Moreover the null shell does not emit in both cases.

## **Светоподобные тонкие оболочки и двойные слои в квадратичной гравитации**

**Иванова И.Д.**

*Институт ядерных исследований Российской академии наук, Москва, Россия*

E-mail: pc\_mouse@mail.ru;

С помощью принципа наименьшего действия были получены уравнения движения для сингулярной гиперповерхности произвольного типа в квадратичной гравитации. Уравнения, содержащие компоненты поверхностного тензора энергии-импульса, соответствующие «внешнему давлению» и «внешнему потоку», в сочетании с условиями Лихнеровича необходимы для нахождения самой гиперповерхности, тогда как остальные уравнения определяют произвольную функцию, которая возникает из-за неявного присутствия  $\delta'$ . Коэффициенты в уравнениях движения обнуляются при сочетании, соответствующем поправке Гаусса-Бонне, следовательно она

не дает ни двойных слоев, ни тонких оболочек. Было продемонстрировано, что для светоподобной сингулярной гиперповерхности любого типа отсутствует «внешнее давление». Для сферически-симметричных светоподобных сингулярных гиперповерхностей дополнительно равен нулю «внешний поток», и система уравнений движения редуцируется до одного, которое, наряду с условиями Лихнеровича, выражается через инварианты сферической геометрии. В этом случае не существует двойного слоя, и возможны только тонкие оболочки. В качестве приложений были исследованы сферически-симметричные светоподобные тонкие оболочки для сферически-симметричных решений конформной гравитации, в частности, для различных вакуумов и решений типа Вайдья. В силу условий Лихнеровича двумерная скалярная кривизна  $R_2$  должна быть непрерывна на светоподобной оболочке, поэтому для двух вакуумов возможны следующие комбинации: сшивка вакуума с постоянной  $R_2$  и вакуума с переменной  $R_2$ , сшивка двух вакуумов с переменной  $R_2$ , сшивка двух вакуумов с совпадающей постоянной  $R_2$ . В первом случае гиперповерхность является аналогом двойного горизонта в метрике с переменной  $R_2$ , в остальных случаях сшивка возможна, только если метрики совпадают с точностью до конформного фактора. При добавлении решения типа Вайдья появляются дополнительные возможные сшивки: метрики типа Вайдья с вакуумом с переменной  $R_2$ , двух метрик типа Вайдья. В первом варианте светоподобная оболочка фактически является сингулярной частью решения типа Вайдья, во втором – они должны совпадать с точностью до конформного фактора. В обоих случаях светоподобная оболочка не излучает.

## An uniform model for Dark Matter and Dark Energy

Izmaïlov G.N.

*Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia*

E-mail: izmailov@mai.ru;

In this report, after reviewing some of the most important concepts about Dark Matter and methods of its registration, in particular by using SQUIDs, it is proposed a toy uniform model for corpuscular Dark Matter and continuous Dark Energy. Estimates, carried out in the framework of this model, indicate the possibility of experimental detection of the "ether wind" pressure, created by the non-corpuscular incoming flow, corresponding to the galactic orbital motion of the Earth. The devices based on SQUID, in particular the SQUID-paramagnetic absorber and the SQUID-

magnetostriktor systems, both suitable for investigations of above problems, are considered.

## **Единая модель тёмной материи и тёмной энергии**

**Измайлов Г.Н.**

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия*

**E-mail:** izmailov@mai.ru;

В этом сообщении после обзора некоторых наиболее важных концепций тёмной материи и методов её регистрации, в частности, с использованием СКВИДов, предлагается единая упрощённая модель для корпскулярной тёмной материи и непрерывной тёмной энергии. Оценки, выполненные в рамках этой модели, указывают на возможность экспериментального обнаружения давления «эфирного ветра», создаваемого некорпускулярным набегающим потоком, соответствующим галактическому орбитальному движению Земли. Рассмотрены устройства на основе СКВИДов, в частности СКВИД-парамагнитный поглотитель и СКВИД-магнитострикторные системы, подходящие для исследования вышеуказанной задачи.

## **Precision Clock Network As Space-Based Gravity Antennas**

**Izmaïlov G.N., Ozolin V.V.**

*Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia*

**E-mail:** izmailov@mai.ru;

It is proposed to use space-based super-precise clock networks to register the sources of low-frequency gravitational waves in the range of  $10^{-3}\div0.1$  Hz, generated by binary neutron stars and/or merging black holes. To register gravitational waves, the method of comparing clocks at inland and intercontinental distances (interferometry with a very long base), originally researched, developed and training on for radio astronomy and geodesy practice, can be used. An outline for the detection of gravitational waves on the basis of the proposed network is offered. A scheme of a ring quantum interferometer based on matter waves for recording the

Lense - Thirring effect (measuring the gravimagnetic component of the gravitational field arising as a result of mass rotation) is indicated, which can open up the prospect of circularly polarized gravitational waves registering.

## **Сеть прецизионных часов как гравитационные антенны космического базирования**

**Измайлов Г.Н., Озолин В.В.**

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия*

**E-mail:** izmailov@mai.ru;

Предложено использовать сети сверхточных часов космического базирования для регистрации источников низкочастотных гравитационных волн в диапазоне  $10^{-3} \div 0,1$  Гц, генерируемых двойными нейтронными звездами и/или сливающимися чёрными дырами. Для регистрации гравитационных волн может быть использован метод сопоставления часов на внутренних и межконтинентальных расстояниях (интерферометрия с очень длинной базой), изначально разработанный для радиоастрономии и геодезии. Приводится схема регистрации гравитационных волн с помощью предлагаемой сети, и даются оценки точности измерений. Указывается схема кольцевого квантового интерферометра на волнах материи для регистрации эффекта Лензе – Тирринга (измерения гравимагнитной составляющей гравитационного поля, возникающей в результате вращения массы), что открывает перспективу регистрации циркулярно-поляризованных гравитационных волн.

## **Late time cosmic acceleration in $f(T, B)$ gravity**

**Kadam S.A., Mishra B.**

*Birla Institute of Technology and Science-Pilani, Hyderabad Campus, India*

**E-mail:** k.siddheshwar47@gmail.com, bivu@hyderabad.bits-pilani.ac.in;

In this paper, we have derived the field equations of  $f(T, B)$  gravity, an extension of teleparallel gravity, in an isotropic and homogeneous space-time. In the basic formalism developed, the dynamical parameters are derived by incorporating

the hybrid scale factor. The scale factor chosen behaves as an early deceleration and late time acceleration. The model behaves as an accelerating model at least at the late time of cosmic evolution. The geometrical parameters and the scalar field reconstruction are performed to further validate the model. Further the stability of the model is also presented.

## What are Non-local Variables?

Kamalov T.F.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Theoretical Physics Department, Moscow Institute of Physics and Technology,  
Dolgoprudny, Russia*

<sup>2</sup> *Theoretical Physics Department, Moscow Region State University, Moscow, Russia*

**E-mail:** t.kamalov@phystech.edu;

The need to introduce hidden variables into quantum mechanics naturally arises for a consistent description of the nature of quantum statistics. The inability of classical physics to explain the experiments of the microworld led to their presentation as axioms and postulates of quantum mechanics. That is why the problem of hidden variables has arisen and is being discussed since the formation of quantum mechanics and is still relevant today. Experiments on checking Bell's inequalities have concluded that it is impossible to introduce local hidden variables. But since the question of the nature of quantum statistics remained open, the question arose about the possibility of introducing nonlocal hidden variables, the introduction of which does not contradict the experimental conclusions of the measurement of Bell's observable. But what are non-local hidden variables? This paper discusses kinematic variables in the form of higher derivatives of acceleration with respect to time, arising in non-inertial reference frames due to randomly vibrating small random fields and forces. Kinematic characteristics in the form of acceleration and its higher derivatives with respect to time are the same for all observables of a randomly vibrating frame of reference and therefore they are non-local variables for all objects of this frame of reference. This leads to a probabilistic description of the behavior of micro-objects with hidden and non-local variables. Recognition of the importance of randomly vibrating frames of reference for the behavior of micro-objects leads to a refusal to recognize the reality of inertial frames of reference, and hence to the need to expand classical physics and Newton's laws. The essence of Newton's laws in the axiomatic introduction to the description of mechanical systems by second-order differential equations in inertial reference frames is expanded by replacing the axiomatics of describing classical-quantum objects with

higher-order differential equations. In our case, nonlocal kinematic variables of random frames of reference in the form of higher derivatives of acceleration with respect to time describe the nonlocal correlation characteristics of microobjects.

## Что такое нелокальные переменные?

Камалов Т.Ф.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Кафедра теоретической физики, Московский физико-технический институт,  
Долгопрудный, Россия

<sup>2</sup> Кафедра теоретической физики, Московский государственный областной  
университет, Москва, Россия

E-mail: t.kamalov@phystech.edu;

Необходимость введения скрытых параметров в квантовую механику возникает для непротиворечивого описания природы квантовой статистики. Неспособность классической физики объяснить эксперименты микромира привела к изложению их в качестве аксиоматики и постулатов квантовой механики. Вот почему проблема скрытых параметров возникла и дискутируется со времени становления квантовой механики и актуальна до сих пор. Эксперименты по проверке неравенств Белла дали вывод о невозможности введения локальных скрытых параметров. Но так как вопрос о природе квантовой статистики остался открытым, встал вопрос о возможности введения нелокальных скрытых параметров, введение которых не противоречит экспериментальным выводам измерения наблюдаемой Белла. Но что такое нелокальные скрытые параметры? В этой работе обсуждаются кинематические переменные в виде высших производных координат по времени, возникающие в неинерциальных системах отсчета вследствие случайно выбирающих малых случайных полей и сил. Очевидная нелокальность кинематических переменных в неинерциальных системах отсчета следует из присущих системе отсчета, а не наблюдаемых физических систем в пространстве. Кинематические характеристики в виде ускорения и его высших производных по времени одинаковы для всех наблюдаемых случайно выбирающей системы отсчета и поэтому они являются нелокальными переменными для всех объектов этой системы отсчета. Это приводит к вероятностному описанию поведения микрообъектов со скрытым и нелокальными переменными. Признание значимости случайно выбирающих систем отсчета на поведение микрообъектов ведет к отказу от признания реальности инерциальных систем отсчета, а значит к

необходимости расширения классической физики и законов Ньютона. Суть законов Ньютона в аксиоматическом введении описании механических систем дифференциальными уравнениями второго порядка расширяется подменой аксиоматики описания классически-квантовых систем дифференциальными уравнениями высших порядков. В нашем случае нелокальные кинематические переменные случайных систем отсчета в виде высших производных ускорения по времени описывают нелокальные корреляционные характеристики микрообъектов.

## Shapiro delay in Kerr-Sen black hole

**Karimov R.Kh.<sup>1</sup>, Izmailov R.N.<sup>1</sup>, Nandi K.K.<sup>1,2</sup>, Ivanova A.A. <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Bashkir State Pedagogical University, Ufa, Russia*

<sup>2</sup> *University of North Bengal, Darjeeling, India*

**E-mail:** karimov\_ramis\_92@mail.ru, izmailov.ramil@gmail.com,  
kamalnandi1952@rediffmail.com;

In this work, we consider realistic finite lensing system and raised a question of principle associated with the estimation of pulse arrival times after they pass by a companion spinning BH. To do that, we integrated null geodesics and analytically calculated the time delay of light propagation in the equatorial plane of Kerr-Sen black hole up to third order. The calculated propagation time (also called as Shapiro delay) required for a pulse to travel from an arbitrary source point  $r$  to the observer point on the opposite sides of a spinning Kerr-Sen lens can be presented by  $t^\pm(r, b, \xi) = t_{\text{flat}}(r, b, \xi) + t_{\text{mass}}(r, b, \xi) \pm t_{\text{fd}}(r, b, \xi)$ , where  $\xi$  - Kerr-Sen parameter,  $t_{\text{flat}}$  is the flat space term,  $t_{\text{mass}}$  are three pure mass terms, while the last term  $t_{\text{fd}}$  represents the leading order frame dragging term containing the spin  $a$ . The distance  $b$  of closest approach of the ray is determined by black hole mass  $M$  and angular momentum  $J$ .

# Задержка Шапиро в пространстве-времени Керра-Сена

Каримов Р.Х.<sup>1</sup>, Измаилов Р.Н.<sup>1</sup>, Нанди К.К.<sup>1,2</sup>, Иванова А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы,  
Россия

<sup>2</sup> University of North Bengal, Darjeeling, India

E-mail: karimov\_ramis\_92@mail.ru, izmailov.ramil@gmail.com,  
kamalnandi1952@rediffmail.com;

В работе рассматривается реалистичная конечная линзируемая система и поднимается принципиальный вопрос, связанный с оценкой времени прихода сигналов после их прохождения вблизи вращающейся черной дыры. Для этого проинтегрированы нулевые геодезические метрики Керра-Сена в экваториальной плоскости до третьего порядка и вычислено время прохождения лучей света (также называемое задержкой Шапиро), необходимое для их прохождения от произвольной точки в источнике  $r$  на расстоянии наименьшего сближения луча  $b$  по обе стороны от вращающейся линзы Керра-Сена, которое можно представить в виде:  $t^\pm(r, b, \xi) = t_{\text{flat}}(r, b, \xi) + t_{\text{mass}}(r, b, \xi) \pm t_{\text{fd}}(r, b, \xi)$ , где  $\xi$  – параметр метрики Керра-Сена,  $t_{\text{flat}}$  – задержка в плоском пространстве,  $t_{\text{mass}}$  – задержка, вызванная массой черной дыры и  $t_{\text{fd}}$  – ведущий порядок задержки, вызванный эффектом увлечения инерциальных систем отсчета, содержащий параметр вращения  $a$ . Расстояние наименьшего сближения  $b$  луча определяется массой черной дыры  $M$  и угловым моментом  $J$ .

# Extended geometry and kinematics induced by biquaternionic and twistor structures

Kassandrov V.V.<sup>1</sup>, Markova N.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Gravitation and Cosmology, Peoples' Friendship University of Russia,  
Moscow, Russia

<sup>2</sup> Department of Applied Mathematics, Peoples' Friendship University of Russia,  
Moscow, Russia

E-mail: vkassan@sci.pfu.edu.ru, n.markova@mail.ru;

The algebra of complex quaternions, *biquaternions*,  $\mathbf{B}$  is the most appropriate candidate for the role of a *space-time algebra*. Indeed, its symmetry (automorphism) group  $\text{SO}(3,\mathbb{C})$  is isomorphic to the spinor Lorentz group  $\text{SL}(2,\mathbb{C})$ , and its multiplication table can be represented in a manifestly Lorentz invariant form [1]. However, vector space of  $\mathbf{B}$  has four *complex* dimensions and does not correspond therefore to the structure of real Minkowski space. Physical sense of four ``superfluous'' coordinates (if any) remains indefinite, and we concentrate on this problem in the report.

Nonetheless, biquaternions and  $\mathbf{B}$ -valued functions, as well as the structure of extended complex space-time  $\mathbf{CM}$  itself, have been exploited in a number of interesting approaches to the field theory and general relativity. Particularly, in GTR complex space-time serves as a source of null shear-free congruences (NSFC) which are known to determine the structure of Robinson-Trautman metrics (including the Kerr and Kerr-Newman solutions).

In our version of *non-commutative analysis* (see, e.g., [2] and references therein) the *differentiability conditions* for (bi)quaternionic functions (generalized Cauchy-Riemann conditions in complex analysis) are direct consequences of the  $\mathbf{B}$ -algebra's *non-commutativity*, so that  *$\mathbf{B}$ -differentiable functions can be actually treated as (self-) interacting physical fields*.

Moreover, the system of  $\mathbf{B}$ -differentiability equations possess natural 2-spinor and twistor structures, and its general solution represents in fact an invariant version of the celebrated Kerr-Penrose theorem [3]. The latter gives a complete algebraic description of the NSFC on the Minkowski or the Kerr-Shild spaces via *twistor generating functions*. In the turn, a NSFC defines a set of fundamental (both gauge and spinor) fields for which the corresponding vacuum equations are identically satisfied (see [4] and references therein). Singularities of these fields (point-, string- or membrane-like) can be treated as particlelike formations participating in a self-consistent collective dynamics (see [5] and references therein). We obtain thus a

non-trivial set of interacting fields and their singular sources whose properties are determined by the **B**-differentiability conditions alone; such approach had been called the "*algebrodynamics*" [6,2].

However, the complex geometry defined by the structure of **B**-algebra embarrass explicit physical applications of biquaternions and, particularly, proper interpretation of results obtained in the framework of the algebrodynamical approach. In our previous works [7] a number of constructions has been presented which, rather naturally, relate complex pre-geometry with real geometry of the Minkowski space or its extensions. These constructions based on **B**-*invariant bilinear maps* and leading to some peculiar kinematics of the particlelike formations will be enlightened in the report. We impose also some additional restrictions on the particles' kinematics motivated by the properties of the primary **B**-field and its twistor counterpart. These properties define the law of transfer of twistor field and, in addition, the transfer of singularities, *caustic-like* structures. In result, we obtain a remarkable classification of the types of singularities-particles and their corresponding dynamics.

#### References:

1. E. Grgin, *Phys. Lett. B*, 431, 15 (1998); V.V. Kassandrov, *Grav. Cosm.*, 22, 230 (2016); arXiv:1612.02455;
2. V.V. Kassandrov, *Phys. Atom. Nuclei*, 72, 813 (2009); arXiv:0907.5425;
3. G. Debney, R.P. Kerr, A. Shild, *J. Math. Phys.*, 10, 1842 (1969);
4. V.V. Kassandrov, J.A. Rizcallah, *J. Geom. Meth. Mod. Phys.*, 14, 1750031 (2017); arXiv:1612.06718;
5. V.V. Kassandrov, I.Sh. Khasanov, N.V. Markova, *J. Phys. A: Math. Theor.*, 48, 395204 (2015); arXiv:1501.01606;
6. V.V. Kassandrov, *Algebraic Structure of Space-Time and Algebrodynamics*, M: Peopl. Friend. Univ., 1992. V.V. Kassandrov, *Grav. Cosm.*, 11, 354 (2005); arXiv:gr-qc/0602088; in: ``*Proc. PIRT-11*'', 131 (2012); arXiv:1209.2377.

# **Расширенная геометрия и кинематика, индуцируемая структурой бикватернионов и твисторов**

**Кассандров В.В.<sup>1</sup>, Маркова Н.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт гравитации и космологии, Российский университет дружбы народов,  
Москва, Россия

<sup>2</sup> Институт прикладной математики, Российский университет дружбы народов,  
Москва, Россия

E-mail: vkassan@sci.pfu.edu.ru, n.markova@mail.ru;

Алгебра комплексных кватернионов, или *бикватернионов*, **В** является одним из наиболее подходящих кандидатов на роль *алгебры пространства-времени*. Действительно, ее группа симметрии (автоморфизмов)  $SO(3, \mathbb{C})$  изоморфна спинорной группе Лоренца  $SL(2, \mathbb{C})$ , а таблица умножения может быть представлена в явно лоренц-инвариантной форме [1]. Однако векторное пространство **В** имеет четыре *комплексные* координаты и не соответствует структуре вещественного пространства Минковского. Физический смысл четырех «лишних» остается не вполне ясным, и мы обсудим эту проблему в докладе.

Несмотря на это, бикватернионы и **В**-значные функции, как и сама структура расширенного комплексного пространства-времени **М**, использовалась в ряде интересных подходов в теории поля и гравитации. В частности, в ОТО комплексное пространство-время может рассматриваться как источник бессдвиговых изотропных конгруэнций (БИК), которые определяют, как известно, структуру метрик Робинсона-Траутмана (в том числе решений Керра и Керра-Ньютона).

В предложенной нами версии *некоммутативного анализа* (см. ссылки в [2]) условия *дифференцируемости* функций бикватернионного переменного (обобщение условий Коши-Римана в комплексном анализе) непосредственно связаны с *некоммутативностью* алгебры **В**, так что *В-дифференцируемые функции могут рассматриваться в качестве физических полей с «самодействием»*.

Более того, система уравнений **В**-дифференцируемости естественно порождает 2-спинорную и твисторную структуры, а ее общее решение представляет собой инвариантную версию знаменитой теоремы Керра-Пенроуза [3]. Эта теорема дает полное описание БИК на пространствах Минковского и Керра-Шилда в терминах генерирующих твисторных

функций. В свою очередь, БИК порождает набор фундаментальных (как калибровочных, так и спинорных) полей, для которых тождественно выполняются соответствующие вакуумные уравнения. (см. ссылки в [4]). Сингулярности этих полей (точечные, струнного или мембранныго типа) могут рассматриваться как частицеподобные образования, участвующие в самосогласованной коллективной динамике (см. ссылки в [5]). Мы получаем, таким образом, нетривиальный набор взаимодействующих полей и их сингулярных источников, свойства которых полностью определяются условиями **В-дифференцируемости**; такой подход получил название «алгебродинамики» [6,2].

Тем не менее, комплексная геометрия, порождаемая структурой However, the complex geometry defined by the structure of **В**-алгебры, препятствует непосредственным физическим применением бикватернионов и, в том числе, затрудняет интерпретацию результатов, получаемых в контексте алгебродинамического подхода. В предыдущих работах [7] был предложен ряд конструкций, которые естественно соотносили комплексную предгеометрию с геометрией пространства Минковского или его расширений. Такие конструкции, основанные на **В**-инвариантных билинейных отображениях и приводящие к оригинальной кинематике частицеподобных образований, будут представлены в докладе. Некоторые дополнительные ограничения на кинематику частиц, связанные со свойствами первичного **В**- поля, определяют перенос его твисторного аналога и, в дополнение, перенос каустик конгруэнции. В итоге, мы получаем примечательную классификацию типов сингулярностей, ассоциируемых с частицами.

Литература:

1. E. Grgin, *Phys. Lett. B*, 431, 15 (1998); V.V. Kassandrov, *Grav. Cosm.*, 22, 230 (2016); arXiv:1612.02455;
2. V.V. Kassandrov, *Phys. Atom. Nuclei*, 72, 813 (2009); arXiv:0907.5425;
3. G. Debney, R.P. Kerr, A. Shild, *J. Math. Phys.*, 10, 1842 (1969);
4. V.V. Kassandrov, J.A. Rizcallah, *J. Geom. Meth. Mod. Phys.*, 14, 1750031 (2017); arXiv:1612.06718;
5. V.V. Kassandrov, I.Sh. Khasanov, N.V. Markova, *J. Phys. A: Math. Theor.*, 48, 395204 (2015); arXiv:1501.01606;
6. V.V. Kassandrov, *Algebraic Structure of Space-Time and Algebrodynamics*, M: Peopl. Friend. Univ., 1992. V.V. Kassandrov, *Grav. Cosm.*, 11, 354 (2005); arXiv:gr-qc/0602088; in: ``Proc. PIRT-11'', 131 (2012); arXiv:1209.2377.

# **Phenomenon of dark matter and dark energy as result of non-calculation additional derivatives**

**Khamis Hassan M.H.<sup>1,2</sup>, Volkova O.A.<sup>2</sup>, Kamalov T.F.<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup> *Assiut University, Assiut, Egypt*

<sup>2</sup> *Moscow State Regional University, Mytishchi, Russia*

<sup>3</sup> *Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow Region, Russia*

**E-mail:** m.khamis@yandex.ru;

The need to introduce dark matter dark and energy becomes unnecessary if we consider that the phenomenon of dark matter and dark energy is a result of not computing the additional derivatives of the equation of motion. For this purpose, we use higher derivatives in the form of non-local variables, known as the Ostrogradsky formalism. As a mathematician, Ostrogradsky considered the dependence of the Lagrange function on acceleration and its higher derivatives with respect to time. This is the case that fully correspond with the real frame of reference, and that can be both inertial and non-inertial frames. The problem of dark matter and dark energy presented starting from basic observations to explain the different results in theory and experiment. The study of galactic motion, especially the rotation curves, showed that a large amount of dark matter could found mainly in galactic halos. The search for dark matter and dark energy has not confirmed with the experimental discovery of it, so we use Ostrogradsky formalities to explain the effects described above, so that the need to introduce dark matter and dark energy disappears.

## **Феномен темной материи и темной энергии как результат нерасчетных дополнительных производных**

**Хамис Хассан М.Х.<sup>1,2</sup>, Волкова О.А.<sup>2</sup>, Камалов Т.Ф.<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup> *Ассиутский университет, Ассиут, Египет*

<sup>2</sup> *Московский государственный областной университет, Мытищи, Россия*

<sup>3</sup> *Московский физико-технический институт, Московская область, Россия*

**E-mail:** m.khamis@yandex.ru;

Необходимость введения темной материи и темной энергии становится ненужной, если учесть, что явление темной материи и темной энергии является результатом не вычисления дополнительных производных уравнения

движения. Для этого мы используем высшие производные в виде нелокальных переменных, известные как формализм Остроградского. Как математик Остроградский рассматривал зависимость функции Лагранжа от ускорения и ее высшие производные по времени. Это тот случай соответствует случаю, когда система отсчета может быть, как инерциальной, так и неинерциальной. Проблема темной материи и темной энергии возникла для того, чтобы объяснить различные результаты теории и эксперимента. Изучение движения галактик, особенно кривых вращения, показало, что большое количество темной материи можно найти в основном в гало галактиках. Поиск темной материи и темной энергии не подтвердился ее экспериментальным открытием, поэтому мы используем формализм Остроградского для объяснения описанных выше эффектов, так что необходимость введения темной материи и темной энергии отпадает в нашей модели.

## The hypothesis of black hole evaporation in multidimensional spaces

**Kopylov S.**

*Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia*

**Email:** KopSV@mail.ru;

Evaporation of a black hole with mass  $M$  over time  $T$  is considered. The black hole mass is related to its volume. Therefore, if  $M \rightarrow 0$ , then  $V \rightarrow 0$ . As a result, we have  $M/T \square V/T = L^n/T = L^n c/Tc = L^n c/L = L^{n-1} c$ . Here  $L^{n-1}$  is a hypersurface in  $n$  dimensional space.

The quantity  $L^{n-1}$  can be built from world constants:  $L^{n-1} = G_{(n)} h/c^3$ . Then this is the value of the Planck size, a kind of hypersurface "quantum":  $L^{n-1} = L_{pl}^{n-1}$ . We obtain  $L^{n-1} c = G_{(n)} h/c^2$ . Thus,  $V/T = L^{n-1} c \rightarrow T = V/L^{n-1} c = V c^2/G_{(n)} h$ .

For a black hole we have:  $mc^2/2 = G_{(n)} m M / L^{n-2}$ . Then  $L^{n-2} = 2G_{(n)} M/c^2$ . Finally  $L = (2G_{(n)} M/c^2)^{1/(n-2)}$ . Thus the volume of the black hole is:  $V = L^n = (2G_{(n)} M/c^2)^{n/(n-2)}$ . Insofar as  $T = V c^2/G_{(n)} h$ . We get  $T = (2G_{(n)} M/c^2)^{n/(n-2)} c^2/G_{(n)} h$  or  $T = 2^{n/(n-2)} G_{(n)}^{\{n/(n-2)\}-1} c^{\{-2n/(n-2)\}+2} M^{n/(n-2)}/h$ . Finally,  $T = 2^{n/(n-2)} G_{(n)}^{2/(n-2)} c^{4/(2-n)} M^{n/(n-2)}/h$ .

If,  $n=3$  then the black hole evaporation time  $T = 2^3 G_{(3)}^{-2} c^{-4} M^3 / h$ . If  $n=4$ , the black hole evaporation time  $T = 2^2 G_{(4)}^{-1} c^{-2} M^2 / h$ . As  $n \rightarrow \infty$ ,  $T \rightarrow 2^1 G_{(\infty)}^0 c^0 M^1 / h$ . Finally,  $T \square 2M/h$ . The evaporation time decreases as  $n$  increases.

The black hole evaporation time is proportional to the time of light travelling through its transverse size, multiplied by the number of Planck hypersurfaces contained in the black hole's hypersurface, i.e. the number of ray reflections from the black hole hypersurface.

Determine the temperature of the black hole radiation. We shall assume that the black body radiation is a quantum process. Therefore, the energy of this radiation can be estimated from the relation  $E = hc/L$ . Substitute the characteristic size of the black hole in it:  $E = hc/L = hc(2G_{(n)} M/c^2)^{-1/(n-2)}$ . Insofar as  $T^o = E/k_B$ , we obtain  $T^o = hc(2G_{(n)} M/c^2)^{1/(2-n)}/k_B$ . For  $n=3$ ,  $T^o = hc(2G_{(3)} M/c^2)^{1/(2-n)}/k_B = hc^3/2G_{(3)} M k_B$ . For  $n=4$ ,  $T^o = hc^2/(2G_{(4)} M)^{1/2} k_B$ . As  $n \rightarrow \infty$ ,  $T^o = hc(2G_{(\infty)} M/c^2)^0/k_B \propto hc/k_B$ . The black hole absorbs everything falling onto it, i.e. this is a black body whose equilibrium is due to a multiple reflection from Planck hypersurfaces.

## Гипотеза испарения чёрных дыр в многомерных пространствах

**Копылов С.В.**

*Московский политехнический университет, Москва, Россия*

**Email:** KopSV@mail.ru;

Рассматривается испарение чёрной дыры массой  $M$  за время  $T$ . Масса чёрной дыры связана с её объёмом. Поэтому, если  $M \rightarrow 0$  то  $V \rightarrow 0$ . Как результат имеем  $M/T \square V/T = L^n/T = L^n c/Tc = L^n c/L = L^{n-1} c$ . Здесь  $L^{n-1}$  гиперповерхность в  $n$  мерном пространстве.

Величина  $L^{n-1}$  может быть построена из мировых констант:  $L^{n-1} = G_{(n)} h/c^3$ . Тогда это величина планковского размера, своеобразный «квант» гиперповерхности:  $L^{n-1} = L_{Pl}^{n-1}$ . Получаем  $L^{n-1} c = G_{(n)} h/c^2$ . Поэтому  $V/T = L^{n-1} c \rightarrow T = V/L^{n-1} c = V c^2/G_{(n)} h$ .

Для чёрной дыры верно:  $mc^2/2 = G_{(n)} m M/L^{n-2}$ . Тогда  $L^{n-2} = 2G_{(n)} M/c^2$ . Окончательно  $L = (2G_{(n)} M/c^2)^{1/(n-2)}$ . Объём чёрной дыры таким образом:  $V = L^n = (2G_{(n)} M/c^2)^{n/(n-2)}$ . Поскольку  $T = V c^2/G_{(n)} h$ . Получаем

$$T = \left(2G_{(n)} M / c^2\right)^{n/(n-2)} c^2 / G_{(n)} h . \quad \text{Или} \quad T = 2^{n/(n-2)} G_{(n)}^{\{n/(n-2)\}-1} c^{\{-2n/(n-2)\}+2} M^{n/(n-2)} / h .$$

$$\text{Окончательно } T = 2^{n/(n-2)} G_{(n)}^{2/(n-2)} c^{4/(2-n)} M^{n/(n-2)} / h .$$

Если  $n=3$ , то время испарения чёрной дыры  $T = 2^3 G_{(3)}^2 c^{-4} M^3 / h$ . Если  $n=4$ , время испарения чёрной дыры  $T = 2^2 G_{(4)}^1 c^{-2} M^2 / h$ . При  $n \rightarrow \infty$   $T \rightarrow 2^1 G_{(\infty)}^0 c^0 M^1 / h$ . Окончательно  $T \square 2M/h$ . С ростом  $n$  время испарения уменьшается.

Время испарения чёрной дыры пропорционально времени прохождения светом её поперечного размера, умноженному на число планковских гиперповерхностей содержащихся в гиперповерхности чёрной дыры. То есть количеству отражений луча от гиперповерхности чёрной дыры.

Определим температуру излучения чёрной дыры. Будем считать, что излучение абсолютно чёрного тела процесс квантовый. Поэтому энергию этого излучения можно оценить из соотношения  $E = hc/L$ .

Подставим сюда характерный размер чёрной дыры  $E = hc/L = hc \left(2G_{(n)} M / c^2\right)^{-1/(n-2)}$ . Поскольку  $T^\circ = E/k_B$ . Получаем  $T^\circ = hc \left(2G_{(n)} M / c^2\right)^{1/(2-n)} / k_B$ .

При  $n=3$ ,  $T^\circ = hc \left(2G_{(3)} M / c^2\right)^{1/(2-n)} / k_B = hc^3 / 2G_{(3)} M k_B$ . При  $n=4$ ,  $T^\circ = hc^2 / \left(2G_{(4)} M\right)^{1/2} k_B$ . При  $n \rightarrow \infty$ ,  $T^\circ = hc \left(2G_{(\infty)} M / c^2\right)^0 / k_B \propto hc/k_B$ .

Чёрная дыра всё, что падает на неё, поглощает. Это абсолютно чёрное тело. Равновесным его делает многократное отражение от планковских гиперповерхностей.

## Extended f (R) theories with kinetic curvature scalar in the weak field regime

**Koshelev N.A.**

*Ulyanovsk State Pedagogical University named after I.N. Ulyanov, Russia*

**E-mail:** koshna71@inbox.ru;

The extended f (R) theories are receiving much attention today. This is due to attempts to give a purely geometric explanation for some cosmological phenomena, as well as to better understand the gravity theory. However, a typical problem of new modified theories is the presence of instabilities: ghost, tachyon, or gradient, in the terminology of review [1].

Recently, B.A. Naruko, D. Yoshida, S. Mukohyama [2] proposed a class of extended  $f(R)$  theories with the action of the form

$$S = \frac{1}{2\kappa^2} \int f(R, (\nabla R)^2, \square R) \sqrt{-g} d^4x. \quad (1)$$

With an appropriate choice of the Lagrangian, such theories are free of ghosts that call attention to them. Cosmological solutions in theories of this class were considered in [3], [4]. In ref. [4], considerable attention was paid also to the subclass

$$S = \frac{1}{2\kappa^2} \int (R + X(R)(\nabla R)^2) \sqrt{-g} d^4x. \quad (2)$$

In [5], cosmological solutions were considered for the model

$$S = \frac{1}{2\kappa^2} \int (f_1(R) + X(R)(\nabla R)^2) \sqrt{-g} d^4x. \quad (3)$$

Using a conformal transformation, one can write this action as

$$S = \int \left\{ \frac{1}{2\kappa^2} \tilde{R} - \frac{1}{2} (\tilde{\nabla}\chi)^2 + \frac{1}{2\kappa^2} e^{-\sqrt{\frac{2}{3}}\kappa\chi} X(\varphi) (\tilde{\nabla}\varphi)^2 - \frac{1}{2\kappa^2} \left( e^{-\sqrt{\frac{2}{3}}\kappa\chi} \varphi - e^{-2\sqrt{\frac{2}{3}}\kappa\chi} f_1(\varphi) \right) \right\} \sqrt{-g} d^4x. \quad (4)$$

In simple cases, models (3) in the limit of weak fields are suffering from tachyon instabilities that leads to instability of the Minkowski and Friedmann spaces in these models. The reason is clear in the Einstein frame (4), the potential

$$V(\varphi, \chi) = \frac{1}{2\kappa^2} \left( e^{-\sqrt{\frac{2}{3}}\kappa\chi} \varphi - e^{-2\sqrt{\frac{2}{3}}\kappa\chi} f_1(\varphi) \right) \quad (5)$$

has no minimum in simplest cases.

In this work, the models of the class (3) are studied in a weak field regime in order to find a subclass of models for which instabilities are absent or weak enough to pass observational constraints.

#### References:

1. V.A. Rubakov, *The Null Energy Condition and its violation*, Phys. Usp. 57, 128–142.(2014) [Usp. Fiz. Nauk 184,no.2,137(2014)]. arXiv:hep-th/1401.4024;
2. A.Naruko, D. Yoshida and S. Mukohyama, *Gravitational scalar-tensor theory*, Class. Quant. Grav. 33, no.9, 09LT01 (2016) [arXiv:1512.06977 [gr-qc]];
3. E.N. Saridakis and M. Tsoukalas, *Cosmology in new gravitational scalar-tensor theories*, JCAP 1604 (2016) no.04, 017 [arXiv:1602.06890[gr-qc]];
4. S.V. Chervon, A.V. Nikolaev, T.I. Mayorova, S.D. Odintsov and V.K. Oikonomou, *Kinetic scalar curvature extended  $f(R)$  gravity*, Nucl. Phys. B 936, 597-614 (2018) [arXiv:1810.01900 [gr-qc]];

5. S.V. Chervon, I.V. Fomin, T.I. Mayorova, *Chiral Cosmological Model of f(R) Gravity with a Kinetic Curvature Scalar*, Gravitation and Cosmology 25, 205–212 (2019).

## **Расширенные f(R) теории с кинетическим скаляром кривизны в режиме слабого поля**

**Кошелев Н.А.**

*Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова,  
Россия*

**E-mail:** koshna71@inbox.ru;

Расширенные f(R) теории, как и другие модифицированные теории гравитации, сегодня привлекают большое внимание. Это вызвано как попытками найти чисто геометрическое объяснение ряду космологических явлений, так и желанием лучше понять общую теорию относительности. Однако типичной проблемой новых модифицированных теорий является наличие неустойчивостей: духовых, тахионных или градиентных, в терминологии обзора [1].

В работе A.Naruko, D.Yoshida, S.Mukohyama [2] было предложено расширение f(R) теорий гравитации на теории с действием вида

$$S = \frac{1}{2\kappa^2} \int f(R, (\nabla R)^2, \square R) \sqrt{-g} d^4x. \quad (1)$$

При подходящем выборе лагранжиана, такие теории свободны от духов, что вызвало большой интерес к ним. Космологические решения в теориях этого класса рассматривались в работах [3], [4], причем в работе [4] существенное внимание было уделено подклассу

$$S = \frac{1}{2\kappa^2} \int (R + X(R)(\nabla R)^2) \sqrt{-g} d^4x. \quad (2)$$

В работе [5] исследовались космологические решения для модели

$$S = \frac{1}{2\kappa^2} \int (f_1(R) + X(R)(\nabla R)^2) \sqrt{-g} d^4x. \quad (3)$$

Конформным преобразованием это действие приводится к виду

$$S = \int \left\{ \frac{1}{2\kappa^2} \tilde{R} - \frac{1}{2} (\tilde{\nabla}\chi)^2 + \frac{1}{2\kappa^2} e^{-\sqrt{\frac{2}{3}}\kappa\chi} X(\varphi) (\tilde{\nabla}\varphi)^2 - \frac{1}{2\kappa^2} \left( e^{-\sqrt{\frac{2}{3}}\kappa\chi} \varphi - e^{-2\sqrt{\frac{2}{3}}\kappa\chi} f_1(\varphi) \right) \right\} \sqrt{-g} d^4x. \quad (4)$$

В простейших случаях модели с действием (3) в пределе слабых полей страдают от тахионных нестабильностей, что приводит в этих моделях к неустойчивости пространств Минковского и Фридмана. Причина видна в эйнштейновском представлении (4): для них потенциал самодействующего поля

$$V(\varphi, \chi) = \frac{1}{2\kappa^2} \left( e^{-\sqrt{\frac{2}{3}}\kappa\chi} \varphi - e^{-2\sqrt{\frac{2}{3}}\kappa\chi} f_1(\varphi) \right) \quad (5)$$

не имеет минимума.

В данной работе проводится исследование моделей с действием вида (3) на устойчивость в режиме слабого поля, чтобы найти подкласс моделей, для которых неустойчивости отсутствуют или достаточно слабы, чтобы пройти наблюдательные ограничения.

Литература:

1. V. A. Rubakov, *The Null Energy Condition and its violation*, Phys. Usp. 57, 128–142.(2014) [Usp. Fiz. Nauk 184,no.2,137(2014)]. arXiv:hep-th/1401.4024;
2. A. Naruko, D. Yoshida and S. Mukohyama, *Gravitational scalar-tensor theory*, Class. Quant. Grav. 33, no.9, 09LT01 (2016) [arXiv:1512.06977 [gr-qc]];
3. E. N. Saridakis and M. Tsoukalas, *Cosmology in new gravitational scalar-tensor theories*, JCAP 1604 (2016) no.04, 017 [arXiv:1602.06890[gr-qc]];
4. S. V. Chervon, A. V. Nikolaev, T. I. Mayorova, S. D. Odintsov and V. K. Oikonomou, *Kinetic scalar curvature extended  $f(R)$  gravity*, Nucl. Phys. B 936, 597-614 (2018) [arXiv:1810.01900 [gr-qc]];
5. S. V. Chervon, I. V. Fomin, T. I. Mayorova, *Chiral Cosmological Model of  $f(R)$  Gravity with a Kinetic Curvature Scalar*, Gravitation and Cosmology 25, 205–212 (2019).

## Expansion of the Concept of the Term "Physical Vacuum"

**Kruglov A.I., Okunev V.S.**

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*

**E-mail:** okunevvs@bmstu.ru;

The hypothesis about the existence of some material substance limiting the speed of light propagation in vacuum was formulated. By analogy with classical physics, this substance is conventionally called ether or etheric field. The physical

vacuum (cosmic vacuum) can claim the role of the ether field. In this case, it is necessary to significantly "expand" the concept of physical vacuum.

From the wave equation  $\Delta u = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$  it follows that at the wave velocity  $v \rightarrow \infty$  there are no wave processes. The speed of light in matter:  $v = c / \sqrt{\epsilon \mu}$ , where  $\epsilon$  is the dielectric constant,  $\mu$  is the relative magnetic permeability. The speed of light in a vacuum:  $c = 1 / \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$ , where  $\epsilon_0$  is an electrical constant,  $\mu_0$  is a magnetic constant. Light slows down in matter:  $v < c$ . In the absence of the ether field  $c \rightarrow \infty$  (or  $\epsilon_0 \mu_0 \rightarrow 0$ ), in the presence of it  $c < \infty$ . Braking of light is one of the manifestations of the etheric field. The etheric field is a material substance with zero (or close to zero) density. It is not an absolute frame of reference. The constant  $\epsilon_0$  has the meaning of the dielectric constant, and  $\mu_0$  has the meaning of the magnetic permeability of the ether field. This field can have elastic properties and be characterized by pressure. It is homogeneous and isotropic (since the constants  $\epsilon_0$  and  $\mu_0$  do not exhibit in homogeneity and anisotropy) and has no voids. In the absence of the etheric field, wave processes are impossible ("freezing" of space-time), fundamental interactions are impossible, the categories of space and time are impossible. The etheric field is a kind of mediator responsible for the implementation of all types of fundamental interactions. It serves as a "limiter" of physical quantities in nature (fundamental constants: speed of light in vacuum, Planck's constant, gravitational constant and their consequences: Planck's time, length and mass). Perhaps the etheric field gives rise to the categories of space-time and all wave processes, which means all fundamental interactions. The etheric field can "stretches" the Universe by means of the Casimir forces. The physical vacuum can be the "habitat" of waves. The introduction of such field into consideration makes it possible to expand the range of solved physical problems without limiting the area of research to the categories of space-time. Essentially, the etheric field is the physical vacuum plus the categories of space-time.

## **Расширение понятия «физический вакуум»**

**Круглов А.И., Окунев В.С.**

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия*

**E-mail:** okunevvs@bmstu.ru;

Сформулирована гипотеза о существовании некоторой материальной субстанции, ограничивающей скорость распространения света в вакууме. Эта субстанция условно названа эфиром или эфирным полем. На роль эфирного

поля может претендовать физический вакуум. При этом необходимо существенно «расширить» понятие физического вакуума.

Из волнового уравнения  $\Delta u = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$  следует, что при скорости волны  $v \rightarrow \infty$  волновые процессы отсутствуют. Скорость света в веществе  $v = c/\sqrt{\epsilon\mu}$ , где  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость,  $\mu$  — относительная магнитная проницаемость. Скорость света в вакууме  $c = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$ , где  $\epsilon_0$  — электрическая постоянная,  $\mu_0$  — магнитная постоянная. В веществе свет замедляется:  $v < c$ . При отсутствии эфирного поля  $c \rightarrow \infty$  (или  $\epsilon_0 \mu_0 \rightarrow 0$ ), при его наличии  $c < \infty$ . Торможение света — одно из проявлений эфирного поля. Эфирное поле — материальная субстанция с нулевой (или близкой к нулю) плотностью. Оно не является абсолютной системой отсчета. Константа  $\epsilon_0$  имеет смысл диэлектрической проницаемости, а  $\mu_0$  — магнитной проницаемости эфирного поля. Это поле может обладать свойствами упругости и характеризоваться давлением. Оно однородно и изотропно ( $\epsilon_0$  и  $\mu_0$  не проявляют неоднородности и неизотропности), не имеет пустот. При отсутствии эфирного поля невозможны волновые процессы («замораживание» пространства-времени), невозможны фундаментальные взаимодействия. Эфирное поле — своеобразный посредник, отвечающий за реализацию всех видов фундаментальных взаимодействий. Оно выполняет функции «ограничителя» физических величин в природе (мировых констант  $c, h, G$ , времени, длины и массы Планка). Возможно, эфирное поле порождает категории пространства-времени, все волновые процессы, значит, все фундаментальные взаимодействия. Эфирное поле может «растягивать» Вселенную посредством сил Казимира. Это поле может быть «средой обитания» волн. Введение в рассмотрение такого поля позволяет расширить спектр решаемых физических задач, не ограничивая область исследований категориями пространства-времени. Эфирное поле это физический вакуум плюс категории пространства-времени.

# Noise factor and reception bandwidth in optoacoustical GW antenna

Krysanov V.A.

*Institute for Nuclear Research RAS, Moscow, Russia*

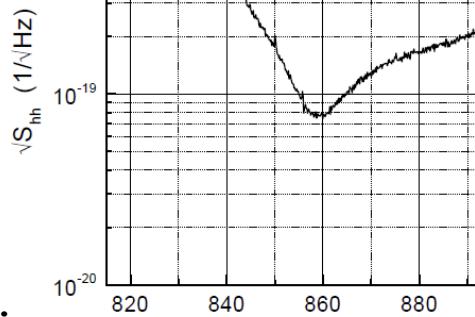
**E-mail:** kv@sai.msu.ru;

In 2013, there has finished Moscow period of full-scale OGRAN facility creation, which had begun in 2005. GW effect appears as equivalent force  $F_{Gm}=h_m M \omega_\mu^2 L / 2$  acting to cylindrical acoustic resonator. Here  $h_m$  is metric variation amplitude,  $L$  is resonator length,  $\omega_\mu$  is resonant frequency and  $M$  is mass of equivalent oscillator. Comparison it with Nyquist force defines limit thermal threshold signal with spectral density (SD)  $S_{h0}(f)=(4/L)^2 k_B T (M Q_\mu \omega_\mu^3)^{-1}$ , where  $Q_\mu$  is a quality factor. GW force causes variation amplitude  $\Delta x_m = F_{Gm} \tau (2M\omega_\mu)^{-1}$ , where  $\tau$  is supernova burst pulse duration. This variation is added to Brownian motion as a harmonic process; its amplitude and phase change stochastically and slowly. Variation  $\Delta x_m$  should exceed stochastic variation; this is how short pulse detect. Phase variations are under control by quadratures.

In the OGRAN project, the advanced laser optoelectronic scheme registers resonator length variations [1-3]; Fabry-Perot interferometer mirrors are fixed at top ends of the cylinder. The scheme has borrowed from AURIGA project (1998). Scheme is a product of initial competence and skill of ILF RAS [2]. Attendant sensitivity theory had lagged behind in accounting of peculiarities of the scheme. INR represents interest of RAS in the project and assists hardware adjusters of SAI MSU in circuitry functioning study in detail and in complex.

In 2013, there has achieved displacement resolution of  $[G_X(f)]^{1/2}=2 \cdot 10^{-15}$  cm/Hz<sup>1/2</sup>[1]. This figure determines unambiguously reception bandwidth of 8 Hz according to clear algorithm. This significative has been introduced in 2014 [1]. It based on sensitivity result representation in the AURIGA project as a graph of metric variation SD (Fig. 1); the novelty is option the distance in frequency (10 Hz) between two points with ordinates of  $10^{-19}$  Hz<sup>-1/2</sup>.

Meanwhile, the theory of the project of 1996 has established the design level of threshold signal  $h_{min}$  in pulse metric variations. There is actual to apply the theory to adduce achieved result into initial format to compare two significatives. The OGRAN theory is based on the expression:  $h_{min}=(S_{h0}\Delta f)^{1/2} F^{1/2}$ , where  $\Delta f=\tau^{-1}$  is antennae sensitivity bandwidth under optimum data processing,  $F$  is a noise factor taking into account noise of an optoelectronic scheme [1]:



**Fig. 1.**

$$\begin{aligned}
 F &= (2M/\tau)(G_E/G_T)^{1/2} \\
 G_E &= B\omega_\mu^2(2hv/\eta P)(\lambda/2\pi N)^2 \\
 G_T &= 2kTM\omega_\mu/\pi Q_\mu \\
 F &= \left(\frac{hv}{\eta P \tau}\right)^{1/2} \left(\frac{\lambda}{\langle \Delta x_T(\tau) \rangle}\right) \left(\frac{\sqrt{B}}{\pi N}\right) \\
 &\equiv \left(\frac{\sqrt{B}}{N}\right) \left(\frac{1 \text{ W}}{P}\right)^{1/2} \left(\frac{1 \text{ s}}{\tau}\right)
 \end{aligned}$$

Here  $G_T$  is SD of thermal noise;  $N$  is FP resonator “sharpness”,  $P$  is optical power at photodiode ( $\eta=0.7$ ),  $B$  is a laser excess noise factor. The last noise factor formula in a “suitable form” allows theorist select parameter values to calculate required value of  $F=1\div 10$ . Using numerical value for  $S_{h0}$ , the sensitivity expression has transformed:  $h_{\min}=10^{-20}(\Delta f F)^{1/2}$  [1]. For base values  $\Delta f=100$  Hz and  $F=1$ , the design metric threshold of  $h_{\min}=10^{-19}$  has established as of 2014. The previous “theoretical basis” had presented in [3] and reports [2]; it had assumed to detect pulses of 1 ms ( $\Delta f=1000$  Hz). The narrowing of intention sensitivity bandwidth has caused by observing significant excess noise in tests. To take into account this noise, range of acceptable values of factor  $B$  has expanded:  $B=1\div 1000$  [1]. To find dependence of noise factor on measured displacement resolution SD  $G_X$ , the relationship has extracted from the latent OGRAN theory:  $G_E=\omega_\mu^2 G_X(\omega)$ . Substituting the achieved numerical value, we can find values of factor  $F$  and metric threshold  $h_{\min}$  (for  $\tau=10$  ms). Also option  $\Delta f=10$  Hz is considered [3].

The second task of this report is to provide developer with a suitable formula for measured value, because the noise factor formula “with a clear physical sense” is not relevant. In particular, traditional connection between theoretical introduction and test result is absent within the article. In this case, some manifestations of theory's inadequacy become not meaningful. The purpose of scientific part of development is to achieve coincidence of test result with calculated figure corresponding to design displacement resolution. In turn, this figure should correspond to antennae design sensitivity.

Since design sensitivity has not announced, the third task of the report is to define design displacement resolution from the renewed intention. Its numerical value has determined from the noise factor formula under conditions  $\tau=10$  ms ( $\Delta f=100$  Hz) and  $F=1$ ; it is  $[G_X(f)]^{1/2}=10^{-16} \text{ cm}/\text{Hz}^{1/2}$ , which corresponds to reception bandwidth of 150 Hz. Concerning resolution formula, after extraction it obtains the view:  $G_X(\omega)=B(hv/2\eta P)(\lambda/\pi N)^2$ . This formula is too simple: no account of Pound-Drever-Hall technique, of discriminator, of laser noise components. In this way, analytical expression for  $G_E$  must be much more complex in formula for noise factor.

References:

1. Rev. Sci. Instrum. 85, 065113 (2014); Instr. & Exp.Tech. 58, no. 2, 257 (2015);
2. arXiv:0411083; Proc. PIRT'2007, 49;
3. Instr. & Exp. Tech. 53, No. 3, 426.

## Шум-фактор и ширина полосы приёма в оптоакустической антенне гравитационных волн

Крысанов В.А.

Институт ядерных исследований РАН, Москва, Россия

E-mail: kv@sai.msu.ru;

В 2013 году завершился московский период создания полноразмерной установки ОГРАН, начавшийся в 2005 году. Воздействие гравитационной волны представляется как эквивалентная сила  $F_{Gm}=h_m M \omega_\mu^2 L / 2$ , действующая на цилиндрический акустический резонатор. Здесь  $h_m$  - амплитуда метрики,  $L$  - длина резонатора,  $\omega_\mu$  - резонансная частота и  $M$  - масса эквивалентного осциллятора. Сравнение её с силой Найквиста определяет предельный тепловой пороговый сигнал со спектральной плотностью (СП)  $S_{h0}(f)=(4/L)^2 k_B T (M Q_\mu \omega_\mu^3)^{-1}$ , где  $Q_\mu$  - добротность. Сила гравитационной волны вызывает изменение амплитуды  $\Delta x_m=F_{Gm}\tau(2M\omega_\mu)^{-1}$ , где  $\tau$  - длительность импульса вспышки сверхновой. Это изменение добавляется к броуновскому движению как гармоническому процессу; его амплитуда и фаза изменяются стохастически и медленно. Вариация  $\Delta x_m$  должна превышать стохастическую вариацию; так обнаруживается короткий импульс. Изменения фазы контролируются квадратурами.

В проекте ОГРАН усовершенствованная лазерная оптоэлектронная схема регистрирует вариации длины [1–3]; зеркала интерферометра Фабри-Перо закреплены на торцах цилиндра. Схема заимствована из проекта AURIGA (1998). Схема является продуктом компетенции и мастерства ИЛФ РАН [2]. Обслуживающая теория чувствительности отстала в учете особенностей схемы. ИЯИ представляет интерес РАН к проекту и помогает наладчикам аппаратуры из ГАИШ МГУ изучать работу схемотехники в деталях и комплексно.

В 2013 году было достигнуто разрешение по смещению  $[G_X(f)]^{1/2}=2\cdot10^{-15} \text{ см}/\text{Гц}^{1/2}$  [1]. Это значение однозначно определяет ширину полосы приема 8 Гц согласно ясному алгоритму. Этот показатель был введен в

2014 году [1]. Он основан на представлении результирующей чувствительности в проекте AURIGA в виде графика СП вариаций метрики (рис. 1); новизна заключается в выборе расстояния по частоте (10 Гц) между двумя точками с ординатами  $10^{-19}$  Гц $^{-1/2}$ .

Между тем, теория проекта от 1996 г. установила расчетный (проектный) уровень порогового сигнала  $h_{\min}$  в вариациях метрики в импульсе. Актуально применить теорию для приведения достигнутого результата в исходный формат для сравнения двух показателей. Теория ОГРАН основана на выражении:  $h_{\min} = (S_{h0}\Delta f)^{1/2}F^{1/2}$ , где  $\Delta f=\tau^{-1}$  - ширина полосы чувствительности антенны при оптимальной обработке данных,  $F$  - шум-фактор, учитывающий шум оптоэлектронной схемы [1]:

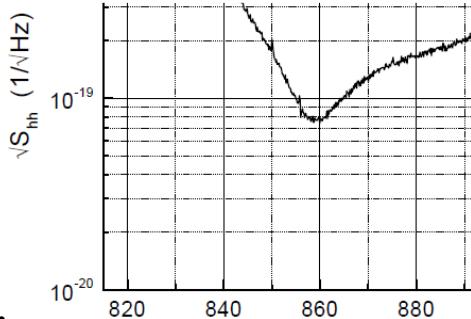


Рис. 1.

$$\begin{aligned} F &= (2M/\tau)(G_E/G_T)^{1/2} \\ G_E &= B\omega_\mu^2(2hv/\eta P)(\lambda/2\pi N)^2 \\ G_T &= 2kTM\omega_\mu/\pi Q_\mu \\ F &= \left(\frac{hv}{\eta P\tau}\right)^{1/2} \left(\frac{\lambda}{\langle\Delta x_T(\tau)\rangle}\right) \left(\frac{\sqrt{B}}{\pi N}\right) \\ &\approx \left(\frac{\sqrt{B}}{N}\right) \left(\frac{1 \text{ В}}{P}\right)^{1/2} \left(\frac{1 \text{ с}}{\tau}\right) \end{aligned}$$

Здесь  $G_T$  - СП теплового шума;  $N$  - «резкость» резонатора Фабри-Перо,  $P$  - оптическая мощность на фотодиоде ( $\eta=0,7$ ),  $B$  - коэффициент избыточного шума лазера. Последняя формула в «подходящей форме» позволяет теоретику подбирать значения параметров для вычисления требуемого значения коэффициента  $F=1\div10$ . Используя числовое значение для  $S_{h0}$ , выражение для чувствительности преобразовалось:  $h_{\min}=10^{-20}(\Delta f F)^{1/2}$ . Для базовых значений  $\Delta f=100$  Гц и  $F=1$  установлен проектный порог в метрике  $h_{\min}=10^{-19}$  по состоянию на 2014 год. Предыдущие “теоретические основы” представлены в статье [3] и сообщениях [2]; предполагалось обнаружение импульсов длительностью 1 мс ( $\Delta f=1000$  Гц). Сужение полосы пропускания вызвано наблюдением значительного избыточного шума. Чтобы учесть этот шум, диапазон допустимых значений коэффициента  $B$  был расширен:  $B=1\div1000$  [1]. Чтобы найти зависимость от СП измеренного разрешения в смещениях  $G_X$  из скрытой теории ОГРАН извлечено соотношение:  $G_E=\omega_\mu^2 G_X(\omega)$ . Подставляя достигнутое численное значение, можно найти значения шум-фактора  $F$  и порога в метрике (для  $\tau=10$  мс).

Вторая задача этого сообщения состоит в том, чтобы предоставить разработчику удобную формулу для измеряемой величины, поскольку формула для шум-фактора “с ясным физическим смыслом” не актуальна. В частности, внутри статьи отсутствует традиционная связь между

теоретическим введением и результатом испытания. В этом случае некоторые проявления неадекватности теории становятся не значимыми. Целью научной части разработки является достижение совпадения результата испытаний с расчетным значением, соответствующим проектному разрешению в смещениях. В свою очередь, это число должно соответствовать проектной чувствительности антенны.

Поскольку проектная чувствительность не объявлена, третья задача сообщения состоит в определении проектного разрешения в смещениях из обновлённого замысла. Его численное значение определено по формуле для шум-фактора при условиях  $\tau=10$  мс ( $\Delta f=100$  Гц) и  $F=1$ ; это

$[G_X(f)]^{1/2}=10^{-16}$  см/Гц $^{1/2}$ , что соответствует полосе приёма 150 Гц. Что касается формулы для разрешения, то после извлечения она обретает вид:  $G_X(\omega)=B(h\nu/2\eta P)(\lambda/\pi N)^2$ . Эта формула слишком проста: нет учета техники Паунда-Дривера-Хола, дискриминатора, компонент шума лазера. Таким образом, аналитическое выражение для  $G_E$  в формуле для шум-фактора должно быть намного сложнее.

#### References:

1. Rev. Sci. Instrum. 85, 065113 (2014); Instr. & Exp.Tech. 58, no. 2, 257 (2015);
2. arXiv:0411083; Proc. PIRT'2007, 49;
3. Instr. & Exp. Tech. 53, No. 3, 426.

## A study of space-time variation of the gravitational constant using high-resolution quasar spectra

Le T.D.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Division of Computational Physics, Institute for Computational Science, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, Vietnam

<sup>2</sup> Faculty of Applied Sciences, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, Vietnam

The possibility of motivational probes variations in dimensionless fundamental constants like the fine-structure constant, the proton-to-electron mass ratio, and the gravitational constant could provide a significant test of Grand Unification Theories (GUTs). The best way of probing these variations would be based on quasar absorption lines, which allow to test them directly at any regions or epochs of the universe. Using the high-resolution quasar spectra of J110325-264515, we find an upper limit on the temporal variation of  $\dot{G}/G = (5.3 \pm 6.0) \times 10^{-14} \text{ yr}^{-1}$ . The constraints coming from this study will open new physical

phenomena beyond the Standard Model that enables to check for the GUTs [*Gen Relativ Gravit.* 53, 37 (2021)].

## **Breakdown of the Equivalence Principle for a composite quantum body**

**Lebed A.G.**

*Department of Physics, University of Arizona*

We calculate passive gravitational mass of a quantum body with inner degrees of freedom and investigate possible application of the Equivalence Principle (EP) to it.

We show that in the most practical cases the EP is applicable, as expected. Nevertheless, in one important case, where we have a coherent macroscopic ensembles of superposition of the stationary quantum states (which we call Gravitational demons), the EP is shown by us to be broken [1,2]. We demonstrate that calculated weight of such ensemble is not related to energy by the famous Einstein's equation  $E=mc^2$  anymore and that the corresponding difference can be on the order of unity. We also discuss possibilities for experimental observations of this unique phenomenon.

References:

1. A.G. Lebed, *Int. J. Mod. Phys. D*, v. 28, 1930020 (2019);
2. A.G. Lebed, *Mod. Phys. Lett. A*, v. 35, 2030010 (2020).

## **Cosmological distance scale: discordances and rank inversion**

**Levin S.F.**

*Moscow Institute for expertise and tests, Moscow, Russia*

**E-mail:** AntoninaEL@rostest.ru;

Metrological expertise of the 1998-1999 data on supernovae of type SN Ia, for which the Friedman–Robertson–Walker model revealed the "acceleration of the expansion of the Universe", established the presence of dipole anisotropy of the red shift, model disorders coinciding with the moments of the "cosmic push", and rank inversions of the photometric distance and red shift. Statistical tests for inadequacy

showed that the scale of cosmological photometric distances based on the red shift has neither the status of metric nor ordinal.

In [1-4] for estimating the parameters of Friedman-Robertson-Walker model (FRU) as models of the cosmological distance scale based on the redshift  $z$  in the emission spectra of extragalactic sources, regression analysis algorithms were used to first detect and then confirm "acceleration of the Universe expansion" from the updated data on the photometric distances  $D_L$  to supernovae of type SN Ia.

In 2016, W. Friedman and A. Riess initiated a discussion about "impasse in cosmology". It caused by a statistically significant discrepancy between the Hubble parameter estimates obtained on basis of the expansion of the FRU-model in the Taylor series and framework of the  $\Lambda$ CDM-model.

The metrological examination [5] of the data [1-4] and algorithms for their statistical processing based on tests of checking for inadequacy established the following.

1. The one-dimensional model of the 3rd order used by A. Riess group is redundant, the two-dimensional model of the 2nd order with dipole anisotropy is more plausible.

2. The one-dimensional dependence  $D_L(z)$  for the data [1] has a gap of the 1st kind (disorder), which coincides with the predicted value of the moment of the "cosmic push"  $z=0.46\pm0.13$  [3], and for the data [2] disorder that coincides with the predicted value of the transition moment from deceleration epoch to acceleration epoch at  $z=0.763$ .

3. The data [1-4] do not form a compositionally homogeneous set for  $D_L(z)$  and contain rank inversions, which requires a choice between the non-metric status of the scale model based on redshift and significant errors in the inadequacy of estimates for photometric distances to supernovae of type SN Ia. At the same time, a number of violations of the conditions for the applicability of regression analysis found as the cause of the "dead end situation in cosmology".

4. Tests for inadequacy remove the discrepancies problems for the Hubble parameter estimates.

### References

1. Riess A.G. et al. Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant // *Astronomical Journal*, 1998, vol. 116, pp. 1009–1038;
2. Perlmutter S. et al. Measurements of  $\Omega$  and  $\Lambda$  from 42 high-red shift supernovae // *Astrophysical Journal*, 1999, vol. 517, pp. 565–586;
3. Riess A.G. et al. Type Ia supernova discoveries at  $z>1$  from the Hubble space telescope: evidence for past deceleration and constraints on dark energy evolution // *Astrophysical Journal*, 2004, vol. 607, pp. 665–687;
4. Riess A.G. et al. New Hubble Space Telescope discoveries of type Ia

supernovae at  $z \geq 1$ : Narrowing Constraints of the Early Behavior of Dark Energy // *Astrophysical Journal*, 2007, vol. 659, pp. 98–121;

5. Levin S.F. Cosmological distances scale. Part 5. Metrological Expert Opinion on Type SN Ia Supernovae // *Measurement Techniques*, 2016, vol. 59, № 8, pp. 791–802;

6. Levin S.F. Cosmological Distance Scale. Part 7. A New Special Case with the Hubble Constant and Anisotropic Models // *Measurement Techniques*, 2018, vol. 61, № 11, pp. 1057–1065.

## Шкала космологических расстояний: разладки и ранговая инверсия

Левин С.Ф.

Московский институт экспертизы и испытаний, Москва, Россия

E-mail: AntoninaEL@rostest.ru;

Метрологическая экспертиза данных 1998–1999 годов о сверхновых типа SN Ia, по которым на основе модели Фридмана–Робертсона–Уокера обнаружено «ускорение расширения Вселенной», установила наличие дипольной анизотропии красного смещения, разладок модели, совпадающих с моментами «космического толчка», и ранговых инверсий фотометрического расстояния и красного смещения. Статистические тесты на неадекватность показали, что шкала космологических фотометрических расстояний на основе красного смещения ни статуса метрической, ни порядковой не имеет.

В работах [1–4] для оценивания параметров модели Фридмана–Робертсона–Уокера (ФРУ) как модели шкалы космологических расстояний на основе красного смещения  $z$  в спектрах излучения внегалактических источников применялись алгоритмы регрессионного анализа, позволившие сначала обнаружить, а потом и подтвердить «ускорение расширения Вселенной» по уточненным данным о фотометрических расстояниях  $D_L$  до сверхновых типа SN Ia.

В 2016 году В. Фридман и А. Рисс инициировали дискуссию о «тупиковой ситуации в космологии». Ее причиной стало статистически значимое расхождение оценок параметра Хаббла, полученных на основе разложения модели ФРУ в ряд Тейлора и в рамках  $\Lambda$ CDM-модели.

Метрологическая экспертиза [5] данных [1–4] и алгоритмов их статистической обработки на основе тестов проверки на неадекватность установила следующее.

1. Использованная группой А. Рисса одномерная модель 3-го порядка избыточна, более правдоподобной является трехмерная модель 2-го порядка с дипольной анизотропией.

2. Одномерная зависимость  $D_L(z)$  для данных [1] имеет разрыв 1-го рода (разладку), совпадающую с предсказываемым значением момента «космического толчка»  $z=0,46\pm0,13$  [3], а для данных [2]—разладку, совпадающую с предсказываемым значением момента перехода от эпохи замедления к эпохе ускорения при  $z=0,763$ .

3. Данные [1–4] композиционно однородную совокупность для  $D_L(z)$  не образуют и содержат ранговые инверсии, что требует выбора между неметрическим статусом модели шкалы на основе красного смещения и значимыми погрешностями неадекватности оценок для фотометрических расстояний до сверхновых типа SN Ia. При этом обнаружен ряд нарушений условий применимости регрессионного анализа как причина «тупиковой ситуации в космологии».

4. Тесты на неадекватность снимают проблемы расхождения оценок параметра Хаббла.

#### Литература

1. Riess A.G. et al. Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant // *Astronomical Journal*, 1998, vol. 116, pp. 1009–1038;
2. Perlmutter S. et al. Measurements of  $\Omega$  and  $\Lambda$  from 42 high-red shift supernovae // *Astrophysical Journal*, 1999, vol. 517, pp. 565–586;
3. Riess A.G. et al. Type Ia supernova discoveries at  $z>1$  from the Hubble space telescope: evidence for past deceleration and constraints on dark energy evolution // *Astrophysical Journal*, 2004, vol. 607, pp. 665–687;
4. Riess A.G. et al. New Hubble Space Telescope discoveries of type Ia supernovae at  $z \geq 1$ : Narrowing Constraints of the Early Behavior of Dark Energy // *Astrophysical Journal*, 2007, vol. 659, pp. 98–121;
5. Levin S.F. Cosmological distances scale. Part 5. Metrological Expert Opinion on Type SN Ia Supernovae // *Measurement Techniques*, 2016, vol. 59, № 8, pp. 791–802;
6. Levin S.F. Cosmological Distance Scale. Part 7. A New Special Case with the Hubble Constant and Anisotropic Models // *Measurement Techniques*, 2018, vol. 61, № 11, pp. 1057–1065.

# The Underlying Mechanisms of Time Dilation Effect in Curved Space-Time

**Li B.<sup>1</sup>, Zhang H.<sup>2</sup>, Shum P.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Southwest Jiaotong University, China

<sup>2</sup> Nanyang Technological University, Singapore

**Email:** libenliang732@sjtu.edu.cn;

In this paper, we theoretically investigate the time dilation effect in curved space-time from the perspective of quantum field theory (QFT). A Coordinate Transformation which Maintains the Period of Clocks is introduced, and such coordinate transformation is named as CTMPC throughout this paper. By analogy with the Lorentz transformation in Minkowski space-time, CTMPC is a correct transformation in curved space-times in a sense that it shows the correct relation between the time measured by the two observers, moreover, Lorentz transformation is just a special case of CTMPC applied in Minkowski space-time. We demonstrate that the Coordinate Transformation which Maintains the Local Metric (CTMLM) is one CTMPC, while the mathematical forms of physics formulas in QFT will be maintained. As applications of CTMLM, the time dilation with an arbitrary time-dependent relative velocity in curved space-time are analysed.

## Dynamical behaviour of accelerating cosmological model $F(R, G)$ gravity

**Lohakare S.V., Mishra B.**

*BITS Pilani, Hyderabad Campus, India*

**Email:** lohakaresv@gmail.com, bivudutta@gmail.com;

In this paper, we have studied the cosmological model framed in an isotropic background in the  $F(R, G)$  theory of gravity. The field equations are derived and the dynamical parameters are studied with a scale factor that favours early deceleration and late time cosmic acceleration. The model is showing an accelerating behaviour which can be confronted from the behaviour of geometrical parameters. The scalar field reconstruction and the stability analysis are also performed.

# **The problem of the existence of gravitational waves in classical physics**

**Makarov A.M., Luneva L.A.**

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*

**E-mail:** luneva@bmstu.ru;

The article describes an attempt to reveal the general physical laws of gravitational waves, relying on the well-known coincidences of the mathematical forms of individual physical laws of the classical theory of gravity and classical electrodynamics and using the hypothesis of a complete physical analogy for the phenomena under study. The result of the described work is the assumption of existence of a gravitational field of the second type (analogue of the magnetic induction field in classical electrodynamics), which is different to the known gravitational field of the first type (analogue of the electric field strength). The gravitational laws are formulated, similar to the laws of Ampere and Biot-Savart-Laplace in classical electrodynamics, the coefficient value for the gravitational law of the Bio-Savart-Laplace type is calculated.

## **Проблема существования гравитационных волн в классической физике**

**Макаров А.М., Лунёва Л.А.**

*Московский Технический Университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия*

**E-mail:** luneva@bmstu.ru;

В работе предпринята попытка выявить общие физические закономерности гравитационных волн, опираясь на известные совпадения математических форм отдельных физических законов классической теории гравитации и классической электродинамики и используя гипотезу полной физической аналогии изучаемых явлений. Результатом работы является предположение о существовании гравитационного поля второго типа (аналог поля магнитной индукции в классической электродинамике), отличного от известного гравитационного поля первого типа (аналог напряжённости электрического поля). Сформулированы гравитационные законы, аналогичные законам Ампера и Био-Савара-Лапласа в классической

электродинамике, вычислена величина коэффициента в гравитационном законе типа Био-Савара-Лапласа.

## Search for periodical variations of nucleus weak decay parameters

Mayburov S.

*Lebedev Institute of Physics, Moscow, Russia*

Possible temporal variations of nucleus decay parameters studied extensively in the last years, their observation can be the signal of unknown physical effects [1,2]. Earlier, several experiments reported the annual and daily decay rate oscillations in alpha and beta-decays of some nuclides of the order 0.05 % [1,2]. Also, correlation of Mn-54  $e$ -capture decay rate with Solar activity was reported, which can have important practical applications [1]. BSTU - PhIAN collaboration studies decay rate variations in inverse beta-decay ( $e$ -capture) of Fe-55 isotope in Moscow lab. In this process K-shell electron absorbed by nuclei and electron neutrino emitted; it accompanied by X-ray with energy 5,9 or 6,4 KeV which in our set-up detected by cooled Si-Pin detectors. Measurements of decay rate performed in 2016-2020, demonstrate that together with observed Fe-55 decay exponent with life-time 1004 days, oscillation period  $29.5 \pm 1.5$  days corresponding to moon month is found with amplitude  $(0.22 \pm 0.04)\%$ . Description of this effect in quantum gravity theory with nonlocal matter-gravity interaction discussed in [3]

Possible influence of electromagnetic solar activity was studied during 2015–2020 for Fe-55 decay rate, simultaneously with Co-60 beta-decay rate measured by germanium detector in Novosibirsk INF at the distance 2800 km from Moscow [4]. The deviations of similar form and size from exponential decay low at the average level  $(0.55 \pm 0.04)\%$  were detected in both experiments during October-December 2018. Supposedly they can be related to the Sun transition to solar activity minimum started in the beginning of 2019. In addition, six decay rate dips of the order 1% of decay rate and with duration from 40 to 208 hours were found, they deviate essentially from exponential decay rate. It is shown that their occurrence correlate with x-ray solar flare moments with significant reliability [4].

### References:

1. E. Fischbach et al., Rev. Space Sci. 145, 285 (2009); Astrop. Phys. 59, 47 (2014);
2. E. Alekseev et al., Phys. Part. Nucl. 47, 1803 (2016); ibid. 49, 557 (2018);
3. S. Mayburov Phys. Part. Nucl. 51, 458 (2020);

## Поиск периодических изменений параметров слабых распадов ядер

Майбуров С.Н.

*Физический институт РАН им. П. Н. Лебедева, Москва, Россия*

Возможные временные изменения параметров распада ядра широко изучаются в последние годы, их наблюдение может быть сигналом неизвестных физических эффектов [1,2]. Ранее в нескольких экспериментах сообщалось о годовых и суточных колебаниях скорости распада в альфа- и бета-распадах некоторых нуклидов порядка 0,05% [1,2]. Также сообщалось о корреляции скорости распада электронного захвата Mn-54 с солнечной активностью, что может иметь важные практические приложения [1]. Коллаборация БГТУ-ФИАН изучает вариации скорости распада при обратном бета-распаде (e-захват) изотопа Fe-55 в московской лаборатории. В этом процессе электрон К-оболочки поглощается ядрами и испускается электронное нейтрино; он сопровождался рентгеновским излучением с энергией 5,9 или 6,4 кэВ, которое в нашей установке регистрировалось охлаждаемыми Si-Pin детекторами. Измерения скорости распада, выполненные в 2016-2020 годах, показывают, что вместе с наблюданной экспонентой распада Fe-55 со временем жизни 1004 дня обнаружен период колебаний 29,5+-1,5 дня, соответствующий лунному месяцу с амплитудой (0,22+-0,04)%. Описание этого эффекта в квантовой теории гравитации с нелокальным взаимодействием материи и гравитации, обсуждается в [3].

Возможное влияние электромагнитной солнечной активности параллельно с этим экспериментом изучалось в течение 2015–2020 г. по измерениям бета-распада Со-60 Новосибирском ИЯФ на расстоянии 2800 км от Москвы [4]. Сходные по форме и размеру отклонения от минимума экспоненциального затухания на среднем уровне (0,55+-0,004)% были обнаружены в обоих экспериментах в течение октября-декабря 2018 года. Предположительно они могут быть связаны с переходом Солнца к минимуму солнечной активности, начавшемуся в начале 2019 года. Кроме того, было обнаружено шесть резких падений скорости распада порядка 1% длительностью от 40 до 208 часов, существенно отклоняющихся от экспоненциальной скорости распада. Показано, что их возникновение со

значительной достоверностью предшествует моментам интенсивных вспышек на Солнце [4].

Литература:

1. E. Fischbach et al., Rev. Space Sci. 145, 285 (2009); Astrop. Phys. 59, 47 (2014);
2. E. Alekseev et al., Phys. Part. Nucl. 47, 1803 (2016); ibid. 49, 557 (2018);
3. S. Mayburov Phys. Part. Nucl. 51, 458 (2020);
4. S. Bogachev et al. J. Phys.: Conf. Series 1690, 012028-012035 (2020).

## Gravitational Radius in view of Existence and Uniqueness Theorem

**Meierovich B.E.**

*P.L. Kapitza Institute for Physical Problems, Moscow, Russia*

**E-mail:** meierovich@mail.ru;

Talking about a black hole, one has in mind the process of unlimited self-compression of gravitating matter with a mass greater than critical. With a mass greater than the critical one, the elasticity of neutron matter cannot withstand gravitational compression. However, compression cannot be unlimited, because with increasing pressure, neutrons turn into some other "more elementary" particles. These can be bosons of the Standard Model of elementary particles. The wave function of the condensate of neutral bosons at zero temperature is a scalar field. If instead of the constraint  $\det g_{ik} < 0$  we use a weaker condition of regularity (all invariants of the metric tensor  $g_{ik}$  are finite), then there is a regular static spherically symmetric solution to Klein-Gordon and Einstein equations, claiming to describe the state to which the gravitational collapse leads. With no restriction on total mass. In this solution, the metric component  $g^{rr}$  changes its sign twice:  $g^{rr}(r) = 0$  at  $r = r_g$  and at  $r = r_h > r_g$ . Between these two gravitational radii the signature of the metric tensor  $g_{ik}$  is  $(+, +, -, -)$ . Gravitational radius  $r_g$  inside the gravitating body ensures regularity in the center. Within the framework of the phenomenological model " $\lambda\psi^4$ ", relying on the existence and uniqueness theorem, the main properties of a collapsed black hole are determined. At  $r = r_g$  a regular solution to Klein-Gordon and Einstein equations exists, but it is not a unique one. Gravitational radius  $r_g$  is the branch point at which, among all possible continuous solutions, we have to choose a proper one, corresponding to the problem under consideration. We are interested in solutions that correspond to a finite mass of a black hole. It turns out that the

density value of bosons is constant at  $r < r_g$ . It depends only on the elasticity of a condensate, and does not depend on the total mass. The energy-momentum tensor at  $r \leq r_g$  corresponds to the ultra relativistic equation of state  $p = \varepsilon/3$ . In addition to the discrete spectrum of static solutions with a mass less than the critical one (where  $g^{rr} < 0$  does not change sign), there is a continuous spectrum of equilibrium states with  $g^{rr}(r)$  changing sign twice, and with no restriction on mass. Among the states of continuous spectrum, the maximum possible density of bosons depends on the mass of the condensate and on the rest mass of bosons. The rest energy of massive Standard Model bosons is about 100 GeV. In this case, for the black hole in the center of our Milky Way galaxy, the maximum possible density of particles should not exceed  $3 \times 10^{81} \text{ cm}^{-3}$ .

## **Гравитационный радиус с точки зрения теоремы существования и единственности**

**Мейерович Б. Э.**

*Институт физических проблем имени П. Л. Капицы, Москва, Россия*

E-mail: meierovich@mail.ru;

Говоря о черной дыре, мы имеем в виду процесс неограниченного самосжатия гравитирующей материи с массой больше критической. При массе больше критической упругость нейтронного вещества не в силах противостоять гравитационному сжатию. Однако сжатие не может быть неограниченным, потому что с повышением давления нейтроны превращаются в другие «более элементарные» частицы. Это могут быть бозоны Стандартной Модели элементарных частиц. Волновая функция конденсата нейтральных бозонов при нулевой температуре является скалярным полем. Если вместо ограничения  $\det g_{ik} < 0$  мы используем более слабое условие регулярности (все инварианты метрического тензора  $g_{ik}$  конечны), то существует регулярное статическое сферически-симметричное решение уравнений Клейна-Гордона и Эйнштейна, претендующее на описание того состояния, к которому приводит гравитационный коллапс. Причём, без ограничения по общей массе. В этом решении метрическая компонента  $g^{rr}$  дважды меняет знак:  $g^{rr}(r) = 0$  при  $r = r_g$  и при  $r = r_h > r_g$ . Между этими двумя гравитационными радиусами сигнатура метрического тензора  $g_{ik}$  такая:  $(+, +, -, -)$ . Наличие гравитационного радиуса  $r_g$  внутри гравитирующего тела обеспечивает регулярность в центре. В рамках

феноменологической модели " $\lambda\psi^4$ ", исходя из теоремы существования и единственности, определены основные свойства сколлапсированной черной дыры. При  $r = r_g$  регулярное решение уравнений Клейна-Гордона и Эйнштейна существует, но оно не единственное. Гравитационный радиус  $r_g$  – это точка ветвления, в которой из всех возможных непрерывных решений необходимо выбрать то, которое соответствует рассматриваемой задаче. Нас интересуют решения, соответствующие конечной массе черной дыры. Оказывается, что плотность бозонов постоянна внутри сферы  $r < r_g$ . Величина плотности зависит только от упругости конденсата и не зависит от общей массы. Тензор энергии-импульса при  $r \leq r_g$  соответствует ультрапрелиativистскому уравнению состояния  $p = \varepsilon/3$ . Помимо дискретного спектра статических решений с массой меньше критической (в которых  $g^{rr} < 0$  не меняет знак), имеется также и непрерывный спектр равновесных состояний, в которых  $g^{rr}(r)$  дважды меняет знак, и нет ограничения массы. Среди состояний непрерывного спектра максимально возможная плотность бозонов зависит от массы конденсата и массы покоя бозона. Энергия покоя массивных бозонов Стандартной модели около 100 ГэВ. В этом случае для черной дыры в центре нашей галактики «Млечный Путь» максимально возможная плотность частиц не должна превышать  $3 \times 10^{81} \text{ cm}^{-3}$ .

## **The space-borne gravitational wave detector TianQin: Current progress on science and technology**

**Milyukov V.K.<sup>1,2</sup>, on behalf of the International Collaboration TianQin**

<sup>1</sup> *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

<sup>2</sup> *Sun Yat Sen University, Guangzhou, China*

**E-mail:** milyukov@sai.msu.ru;

TianQin is a planned space-based gravitational wave (GW) observatory consisting of three Earth-orbiting satellites with an orbital radius of about  $10^5$  km. The satellites will form an equilateral triangle constellation the plane of which is nearly perpendicular to the ecliptic plane. TianQin aims to detect GWs between  $10^{-4}$  Hz and 1Hz that can be generated by a wide variety of important astrophysical and cosmological sources. In order to start science operations around 2035, a roadmap called the 0123 plan is being used to bring the key technologies of TianQin to maturity, supported by the construction of a series of research facilities on the ground. Two major projects of the 0123 plan are being carried out. In this process,

the team has created a new-generation 17 cm single-body hollow corner-cube retro-reflector which was launched with the QueQiao satellite on 21 May 2018; a new laser-ranging station equipped with a 1.2m telescope has been constructed and the station has successfully ranged to all five retro-reflectors on the Moon; and the TianQin-1 experimental satellite was launched on 20 December 2019—the first-round result shows that the satellite has exceeded all of its mission requirements.

This work was carried out within the framework of the Interdisciplinary Scientific and Educational School of Moscow State University “Fundamental and Applied Space Research” and was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 19-29-11008).

## **Космический гравитационно-волновой детектор TianQin: современный прогресс в науке и технологии**

**Милюков В.К.<sup>1,2</sup>, от имени международной коллаборации TianQin**

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>2</sup> Университет им. Сунь Ят Сена, Гуанчжоу, Китай

**E-mail:** milyukov@sai.msu.ru;

Проект TianQin - это космическая гравитационно-волновая (ГВ) обсерватория, состоящая из трех космических аппаратов на геоцентрической круговой орбите радиусом около  $10^5$  км. Группировка космических аппаратов образует равносторонний треугольник, плоскость которого почти перпендикулярна плоскости эклиптики. Научная цель TianQin – обнаружение гравитационных волн в диапазоне от  $10^{-4}$  Гц до 1 Гц, которые могут генерироваться широким спектром важных астрофизических и космологических источников. Чтобы обсерватория могла начать научную деятельность примерно в 2035 году, разработана дорожная карта («План 0123»), цель которой доведение ключевых технологий TianQin до требуемого уровня точности. Для реализации этой цели создан ряд исследовательских объектов. В настоящее время осуществляются два крупных этапа «Плана 0123». В ходе реализации проекта создан 17-сантиметровый одиночный полый уголковый ретрорефлектор нового поколения, который был установлен на спутнике QueQiao и 21 мая 2018 года выведен на орбиту в точку Лагранжа L2. Построена новая станция лазерной локации Луны, оснащенная 1.2 м телескопом, которая успешно локировала все пять ретрорефлекторов, находящихся на Луне. С целью тестирования создаваемых технологий 20 декабря 2019 года был запущен экспериментальный спутник TianQin-1.

Первые результаты показывают, что научное оборудование, установленное на спутнике, превосходит технологические требования миссии.

Работа выполнена в рамках Междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ “Фундаментальные и прикладные исследования космоса” и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 19-29-11008).

## **Little Rip Cosmology in Extended Gravity**

**Mishra B.**

*Birla Institute of Technology and Science-Pilani, Hyderabad Campus, India*

**E-mail:** bivudutta@gmail.com;

In this research, we have investigated accelerating cosmological models at the backdrop of an anisotropic metric in an extended gravity theory. Two viable cosmological models one with a little rip behavior and the other with a hyperbolic form of Hubble parameter have been constructed. The dynamical aspects of the models along with some physical and geometrical parameters are analyzed. Both the models presented here evolve in the phantom-like region and overlap with  $\Lambda$ CDM model at late times. We carried out a geometrical diagnosis of the model to show the viability of the models.

## **Spinor vacuum and C, P, T inversions**

**Monakhov V.V., Kozhedub A.V.**

*St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia*

**E-mail:** v.v.monahov@spbu.ru, a.kojedub@spbu.ru;

We developed the theory of Clifford reflections and extended spacetime inversions. This extended spacetime has two additional dimensions associated with the presence of internal degrees of freedom of spinors. Inversions C, P, and T contain not only reflections of the basis Clifford vectors and transformations of basis spinors, but also transformations of the components of vector and spinor quantities. The research is carried out on the basis of algebraic quantum field theory using the superalgebraic representation of spinors. We have proved that due to the presence of internal degrees of freedom of spinors, there are two vacua, the vacuum of our

Universe and an alternative vacuum. The inversion operators C and T transform the vacuum into an alternative one, and therefore cannot be operators of the exact symmetry of our Universe.

## **Спинорный вакуум и инверсии C, P, T**

**Монахов В.В., Кожедуб А.В.**

*Санкт-Петербургский государственный университет, СПб, Россия*

**E-mail:** v.v.monahov@spbu.ru, a.kojedub@spbu.ru;

Мы разработали теорию Клиффордовых отражений и инверсий расширенного пространства-времени. Это пространство имеет два дополнительных измерения, связанных с наличием внутренних степеней свободы спиноров. Инверсии C, P и T содержат не только отражения базисных Клиффордовых векторов и преобразования базисных спиноров, но и преобразования компонент векторных и спинорных величин. Рассмотрение проделано на основе алгебраической квантовой теории поля с использованием супералгебраического представления спиноров. Мы доказали, что из-за наличия внутренних степеней свободы спиноров существует два вакуума, вакуум нашей Вселенной и альтернативный вакуум. Операторы инверсии C и T переводят вакуум в альтернативный, и потому не могут быть операторами точной симметрии нашей Вселенной.

## **An Elementary Analysis of the Simplest Relations of Relativity Theory**

**Okunev V.S.**

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*

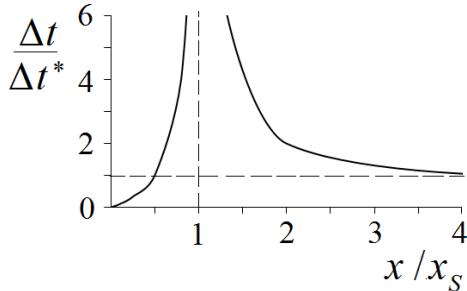
**E-mail:** okunevvs@bmstu.ru;

The well-known simple relations of the special and general relativity theory allow us to make simple assumptions about some of the properties of black holes. Using the Lorentz transformations, the form of the gravitational potential  $\varphi$  at the Earth's surface, generalizing this potential to any gravitational mass  $M$ , we get:

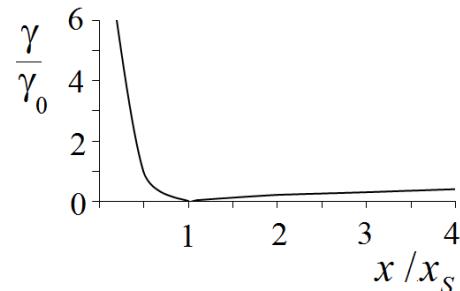
$$\Delta t = \frac{\Delta t^*}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \approx \frac{\Delta t^*}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{xc^2}}} \approx \frac{\Delta t^*}{\sqrt{(1 - \frac{GM}{xc^2})^2}} = \frac{\Delta t^*}{|1 - \frac{GM}{xc^2}|}; \Delta x^* = \frac{\Delta x}{|1 - \frac{GM}{xc^2}|}; m^* = \frac{m}{|1 - \frac{GM}{xc^2}|};$$

where  $\Delta t$ ,  $\Delta x$ ,  $m$ ,  $\Delta t^*$ ,  $\Delta x^*$  and  $m^*$  are the time interval, length and mass in the frame of reference associated with the external observer ( $|\phi| \rightarrow 0$ ) and with  $|\phi| \rightarrow c^2$  respectively;  $G$  is the gravitational constant;  $x$  is the distance to the center of a celestial body of mass  $M$  ( $\Delta x \parallel x$ );  $c$  is the speed of light in vacuum.

In Fig. 1 shows the dependence of  $\Delta t / \Delta t^*$  on  $x$  when approaching the center of a black hole from the region  $|\phi| \rightarrow 0$  at  $\gamma_0 = G/c^2 = \text{const}$ . Here  $x_s$  is the Schwarzschild radius. From the point of view of an external observer, a temporary "potential" barrier "isolates" the black hole from the outside world. Suppose  $\gamma_0 \rightarrow \gamma = G/c^2 = \gamma(x) \neq \text{const}$  for  $x \rightarrow x_s$  (Fig. 2). Fig. 1 and 2 are equivalent and illustrate the curvature of space-time. The dependence of the differential density of the physical vacuum on the distance  $x$  qualitatively coincides with the dependence shown in Fig. 2. The condition  $\frac{GM}{x_s c^2} = 1$  is equivalent to the velocity  $v=c$  at rest mass  $m \neq 0$ .



**Fig.1.** Dependence of  $\Delta t / \Delta t^*$  on  $x$ .



**Fig.2.** Dependence of  $\gamma / \gamma_0$  on  $x$ .

## Элементарный анализ простейших соотношений теории относительности

Окунев В.С.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

E-mail: okunevvs@bmstu.ru;

Известные простые соотношения специальной и общей теории относительности позволяют сделать простые предположения о некоторых свойствах черных дыр. Воспользовавшись преобразованиями Лоренца, видом гравитационного потенциала  $\phi$  у поверхности Земли, обобщением этого потенциала на любую гравитационную массу  $M$ , получим:

$$\Delta t = \frac{\Delta t^*}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \approx \frac{\Delta t^*}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{xc^2}}} \approx \frac{\Delta t^*}{\sqrt{(1 - \frac{GM}{xc^2})^2}} = \frac{\Delta t^*}{|1 - \frac{GM}{xc^2}|}; \Delta x^* = \frac{\Delta x}{|1 - \frac{GM}{xc^2}|}; m = \frac{m^*}{|1 - \frac{GM}{xc^2}|};$$

где  $\Delta t$ ,  $\Delta x$ ,  $m$ ,  $\Delta t^*$ ,  $\Delta x^*$ ,  $m^*$  — промежуток времени, длины и масса в системе отсчета, связанной с внешним наблюдателем ( $|\varphi| \rightarrow 0$ ) и с  $|\varphi| \rightarrow c^2$  соответственно;  $G$  — гравитационная постоянная;  $x$  — расстояние до центра небесного тела массой  $M$  ( $\Delta x \parallel x$ );  $c$  — скорость света в вакууме.

На рис. 1 представлена зависимость  $\Delta t/\Delta t^*$  от  $x$  при приближении к центру черной дыры из области  $|\varphi| \rightarrow 0$  при  $\gamma_0 = G/c^2 = \text{const}$ . Здесь  $x_S$  — радиус Шварцшильда. С точки зрения внешнего наблюдателя временной «потенциальный» барьер «изолирует» черную дыру от внешнего мира. Допустим  $\gamma_0 \rightarrow \gamma = G/c^2 = \gamma(x) \neq \text{const}$  при  $x \rightarrow x_S$  (рис.2). Рис.1 и 2 эквивалентны и иллюстрируют искривление пространства-времени. Зависимость дифференциальной плотности физического вакуума от расстояния  $x$  качественно совпадает с зависимостью, представленной на рис.2. Условие  $\frac{GM}{x_S c^2} = 1$  эквивалентно скорости  $v=c$  при массе покоя  $m \neq 0$ .

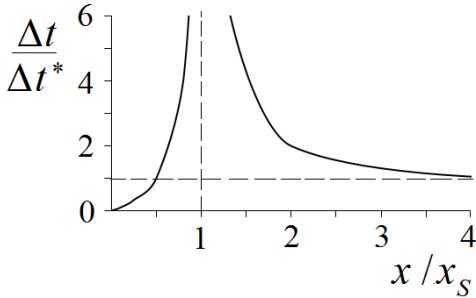


Рис.1. Зависимость  $\Delta t/\Delta t^*$  от  $x$ .

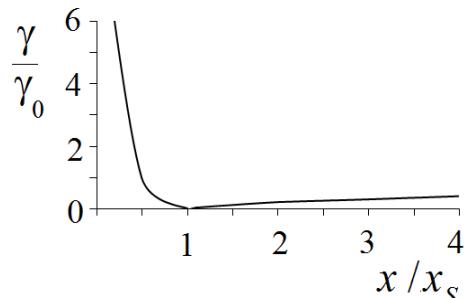


Рис.2. Зависимость  $\gamma/\gamma_0$  от  $x$ .

## Theory of relativity and geometrisation of quantum mechanics

Olkhover O.A.

N.N. Semenov Federal Research Center Institute of Chemical Physics Russian academy of sciences, Moscow, Russia

E-mail: oleg.olkhov@rambler.ru;

Geometrisation of quantum mechanics means here an explanation of unusual properties of microworld (well described by its mathematical formalism) in the language of familiar (geometrical ones in our case) concepts. Detailed discussion of the problem and exhaustive list of references see at [1]. Notice that Nobel-prize

laureate V.L. Ginzburg considered interpretation of quantum mechanics as one of the “three great problems” facing physics (along with explanation of phenomenon of life and irreversibility of time) [2]. But why do we need some interpretation of mathematical formalism of the theory that agrees well with experiment? The main reason is that new physical models opened always new opportunities for theory development. The known example – the Einstein general theory of relativity based on geometrical model of gravitational field. Besides quantum mechanics has some “old” problems. They do not question the old results but the solution of which would help a deeper understanding of quantum physics. These include finding out the nature of gauge symmetry, negative energy of antiparticles and not conservation of parity. The possibility of geometrical interpretation for some of these problem is shown in this work. In particular, a solution to the oldest problem is proposed – the problem of so called “hidden variables”. In the last century much attention was paid to this problem although it was not possible to reach a consensus. The problem appeared as the contradiction between Bohr and Einstein regarding the completeness of quantum mechanics. In contrast to Bohr, Einstein thought that the quantum mechanics is not a complete theory because it says nothing about physical reality, responsible for statistical character of the theory (“hidden variables”).

It is shown in this work that wave function of free quantum particle with spin  $\frac{1}{2}$  can be considered as a description of microscopic distortion of the space-time geometry, namely, as the tensor, realizing representation of the fundamental group of a closed not orientable topological 4-manifold. Universal covering space for this manifold appears to be the space-time of the Special theory of relativity (Minkowsky space). Elementary mass, charge and components of 4-momentum have the meaning of some geometrical parameters with dimensionality of length and spin appears to be the consequence of not orientable character of the manifold. In three dimensional space such object looks as topological defect of this space having stochastic and wave-corpuscular properties of quantum particle. The role of “hidden variables”, responsible for statistical character of quantum theory play all possible deformations (homeomorphisms) of the closed topological manifold. It may be said that quantum mechanics satisfies within suggested interpretation the Einstein’s criterion of completeness of the theory. The geometrical meaning for gauge symmetry, negative energy of positron and not conservation of parity are discussed. Preliminary results see at [3].

#### References:

1. Grib A.A. 2013, Uspekhi Fizicheskikh Nauk (Physics-Uspekhi), 183, 1337;
2. Ginzburg V.L. 1999, Uspekhi Fizicheskikh Nauk (Physics-Uspekhi), 169, 419;
3. Olkhov O.A. 2021, J.Mod.Phys. 12, 353 (open access).

# **Теория относительности и геометризация квантовой механики**

**Ольхов О.А**

*Федеральный исследовательский центр Институт химической физики  
им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, Москва, Россия*

**E-mail:** oleg.olkhov@rambler.ru;

Под геометризацией квантовой механики в работе подразумевается объяснение необычных свойств микромира, хорошо описываемых ее математическим аппаратом, на языке привычных (геометрических, в данном случае) понятий. Подробное обсуждение проблемы и исчерпывающий список литературы представлены в работе [1]. Заметим, что В.Л. Гинзбург считал интерпретацию квантовой механики одной из «трех великих проблем», стоящих перед физикой (наряду с объяснением феномена жизни и необратимой стрелы времени) [2]. Но зачем нужна какая-то интерпретация математического аппарата теории, хорошо согласующейся с экспериментом? Главная причина заключается в том, что новые физические модели всегда открывали новые возможности для развития теории. Известный пример – общая теория относительности Эйнштейна, в основе которой лежит геометрическая модель гравитационного взаимодействия. Кроме того, в квантовой механике, накопился ряд «старых» проблем, которые хотя и не ставят под сомнение известные результаты, но решение которых помогло бы, возможно, более глубокому пониманию квантовой механики. К таким проблемам относятся: выяснение природы калибровочной симметрии, отрицательная энергия античастиц и не сохранение четности. В настоящей работе показана возможность геометрической интерпретации некоторых из этих особенностей. В частности, предложено решение самой старой проблемы – проблемы «скрытых параметров». В прошлом столетии этой проблеме было уделено много внимания, хотя к единому мнению прийти не удалось. Проблема возникла как результат полемики Эйнштейна и Бора о том, является ли квантовая механика полной теорией. В отличие от Бора Эйнштейн считал квантовую механику не полной теорией, поскольку в ее формализме не отражены элементы физической реальности, ответственные за статистический характер теории (так называемые «скрытые параметры»).

В работе показано, что волновую функцию свободной квантовой частицы со спином  $1/2$  можно рассматривать как описание микроскопического искажения геометрии пространства-времени, а именно, как тензора,

реализующего представление фундаментальной группы замкнутого неориентированного топологического 4-многообразия, универсальным накрывающим пространством которого является пространство-время специальной теории относительности (пространство Минковского). Элементарные масса, заряд и компоненты 4-импульса имеют смысл определенных геометрических характеристик с размерностью длины, а спин отражает не ориентируемый характер многообразия. В трехмерном евклидовом пространстве такой геометрический объект имеет вид топологического дефекта этого пространства, обладающего стохастическими и корпускулярно-волновыми свойствами квантовой частицы. Роль «скрытых параметров», ответственных за статистический характер теории, играют все возможные деформации (гомеоморфизмы) замкнутого топологического многообразия. Можно сказать, что в рамках предложенной геометрической интерпретации статистического характера квантовой механики она удовлетворяет критерию полноты теории, сформулированному Эйнштейном. Обсуждается геометрический смысл отрицательного знака энергии позитрона, калибровочной симметрии и не сохранения четности. Предварительные результаты см. [3].

Литература:

1. Гриб А.А. 2013, УФН, 183, 1337;
2. Гинзбург В.Л. 1999, УФН, 169, 419;
3. Olkhov O.A. 2021, J.Mod.Phys. 12, 353.

## **Dynamics of $f(Q, T)$ gravity with variable deceleration parameter**

**Pati L., Mishra B.**

*BITS Pilani, Hyderabad Campus, India*

**Email:** lpriyapati1995@gmail.com, bivudutta@gmail.com;

In this paper, we have studied the dynamical behaviour of  $f(Q, T)$  gravity, which is an extended version of the symmetric teleparallel gravity.  $Q$  and  $T$  respectively be the non-metricity and trace of the energy momentum tensor. Two functional form of  $f(Q, T)$  such as, (i)  $f(Q, T) = aQ + bT$  and (ii)  $f(Q, T) = aQ^{(n+1)} + bT$ , where  $a, b$  and  $n$  are the model parameters are investigated. Two cosmological models are presented by incorporating the hybrid scale factor to analyse the behaviour of the models at late time of the evolution. The equation of state parameter is lying in the quintessence region at late time.

# The field-theoretical methods in Lovelock gravity

Petrov A.N.

*Sternberg Astronomical Institute, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow,  
Russia*

**E-mail:** alex.petrov55@gmail.com;

Conserved currents and related superpotentials for perturbations on arbitrary backgrounds in the Lovelock theory are constructed. We use the Lagrangian based field-theoretical methods where perturbations are considered as dynamical fields propagating on a given background. Such a formulation is exact (not approximate) and equivalent to the theory in the original metric form, for a more detail see [1]. From the very start, using Noether theorem, we derive the Noether-Klein identities and adopt them for the purposes of the current work. Applying these identities in the framework of Lovelock theory, we construct conserved currents, energy-momentum tensors out of them, and related superpotentials with arbitrary displacement vectors, not restricting to Killing vectors. A comparison with the well known Abbott-Deser-Tekin approach is given. The developed general formalism is applied to give conserved quantities for perturbations on anti-de Sitter (AdS) backgrounds. As a test we calculate mass of the Schwarzschild-AdS black hole in the Lovelock theory in arbitrary  $D$  dimensions. This part of the results can be found in [2].

Formalism [2] adopted to the case of a *pure* Lovelock gravity (with only *one* polynomial in Riemannian tensor in the Lagrangian) is used for constructing conserved quantities for static [3] and dynamic of the Vaidya type [4] black holes with AdS, dS and flat asymptotics. Global energy as well as quasi-local energy and fluxes of these quantities are calculated on AdS, dS and flat backgrounds in correspondence with asymptotics of black holes. In the case of the dynamic black holes, geometries of related static black holes are considered as backgrounds as well. For the dynamic black holes energy densities and energy flux densities are constructed in the frame of a freely falling observer on backgrounds of the related static black holes. The results are new and clarify new properties of the solutions under consideration, e.g., they allow us to correct parameters of the null liquid for the Vaidya type solutions. This part of the results can be found in [5].

References:

1. Petrov A N, Kopeikin S M, Lompay R R and Tekin B 2017 *Metric Theories of Gravity: Perturbations and Conservation Laws* (de Gruyter: Germany);
2. Petrov A N 2019 *Class. Quantum Grav.* **36**, 235021;
3. Cai R-G and Ohta N 2006 *Phys. Rev. D* **74**, 064001;

4. Cai R-G, Cao L-M, Hu Y-P and Kim S P 2008 Phys. Rev. D **78**, 124012;
5. Petrov A N Conserved quantities for black hole solutions in pure Lovelock gravity; arXiv:2010.07196.

## Теоретико-полевые методы в гравитации Лавлока

Петров А.Н.

*Астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ, Москва, Россия*

E-mail: alex.petrov55@gmail.com;

Построены токи и соответствующие суперпотенциалы для возмущений на произвольных фонах в теории Лавлока. Используются лагранжевы теоретико-полевые методы, где возмущения рассматриваются как динамические поля, распространяющиеся на заданном фоне. Эта формулировка является точной (не приближенной) и эквивалентной исходной теории в метрической форме, см. об этих методах [1]. С самого начала, используя теорему Нетер, мы выписываем тождества Нетер-Клейна и адоптируем их для целей исследования. С использованием этих тождеств построены сохраняющиеся токи с тензором энергии-импульса, как их составляющей, и соответствующие суперпотенциалы с произвольными векторами смещений, а не только векторами Киллинга. Проведено сравнение с хорошо известным подходом Аббота-Дезера-Текина. Развитый формализм использован для построения сохраняющихся величин на анти-де Ситтеровских (AdS) фонах. В качестве теста рассчитана масса AdS шварцшильдовой черной дыры в теории Лавлока в произвольных  $D$  измерениях. Эта часть результатов может быть найдена в [2].

Формализм [2] адаптирован для случая чисто лавлоковской гравитации, где в лагражиане оставлен единственный полином тензора кривизны, и используется для построения сохраняющихся величин для статических [3] и динамических типа Вайды [4] черных дыр с AdS, dS и плоской асимптотикой. Глобальная энергия, как и квази-локальная, а также потоки этих величин рассчитаны на AdS, dS и плоском фонах в соответствии с асимптотикой черных дыр. В случае динамических черных дыр геометрии соответствующих статических дыр также используются как фоны. Кроме того, для динамических черных дыр построены плотности энергии и ее потоки в системах свободно падающих наблюдателей на фоне статических решений. Все результаты оригинальны, а вместе с тем, найдены некоторые новые

свойства решений, например, скорректированы параметры нулевой жидкости в решениях типа Вайды. Эта часть результатов представлена в [5].

Литература:

1. Petrov A N, Kopeikin S M, Lompay R R and Tekin B 2017 *Metric Theories of Gravity: Perturbations and Conservation Laws* (de Gruyter: Germany);
2. Petrov A N 2019 *Class. Quantum Grav.* **36**, 235021;
3. Cai R-G and Ohta N 2006 *Phys. Rev. D* **74**, 064001;
4. Cai R-G, Cao L-M, Hu Y-P and Kim S P 2008 *Phys. Rev. D* **78**, 124012;
5. Petrov A N Conserved quantities for black hole solutions in pure Lovelock gravity; arXiv:2010.07196.

## **The connection of the field theory equations with the equations of mathematical physics. The nature and origins of dark matter and dark energy**

**Petrova L.I.**

*Department of Computational Mathematics and Cybernetics, Moscow State University,  
Moscow, Russia*

**E-mail:** ptr@cs.msu.ru;

It was shown that the mathematical physics equations, which describe material media (such as thermodynamic, gas-dynamical, cosmic, and others), possesses the properties of field theory equations.

It is well known that the mathematical physics equations, which describe material media, are composed of the equations of conservation laws for energy, momentum, angular momentum, and mass. The field theory equations such as Einstein's, Maxwell's, Schredinger's and others, which describe physical fields, are also based on the properties of conservation laws. However, the conservation laws for physical fields are the conservation laws that point to the presence of conservative quantities or objects. Such conservation laws are described by closed skew-symmetric forms. It turns out that closed (inexact) skew-symmetric forms that describe conservation laws for physical fields (the Noether theorem is an example) follow from the conservation law equations for material media.

Such a connection, which is realized discretely, discloses a connection between the field theory equations and the mathematical physics equations. This follows from the evolutionary relation that is obtained from the mathematical physics equations and corresponds to field theory equations. The evolutionary

relation discloses a mechanism of evolutionary processes in material media accompanied by the emergence of physical structures that made up physical fields and the advent of a dark energy and a dark matter.

## **Связь уравнений теории поля с уравнениями математической физики. Природа и происхождение темной материи и темной энергии**

**Петрова Л.И.**

*Факультет Вычислительной математики и кибернетики, Московский  
Государственный Университет, Москва, Россия*

**E-mail:** ptr@cs.msu.ru;

Было показано, что уравнения математической физики, описывающие материальные среды (термодинамические, газодинамические, космические и другие), обладают свойствами уравнений теории поля.

Хорошо известно, что уравнения математической физики, описывающие материальные среды, состоят из уравнений законов сохранения для энергии, количества движения, момента количества движения и массы. Уравнения теории поля, такие как уравнения Эйнштейна, Максвелла, Шредингера и другие, которые описывают физические поля, также основаны на свойствах законов сохранения. Однако законы сохранения для физических полей - это законы сохранения, указывающие на присутствие консервативных величин или объектов. Такие законы сохранения описываются замкнутыми кососимметричными формами. Оказывается, что замкнутые (неточные) кососимметричные формы, описывающие законы сохранения для физических полей (например, теорема Нёттер), следуют из уравнений закона сохранения для материальных сред.

Такая связь, реализуемая дискретно, выявляет связь между уравнениями теории поля и уравнениями математической физики. Это следует из эволюционного соотношения, которое получается из уравнений математической физики и соответствует уравнениям теории поля. Эволюционное соотношение раскрывает механизм эволюционных процессов в материальных средах, которые сопровождаются возникновением физических структур, составляющих физические поля, и появлением темной энергии и темной материи.

# **Space-Time Scales in High Energy Collisions**

**Petrov V.A.**

*A.A. Logunov Institute for High Energy Physics, National Research Centre “Kurchatov Institute, Protvino, Russia*

**E-mail:** Vladimir. Petrov@ihep.ru;

This is a concise survey of spatio-temporal aspects of hadron-hadron collisions at high energies.

In practice of relativistic quantum field theory and particle physics the use of spatio-temporal arguments and notions is quite limited with preference to the energy-momentum language.

However, new data from, e.g., the Large Hadron Collider, show quite unusual features and behavior like the growth of the transverse size of fast moving nucleons which might seem to contradict the well-known relativistic effects.

In particular, we analyse the use of space-time concepts like impact parameters, interaction region, interaction time and influence of relativistic effects (retardation etc) on their use for interpretation of the experimental data.

## **Пространственно-временные масштабы в столкновениях при высоких энергиях**

**Петров В.А.**

*Институт физики высоких энергий им. А. А. Логунова, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Протвина, Россия*

**E-mail:** Vladimir. Petrov@ihep.ru;

Это краткий обзор пространственно-временных аспектов адрон-адронных столкновений при высоких энергиях.

В практике релятивистской квантовой теории поля и физики элементарных частиц использование пространственно-временных аргументов и понятий весьма ограничено, и предпочтение отдается языку энергии-импульса.

Однако, новые данные, например, с Большого адронного коллайдера, демонстрируют довольно необычные особенности и поведение, такие как рост поперечного размера быстро движущихся нуклонов, что, как может показаться, противоречит известным релятивистским эффектам.

В частности, мы анализируем использование пространственно-временных концепций, таких как прицельные параметры, область взаимодействия, время взаимодействия и влияние релятивистских эффектов (запаздывание и т. д.) на их использование для интерпретации экспериментальных данных.

## **Estimating the Chirp-mass and Eccentricity of Coalescing Binary Systems from Time-Frequency Representations of their Gravitational Wave Emission**

**Pinto I.M.<sup>1</sup>, Addesso P.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *University of Naples “Federico II”, INFN and LVK, Italy*

<sup>2</sup> *University of Salern, INFN, Italy*

**E-mail:** pinto@sa.infn.it;

The Peters-Mathews equations, proposed 60 years ago, provided the first viable model for describing the orbital evolution of compact binary stars under the emission of gravitational waves [1,2]. These equations, on which the early analysis of the binary pulsar PSR1913+16 was based [3], eventually leading to the first (though indirect) evidence of gravitational wave emission [4], are also of great pedagogical value, as they can be solved exactly [5], yielding a universal evolution scenario. Remarkably, these equations also allow to re-map the instantaneous-frequency lines representing gravitational wave data in the time-frequency domain, into an histogram in the (chirp-mass, orbital eccentricity) plane for source parameters estimation [6].

The relevant algorithm is numerically robust against non ideal noise features, and computationally fast. Its performances will be illustrated using numerical simulations. The algorithm may also be used to determine a reduced area in the source parameter space where a refined higher-order post-newtonian template-based search can be implemented, which would be otherwise numerically unaffordable.

### **References:**

1. P.C. Peters, J. Mathews, Phys. Rev., 131 (1963) 435;
2. P.C. Peters, Phys. Rev., 136 (1964) B1224;
3. R.A. Hulse and J.H. Taylor, Astrophys. J. Lett., 195 (1975) L51;
4. J.M. Weisberg and J.H. Taylor, Phys. Rev. Lett., 52 (1984) 1348;
5. V. Pierro and I.M. Pinto, Nuovo Cimento B111 (1996) 631; ibid. B111 (1996) 1517;
6. I.M. Pinto, LIGO Document G2100409 (2021).

# Fully Optimized Ternary Coatings for Next Generation Interferometric Cryogenic Detectors of Gravitational Waves

Pinto I.M.<sup>1</sup>, Pierro V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Naples “Federico II”, INFN and LVK, Italy

<sup>2</sup>University of Sannio at Benevento, INFN, Italy

E-mail: pinto@sa.infn.it;

Thermal fluctuations in the highly reflective dielectric multilayers coating the mirrors of interferometric detectors of gravitational waves set the ultimate noise floor level of these instruments, and determine their visibility distance.

The possible advantages of using three different refractive materials to fulfill the strict and conflicting requirements on coating transmittance, absorbance and thermal noise were first discussed in [1] and [2].

In this communication we present a general m-ary coating design optimization framework, based on reconstructing the related Pareto (tradeoff) manifold, extending previous results in [3]-[5] that led to the successful design of the aLIGO and adVirgo coatings.

The performance of optimized ternary coatings based on (aSi/Ti::Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/SiO<sub>2</sub>) and (SiNx/Ti::Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/SiO<sub>2</sub>) at ambient and cryo-temperatures is evaluated by comparison with current aLIGO/adVirgo coatings.

It is shown that optimized ternary coatings may fulfill the requirements of next generation gravitational wave detectors, even if no further progress is made in reducing the extinction coefficient and mechanical dissipation (thermal noise) of the used materials.

## References:

1. J. Steinlechner et al., Phys. Rev. D91 (2015) 042001;
2. W. Yam et al., Phys. Rev. D91 (2015) 042002;
3. A. Villar et al., Phys. Rev. D81 (2010) 122001;
4. N.M. Kondratiev et al., Phys. Rev. D84 (2011) 022001;
5. I. Pinto et al., Ch. 12. in Optical Coatings and Thermal Noise in Precision Measurements, G.M. Harry et al Eds., Cambridge Un. Press, 2012;
6. V. Pierro et al., arXiv:2012.02146, in print on Phys. Rev. Res. (2021).

# **F(R,G) Gravity with Maximal Noether Symmetry**

**Pokrovsky Yu.E.**

*National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia*

**E-mail:** Yury\_Pokrovsky@mail.ru;

A novel version of gravitational theory reasoned by the Noether symmetry, string theory, possibility of quantum renormalization, a bounce instead of an initial singularity, accelerated expansion on the inflation stage, and the accelerated late-time stage of the Universe evolution described without the cosmological constant is presented and discussed. This new theory is based on an extension of the General Relativity (GR) by a unique combination of the Ricci scalar ( $R$ ) and Gauss-Bonnet topological invariant ( $G$ ) of the Riemann curvature tensor with a condition that the metric part of the Lagrangian,  $F(R, G)$ , is maximally restricted by Noether symmetry conditions.

Thus obtained modification of GR is free of initial singularity (the bounce instead), don't contain the cosmological constant, and it depends only on two dimensional parameters: Inflation curvature scale ( $\Lambda_i$ ), and late-time acceleration curvature scale ( $\Lambda_l$ ). In comparison with other known modifications of gravity proposed to solve cosmological controversies [1-7], the values of  $\Lambda_i$  and  $\Lambda_l$  in this theory are introduced as fundamental constants which may be originated from a complete theory of gravity. As well, the calculated evolution of the Universe depends on initial conditions.

As a result this purely geometric theory provides an accelerated inflationary epoch of Universe at early times which evolves smoothly into the matter-radiation phase, and then arrives to the late-time accelerated evolution demonstrating the better agreement with observational data (Type Ia Supernovae, cosmic chronometers, Baryonic Acoustic Oscillations, and Cosmic Microwave Background) than it is provided by the  $\Lambda$ CDM cosmology added by an inflation model. In particular, the evolution of the Hubble parameter  $H$  in this theory eliminates the conflicting difference between two values of the Hubble constant ( $H_0$ ) predicted by Planck 2015, and founded from local sources. Forecasts for black holes, cosmic voids, filaments, and DESI, EUCLID, LISA experiments are also discussed.

## References:

1. E.Elizalde, R.Myrzakulov, V.V.Obukhov, D.Saez-Gomez, Class.Quant.Grav. 27, 095007(2010);
2. S.D.Odintsov, V.K.Oikonomou, S.Banerjee, Nuclear Physics B 938, 935–956 (2019);

3. S. Capozziello, M. De Laurentis, S.D.Odintsov, Modern Physics Letters A 29, No. 30, 1450164 (2014);
4. K.F.Dialektopoulos, S.Capozziello, Int. J. Geom. Meth. Mod. Phys. 15, 1840007 (2018);
5. U.Camci, Symmetry 10 (12), 719 (2018);
6. P.Bueno and P. A.Cano, Phys. Rev. D 94 (2016) 104005;
7. G.Arciniegaa, J.D.Edelsteina, L.G.Jaimeb, Physics Letters B 802 (2020) 135272.

## **F(R,G) гравитация с максимальной симметрией Нёттер**

**Покровский Ю.Е.**

*НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия*

**E-mail:** Yury\_Pokrovsky@mail.ru;

Представлена к обсуждению новая версия теории гравитации, основанная на симметрии Нёттер, теории струн, возможностью квантовой перенормировки, отскоком вместо начальной сингулярности, ускоренным расширением на стадии инфляции и ускоренной поздней стадией эволюции Вселенной, описываемой без космологической постоянной. Эта новая теория основана на дополнении общей теории относительности (ОТО) уникальными комбинациями скаляра Риччи ( $R$ ) и топологического инварианта Гаусса-Бонне ( $G$ ) при условии, что метрическая часть лагранжиана,  $F(R,G)$ , максимально ограничена условиями симметрии Нёттер.

Полученная таким образом модификация ОТО свободна от начальной сингулярности (вместо нее - отскок), не содержит космологической постоянной и зависит только от двух размерностных параметров: шкалы кривизны инфляции ( $\Lambda_i$ ) и шкалы кривизны ( $\Lambda_l$ ) на поздней стадии. По сравнению с другими известными модификациями гравитации, предложенными для разрешения космологических противоречий [1-7], значения  $\Lambda_i$  и  $\Lambda_l$  в этой теории вводятся как фундаментальные константы, которые могут быть получены из наиболее полной теории гравитации. Также расчетная эволюция Вселенной существенно зависит от начальных условий.

В результате эта чисто геометрическая теория обеспечивает ускоренную инфляционную эпоху Вселенной в ранние времена с плавным переходом в фазу материи-излучения, а затем - в стадию поздней эволюции с ускорением, демонстрируя лучшее согласие с данными наблюдений (сверхновые типа Ia,

красные галактики в качестве космических хронометров, барионные акустические колебания и космический микроволновой фон), чем это обеспечивается космологией  $\Lambda$ CDM, дополненной моделью инфляции. В частности, специфическая эволюция параметра Хаббла ( $H$ ) в этой теории устраняет противоречие между двумя значениями постоянной Хаббла ( $H_0$ ), предсказанными Planck 2015 либо основанными на локальных источниках. Обсуждаются предсказания теории для черных дыр, космических пустот, филаментов и таких экспериментов, как DESI, EUCLID, LISA.

Литература:

1. E.Elizalde, R.Myrzakulov, V.V.Obukhov, D.Saez-Gomez, Class.Quant.Grav. 27, 095007(2010);
2. S.D.Odintsov, V.K.Oikonomou, S.Banerjee, Nuclear Physics B 938, 935–956 (2019);
3. S. Capozziello, M. De Laurentis, S.D.Odintsov, Modern Physics Letters A 29, No. 30, 1450164 (2014);
4. K.F.Dialektopoulos, S.Capozziello, Int. J. Geom. Meth. Mod. Phys. 15, 1840007 (2018);
5. U.Camci, Symmetry 10 (12), 719 (2018);
6. P.Bueno and P.A.Cano, Phys. Rev. D 94 (2016) 104005;
7. G.Arciniegaa, J.D.Edelsteina, L.G.Jaimeb, Physics Letters B 802 (2020) 135272.

## High frequency gravitational waves: generation, detection

**Pustovoit V., Gladyshev V., Kauts V., Morozov A., Nikolaev P., Fomin I., Sharandin E., Kayutenko A.**

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*

E-mail: kauts@bmstu.ru;

The problem of establishing the conditions for the generation and detection of high-frequency gravitational waves in material media in laboratory conditions is considered. The possibilities of realizing mutual conversion of electromagnetic and gravitational waves in various media are analyzed. An intense repetitively pulsed laser is considered as a source of electromagnetic radiation, which generates pulses characterized by a high power density, providing efficient excitation of quadrupole modes in a medium. Photon-graviton conversion is expected in a relatively small condensed dielectric medium (10-100 cm), i.e. in the laboratory.

# **Высокочастотные гравитационные волны: генерация, детектирование**

**Пустовойт В., Гладышев В., Кауц В., Морозов А., Николаев П.,  
Фомин И., Шарандин Е., Каютенко А.**

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия*

E-mail: kauts@bmstu.ru

Рассматривается задача установления условий генерации и детектирования высокочастотных гравитационных волн в материальных средах в лабораторных условиях. Проанализированы возможности реализации взаимной конверсии электромагнитных и гравитационных волн в различных средах. В качестве источника электромагнитного излучения рассматривается интенсивный импульсно-периодический лазер, генерирующий импульсы, характеризующиеся большой плотностью мощности, обеспечивающие эффективное возбуждение квадрупольных мод в среде. Фотон-гравитонная конверсия ожидается в конденсированной диэлектрической среде сравнительно небольших размеров (10-100 см), т.е. в лабораторных условиях.

## **Stability analysis of two-fluid dark energy models**

**Ray P.P.**

*Vellore Institute of Technology- Andhra Pradesh University, India*

E-mail: pratik.chika9876@gmail.com;

This work aims to give an insight to the role of anisotropic components on dark energy (DE) and dynamics of the universes in different two-fluid environments. We have constructed the Bianchi type-V model of universe with a newly developed mathematical formalism in various two-fluid situations, such as: usual DE fluid + bulk viscous fluid, DE fluid + one dimensional string fluid and DE fluid + electromagnetic fluid. In each case, the DE fluid is assumed with different pressure along orthogonal spatial directions to incorporate the effect of anisotropy. A small amount of anisotropy is also contributed by the three matter sources (viscous, string and electromagnetic fluid) in each case. We have considered a hybrid scale factor that simulates the cosmic transition and based on the coefficient values of these three different sources of matter. The physical parameters (DE density, equation of state

parameter, skewness parameters etc.) are derived, analysed and found to be in agreement with recent observational data. In order to yield a healthy comparison among these two-fluid situations, a brief stability analysis is carried out w.r.t situation followed by DE fluid. For each case, we found, there is instability in early time and stability at late epoch. Also, this work clearly compares the effect of magnetized fluid w.r.t other two fluids according to cosmic evolution, along with DE fluid. We observe that at early phase of evolution, the anisotropic effect due to the sources of matter substantially dominate the dynamics of the universe, whereas, the late epoch is completely filled and driven by DE fluid. Also, the electromagnetic fluid has found to be more dominant among other two during early epoch. Finally the geometrical nature and physical acceptability of the model is confirmed by  $Om$  diagnosis. This diagnostic is used to distinguish the  $\Lambda$ - CDM model from our DE model. We also demonstrate that  $Om$  is a useful diagnostic to apply observational data. Also, the role of matter field on the stability analysis has been obtained. The positive and negative value of cosmic string completely changed the stability behavior of the model. The presence of a magnetic field disturbs the stability aspects of the models at least in an early epoch.

## The Invariant Weyl Theory of Gravity

**Romero C.**

*Department of Physics, UFPB, Brazil*

**E-mail:** cromero@fisica.ufpb.br;

We revisit Weyl's unified field theory, which arose in 1918, shortly after general relativity was discovered. As is well known, in order to extend the program of geometrization of physics started by Einstein to include the electromagnetic field, H. Weyl developed a new geometry which constitutes a kind of generalization of Riemannian geometry. However, despite its mathematical elegance and beauty, a serious objection was made by Einstein, who considered Weyl's theory not suitable as a physical theory since it seemed to lead to the prediction of a not yet observed effect, the so-called "second clock effect". In this lecture, our aim is to discuss Weyl's proposal anew and examine its consistency and completeness as a physical theory. Finally, we propose new directions and possible conceptual changes in the original work. As an application, we solve the field equations assuming a Friedmann-Robertson-Walker universe and a perfect fluid as its source. Although we have entirely abandoned Weyl's attempt to identify the vector field with the 4-dimensional electromagnetic potentials, which here must be simply viewed as part of the space-

time geometry, we believe that in this way we could perhaps be led to a rich and interesting new modified gravity theory.

## **Euro-Asian gravitational network: criteria of quality**

**Rudenko V.<sup>1,2</sup>, Andrusenko S.<sup>1</sup>, Krichevskiy D.<sup>1,2</sup>, Manucharyan G.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University, Moscow, Russia

**E-mail:** valentin.rudenko@gmail.com;

We estimate efficiency of a conceivable Euro-Asian network (EAN) of gravitational wave (GW) interferometers that might be realized having in mind a plan of construction of third generation interferometer in Novosibirsk region. The quality of network in question is considered on the base of typical numerical criteria [1] of efficiency for detecting GW signals of known structure - radiation of relativistic binary coalescence and rotational instabilities of proto-neutron stars during core collapse. We compare EAN efficiency with two reference networks and choose optimal orientation angle for Novosibirsk detector. EAN shows good results especially in Polarization criterion for chirp signal. EAN copes with localization reconstruction worse than other networks because of location of all EAN detector on the same continent.

### References:

1. Raffai, P.; Gondan, L.; Heng, I.S.; Kelecsenyi, N.; Logue, J.; Marka, Z.; Marka, S. Optimal networks of future gravitational-wave telescopes. Clas. Quant. Grav. 2013, 30, 155004.

## **Евро-Азиатская сеть гравитационных детекторов: критерии качества**

**Руденко В.Н.<sup>1,2</sup>, Андрусенко С.Л.<sup>1</sup>, Кричевский Д.П.<sup>1,2</sup>, Манучарян Г.Д.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

<sup>2</sup> ГАИШ МГУ, Москва, Россия

**E-mail:** valentin.rudenko@gmail.com;

Мы оцениваем эффективность возможной Евро-Азиатской сети (EAN) гравитационно-волновых (ГВ) интерферометров, которая может быть создана

в случае реализации плана строительства интерферометра третьего поколения в Новосибирской области. Эффективность рассматриваемой сети оценивается с помощью типичных численных критериев [1] эффективности для обнаружения ГВ-сигналов известной структуры - излучения от слияний релятивистской двойной (чирп) и вращательной нестабильности протонейтронных звезд во время коллапса ядра. Мы сравниваем эффективность EAN с двумя референтными сетями и выбираем оптимальный угол ориентации новосибирского детектора. EAN показывает хорошие результаты, особенно по критерию поляризации для чирп-сигнала, но хуже других сетей справляется с реконструкцией локализации из-за того, что все детекторы EAN расположены на одном континенте.

Литература:

1. Raffai, P.; Gondan, L.; Heng, I.S.; Kelecsenyi, N.; Logue, J.; Marka, Z.; Marka, S. Optimal networks of future gravitational-wave telescopes. *Clas. Quant. Grav.* 2013, 30, 155004.

## **Wormhole geometry in a modified symmetric teleparallel gravity**

**Sahoo P.K.**

*BITS-Pilani, Hyderabad campus, India*

**E-mail:** pk.sahoo@hyderabad.bits-pilani.ac.in;

The current interests in the universe motivate us to go beyond Einstein's General theory of relativity. One of the interesting proposals comes from a new class of teleparallel gravity named symmetric teleparallel gravity, i.e.,  $f(Q)$  gravity, where the non-metricity term  $Q$  is accountable for fundamental interaction. These alternative modified theories of gravity's vital role are to deal with the recent interests and to present a realistic cosmological model. The main objective of this talk is to discuss the traversable wormhole geometries in  $f(Q)$  gravity. We construct the wormhole geometries for three cases: (i) by assuming a relation between the radial and lateral pressure, (ii) considering phantom energy equation of state (EoS), and (iii) for a specific shape function in the fundamental interaction of gravity (i.e. for linear form of  $f(Q)$ ). Besides, we discuss two wormhole geometries for a general case of  $f(Q)$  with two specific shape functions. Then, we discuss the viability of shape functions and the stability analysis of the wormhole solutions for each case. We have found that the null energy condition (NEC) violates each wormhole model which concluded that our outcomes are realistic and stable. Finally, we discuss the

embedding diagrams and volume integral quantifier to have a complete view of wormhole geometries.

## Noether Symmetry Technique in Modified Gravity

**Sharif M.**

*University of the Punjab, Pakistan*

**E-mail:** msharif.math@pu.edu.pk;

This talk investigates the newly developed  $f(R, T^2)$  theory ( $R$  is the Ricci scalar and  $T^2 = T_{ab} T^{ab}$ ,  $T_{ab}$  demonstrates the energy-momentum tensor) to explore some viable cosmological models. For this purpose, we use the Noether symmetry approach in the context of flat Friedmann-Robertson-Walker universe. We solve the Noether equations of this modified theory for two types of models and obtain the symmetry generators as well as corresponding conserved quantities. We also evaluate exact solutions and investigate their physical behavior via different cosmological parameters. For the prospective models, the graphical behavior of these parameters indicate consistency with recent observations representing accelerated expansion of the universe. In the first case, we take a special model of this theory and obtain new class of exact solutions with the help of conserved quantities. Secondly, we consider minimal and non-minimal coupling models of  $f(R, T^2)$  gravity. We conclude that conserved quantities are very useful to derive the exact solutions that are used to study the cosmic accelerated expansion.

## Examples of Calabi-Yau threefolds with small Hodge numbers

**Shishanin A.O.**

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*

**E-mail:** shishanr@rambler.ru;

The compactification of  $E_8 \times E_8$  heterotic strings on Calabi-Yau threefold  $M$  (Ricci-flat Kähler manifolds with  $SU(3)$  holonomy) leads to four-dimensional theory with  $N=1$  supersymmetry. Most famous example of CY threefold is quintic on  $\mathbb{P}^4$ . For more realistic theories it is necessary that Calabi-Yau manifold  $M$  has the

Euler characteristics  $\chi \pm 6$  or  $\pm 8$ .  $|\chi|/2$  of  $M$  is generation's number of elementary particles. Also for CY threefolds  $\chi = 2(h^{1,1} - h^{2,1})$ , where  $h^{i,j}$  are dimensions of Dolbeault cohomology groups which are called Hodge numbers. Moreover, there is more strong restriction for  $M$ . Because of Hosotani mechanism  $M$  should be non-simply connected manifold. It means that  $M$  has non-trivial fundamental group.

Historically first example Calabi-Yau threefold with  $\chi = -6$  was constructed by Yau in 1985. The Tian-Yau space is formed from two copies of  $\mathbb{C}P^3$  with three polynomial equations (two cubics and one linear for each variables). Such variety has  $\chi = -18$ , and there is a freely-acting  $\mathbb{Z}_3$  group which lead to  $\chi = -6$ . The fundamental group of the Tian-Yau space equals  $\mathbb{Z}_3$ .

There are few approaches of forming of CY spaces with small Hodge numbers obtained from intersections of some polynomial. The first one is factorizing on freely-acting group. For example, quintic on  $\mathbb{C}P^4$  is factorized  $\mathbb{Z}_5 \times \mathbb{Z}_5$  and  $\chi = -8$ . Beside this approach, there are other methods for obtaining manifolds with lower Hodge numbers when some group acts non free. As a result of taking a factor over this group, singular points appear on the manifold. It is possible to blow up those singular point. In talk will be discussed some significant examples.

## **Примеры трехмерных многообразий Калаби-Яу с небольшими числами Ходжа**

**Шишанин А.О.**

*Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,  
Москва, Россия*

**E-mail:** shishanr@rambler.ru;

Компактифицированная  $E_8 \times E_8$  теория струн на трехмерное многообразие Калаби-Яу  $M$  (личчи-плоское кэлерово многообразие с  $SU(3)$  группой голономии) приводит к четырехмерной теории с  $N=1$  суперсимметрией. Наиболее известный пример трехмерного пространства Калаби-Яу – это квинтика на  $\mathbb{C}P^4$ . Для более реалистичных теорий необходимо, пространство Калаби-Яу  $M$  имеет эйлерову характеристику  $\chi$  равную  $\pm 6$  или  $\pm 8$ . Половина эйлеровой характеристики  $M |\chi|/2$  – это число поколений элементарных частиц. Также для трехмерных Калаби-Яу  $\chi = 2(h^{1,1} - h^{2,1})$ , где  $h^{i,j}$  – размерности групп когомологий Дольбо.  $h^{i,j}$

называются числами Ходжа. Однако имеются более сильные ограничения для  $M$ . Благодаря механизму Хосотани  $M$  должно иметь нетривиальную фундаментальную группу.

Первый пример трехмерного пространства Калаби-Яу  $\chi = -6$  был построен Яу в 1985. Пространство Тяна-Яу формируется из двух копий  $\mathbb{C}P^3$  с тремя полиномиальными уравнениями (две кубики и одно уравнение линейно по каждой переменной). Такое многообразие имеет  $\chi = -18$ . Здесь есть свободно действующая группа  $\mathbb{Z}_3$ , фактор по которой приводит к  $\chi = -6$ . Фундаментальная группа пространства Тяна-Яу равна  $\mathbb{Z}_3$ .

Существует несколько подходов как можно сконструировать пространства Калаби-Яу с небольшими числами Ходжа, полученных от пересечений некоторых полиномов. Первый способ – факторизация по свободно-действующей группе. Например, квинтику на  $\mathbb{C}P^4$  можно факторизовать по  $\mathbb{Z}_5 \times \mathbb{Z}_5$  и здесь эйлерова характеристика  $\chi = -8$ . Кроме этого, есть другие методы получения многообразий с небольшими числами Ходжа, когда группа действует не свободно. В результате фактора по такой группе на многообразии появляются особые точки. Особые точки можно разрешить с помощью раздутия. В докладе будут обсуждаться содержательные примеры.

## Completely geometric theory

Siparov S.V.

*State University of Civil Aviation, Saint Petersburg, Russia*

E-mail: sergey@siparov.ru;

When constructing the dynamics, Newton used Kepler's observations, i.e. the elliptical form of the trajectories of the planets. This made it possible to find the equation of motion. According to Hamilton's principle, from a geometric point of view, Newton's law of dynamics corresponds to the geodesic equation: see (1). These equations must be supplemented by field equations (2), i.e. the Laplace equation in the first case and the Einstein equation in the second one.

$$\frac{dy^i}{dt} = -\frac{\partial \phi}{\partial x^i} \quad \frac{d^2x^i}{ds^2} + \Gamma^i_{kl} \frac{dx^k}{ds} \frac{dx^l}{ds} = 0 \quad (1)$$

$$\Delta\phi = \rho(x) \quad R^{ik} - \frac{1}{2} g^{ik} R = -\kappa T^{ik} \quad (2)$$

If the solutions of the equations of motion (trajectories) are known, then it is possible to solve the field equations and determine the position of their singularities, i.e. sources, namely the mass distribution and the form of the energy-momentum tensor. And vice versa, setting the latter, one can solve the direct problem, i.e. solve the field equations and then find the trajectories.

In electrodynamics, Maxwell's equations are obtained by generalizing observations. However, with an appropriate physical interpretation, all these equations directly follow from two geometric identities

$$\frac{\partial F_{ij}}{\partial x^k} + \frac{\partial F_{jk}}{\partial x^i} + \frac{\partial F_{ki}}{\partial x^j} = 0 \text{ and } \frac{\partial F^{ij}}{\partial x^k} + \frac{\partial F^{jk}}{\partial x^i} + \frac{\partial F^{ki}}{\partial x^j} = 0, \quad (3)$$

where  $F_{ik}$  is the antisymmetric tensor and  $F^{ij} = g^{ik}g^{jm}F_{mk}$ . In physical applications, as a rule, the direct problem is solved, i.e. set the initial distribution of sources and currents and find the fields. But if you set the trajectory of the test body, then you can solve the inverse problem and find the singularities of the solution of the field equations.

In the theory of gravity, the identification of physical sources with the singularities of field equations is reflected in the principle of equivalence, when the forces of inertia that do not have sources are considered indistinguishable from the gravitational forces that have them.

Let us choose  $F_{ik} = B_{k,i} - B_{i,k}$ ,  $B_{k,i} = \frac{\partial y_k}{\partial x^i}$  and set the observed trajectories of motion. The geodesic equation (1) should be generalized, taking into account the possible dependence of the metric on the derivative with respect to the natural parameter. This greatly complicates the geometric aspect of the matter. For simplicity, let us set  $\varepsilon_{ik} = \sigma \zeta_{ik}$ ;  $\sigma \ll 1$  and assume  $g_{ik}(x, y) = \eta_{ik} + \varepsilon_{ik}(x, y)$ ;  $\eta_{ik} = \text{diag}\{-1, 1, 1, 1\}$ , where  $y^i = \frac{dx^i}{ds}$ . Then the generalized geodesic (equation of motion) takes the form

$$\frac{dy^i}{ds} + \left( \Gamma^i_{lk} + \frac{1}{2} \eta^{it} \frac{\partial^2 \varepsilon_{kl}}{\partial x^j \partial y^t} y^j \right) y^k y^l = 0 \quad (4)$$

Choosing the necessary notation in corollaries of (3), we obtain the field equation in the form

$$\Delta D^i - \frac{\partial^2 D^i}{\partial x_0^2} = -I^i \quad (5)$$

where  $D$  is the metric 4-potential,  $I^i = \frac{\partial F^{ij}}{\partial x^j}$ . Equation of motion (4) and field equations (5) represent a closed system of geometric equations suitable for solving both direct and inverse problems in any branch of physics. In particular, in the theory of gravity, they allow one to obtain flat rotation curves and a number of other observable consequences without involving the concept of dark matter.

# Полностью геометрическая теория

Сипаров С.В.

Государственный университет гражданской авиации, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: sergey@siparov.ru;

При построении динамики Ньютона опирался на наблюдения Кеплера, обнаружившего эллиптический вид траекторий движения планет, что позволило найти уравнение движения. Согласно принципу Гамильтона, с геометрической точки зрения закон динамики Ньютона соответствует уравнению геодезической: см. (1). Эти уравнения должны быть дополнены уравнениями поля (2), т.е. уравнением Лапласа в первом случае и уравнением Эйнштейна во втором.

$$\frac{dy^i}{dt} = -\frac{\partial \phi}{\partial x^i} \quad \frac{d^2x^i}{ds^2} + \Gamma^i_{kl} \frac{dx^k}{ds} \frac{dx^l}{ds} = 0 \quad (1)$$

$$\Delta\phi = \rho(x) \quad R^{ik} - \frac{1}{2} g^{ik} R = -\kappa T^{ik} \quad (2)$$

Если известны решения уравнений движения (траектории), то можно решить уравнения поля и определить положение их особенностей, т.е. источников, а именно распределение масс и вид тензора энергии-импульса. И наоборот, задавая последние, можно решить прямую задачу, т.е. решить уравнения поля, а затем определить траектории.

В электродинамике уравнения Максвелла получают в результате обобщения наблюдений. Однако при соответствующей физической интерпретации все эти уравнения непосредственно следуют из двух геометрических тождеств

$$\frac{\partial F_{ij}}{\partial x^k} + \frac{\partial F_{jk}}{\partial x^i} + \frac{\partial F_{ki}}{\partial x^j} = 0 \text{ и } \frac{\partial F^{ij}}{\partial x^k} + \frac{\partial F^{jk}}{\partial x^i} + \frac{\partial F^{ki}}{\partial x^j} = 0, \quad (3)$$

где  $F_{ik}$  - антисимметричный тензор и  $F^{ij} = g^{ik} g^{jm} F_{mk}$ . В физических приложениях, как правило, решают прямую задачу, т.е. задают исходное распределение источников и токов и находят поля. Но если задать траекторию движения пробного тела, то можно решить и обратную задачу и найти особенности решения уравнений поля.

Отождествление физических источников с особенностями решения уравнений поля в теории гравитации отражено в принципе эквивалентности, когда силы инерции, не имеющие источников, считаются неотличимыми от гравитационных сил, имеющих их.

Выберем  $F_{ik} = B_{k,i} - B_{i,k}$ ,  $B_{k,i} = \frac{\partial y_k}{\partial x^i}$  и зададим наблюдаемые траектории движения. Уравнение геодезической (1) следует обобщить,

учитывая возможную зависимость метрики от производной по естественному параметру. Это существенно усложняет геометрическую сторону дела. Для упрощения положим  $\varepsilon_{ik} = \sigma \zeta_{ik}$ ;  $\sigma \ll 1$  и будем считать  $g_{ik}(x, y) = \eta_{ik} + \varepsilon_{ik}(x, y)$ ;  $\eta_{ik} = \text{diag}\{-1, 1, 1, 1\}$ , где  $y^i = \frac{dx^i}{ds}$ . Тогда обобщенная геодезическая (уравнение движения) принимает вид

$$\frac{dy^i}{ds} + \left( \Gamma^i_{lk} + \frac{1}{2} \eta^{it} \frac{\partial^2 \varepsilon_{kl}}{\partial x^j \partial y^t} y^j \right) y^k y^l = 0 \quad (4)$$

Выбирая необходимые обозначения в следствиях (3), получим уравнение поля в виде

$$\Delta D^i - \frac{\partial^2 D^i}{\partial x_0^2} = -I^i \quad (5)$$

где  $D$  – метрический 4-потенциал,  $I^i = \frac{\partial F^{ij}}{\partial x^j}$ . Уравнение движения (4) и уравнения поля (5) представляют замкнутую систему геометрических уравнений, пригодную для решения как прямой, так и обратной задачи в любом разделе физики. В частности, в теории гравитации они позволяют получить плоские кривые вращения и целый ряд других наблюдаемых следствий без привлечения понятия темной материи.

## On the force caused by a null Einstein-Maxwell field with the plane symmetry

Timofeev V.N.

*Saint Petersburg State University of Civil Aviation, Saint Petersburg, Russia*

**E-mail:** WTimoff@yandex.ru;

In this work, the following task is set: to find out whether an infinitely large flat platform on the surface of which an alternating current flows creates a force whose nature is different from that of gravity. If the answer is yes, then find the direction of the force relative to the flat platform and the dependence of the force on the current flowing over the surface of the platform.

Let us choose a Cartesian coordinate system coordinate plane  $yOz$  of which coincides with a boundless flat platform with a surface mass density  $\sigma$ . Let also an alternating current flow along the  $z$ -axis; the strength of the current which flows along the plane surface band of unit width (linear current density) is equal to  $I = I(t)$ . The field outside the platform will be radiative in nature. Therefore, we require that the electromagnetic field of the platform with an alternating current is null.

The paper shows that it follows from the field equations and the Stokes theorem that the metric of the null Einstein-Maxwell field which is created by an infinite plane with an alternating current has the form:

$$ds^2 = \frac{1}{\sqrt{1 - Mx}} e^{\frac{8\pi^2\mu_0}{\sigma c^2} \int_0^{ct-x} I^2 d\tau} (c^2 dt^2 - dx^2) - (1 - Mx)(dy^2 + dz^2),$$

where  $M = \frac{8\pi G\sigma}{c^2}$ .

For the case of a weak gravitational field ( $Mx \ll 1$ ) the acceleration of a free sample particle along the  $x$ -axis will be equal to:

$$\frac{d^2x}{dt^2} \approx -c^2 \Gamma_{00}^1 \approx -\frac{c^2}{2} \frac{\partial g_{00}}{\partial x} \approx \frac{4\pi^2\mu_0}{\sigma} \cdot I^2$$

For the current which changes according to the harmonic law

$$I = I_0 \cos \omega t,$$

the time-averaged acceleration of a particle has the form:

$$\langle \frac{d^2x}{dt^2} \rangle \approx \frac{2\pi^2\mu_0 I_0^2}{\sigma}.$$

Thus, we can draw the following conclusion: if the alternating current, which creates a null electromagnetic field, flows along the surface of a flat platform of a large size, a test particle located close to this platform is affected not only by the gravitational attraction of the platform but also by the repulsive force the magnitude of which is directly proportional to the square of the linear current density and inversely proportional to the surface mass density:

$$F \sim \frac{I^2}{\sigma}.$$

## **О силе, вызванной изотропным полем Эйнштейна-Максвелла с плоской симметрией**

**Тимофеев В.Н.**

*Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации,  
Санкт-Петербург, Россия*

**E-mail:** WTimoff@yandex.ru;

В этой работе ставится следующая задача: выяснить, создает ли плоская платформа бесконечно больших размеров, по поверхности которой течет переменный ток, силу, природа которой отличается от гравитационной. Если ответ утвердительный, то найти направление силы относительно плоской

платформы и зависимость этой силы от силы тока, протекающего по поверхности платформы.

Пусть выбрана декартова система координат, координатная плоскость  $yOz$  которой совпадает с безграничной плоской платформой с поверхностной плотностью массы  $\sigma$ . Пусть также вдоль оси  $z$  протекает переменный ток, у которого сила тока, протекающего по полосе единичной ширины поверхности плоскости (линейная плотность тока), равна  $I = I(t)$ . Поле вне платформы будет иметь излучательный характер. Поэтому потребуем, чтобы электромагнитное поле платформы с переменным током было изотропным.

В работе показано, что из полевых уравнений и теоремы Стокса следует, что метрика изотропного поля Эйнштейна-Максвелла, которое создается бесконечной плоскостью с переменным током, имеет вид:

$$ds^2 = \frac{1}{\sqrt{1 - Mx}} e^{\frac{8\pi^2\mu_0}{\sigma c^2} \int_0^{ct-x} I^2 d\tau} (c^2 dt^2 - dx^2) - (1 - Mx)(dy^2 + dz^2),$$

где  $M = \frac{8\pi G \sigma}{c^2}$ .

Для случая слабого гравитационного поля ( $Mx \ll 1$ ) ускорение движения свободной пробной частицы по оси  $x$  будет равно:

$$\frac{d^2x}{dt^2} \approx -c^2 \Gamma_{00}^1 \approx -\frac{c^2}{2} \frac{\partial g_{00}}{\partial x} \approx \frac{4\pi^2\mu_0}{\sigma} \cdot I^2,$$

Для тока, меняющегося по гармоническому закону

$$I = I_0 \cos \omega t,$$

усредненное по времени ускорение частицы имеет вид:

$$\langle \frac{d^2x}{dt^2} \rangle \approx \frac{2\pi^2\mu_0 I_0^2}{\sigma}.$$

Таким образом, можно сделать следующий вывод: если по поверхности плоской платформы больших размеров течет переменный ток, создающий изотропное электромагнитное поле, то на пробную частицу, находящуюся вблизи этой платформы, кроме гравитационного притяжения платформы будет действовать отталкивающая от платформы сила, величина которой прямо пропорциональна квадрату линейной плотности тока и обратно пропорциональна поверхностной плотности массы:

$$F \sim \frac{I^2}{\sigma}.$$

# **Flow and peculiar velocities in the background of spherically symmetric black holes**

**Toporensky A.V.<sup>1</sup>, Zaslavskii O.B.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Sternberg Astronomical Institute, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Department of Physics and Technology, Kharkov V.N. Karazin National University, Kharkov, Ukraine*

**E-mail:** zaslav@ukr.net;

We consider geodesic motion of particles in a spherically symmetric black hole space-times. We develop an approach based on splitting the velocity of a freely falling particle to the flow velocity which depends only on a metric, and deviation from it (a peculiar velocity). It applies to a wide class of spherically symmetric metrics and is exploited under the horizon of the Schwarzschild black hole. We compare description in different frames (the static one, the Lemaitre frame, Painleve-Gulstrand frame). Our approach enables us to use the formulas of special relativity. We apply it both to the regions outside and inside the horizon. It is used for the description of redshift and high energy collisions of massive particles.

# **From Photon to Oganesson: Lie Algebra Realization of the Standard Model Extending over the Periodic Table**

**Trell E.**

*University of Linköping, Sweden*

**E-mail:** erik.trell@gmail.com;

As reported in a series of previous PIRT conferences, a direct SU(3) structural realization of the Standard Model has been developed based upon Marius Sophus Lie's original Norwegian Ph.D. thesis *Over en Classe Geometriske Transformationer* from 1871 (and thus due for a most deserved 150-year anniversary). It elucidates how "the theory of main tangential curves can be brought back to that of rounded curves", anticipating a coherent linear representation of the elementary particles instead of the rotational chosen since they were considered point-like and amorphous when they many years later entered the stage. Under these premises the Standard Model has built a magnificent, undoubtedly true but congested multi-particle system whereas the Lie continuous transformation element,

the partial derivative 'straight line of length equal to zero' spans an isotropic vector matrix lattice of crystallographic Killing root space diagram  $A_3$  form which from the Nucleon and inwards can backtrack the Standard Model geometrically, as well as continue outward iterating to a spacefilling solid state  $R^3 \times SO(3)$  wave-packet complex tessellating the whole periodic table with electron shells and subshells, isotope spectrum, neutron captures, radiative channels, oxidation states, molecular binding sites etc. in successive layers also including the Lanthanides in the sixth period and the Actinides in the seventh, in which now the concluding Oganesson has been reached in perfectly well-built saturated noble gas shape and condition.

## **Unified Dark Fluid models in Brans-Dicke Theory**

**Tripathy S.K.**

*Department of Physics, Indira Gandhi Institute of Technology, Sarang, Dhenkanal, India*

**Email:** sktripathy@igitsarang.ac.in;

Some dark energy cosmological models are constructed in the framework of a generalised Brans–Dicke theory which contains a self interacting potential and a dynamical coupling parameter. The models are constructed in the background of an anisotropic metric. The dark sector of the universe is considered through a unified linear equation of state. The parameters of the unified dark fluid have been constrained from some physical basis. Since the universe is believed to have undergone a transition from an early deceleration to a late time acceleration, the deceleration parameter should have a signature flipping behaviour at the transition redshift. We have used a hybrid scale factor to simulate the dynamical behaviour of the deceleration parameter. Basing upon the observational constraints on the transition redshift, we have constructed four different transitioning dark energy models. The constructed models are confronted with observational data. For all the models, the behaviour of the dynamical scalar field and Brans–Dicke parameter are investigated. Also, on the basis of the generalised Brans–Dicke theory, we have estimated the time variation of the Newtonian gravitational constant.

# Statistical analysis of random error of satellite measurements of anisotropy of *CMB* temperature in temporally and frequency areas

Vargashkin V.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Bauman State Technical University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> State University named after I.S. Tourguenev, Oryol, Russia

E-mail: finst@bk.ru;

The purpose of the present work is to obtain estimates  $\sigma$  of the limits main of the absolute random errors of measuring the anisotropy of CMB temperature during satellite measurements "*WMAP*" and "*PLANCK*" according to individual sets of their data for all measurement frequencies  $f$ .

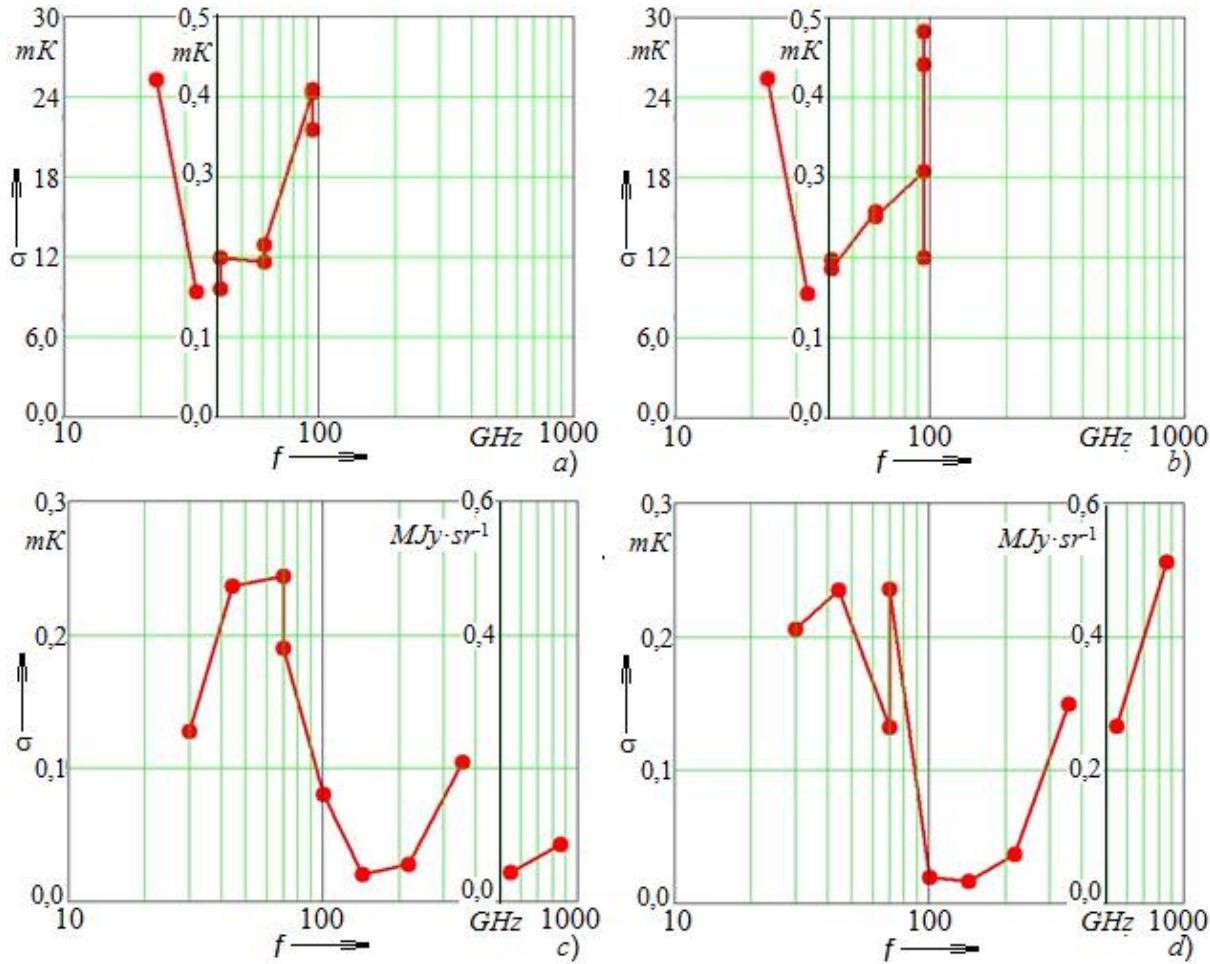
The results of the anisotropy measurement, which compiled the «*WMAP*» probe database, were obtained [1] using ten receivers with frequencies: 23 GHz (one receiver,  $K1$ ); 33 GHz (one receiver,  $Ka$ ); 41 GHz (two receivers,  $Q1$  and  $Q2$ ); 61 GHz (two receivers,  $V1$  and  $V2$ ); and 94 GHz (four receivers,  $W1$ ;  $W2$ ;  $W3$  and  $W4$ ). These results are presented as nine integrated into a single whole, temporally sequential data sets lasting one year each. The results of the anisotropy measurement, which compiled the «*PLANCK*» probe database, were obtained at eight frequencies classified in two ranges using ten receivers. The lower range included frequencies of 30 GHz, 44 GHz and 70 GHz. The upper range included frequencies of 70 GHz; 100 GHz; 143 GHz; 217 GHz; 353 GHz; 545 GHz and 857 GHz (frequency 70 GHz was thus present in both bands). These results are presented as eight integrated into a single whole, temporally sequential data sets lasting six months each for frequencies from 30 GHz to 70 GHz, or five data sets for all other frequencies.

For analysis, two directions of measuring temperature in the celestial sphere were chosen:  $P_1$  - along the dipole moment vector of temperature anisotropy, as well as the opposite direction of  $-P_1$ .

The figure shows the main results of the work. An analysis of the figure made it possible to obtain the following conclusions:

- the mean squared deviations  $\sigma$  of the results of measuring the *CMB* anisotropy from the corresponding average values obtained by the «*WMAP*» probe, both in the  $P_1$  and  $-P_1$  direction, at frequencies of 23 GHz and 33 GHz, belong to the interval from 9.34 mK to 25.4 mK (in view of the significant spread of values, these data should be considered separately from data obtained at other frequencies);

- similarly, the mean squared deviation  $\sigma$  obtained by the "WMAP" probe measurements at all other frequencies belong to a range of 0.160 mK to 0.441 mK;



**Fig.1.** Dependencies between the values  $\sigma$  and  $f$  for measurements using probes "WMAP" (a) and (b), as well as "PLANCK" (c) and (d) in directions  $P_1$  (a) and (c), as well as  $-P_1$  (b) and (d).

- similarly, the mean squared deviation  $\sigma$  obtained by measurements by the «PLANCK» probe at 30 GHz, 44 GHz, 70 GHz (from the lower range), 70 GHz (from the upper range), 100 GHz, 143 GHz, 217 GHz and 353 GHz belong to a range of 0.0200 mK to 0.244 mK;

- similarly, the mean squared deviation  $\sigma$  of the results of measuring the anisotropy of the density of the CMB flux from their corresponding average values, obtained using the «PLANCK» probe at frequencies 545 GHz and 857 GHz, belong to the interval from 0,265 MJy $\cdot$ sr $^{-1}$  to 0,512 MJy sr $^{-1}$ .

#### References:

1. LAMBDA. Legacy Archive for Microwave Background Data Analysis: [website]. – NASA National Aeronautics and Space Administration. Goddard Space Flight Center, 2003 - 2021. – URL: <https://lambda.gsfc.nasa.gov> (date of application: 01.01.2021). – Text: electronic.

# **Статистический анализ случайной погрешности спутниковых измерений анизотропии температуры микроволнового реликтового излучения во временной и частотной областях**

**Варгашкин В.Я.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

<sup>2</sup> Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Россия

**E-mail:** finstp@bk.ru;

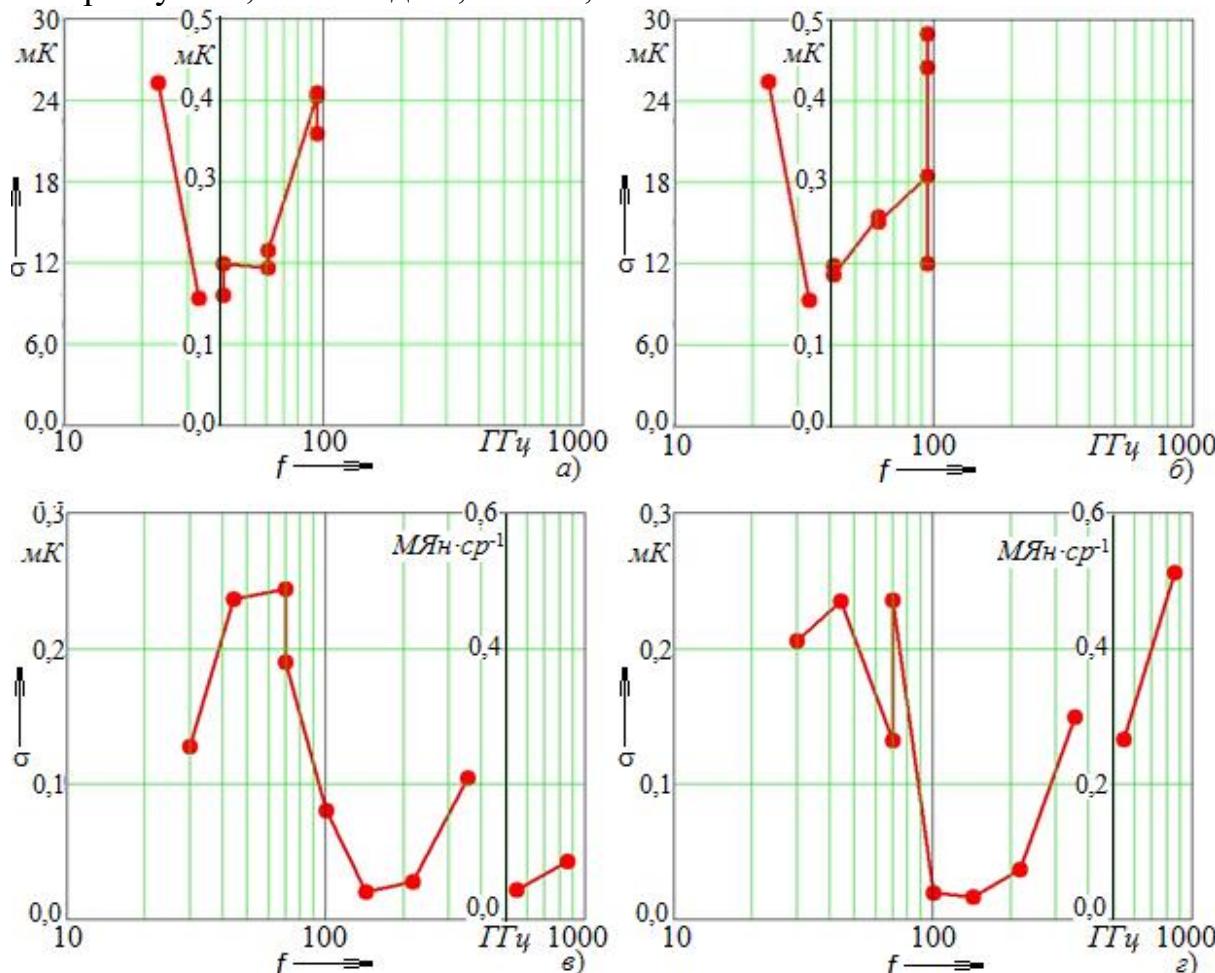
Целью настоящей работы является получение оценок  $\sigma$  пределов основных абсолютных случайных погрешностей измерения анизотропии температуры микроволнового реликтового излучения в ходе спутниковых измерений «*WMAP*» и «*PLANCK*» по отдельным совокупностям их данных для всех частот  $f$  измерения.

Результаты измерения анизотропии, составившие базу данных зонда «*WMAP*», получены [1] с использованием десяти приемников с частотами: 23 ГГц (один приемник,  $K1$ ); 33 ГГц (один приемник,  $Ka$ ); 41 ГГц (два приемника,  $Q1$  и  $Q2$ ); 61 ГГц (два приемника,  $V1$  и  $V2$ ); и 94 ГГц (четыре приемника,  $W1$ ;  $W2$ ;  $W3$  и  $W4$ ). Эти результаты представлены в виде девяти интегрированных в единое целое, последовательных по времени совокупностей данных, длительностью один год каждая. Результаты измерения анизотропии, составившие базу данных зонда «*PLANCK*», получены на восьми частотах, отнесенных к двум диапазонам, с использованием десяти приемников. Нижний диапазон включал частоты 30 ГГц, 44 ГГц и 70 ГГц. Верхний диапазон включал частоты 70 ГГц; 100 ГГц; 143 ГГц; 217 ГГц; 353 ГГц; 545 ГГц и 857 ГГц (частота 70 ГГц, таким образом, присутствовала в обоих диапазонах). Эти результаты представлены в виде восьми интегрированных в единое целое, последовательных во времени совокупностей данных, длительностью полгода каждая, для частот от 30 ГГц до 70 ГГц, либо пяти совокупностей для всех прочих частот.

Для анализа, также были выбраны два направления измерения температуры на небесной сфере:  $\mathbf{P}_1$  – вдоль вектора дипольного момента анизотропии температуры, а также противоположное ему направление  $-\mathbf{P}_1$ . На рис. представлены основные результаты работы. Анализ рис. 1 позволил получить следующие утверждения:

- средние квадратические отклонения  $\sigma$  результатов измерения анизотропии температуры излучения от соответствующих средних значений, полученных с помощью зонда «*WMAP*», как в направлении  $P_1$ , так и в направлении  $-P_1$ , на частотах  $23\text{ ГГц}$  и  $33\text{ ГГц}$ , принадлежат интервалу от  $9,34\text{ мК}$  до  $25,4\text{ мК}$  (ввиду существенного разброса значений эти данные следует рассматривать отдельно от данных, полученных на прочих частотах);

- аналогично, средние квадратические отклонения  $\sigma$ , полученные путем измерений с помощью зонда «*WMAP*» на всех прочих частотах принадлежат интервалу от  $0,160 \text{ mK}$  до  $0,441 \text{ mK}$ ;



**Рис. 1.** Зависимости между величинами  $\sigma$  и  $f$  для измерений с помощью зонда «WMAP» (а) и (б), а также «PLANCK» (в) и (г) в направлении  $P_1$  (а) и (в), а также  $-P_1$  (б) и (г).

- аналогично, средние квадратические отклонения  $\sigma$ , полученные путем измерений с помощью зонда «*PLANCK*» на частотах  $30\text{ ГГц}$ ,  $44\text{ ГГц}$ ,  $70\text{ ГГц}$  (из нижнего диапазона),  $70\text{ ГГц}$  (из верхнего диапазона),  $100\text{ ГГц}$ ,  $143\text{ ГГц}$ ,  $217\text{ ГГц}$  и  $353\text{ ГГц}$ , принадлежат интервалу от  $0,0200\text{ мК}$  до  $0,244\text{ мК}$ ;

- аналогично, средние квадратические отклонения  $\sigma$  результатов измерения анизотропии плотности потока мощности реликтового излучения от соответствующих их средних значений, полученные с помощью зонда «*PLANCK*» на частотах 545 ГГц и 857 ГГц, принадлежат интервалу от 0,265 МЯн·ср<sup>-1</sup> до 0,512 МЯн·ср<sup>-1</sup>.

Литература:

1. LAMBDA. Legacy Archive for Microwave Background Data Analysis: [website]. – NASA National Aeronautics and Space Administration. Goddard Space Flight Center, 2003 - 2021. – URL: <https://lambda.gsfc.nasa.gov> (date of application: 01.01.2021). – Text: electronic.

## **Forces in Schwarzschild, Vaidya and generalized Vaidya spacetimes**

**Vertogradov V.D.**

*Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint-Petersburg, Russia*

**E-mail:** vdvertogradov@gmail.com;

We consider the force expressions in Schwarzschild spacetime in Eddington-Finkelstein coordinates in order to find out how the null dust influences the particle movement. For this purpose, we compare the force expressions in empty Schwarzschild spacetime with expressions in Vaidya spacetime. Due to the fact that Vaidya metric is time-depended the energy of the particle is not conserved and one should realize how the force expressions depends upon the energy. When we consider the null dust together with the II-type of the matter field - so-called generalized Vaidya spacetime then both and the centrifugal and non-conservative forces might change its sign in the region outside the apparent horizon. We paid extra attention to the sign change of non-conservative forces and explained why this happens.

# **Силы в метриках Шварцшильда, Вайдья и обобщенного Вайдья**

**Вертоградов В.Д.**

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия*

**E-mail:** vdvertogradov@gmail.com;

В работе рассматриваются силы в метриках Шварцшильда, Вайдья и обобщенного Вайдья. Целью проведенного исследования являлось выяснение как присутствие релятивистской пыли и II типа вещественного поля влияет на движение частицы вблизи горизонта видимости черной дыры. Также были найдены инерционные силы в этих метриках и проведено их сравнение. Особые эффекты, связанные с изменением знака диссипативных и центробежных сил, были выявлены только в обобщенной метрике Вайдья в присутствии II типа вещественного поля.

## **About spin of a massive particle in the Standard Model**

**Yurasov N.I.**

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*

**E-mail:** yurasovni@bmstu.ru;

Spin moment of a particle (spin) is determined the internal degrees of freedom. The Dirac has found that spin is equal  $\frac{1}{2}$  in the relativistic theory of electron. In the quantum theory spin is  $\frac{2k+1}{2}$  or  $2k, k = 0, 1, 2, \dots$  and particles are fermions or bosons. The wave functions may be antisymmetric or symmetric. Usually a particle considered as point and wave function is determined evolution of mass centre. In accordance of the de Broglie's hypothesis the motion of a particle correspond to propagation of wave. The De Broglie has noticed that length of the Bohr's orbit is equal integer number of lengths of such waves. In accordance of the wave theory such orbit is equivalent to resonator with torus geometry. Therefore the Bohr's orbits correspond to stable states.

Using the de Broglie's hypothesis and torus geometry in analysis of internal structure of the massive particle of Standard Model is purpose of this work.

The first model of internal structure with nonpoint geometry was the Frenkel's model of electron. In this globe model equator velocity was more velocity of light

in 137 times. Modern models discussed in Deriglazov and Ramirez review content disk geometries.

We have supposed that torus is internal geometry of a particle. Torus has axis symmetry as own moment of a particle and torus resonator may have large quality factor. Also we have supposed that in this geometry is realized zero oscillations with energy equal own energy of particle and they propagate with light velocity. Own energy was natural minimum of quantum system energy. The Bohr's rule quantization generalization was used. On base this dynamical model characteristic dimension was evaluated and was considered question about particle spin. It was found that values spin  $\frac{1}{2}$  and 1 correspond to stable states, but state with spin equal  $\frac{1}{2}$  more stable. Therefore this model is model for leptons and quarks and other particles of the Standard Model. This dynamical model agrees with the supersymmetry theory. The Minkovsky's geometry is used in considered model and this model not for strong gravitation field.

Characteristic dimension was of order 0.01 of the Compton's length of wave.

Propagation of wave field within a particle may apparently explain point form of a particle in experiments on electron- electron scattering. This dynamical model of elementary particles apparently assumes development for calculation parameters of such particle.

## **О спине массивной частицы в Стандартной Модели**

**Юрасов Н.И.**

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия*

**E-mail:** yurasovni@bmstu.ru;

Спиновый момент частицы (спин) определяется внутренними степенями свободы. Впервые спин, равный  $\frac{1}{2}$ , был получен при построении релятивистского гамильтониана Дираком. В квантовой теории спин определяется либо полуцелыми, либо целыми числами. В соответствии с этим волновые функции частиц образуют два класса: антисимметричные и симметричные. Обычно частица рассматривается как точка и волновая функция описывает пространственную эволюцию центра масс. Согласно гипотезе де Бройля движению частицы соответствует распространение волны. Де Бройль обратил внимание, что на боровской орбите в атоме водорода укладывается целое число таких волн. Согласно волновой теории такая орбита эквивалентна резонатору с геометрией тора. Поэтому боровские орбиты являются устойчивыми. Использование гипотезы де Бройля и геометрии тора

в анализе внутренней структуры массивной частицы Стандартной Модели являлось целью этой работы.

Первая попытка построения неточечной геометрии частицы была предпринята Френкелем, который в качестве модели использовал вращающийся шар. В результате расчёта было получено, что на экваторе скорость в 137 раз больше скорости света. Современные модели внутренней структуры, обсуждаемые в обзоре Дериглазова-Рамиреза, содержат дисковые геометрии.

Мы предположили, что внутренней геометрией частицы является тор. Тор имеет осевую симметрию, как собственный момент частицы и тороидальный резонатор может обладать высокой добротностью. Также мы предположили, что в этой геометрии реализуются нулевые колебания с энергией, равной собственной энергии частицы и они распространяются со скоростью света. Собственная энергия рассматривалась как естественный минимум энергии квантовой системы. Было использовано обобщённое правило квантования Бора. На основе этой динамической модели был оценен характеристический размер внутренней структуры и рассмотрен вопрос о спине частицы. Было найдено, что устойчивой структуре соответствуют значения спина, равные  $\frac{1}{2}$  и 1, причём спин  $\frac{1}{2}$  соответствует наиболее устойчивой структуре. Поэтому модель применима к лептонам и кваркам и другим частицам Стандартной Модели и в этом утверждении согласуется с теорией суперсимметрии. Рассмотренная модель внутренней структуры частицы использует геометрию Минковского. Поэтому модель не может быть использована в сильном гравитационном поле. Характеристический размер имел порядок сотых долей от комптоновской длины волны. Вид распространения волнового поля в структуре частицы может, по-видимому, объяснить точечный вид частицы при экспериментах по рассеянию массивных частиц, например, электрона на электроне. Предложенная динамическая модель элементарной частицы, по-видимому, допускает развитие для вычисления других характеристик таких частиц.

# **Properties of thin accretion disks in the space-time of a non-singular charged black hole**

**Yusupova R.M.<sup>1</sup>, Izmailov R.N.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Institute of Molecule and Crystal Physics, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia*

<sup>2</sup> *Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmullah, Ufa, Russia*

**E-mail:** yu.rose@mail.ru, izmailov.ramil@gmail.com;

A new solution of a spherically symmetric and charged nonsingular black hole was obtained by L. Balart and E. S. Vagenos (BV) and is a solution of the Einstein field equation and nonlinear electrodynamics via a term of the  $L(f)$  in the action, with the Lorentz – invariant scalar  $F = \frac{1}{4}F^{\mu\nu}F_{\mu\nu}$ .

In this research, we study the physical properties of thin accretion disks in the space – time of a non-singular charged black hole based on the Page and Thorne model. As a result, kinematic and emissivity accretion profiles for the BV black hole were obtained and a comparative analysis was performed with the Reissner – Nordstrom (RN) solution. It is also shown that the efficiency, that is, the conversion of mass into radiation, for a black hole BV is less than for the RN black hole.

## **Свойства тонких аккреционных дисков в пространстве – времени несингулярной заряженной черной дыры**

**Юсупова Р.М.<sup>1</sup>, Измаилов Р.Н.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт физики молекул и кристаллов, Уфимский федеральный исследовательский центр, Российской академия наук, Уфа, Россия*

<sup>2</sup> *Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Россия*

**E-mail:** yu.rose@mail.ru, izmailov.ramil@gmail.com;

Новое решение сферически-симметричной и заряженной несингулярной черной дыры была получена Л. Балартом и Э.С. Вадженосом (BV) и представляет собой решение уравнение поля Эйнштейна и нелинейной электродинамики через лагранжиан  $L(f)$  с Лоренц – инвариантным скаляром  $F = \frac{1}{4}F^{\mu\nu}F_{\mu\nu}$ .

В данной работе исследуются физические свойства тонких аккреционных дисков в пространстве – времени несингулярной заряженной черной дыры на основе модели Пейджа и Торна. В результате были получены кинематические и излучательные профили акреции для черной дыры БВ и проведен сравнительный анализ с решением Рейсснера – Нордстрема (РН). Показано, что эффективность, то есть преобразование массы в излучение, для черной дыры БВ меньше, чем для черной дыры РН.

## The principle of materiality of space and the theory of fundamental fields

Zhuravlev V.M.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

<sup>2</sup> Samara National Research University, Samara, Russia

The paper sets out the grounds for introducing the principle of materiality of space as an alternative to the description of space-time in the framework of general relativity [1]. The principle of materiality of space itself is formulated as an initial element of the topological theory of fundamental fields [2, 3, 4, 5, 6, 7]. A method is proposed for implementing this principle using the concepts of markers of material points in space. The general connection of this approach with the description of the geometry of space and its dynamics in the form of the dynamics of a material three-dimensional hypersurface embedded in the ambient Euclidean space  $W^4$  of dimension 4 and given using the height function is stated:

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

where  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3)$  are coordinates in a three-dimensional distinguished hyperplane  $P^3 \in W^4$ , and  $u$  is a coordinate orthogonal to  $P^3$ . The time is considered classic.

Within the framework of this approach, a connection is established between relation (1) and the transfer equations of material markers, and an equation for the dynamics of a hypersurface as a material physical object in  $W^4$  is derived. The connection between the theory of material markers developed here and the topological theory of fundamental fields previously developed in [2, 3, 4, 5, 6, 7] is discussed. The latter is also based on the theory of geometric markers  $e^a = e^a(\mathbf{x}, t)$ , which are connected on each separate region of the space  $V \in P^3$ , bounded by a special isosurface of the height function  $F(\mathbf{x}, t)$  by the relations:

$$\frac{\partial x_\alpha}{\partial e^a} \frac{\partial F}{\partial x_\alpha} = \varepsilon e^a, a = 1, 2, 3.$$

Here  $\varepsilon = \pm 1$ , depending on whether the region  $V$  contains a maximum or a minimum of the height function  $F(\mathbf{x}, t)$ .

Within the framework of this theory, particles of matter are associated with separate regions of space bounded by special isosurfaces  $F$ , and their electric charge is interpreted as a topological invariant of the Euler characteristic of the corresponding region of space. The equations of the gravitational and electric fields are consequences of obvious differential identities that are fulfilled on the Cartesian map of geometric markers  $e^a$  of the following form:

$$\frac{\partial e^a}{\partial e^a} = 3, \quad \frac{\partial}{\partial e^a} \left( \frac{e^a}{|e|^3} \right) = (e), \quad (2)$$

where  $e = (e^1, e^2, e^3)$ ,  $|e|^2 = (e^1)^2 + (e^2)^2 + (e^3)^2$ . The mass of particles is determined by the volume of the region  $V$  corresponding to the particle in the space of markers, i.e. in fact, the “number” of material points of the hypersurface in region  $V$ . In papers [2,3,4,5,6,7], the connection of identities (2) with the standard equations of the electromagnetic field and generalized equations of the gravitational field of Newtonian theory is described in detail. After the introduction of the geometric averaging procedure, the connection of this approach with the classical Newtonian theory in a certain limit, as well as with quantum mechanics, is proved.

The principle of the materiality of space formulated in the work allows us to give a tool with which it is possible to close the TTFP based on the formulation of hypotheses about the properties of the material hypersurface, which in this theory is the source and carrier of all physical properties of the observed material objects.

#### References:

1. Zhuravlev V.M. The principle of materiality of space and fundamental fields. Space, time and fundamental interactions , 2021 (in print);
2. Zhuravlev V.M. A topological interpretation of quantum theory and elementary particle structure // Gravitation and Cosmology - 2011 - Vol. 17 - No. 3 - PP. 201–217;
3. Zhuravlev V.M. Geometry, topology and physical fields (Part I). Space, time and fundamental interactions , 2014, v. 4. p. 6-24;
4. Zhuravlev V.M. Geometry, topology and physical fields (Part II). Mass and gravitation, Space, time and fundamental interactions , 2014, вып. 4. С. 25-39;
5. Zhuravlev V.M. Geometry, topology and physical fields (Part III). Induction Equations for Fundamental Fields. Space, time and fundamental interactions , 2015, v. 3. С. 44-60;
6. Zhuravlev V.M. Geometry, topology and physical fields (Part IV). Topological structure of particles. Space, time and fundamental interactions , 2015, v. 4. С. 1-15;
7. Zhuravlev V. M. Induction Equations for Fundamental Fields and Dark Matter // Gravitation and Cosmology - 2017 - Vol. 23, No. 2, pp. 95–104.

# Принцип материальности пространства и теория фундаментальных полей

Журавлев В.М.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия

<sup>2</sup> Самарский национальный исследовательский университет, Самара, Россия

В работе излагаются основания для введения принципа материальности пространства как альтернативы к описанию пространства-времени в рамках ОТО [1]. Формулируется сам принцип материальности пространства как исходного элемента топологической теории фундаментальных полей [2, 3, 4, 5, 6, 7]. Предлагается способ реализации этого принципа с помощью понятий маркеров материальных точек пространства. Излагается общая связь данного подхода с описанием геометрии пространства и его динамики в форме динамики материальной трехмерной гиперповерхности, вложенной в объемлющее евклидово пространство  $W^4$  размерности 4, и заданной с помощью функции высоты:

$$u = F(x, t), \quad (1)$$

где  $x = (x_1, x_2, x_3)$  - координаты в трехмерной выделенной гиперплоскости  $P^3 \in W^4$ , а  $u$  - координата, ортогональная  $P^3$ . Время считается классическим.

В рамках этого подхода устанавливается связь соотношения (1) с уравнениями переноса материальных маркеров и выводится уравнение динамики гиперповерхности как материального физического объекта в  $W^4$ . Обсуждается связь развитой здесь теории материальных маркеров с ранее развитой в работах [2, 3, 4, 5, 6, 7] топологической теорией фундаментальных полей. Последняя опирается также на теорию геометрических маркеров  $e^a = e^a(x, t)$ , которые связаны на каждой отдельной области пространства  $V \in P^3$ , ограниченной особой изоповерхностью функции высоты  $F(x, t)$  соотношениями:

$$\frac{\partial x_\alpha}{\partial e^a} \frac{\partial F}{\partial x_\alpha} = \varepsilon e^a, a = 1, 2, 3.$$

Здесь  $\varepsilon = \pm 1$  в зависимости от того, содержит ли область  $V$  максимум или минимум функции высоты  $F(x, t)$ .

В рамках такой теории частицы материи связываются с отдельными областями пространства, ограниченными особыми изоповерхностями  $F$ , а их электрический заряд интерпретируется как топологический инвариант эйлерова характеристика соответствующей области пространства. Уравнения гравитационного и электрического полей являются следствиями очевидных

дифференциальных тождеств, выполняющихся на декартовой карте геометрических маркеров  $e^a$  следующего вида:

$$\frac{\partial e^a}{\partial e^a} = 3, \quad \frac{\partial}{\partial e^a} \left( \frac{e^a}{|e|^3} \right) = (e), \quad (2)$$

где  $e = (e^1, e^2, e^3)$ ,  $|e|^2 = (e^1)^2 + (e^2)^2 + (e^3)^2$ . Масса частиц определяется объемом области  $V$ , соответствующей частице, в пространстве маркеров, т.е. по сути “числом” материальных точек гиперповерхности в области  $V$ . В работах [2, 3, 4, 5, 6, 7] подробно описывается связь тождеств (2) со стандартными уравнениями электромагнитного поля и обобщенными уравнениями гравитационного поля Ньютоновской теории. После введения процедуры геометрического усреднения доказывается связь такого подхода с классической теорией Ньютона в некотором пределе, а также с квантовой механикой.

Сформулированный в работе принцип материальности пространства позволяет дать инструмент, с помощью которого можно замкнуть ТТФП на основе формулировки гипотез о свойствах материальной гиперповерхности, которая в данной теории является источником и носителем всех физических свойств наблюдаемых материальных объектов.

Литература:

1. Zhuravlev V.M. The principle of materiality of space and fundamental fields. Space, time and fundamental interactions , 2021 (in print);
2. Zhuravlev V.M. A topological interpretation of quantum theory and elementary particle structure // Gravitation and Cosmology - 2011 - Vol. 17 - No. 3 - PP. 201–217;
3. Zhuravlev V.M. Geometry, topology and physical fields (Part I). Space, time and fundamental interactions , 2014, v. 4. p. 6-24;
4. Zhuravlev V.M. Geometry, topology and physical fields (Part II). Mass and gravitation, Space, time and fundamental interactions , 2014, вып. 4. С. 25-39;
5. Zhuravlev V.M. Geometry, topology and physical fields (Part III). Induction Equations for Fundamental Fields. Space, time and fundamental interactions , 2015, v. 3. С. 44-60;
6. Zhuravlev V.M. Geometry, topology and physical fields (Part IV). Topological structure of particles. Space, time and fundamental interactions , 2015, v. 4. С. 1-15;
7. Zhuravlev V. M. Induction Equations for Fundamental Fields and Dark Matter // Gravitation and Cosmology - 2017 - Vol. 23, No. 2, pp. 95–104.

# Method of multiscale expansions in problems of cosmological inflation

Zhuravlev V.M.<sup>1,2</sup>, Chervon S.V.<sup>3,4,5</sup>

<sup>1</sup> Ulyanovsk state university, Ulyanovsk, Russia

<sup>2</sup> Samara National Research University, Samara, Russia

<sup>3</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Kazan Federal University, Kazan, Russia

<sup>5</sup> Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia

E-mail: zhvictorm@gmail.com, chervon.sergey@gmail.com;

The paper presents the results of applying the method of multiscale expansions (MSE) to the problems of cosmological inflation and some other problems of the evolution of the Universe at the present stage [2] - [5].

Initially, the method of multiscale expansions was and is applied in problems of mechanics, hydrodynamics, and nonlinear wave dynamics in various systems [1]. However, its application in problems of cosmological dynamics is a fairly new direction that can give new results in the study of the dynamics of the Universe in complex models. The ground of the method is based on methods for expanding solutions in small parameters with the introduction of fast and slow independent variables into the theory. They allow, relying on certain physical concepts of the nature of the processes, to construct approximate models that are stable with respect to perturbations.

As the first illustrative example of the use of MSE in this work, we consider the problems of analyzing a simple cosmological model with a scalar field in two special approximations. The analyzed equations are as follows:

$$3H^2 = \frac{1}{2}\dot{\phi}^2 + V(\phi), \quad 2\dot{H} = -\dot{\phi}^2, \quad \ddot{\phi} + 3H\dot{\phi} + \frac{dV}{d\phi} = 0. \quad (1)$$

As a result of the introduction of the dimensionless time  $\tau = t/T_0$ , the field  $\eta = \phi/\Phi_0$  and the Hubble parameter  $\xi = H/H_0$ , where  $T_0, H_0$  and  $\Phi_0$  are some predetermined scales, the analyzed model equations are reduced to the form:

$$\frac{\alpha}{\beta}\dot{\xi} + 3\xi^2 = V(\eta, \Phi_0), \quad 2\dot{\xi} = -\beta\dot{\eta}^2. \quad (2)$$

Here  $\alpha = \Phi_0^2/(T_0H_0)^2$ ,  $\beta = \Phi_0^2/(T_0H_0)$ . By choosing different scale ratios, it is possible to construct approximate solutions of the model under consideration using the MSE, introducing into consideration the slow variables  $\tau_1 = \varepsilon\tau$ ,  $\tau_2 = \varepsilon^2\tau$ , etc., where  $\varepsilon$  is the chosen small parameter.

The paper analyzes and compares two main options for choosing a small parameter:  $\Phi_0^2 = \varepsilon \ll 1$ ,  $H_0T_0 = 1$  and  $H_0T_0 = \varepsilon^{-1}$ ,  $\Phi_0 = 1$ . The solutions are

presented in several first orders of the models, and their correspondence to the slow roll approximation is noted. Prospects for the application of MSE for the tensor-multi-scalar theory of gravity [6] - [8] and the chiral cosmological model [9] are considered.

References:

1. P. Bhatnagar, Nonlinear Waves in One-Dimensional Dispersive Systems. Moscow: Mir, 1983 - 136 p.;
2. S. Chervon, I. Fomin, V. Yurov, and A. Yurov, "Scalar Field Cosmology", *World Scientific Publisher* **13** (2019);
3. S. V. Chervon, I. V. Fomin, and Z. S. Kubasov, "Scalar and Chiral Fields in Cosmology", (Ulyanovsk State Pedagogical University, 2015);
4. F. L. Bezrukov and M. Shaposhnikov, *Phys. Lett. B* **659** 703 (2008);
5. F. Bezrukov, D. Gorbunov, M. Shaposhnikov *On initial conditions for the Hot Big Bang*, arXiv:0812.3622v2 (2008);
6. T. Damour and G. Esposito-Farese, *Class. Quantum Grav.* **9**, 2093-2176 (1992);
7. S.V. Chervon, A.S. Kubasov, K.A. Bolshakova, *Space, time and fundamental interactions*, No. 1, 50-66 (2018);
8. K.A. Bolshakova, S.V. Chervon, *Grav. Cosmol.* **26**, p. 153–161 (2020);
9. V.M. Zhuravlev, S.V. Chervon, *Universe*, **6** 11, 195 (2020).

## **Метод многомасштабных разложений в задачах космологической инфляции**

**Журавлев В.М.<sup>1,2</sup>, Червон С.В.<sup>3,4,5</sup>**

<sup>1</sup> Ульяновский государственный университет, Ульяновск

<sup>2</sup> Самарский национальный исследовательский университет, г. Самара, Россия

<sup>3</sup> Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, Россия

<sup>4</sup> Казанский федеральный университет, Казань, Россия

<sup>5</sup> Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н Ульянова, Ульяновск, Россия

**E-mail:** zhvictorm@gmail.com; chervon.sergey@gmail.com;

В работе представлены результаты применения метода многомасштабных разложений (ММР) к задачам космологической инфляции и некоторым другим задачам эволюции Вселенной на современном этапе [2]-[5].

Изначально метод многомасштабных разложений применялся и применяется в задачах механики, гидродинамики и нелинейной волновой динамики в различных системах [1]. Однако его применение в задачах космологической динамики является достаточно новым направлением, который может дать новые результаты в изучении динамики Вселенной в сложных моделях. Основой метода является методы разложения решений по малым параметрам с введением в теорию быстрых и медленных независимых переменных, которые позволяют, опираясь в те или иные физические представления о характере процессов, строить приближенные устойчивые по отношению к возмущениям их модели.

В качестве первого наглядного примера использования ММР в работе рассматриваются задачи анализа простой космологической модели со скалярным полем в двух специальных приближениях. Анализируемые уравнения имеют вид:

$$H^2 = \frac{1}{2} \dot{\phi}^2 + V(\phi), \quad 2\dot{H} = -\dot{\phi}^2, \quad \ddot{\phi} + 3H\dot{\phi} + \frac{dV}{d\phi} = 0. \quad (1)$$

В результате введения безразмерного времени  $\tau = t/T_0$ , поля  $\eta = \phi/\Phi_0$  и параметра Хаббла  $\xi = H/H_0$ , где  $T_0, H_0$  и  $\Phi_0$  - некоторые заранее заданные масштабы, анализируемые уравнения модели приводятся к виду:

$$\frac{\alpha}{\beta} \dot{\xi} + 3\xi^2 = V(\eta, \Phi_0), \quad 2\dot{\xi} = -\beta \ddot{\eta}. \quad (2)$$

Здесь  $\alpha = \Phi_0^2/(T_0 H_0)^2$ ,  $\beta = \Phi_0^2/(T_0 H_0)$ . Выбирая различные соотношения масштабов, можно строить приближенные решения рассматриваемой модели с помощью ММР, вводя в рассмотрение медленные переменные  $\tau_1 = \varepsilon\tau$ ,  $\tau_2 = \varepsilon^2\tau$  и т.д., где  $\varepsilon$  - выбранный малый параметр.

В работе анализируются и сравниваются два основных варианта выбора малого параметра:  $\Phi_0^2 = \varepsilon \ll 1$ ,  $H_0 T_0 = 1$  и  $H_0 T_0 = \varepsilon^{-1}$ ,  $\Phi_0 = 1$ . Представлены решения в нескольких первых порядках моделей и отмечается их соответствие приближению медленного скатывания. Рассматриваются перспективы приложения ММР для тензорно-мульти-скалярной теории гравитации [6]-[8] и киральной космологической модели [9].

#### Литература:

1. П. Бхатнагар, Нелинейные волны в одномерных диспергирующих системах. М.: Мир, 1983. — 136 с.;
2. S. Chervon, I. Fomin, V. Yurov, and A. Yurov, “Scalar Field Cosmology”, *World Scientific Publisher* **13** (2019);
3. S. V. Chervon, I. V. Fomin, and A. S. Kubasov, "Scalar and Chiral Fields in Cosmology", (Ulyanovsk State Pedagogical University, 2015);
4. F. L. Bezrukov and M. Shaposhnikov, *Phys. Lett. B* **659** 703 (2008);

5. F. Bezrukov, D. Gorbunov, M. Shaposhnikov *On initial conditions for the Hot Big Bang*, arXiv:0812.3622v2 (2008);
6. T. Damour and G. Esposito-Farese, *Class. Quantum Grav.* **9**, 2093-2176 (1992);
7. S.V. Chervon, A.S. Kubasov, K.A. Bolshakova, *Space, time and fundamental interactions*, No. 1, 50-66 (2018);
8. K.A. Bolshakova, S.V. Chervon, *Grav. Cosmol.* **26**, p. 153–161 (2020);
9. V.M. Zhuravlev, S.V. Chervon, *Universe*, **6** 11, 195 (2020).

## **Superfluids in astrophysics and all that jazz**

**Zloshchastiev K.G.**

*Institute of Systems Science, Durban University of Technology, Durban, South Africa*

**E-mail:** kostiantynz@dut.ac.za;

Using the logarithmic superfluid model, one can formulate quantum post-relativistic theory of superfluid vacuum, which contains special and general relativity in the “phononic” (low-momenta) limit, but differs at higher momenta. According to the theory, an effective gravitational potential is induced by the quantum wavefunction of physical vacuum in a stationary state, while the vacuum itself is viewed as the superfluid described by the logarithmic quantum wave equation. On a galactic scale, the model explains the non-Keplerian behaviour of galactic rotation curves, as well as why their profiles can vary depending on the galaxy. It also makes a number of predictions about the behaviour of gravity at larger galactic and extragalactic scales, which are expected to be seen in the outer regions of large spiral galaxies. We compare the non-flat asymptotics’ prediction with the furthest data points available for a number of galaxies. Using a two-parameter fit, we do a preliminary estimate; which disregards the combined effect of gas and stellar disc, but is relatively simple and uses minimal assumptions for galactic luminous matter. The data strongly points out at the existence of a crossover transition from flat to non-flat regimes at galactic outskirts and beyond.

Another range of applications of the “logarithmic” matter can be found in the astrophysics of cold dense stars. We demonstrate the existence of equilibria in self-gravitating logarithmic fluid, described by spherically symmetric nonsingular finite-mass asymptotically-flat solutions in general relativity. Unlike other boson star models known to date, equilibrium configurations of relativistic logarithmic fluids are shown not to have scale bounds for their gravitational mass or size. Therefore,

they can describe large massive dense astronomical objects, such as bosonized superfluid stars or cores of neutron stars.

## **Evolution of Tsallis Holographic Dark Energy in Minimally Coupled Gravity**

**Zubair M.**

In this project we have analysed Tsallis holographic dark energy in a flat Friedmann-Robertson Walker model under the framework of minimally coupled gravity. The effects of this model in a non interactive universe are studied by taking different IR cut-offs that include particle horizon, event horizon, conformal age of the universe and GO (Granda-Oliveros) horizon. The cosmic evolution is studied by determining the conventional cosmological tools including the density parameter  $\Omega_{DE}$ , equation of state parameter  $\Omega_{DE}$  and the deceleration parameter  $q$ . We have analysed the impact of these parameters by assuming different values for the matter-curvature coupling constant  $\lambda$  and the Tsallis parameter  $\delta$ . We observe that all our four models exhibit appropriate behavior for the system parameters and support the accelerated expansion mode described by phantom-like scenario. Stability was only achieved for event horizon (partially) based on the speed of sound  $v_s^2$ . Furthermore we examined the behavior of our model by using various diagnostic mechanisms such as  $\Omega_{DE} - \Omega_{DE}'$  analysis, statefinder pair  $(r, s)$ ,  $Om$  diagnostic and statefinder hierarchy  $S_3^{(1)}$  and  $S_4^{(1)}$ . The trajectories of the  $\Omega_{DE} - \Omega_{DE}'$  show a transition from freezing to thawing region, whereas  $r - s$  plane corresponds to a phase shift between Chaplygin gas model and quintessence model for particle and event horizon and solely Chaplygin gas model for conformal age and quintessence for GO-horizon.  $Om$  parameter also supports the quintessence era while statefinder hierarchy distinguishes our model effectively from the  $\lambda$  CDM model and demonstrates the distinctive nature of all our models.

*Научное издание*

# **Физические интерпретации теории относительности**

Тезисы Международной научной конференции,  
Москва, 5–9 июля 2021 года

Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана,  
2-я Бауманская ул., д.5, стр.1, 105005, г. Москва, Россия

На английском языке

*Scientific publication*

# **Physical Interpretations of Relativity Theory**

Abstracts of International Scientific Conference  
Moscow, 5–9 July, 2021

Bauman Moscow State Technical University,  
5, 2nd Baumanskaya street, 105005, Moscow, Russia