

ISSN (Print) 2616-6836
ISSN (Online) 2663-1296

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian
National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

PHYSICS. ASTRONOMY Series

Серия **ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

№3(128)/2019

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2019

Nur-Sultan, 2019

Нур-Султан, 2019

Бас редакторы:
ф.-м.ғ.д., профессор
А.Т. Ақылбеков (Қазақстан)

Бас редактордың орынбасары

Гиниятова Ш.Г., ф.-м.ғ.к., доцент
(Қазақстан)

Редакция алқасы

Арынгазин А.Қ.	ф.-м.ғ. докторы(Қазақстан)
Алдонгаров А.А.	PhD (Қазақстан)
Балапанов М.Х.	ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей)
Бахтизин Р.З.	ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей)
Даулетбекова А.Қ.	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
Ержанов Қ.К.	ф.-м.ғ.к., PhD (Қазақстан)
Жұмаділов Қ.Ш.	PhD (Қазақстан)
Здоровец М.	ф.-м.ғ.к.(Қазақстан)
Қадыржанов Қ.К.	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Кайнарбай А.Ж.	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
Кутербеков Қ.А.	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Лущик А.Ч.	ф.-м.ғ.д., проф.(Эстония)
Морзабаев А.К.	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
Мырзақұлов Р.Қ.	ф.-м.ғ.д., проф.(Қазақстан)
Нұрахметов Т.Н.	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Сауытбеков С.С.	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Салиходжа Ж.М.	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
Тлеукенов С.К.	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Усеинов А.Б.	PhD (Қазақстан)
Хоши М.	PhD, проф.(Жапония)

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Сәтбаев к-сі, 2, 349 б., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті.
Тел.: +7(7172) 709-500 (ішкі 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Жауапты хатшы, компьютерде беттеген: А. Нұрболат

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.
ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

Меншіктенуші: ҚР БЖҒМ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" ШЖҚ РМК
Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 27.03.2018ж.
№16999-ж тіркеу куәлігімен тіркелген.

Тиражы: 25 дана

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Қажымұқан к-сі, 12/1, 349 б.,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. Тел.: +7(7172)709-500 (ішкі 31-428)

Editor-in-Chief

Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor
A.T. Akilbekov (Kazakhstan)

Deputy Editor-in-Chief

Giniyatova Sh.G., Candidate of Phys.-Math. Sciences,
Assoc. Prof. (Kazakhstan)

Editorial Board

Aryngazin A.K.	Doctor of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
Aldongarov A.A.	PhD (Kazakhstan)
Balapanov M.Kh.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Russia)
Bakhtizin R.Z.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Russia)
Dauletbekova A.K.	Candidate of Phys.-Math. Sciences, PhD (Kazakhstan)
Hoshi M.	PhD, Prof. (Japan)
Kadyrzhanov K.K.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Kazakhstan)
Kainarbay A.Zh.	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
Kuterbekov K.A.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Kazakhstan)
Lushchik A.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Estonia)
Morzabayev A.K.	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
Myrzakulov R.K.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Kazakhstan)
Nurakhmetov T.N.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Kazakhstan)
Sautbekov S.S.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Kazakhstan)
Salikhodzha Z. M	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
Tleukenov S.K.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Kazakhstan)
Useinov A.B.	PhD (Kazakhstan)
Yerzhanov K.K.	Candidate of Phys.-Math. Sciences, PhD (Kazakhstan)
Zdorovets M.	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
Zhumadilov K.Sh.	PhD (Kazakhstan)

Editorial address: L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev str., of. 349,
Nur-Sultan, Kazakhstan 010008
Tel.: +7(7172) 709-500 (ext. 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Responsible secretary, computer layout: A.Nurbolat

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.

PHYSICS. ASTRONOMY Series

Owner: Republican State Enterprise in the capacity of economic conduct "L.N. Gumilyov Eurasian National University" Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan.

Registration certificate №16999-ж from 27.03.2018.

Circulation: 25 copies

Address of printing house: L.N. Gumilyov Eurasian National University, 12/1 Kazhimukan str.,
Nur-Sultan, Kazakhstan 010008;

tel.: +7(7172) 709-500 (ext. 31-428)

Главный редактор:
доктор ф.-м.н.
А.Т. Акилбеков, доктор ф.-м.н., профессор (Казахстан)

Зам. главного редактора

Ш.Г. Гиниятова к.ф.-м.н., доцент
(Казахстан)

Редакционная коллегия

Арынгазин А.К.	доктор ф.-м.н.(Казахстан)
Алдонгаров А.А.	PhD (Казахстан)
Балапанов М.Х.	д.ф.-м.н., проф. (Россия)
Бахтизин Р.З.	д.ф.-м.н., проф. (Россия)
Даулетбекова А.К.	д.ф.-м.н., PhD (Казахстан)
Ержанов К.К.	к.ф.-м.н., PhD (Казахстан)
Жумадилов К.Ш.	PhD (Казахстан)
Здоровец М.	к.ф.-м.н.(Казахстан)
Кадыржанов К.К.	д.ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Кайнарбай А.Ж.	к.ф.-м.н. (Казахстан)
Кутербеков К.А.	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Лущик А.Ч.	д.ф.-м.н., проф. (Эстония)
Морзабаев А.К.	д.ф.-м.н. (Казахстан)
Мырзакулов Р.К.	д.ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Нурахметов Т.Н.	д.ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Сауытбеков С.С.	д.ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Салиходжа Ж.М	к.ф.-м.н. (Казахстан)
Тлеукунов С.К.	д.ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Усеинов А.Б.	PhD (Казахстан)
Хоши М.	PhD, проф. (Япония)

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, каб. 349, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева.
Тел.: (7172) 709-500 (вн. 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Ответственный секретарь, компьютерная верстка: А. Нурболат

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.
Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ

Собственник РГП на ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева" МОН РК
Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16999-ж от 27.03.2018г.

Тираж: 25 экземпляров

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Кажимукана, 12/1, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева. тел.: +7(7172)709-500 (вн. 31-428)

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

№3(128)/2019

МАЗМҰНЫ

<i>Аймухамбетова А.С., Разина О.В., Цыба П.Ю., Мейрбеков Б.В.</i> Валецки типті космологиялық моделдің дәрежелі шешімі.	8
<i>Ахметова Г.А., Разина О.В., Цыба П.Ю., Мейрбеков Б.</i> Фермиондық және тахиондық өрістері бар космологиялық моделі	16
<i>Ақылбеков А., Скуратов В., Даулетбекова А., Гиниятова Ш., Сейтбаев А.</i> DC-60 циклотронында in-situ иондық люминесценцияны зерттеуге арналған қондырғыны жасау	26
<i>Абуова А.У., Ускенбаев Е., Инербаев Т.М., Абуова Ф.У., Абуова Г.У., Джунисбекова Д.А.</i> Техникалық мамандықтар оқытудың интерактивті әдістері	35
<i>Баубекова Г.М., Луцик А.Ч., Асылбаев Р.Н., Ақылбеков А.Т.</i> Жылдам ауыр иондармен сәулелендірілген MgO кристалдарындағы радиациялық ақау түзілуі	41
<i>Гриценко Л.В., Калкозова Ж.К., Кедрук Е.Ю., Мархабаева А.А., Абдуллин Х.А.</i> ZnO нанобөлшектерінің гидротермалды синтезі және олардың фотокаталитикалық қасиеттері	49
<i>Даулетбекова А., Ақылбекова А., Гиниятова Ш., Баймуханов З., Власукова Л., Ақылбеков А., Усеинов А., Козловский А., Карипбаев Ж.</i> SiO ₂ /Si тректі матрицаларына электрлі тұндырылған ZnO нанокристалдарының құрылымы, электрлік қасиеттері және люминесценциясы	57
<i>Мырзакулов Н.А., Мырзакулова Ш.А.</i> Модификацияланған $F(T)$ гравитациясы мен Дирак өрісіндегі космологиялық шешімдер	67
<i>Жадыранова А.А., Ануарбекова Ы.Е.</i> $n = 3$ және $N = 2$ жағдайлары үшін $V_0 = 0$ болғандағы WDVV ассоциативтілік теңдеуінің иерархиясы	79
<i>Жангозин К.Н., Каргин Д.Б.</i> Тік қалақшалы жел турбиналарының қуатын арттыру жолдары туралы	86
<i>Жубатканова Ж.А., Мырзакулов Н.А., Мейрбеков Б.К.</i> Бранс-Дикке өрісі бар гравитацияның модификацияланған теориясының дербес жағдайы үшін космологиялық шешімдер	93
<i>Калкозова Ж.К., Тулегенова А.Т., Абдуллин Х.А.</i> Белсеңді фотолюминесценциялы цериймен легирленген (Y ₃ Al ₅ O ₁₂ :Ce ³⁺) алюмоиттрийлік гранаттың жоғары дисперсиялық ұнтағын алу	102
<i>Рысқұлов А.Е., Иванов И.А., Кислицын С.Б., Углов В.В., Здоровец М.В.</i> Ni ¹²⁺ ауыр иондармен сәулелендірудің BeO керамикада ақаулардың қалыптасуына әсері	110
<i>Нуразметов Т.Н., Салиходжа Ж.М., Долломатов М.Ю., Жунусбеков А.М., Кайнарбай А.Ж., Дауренбеков Д.Х., Балтабеков А.С., Садыкова Б.М., Жанылысов К.Б., Юсупбекова Б.Н.</i> Аралас сілтілі металл сульфаттарының зоналық құрылымы және оптикалық спектрі	117
<i>Ногай А.А., Стефанович С.Ю., Салиходжа Ж.М., Ногай А.С.</i> Өткізгіштігі және диэлектриялық қасиеттері Na ₃ Sc ₂ (PO ₄) ₃	128
<i>Карипбаев Ж.Т., Мусаханов Д.А., Лисицын В.М., Голковский М.Г., Лисицына Л.А., Алпысова Г.К., Тулегенова А.Т., Ақылбеков А.Т., Даулетбекова А.К., Балабеков К.Н., Козловский А., Усеинов А.</i> Радиация өрісіндегі ИАГ және ИАГГ люминофорларының құрылымын зерттеу және синтездеу	138
<i>Касенов Д., Абуова А.У., Инербаев Т.М., Абуова Ф.У., Каптагай Г.А.</i> Физика-химиялық процестерді ғылыми тану әдісі ретінде модельдеу	147
<i>Еримбетова Д.С., Степаненко В.Ф., Видергольд А.В., Жумадилов К.Ш.</i> Радон концентрациясын зерттеудің қазіргі жағдайы	153
<i>Фаиз А.С., Абуова Ф.У., Шәкен Н., Абуова А.У., Джунисбекова Д.А., Байман Г.Б.</i> BiCuSeO оксиселенид - жаңа келешегі жоғары термоэлектрлік материал ретінде	160

BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY. PHYSICS.
ASTRONOMY SERIES

№3(128)/2019

CONTENTS

<i>Aimukhambetova A.S., Razina O.V., Tsyba P.Yu., Meyirbekov B.V.</i> Power solution of the cosmological model of the Valecki type.	8
<i>Akismetova G.A., Razina O.V., Tsyba P.Yu., Meirbekov B.</i> Cosmological model with fermion and tachyon fields	16
<i>Akilbekov A., Skuratov V., Dauletbekova A., Giniyatova Sh., Seitbayev A.</i> Creation of facility for in-situ measurement of high-energy ionoluminescence on cyclotron DC-60	26
<i>Abuova A.U., Uskenbaev E., Inerbaev T.M., Abuova F.U., Abuova G.U., Junisbekova D.A.</i> Interactive methods of teaching physics in technical speciality	35
<i>Baubekova G.M., Lushchik A.Ch., Asylbaev R.N., Akilbekov A.T.</i> Creation of radiation defects in MgO crystals irradiated with swift heavy ions	41
<i>Gritsenko L.V., Kalkozova Zh.K., Kedruk Y.U., Markhabaeva A.A., Abdullin Kh.A.</i> Hydrothermal synthesis of ZnO nanoparticles and their photocatalytic properties	49
<i>Dauletbekova A.K., Akylbekova A., Giniyatova Sh., Baimukhanov Z., Vlasukova L., Akilbekov A., Usseinov A., Kozlovskii A., Karipbayev Zh.</i> Structure, electrical properties and luminescence of ZnO nanocrystals deposited in SiO ₂ /Si track templates	57
<i>Myrzakulov N.A., Myrzakulova Sh.A.</i> Cosmological solutions of modified $F(T)$ gravity with Dirac field	67
<i>Zhadyranova A.A., Anuarbekova Y.Ye.</i> Hierarchy of WDVV associativity equations for $n = 3$ case and $N = 2$ when $V_0 = 0$	79
<i>Zhangozin K.N., Kargin D.B.</i> About ways to increase the power of wind turbines with straight blades	86
<i>Zhubatkanova Zh.A., Myrzakulov N.A., Meirbekov B.K.</i> Cosmological solutions for particular case of modified theory of gravity with a Brans-Dicke field.	93
<i>Kalkozova Zh.K., Tulegenova A.T., Abdullin Kh.A.</i> National Nanotechnology Laboratory of open type, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan	102
<i>Ryskulov A.E., Ivanov I.A., Kislitsin S.B., Uglov V.V., Zdorovets M.V.</i> The effect of Ni ¹²⁺ heavy ion irradiation on radiation defect formation in BeO ceramics	110
<i>Nurakhmetov T.N., Salikhodzha Zh.M., Dolomatov M.Y., Zhunusbekov A.M., Kainarbay A.Z., Daurenbekov D.H., Baltabekov A.S., Sadykova B.M., Zhangylyssov K.B., Yussupbekova B.N.</i> Band structure and optical spectra of mixed alkali metal sulfates	117
<i>Nogai A.A., Stefanovich S.Yu., Salikhodzha J.M., Nogai A.S.</i> Conducting and dielectric properties of Na ₃ Sc ₂ (PO ₄) ₃	128
<i>Karipbaev Zh., Musahanov D., Lisitsyn V., Golkovskii M., Lisitsyna L., Alpyssova G., Tulegenova A., Akylbekov A., Dauletbekova A., Balabekov K., Kozlovskii A., Usseinov A.</i> Synthesis, the study of the structure of YAG and YAGG phosphors in the radiation field	138
<i>Kasenov D., Abuova A.U., Inerbaev T.M., Abuova F.U., Kaptagai G.A.</i> Modeling as a method of scientific knowledge of physical and chemical processes	147
<i>Yerimbetova D., Stepanenko V., Vidergold A., Zhumadilov K.</i> Current state of radon concentration studies	153
<i>Faiz A.S., Abuova F.U., Shaken N., Abuova A.U., Junisbekova D.A., Baiman G.B.</i> BiCuSeO oxyselenides: new promising thermoelectric materials	160

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Аймухамбетова А.С., Разина О.В., Цыба П.Ю., Мейрбеков Б.В.</i> Степенное решение космологической модели типа Валецки	8
<i>Ахметова Г.А., Разина О.В., Цыба П.Ю., Мейрбеков Б.</i> Космологическая модель с фермионным и тахионным полями	16
<i>Акилбеков А., Скуратов В., Даулетбекова А., Гиниятова Ш., Сейтбаев А.</i> Создание установки для in-situ измерения высокоэнергетической ионолюминесценции на циклотроне DC-60	25
<i>Абуова А.У., Ускенбаев Е., Инербаев Т.М., Абуова Ф.У., Абуова Г.У., Джунисбекова Д.А.</i> Интерактивные методы обучения физике на технических специальностях	35
<i>Баубекова Г.М., Луцкич А.Ч., Асылбаев Р.Н., Акылбеков А.Т.</i> Создание радиационных дефектов в кристаллах MgO, облученных высокоэнергетическими ионами	41
<i>Гриценко Л.В., Калкозова Ж.К., Кедрук Е.Ю., Мархабаева А.А., Абдуллин Х.А.</i> Гидротермальный синтез наночастиц ZnO и их фотокаталитические свойства	49
<i>Даулетбекова А., Акылбекова А., Гиниятова Ш., Баймуханов З., Власукова Л., Акилбеков А., Усеинов А., Козловский А., Карипбаев Ж.</i> Структура, электрические свойства и люминесценция нанокристаллов ZnO, электроосажденных в трековые матрицы SiO ₂ /	57
<i>Мырзакулов Н.А., Мырзакулова Ш.А.</i> Космологические решения в модифицированной $F(T)$ гравитации с полем Дирака	67
<i>Жадыранова А.А., Ануарбекова Ы.Е.</i> Иерархия уравнений ассоциативности WDVV для случая $n = 3$ и $N = 2$ при $V_0 = 0$	79
<i>Жангозин К.Н., Каргин Д.Б.</i> О способах увеличения мощности ветровых турбин с прямыми лопастями	86
<i>Жубатканова Ж.А., Мырзакулов Н.А., Мейрбеков Б.К.</i> Космологические решения для частного случая модифицированной теории гравитации с полем Бранс-Дикке	93
<i>Калкозова Ж.К., Тулегенова А.Т., Абдуллин Х.А.</i> Получение высокодисперсного порошка алумоиттриевого граната, легированного церием ($Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$) с интенсивной фотолюминесценцией	102
<i>Рыскулов А.Е., Иванов И.А., Кислицын С.Б., Углов В.В., Здоровец М.В.</i> Влияние облучения тяжелыми ионами Ni ¹²⁺ на радиационное дефектообразование в керамиках BeO	110
<i>Нуразматов Т.Н., Салиходжа Ж.М., Доломатов М.Ю., Жунусбеков А.М., Кайнарбай А.Ж., Дауренбеков Д.Х., Балтабеков А.С., Садыкова Б.М., Жанылысов К.Б., Юсупбекова Б.Н.</i> Зонная структура и оптические спектры смешанных сульфатов щелочных металлов	117
<i>Ногай А.А., Стефанович С.Ю., Салиходжа Ж.М., Ногай А.С.</i> Проводящие и диэлектрические свойства Na ₃ Sc ₂ (PO ₄) ₃	128
<i>Карипбаев Ж.Т., Мусаханов Д.А., Лисицын В.М., Голковский М.Г., Лисицына Л.А., Алпысова Г.К., Тулегенова А.Т., Акылбеков А.Т., Даулетбекова А.К., Балабеков К.Н., Козловский А., Усеинов А.</i> Синтез, исследование структуры ИАГ и ИАГГ люминофоров в поле радиации	138
<i>Касенов Д., Абуова А.У., Инербаев Т.М., Абуова Ф.У., Каптагай Г.А.</i> Моделирование как метод научного познания физико-химических процессов	147
<i>Еримбетова Д.С., Степаненко В.Ф., Видергольд А.В., Жумадилов К.Ш.</i> Современное состояние исследований концентрации радона	153
<i>Фаиз А.С., Абуова Ф.У., Шәкен Н., Абуова А.У., Джунисбекова Д.А., Байман Г.Б.</i> BiCuSeO оксиселенид как новый перспективный термоэлектрический материал	160

G.A. Akhmetova¹, O.V. Razina², P.Yu. Tsyba², B. Meirbekov³

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakstan
(E-mail: ¹ akhmetova_ga@mail.ru, ² olvikraz@mail.ru, ³ pyotrtsyba@gmail.com)

Cosmological model with fermion and tachyon fields

Abstract: This article discusses a cosmological model with a fermion and tachyon field in four dimensions together with the homogeneous, isotropic and flat Friedmann-Robertson-Walker Universe. A system of equations of motion has been found for this model. Describe a power solution for the scale factor. Studied the energy conditions. The parameters that have been obtained satisfy the latest observational data for $\alpha > 1$. The pressure in the model under consideration is negative and tends to zero later. Found energy density and pressure, which correspond to the dark energy of the model under consideration, the energy conditions. The parameter of the equation of state ω , the deceleration parameter q , the jerk parameter j are found. Built graphics for the energy density ρ and pressure p , as well as for the equation of state parameter ω , deceleration parameter q and jerk parameter j .

Key words: Fermion field, tachyon field, energy conditions, equation of state, deceleration parameter, jerk parameter.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-68-36-2019-128-3-16-25>

Introduction. Fermionic sources can cause acceleration in cosmological models [1] - [11]. In these models the fermionic field plays the role of the inflaton in the early period of the universe and the role of dark energy in the late-time universe. These fermionic sources has been investigated using several approaches, with results including numerical solutions, exact solutions, anisotropy-to-isotropy scenarios and cyclic cosmologies (see, for example [2] - [11]).

On the other hand the inflaton and the dark energy can be modeled in several ways. Tachyon field, which is first inspired by string theory, can produce inflation as well [12] - [16]. These tachyonic models has been confronted with observational data, and when compared to the usual canonical scalar field the physics arising is in general richer, due to non-linear effects [17].

In the papers [18]-[19] the tachyon field was considered to be the responsible for both the inflationary period and the currently accelerated expansion. The exotic nature of these constituents do not contradict observational data, and the comparison to the canonical scalar field is an important point of the discussion.

The aim of this work is to analyze a model for the universe with two constituents, a tachyonic and a fermionic fields. The exact solutions of the field equations show that the model can answer for the accelerated-decelerated-accelerated periods of the universe, with the tachyonic field playing the role of the inflaton at early times and as matter field at late times, while the fermionic field can be considered as a dark energy field for later times, since it answers for the late accelerated period.

The metric signature used is $(-, +, +, +)$ and units have been chosen so that $8\pi G = c = h = 1$.

The model. The definition of the components of the Ricci tensor (and thus the formulation of the Einstein equations) for a metric of one or another special type is associated, generally speaking, with rather cumbersome calculations. Therefore, various formulas take on meaning, allowing in some cases to simplify these calculations and present the result in a more observable form. These formulas include the expression of the curvature tensor in the so-called tetrad form

$$g_{\mu\nu} = e_{\mu}^a e_{\nu}^b \eta_{ab}, \quad (1)$$

where

$$e_{\mu}^a = \frac{\partial \xi^a}{\partial x^{\mu}},$$

are the tetrad or vierbein In these expressions the Latin indexes correspond to the Minkowskian local space-time and the Greek indexes to the curved manifold. In this context, the derivatives that act upon the spinor field ψ are replaced by their covariant counterparts by

$$\partial\psi \rightarrow D_{\mu}\psi = \partial_{\mu}\psi - \Omega_{\mu}\psi, \quad \partial\bar{\psi} \rightarrow D_{\mu}\bar{\psi} = \partial_{\mu}\bar{\psi} - \bar{\psi}\Omega_{\mu}. \quad (2)$$

Here, $\bar{\psi} = \psi^\dagger \gamma^0$ denotes the spinor adjoint and the symbols Ω_μ are spin connections given by

$$\Omega_\mu = -\frac{1}{4}g_{\sigma\rho}[\Gamma_{\mu\delta}^\rho - e_b^\rho(\partial_\mu e_\delta^b)]\Gamma^\delta\Gamma^\sigma, \quad (3)$$

where $\Gamma_{\mu\delta}^\rho$ are the Christoffel symbols. In the above equation the Dirac-Pauli γ^a are replaced by new matrices, according to the general covariance principle. They follow a generalized Clifford algebra $[\Gamma^\mu, \Gamma^\nu] = 2g^{\mu\nu}$, where $\Gamma^\mu = e_a^\mu \gamma^a$ [20].

Gamma-matrix will be used in the form of Dirac

$$\gamma^0 = \begin{pmatrix} I & 0 \\ 0 & I \end{pmatrix}, \quad \gamma^k = \begin{pmatrix} 0 & \sigma^k \\ -\sigma^k & 0 \end{pmatrix}, \quad \gamma^5 = \begin{pmatrix} 0 & I \\ I & 0 \end{pmatrix},$$

where $I = \text{diag}(1, 1)$ are the Pauli matrices having the following form

$$\sigma^1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \sigma^2 = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \quad \sigma^3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

Our next step is to establish the field equations for the model, which will follow from the action

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} \left[\frac{1}{2}R + L_D + L_T \right], \quad (4)$$

where R is the curvature scalar. The dynamics of the spinor field ψ is encoded in the Lagrangian density

$$L_D = \frac{i}{2} \left[\bar{\psi} \Gamma^\mu D_\mu \psi - (D_\mu \psi) \Gamma^\mu \bar{\psi} \right] - V(\bar{\psi} \psi), \quad (5)$$

with $V(\bar{\psi} \psi)$ denoting the self-interacting potential of the spinor field, which is supposed to be a function of the bilinear $\bar{\psi} \psi$.

The tachyon field ϕ is described by a Lagrangian density

$$L_T = -V(\phi) \sqrt{1 - \partial_\mu \phi \partial^\mu \phi}. \quad (6)$$

From the variations of the action (4) with respect to the spinor field and its adjoint it follows the Dirac equations

$$i\Gamma^\mu D_\mu \psi - \frac{\partial V(\bar{\psi} \psi)}{\partial \bar{\psi}} = 0, \quad iD_\mu \bar{\psi} \Gamma^\mu + \frac{\partial V(\bar{\psi} \psi)}{\partial \bar{\psi}} = 0. \quad (7)$$

Note that to find the equations of motion we must use the variations

$$\delta \sqrt{-g} = -0.5 g_{\mu\nu} \sqrt{-g} \delta g^{\mu\nu}, \quad (8)$$

$$\delta R = (R_{\mu\nu} + g_{\mu\nu} \square - \nabla_\mu \nabla_\nu) \delta g^{\mu\nu}, \quad (9)$$

where $\nabla_\nu \nabla_\mu \equiv \partial_\nu V_\mu - \Gamma_{\mu\nu}^\sigma V_\sigma$ is a covariant derivative of the vector V_{mu} and d'alambertian scalar ϕ is

$$\square \phi = \frac{1}{\sqrt{-g}} \partial^\mu (\sqrt{-g} \partial_\mu \phi). \quad (10)$$

Furthermore, the variation of the action (4) with respect to ϕ gives an equation of Klein-Gordon type for the tachyon field which reads

$$\nabla^\mu \nabla_\mu \phi + \frac{1}{2} \frac{\nabla_\mu \phi \nabla^\mu (\nabla_\nu \phi \nabla^\nu \phi)}{(1 - \nabla^\nu \phi \nabla_\nu \phi)} + \frac{1}{V(\phi)} \frac{dV(\phi)}{d\phi} = 0. \quad (11)$$

Einstein field equations are obtained from the variation of the action (4) with respect to the tetrads

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = -T_{\mu\nu}. \quad (12)$$

Above $T_{\mu\nu}$ is the energy-momentum tensor, which has the following expression [20]

$$T_{\mu\nu} = \frac{i}{4} [\bar{\psi} \Gamma^\mu D^\nu \psi + \bar{\psi} \Gamma^\nu D^\mu \psi - D^\nu \bar{\psi} \Gamma^\mu \psi - D^\mu \bar{\psi} \Gamma^\nu \psi] + \frac{V(\phi)}{\sqrt{1 - \nabla_\rho \phi \nabla^\rho \phi}} \nabla_\mu \phi \nabla_\nu \phi - g_{\mu\nu} (L_D + L_T). \quad (13)$$

Field equation in the Friedmann-Robertson-Walker metric

In this section we shall determine the field equations for a homogeneous and isotropic spatially flat Universe described by the Friedmann-Robertson-Walker metric

$$ds^2 = -dt^2 + a(t)^2(dx^2 + dy^2 + dz^2), \quad (14)$$

where $a(t)$ is scale factor dependent of time t .

Curvature scalar R

$$R = 6\left(\frac{\ddot{a}}{a} + \frac{\dot{a}^2}{a^2}\right). \quad (15)$$

Substituting (5), (6) and (15) in action, our Lagrangian is

$$L = -3\dot{a}^2 a + a^3 \frac{i}{2} [\bar{\psi}\gamma^0\dot{\psi} - \dot{\bar{\psi}}\gamma^0\psi] - a^3 V_2(u) - a^3 V_1(\phi) \sqrt{1 - \dot{\phi}^2}, \quad (16)$$

where $u = \bar{\psi}\psi$.

Euler-Lagrange equation for scale factor a

$$L_a - (L_{\dot{a}})_t = 0. \quad (17)$$

Substituting Lagrangian in Euler Lagrangian equation, we obtain

$$3H^2 + 2\dot{H} = -p, \quad (18)$$

where

$$p = \frac{i}{2} [\bar{\psi}\gamma^0\dot{\psi} - \dot{\bar{\psi}}\gamma^0\psi] - V_2 - V_1 \sqrt{1 - \dot{\phi}^2}. \quad (19)$$

From the Euler-Lagrange equation for tachyon field ϕ , we get equation of motion:

$$L_\phi - (L_{\dot{\phi}})_t = 0, \quad (20)$$

$$\frac{\ddot{\phi}}{1 - \dot{\phi}^2} + 3H\dot{\phi} + \frac{V_{1\phi}}{V_1} = 0. \quad (21)$$

From the Euler-Lagrange equation for fermion field ψ and $\bar{\psi}$, we get equation of motion

$$L_\psi - (L_{\dot{\psi}})_t = 0, \quad (22)$$

$$\dot{\bar{\psi}} + \frac{3}{2}H\bar{\psi} - iV_{2u}\bar{\psi}\gamma^0 = 0, \quad (23)$$

$$L_{\bar{\psi}} - (L_{\dot{\bar{\psi}}})_t = 0, \quad (24)$$

$$\dot{\psi} + \frac{3}{2}H\psi - iV_{2u}\psi\gamma^0 = 0. \quad (25)$$

Zero energy condition

$$L_{\dot{a}}\dot{a} + L_{\dot{\phi}}\dot{\phi} + L_{\dot{\psi}}\dot{\psi} + L_{\dot{\bar{\psi}}}\dot{\bar{\psi}} - L = 0, \quad (26)$$

From the zero energy condition

$$3H^2 = \rho, \quad (27)$$

where

$$\rho = \frac{V_1}{\sqrt{1 - \dot{\phi}^2}} + V_2. \quad (28)$$

Conservation equation

$$\dot{\rho} + 3H(p + \rho) = 0, \quad (29)$$

Using conservation equation (29) transform the form of the energy density equation (28), we obtain

$$p = -V_2 + V_{2u}u - V_1 \sqrt{1 - \dot{\phi}^2}. \quad (30)$$

As a result, the complete system of equation of motion will take the form

a) Fridman equation is

$$3H^2 + 2\dot{H} = -p, \quad (31)$$

$$3H^2 = \rho. \quad (32)$$

b) Klein-Gordon equation is

$$\frac{\ddot{\phi}}{1 - \dot{\phi}^2} + 3H\dot{\phi} + \frac{V_{1\phi}}{V_1} = 0. \quad (33)$$

c) Dirac equation is

$$\dot{\psi} + \frac{3}{2}H\psi - iV_{2u}\psi\gamma^0 = 0. \quad (34)$$

$$\dot{\bar{\psi}} + \frac{3}{2}H\bar{\psi} - iV_{2u}\bar{\psi}\gamma^0 = 0, \quad (35)$$

The total energy density ρ and the total pressure p are given by

$$\rho = \frac{V_1}{\sqrt{1 - \dot{\phi}^2}} + V_2, \quad (36)$$

$$p = -V_2 + V_{2u}u - V_1\sqrt{1 - \dot{\phi}^2}. \quad (37)$$

The total energy density of the sources of the gravitational field can be represented as the sum of the two contributions $\rho = \rho_D + \rho_T$, which are associated with the spinor and tachyon fields, respectively

$$\rho_D = V_2, \quad (38)$$

$$\rho_T = \frac{V_1}{\sqrt{1 - \dot{\phi}^2}}. \quad (39)$$

In the same way, we can represent the total pressure of the sources of the gravitational field as the sum of the pressure $p = p_D + p_T$ associated with the spinor and tachyon fields, respectively

$$p_D = -V_2 + V_{2u}u, \quad (40)$$

$$p_T = -V_1\sqrt{1 - \dot{\phi}^2}. \quad (41)$$

Cosmological solution

In order to analyze cosmological solutions from the proposed model we have to enter new values for scale factor a

$$a = a_0 t^\alpha, \quad (42)$$

$$H = \frac{\dot{a}}{a} = \frac{a_0 \alpha t^{\alpha-1}}{a_0 t^\alpha} = \frac{\alpha}{t}, \quad (43)$$

and tachyon field ϕ

$$\phi = \phi_0 t^\beta. \quad (44)$$

From the (35), (34), find the type of bilinear function $u = \bar{\psi}\psi$

$$u = \frac{C}{a^3}, \quad (45)$$

where C is the constant of integration.

The function of fermion field ψ we will look in the form

$$\psi_k = A_k(t)e^{-iD_k(t)}. \quad (46)$$

Using equation (34), we obtain

$$A_k(t) = a^{-\frac{3}{2}} A_{k0} = a_0^{-\frac{3}{2}} t^{-\frac{3}{2}\alpha} A_{k0}, \quad (47)$$

where A_{k0} - is integration constant ($k = 0, 1, 2, 3$).

$$D_k = -\frac{\alpha}{t} - \int e^{-\frac{3\alpha\phi_0^2\beta^2 t^{2(\beta-1)}}{2(\beta-1)}} V_{10}\phi_0^2\beta^2 t^{2(\beta-1)} dt, \quad (48)$$

where $k = 0, 1$.

$$D_i = \frac{\alpha}{t} + \int e^{-\frac{3\alpha\phi_0^2\beta^2 t^{2(\beta-1)}}{2(\beta-1)}} V_{10}\phi_0^2\beta^2 t^{2(\beta-1)} dt, \quad (49)$$

where $i = 2, 3$.

Potential of the tachyon field in terms of t and ϕ

$$V_1(t) = e^{-\frac{3\alpha\phi_0^2\beta^2 t^{2(\beta-1)}}{2(\beta-1)}} \sqrt{1 - \phi_0^2\beta^2 t^{2(\beta-1)}} V_{10}, \quad (50)$$

$$V_1(\phi) = e^{-\frac{3\alpha\phi_0^2\beta^2\left(\frac{\phi}{\phi_0}\right)^{\frac{2(\beta-1)}{\beta}}}{2(\beta-1)}} \sqrt{1 - \phi_0^2\beta^2\left(\frac{\phi}{\phi_0}\right)^{\frac{2(\beta-1)}{\beta}}} V_{10}. \quad (51)$$

where V_{10} is the constant of integration

Potential of the fermion field in terms of t and u

$$V_2(t) = \frac{3\alpha^2}{t^2} - V_{10}e^{-\frac{3}{2}\frac{\alpha\phi_0^2\beta^2}{\beta-1}t^{2\beta-2}} + V_{20}. \quad (52)$$

$$V_2(u) = 3\alpha\left(\frac{C}{ua_0^3}\right)^{-\frac{2}{3\alpha}} - V_{10}e^{-\frac{3}{2}\frac{\alpha\phi_0^2\beta^2}{\beta-1}\left(\frac{C}{ua_0^3}\right)^{-\frac{2(\beta-1)}{3\alpha}}} + V_{20}, \quad (53)$$

where V_{20} is the constant of integration.

Using equations of energy density and pressure (36), (37) and scale factor (42), we obtain energy density and pressure for our model

$$\rho = \frac{3\alpha^2}{t^2}, \quad (54)$$

$$p = \frac{\alpha}{t^2}(2 - 3\alpha). \quad (55)$$

Energy density of the spinor and tachyon field (38), (39) taking into scale factor (42)

$$\rho_D = \frac{3\alpha^2}{t^2} - V_{10}e^{-\frac{3}{2}\frac{\alpha\phi_0^2\beta^2}{\beta-1}t^{2\beta-2}} + V_{20}, \quad (56)$$

$$\rho_T = e^{-\frac{3\alpha\phi_0^2\beta^2t^{2(\beta-1)}}{2(\beta-1)}} V_{10}. \quad (57)$$

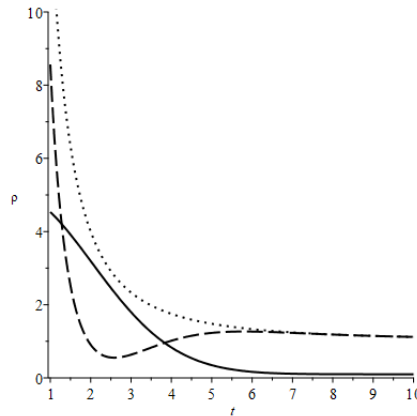


FIGURE 1 – The dependence of energy density on time t , where $\alpha = 2$, $\beta = 2$, $\phi_0 = 0.1$, $V_{10} = 5$, $V_{20} = 1$.

Figure 1 shows dependence of energy density: spinor field(dotted line), tachyon field (solid line) and total energy density (point line) on time t .

Pressure of the spinor and tachyon field (40), (41) taking into scale factor (42)

$$p_D = -\frac{2\alpha^2}{t^2} - V_{10}e^{-\frac{3}{2}\frac{\alpha\phi_0^2\beta^2}{\beta-1}t^{2\beta-2}} \left(1 + \phi_0^2\beta^2t^{2(\beta-1)}\right) + V_{20}, \quad (58)$$

$$p_T = -e^{-\frac{3\alpha\phi_0^2\beta^2t^{2(\beta-1)}}{2(\beta-1)}} \left(1 - \phi_0^2\beta^2t^{2(\beta-1)}\right) V_{10}. \quad (59)$$

Figure 2 shows dependence of pressure: spinor field(dotted line), tachyon field (solid line) and total energy density (point line) on time t .

The boson and fermion fields in the early epoch are responsible for the accelerated mode, but since the total pressure tends to zero at a later time, the transition to the slow mode occurs. Tachyon

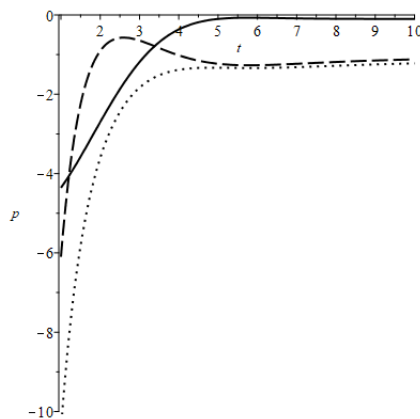


FIGURE 2 – The dependence of pressure on time t , where $\alpha = 2$, $\beta = 2$, $\phi_0 = 0.1$, $V_{10} = 5$, $V_{20} = 1$, $C = 10$, $a_0 = 1$.

field is crucial only in the early times. Isotropization, which occurs in the late epoch, is associated with the presence of a boson and fermion field as sources of a gravitational field.

The equation of state parameter ω

$$\omega(t) = \frac{p}{\rho}, \quad (60)$$

it should be $\omega \approx -1$.

In the model under consideration, the equation of state parameter is

$$\omega = -1 + \frac{2}{3\alpha}. \quad (61)$$

The deceleration parameter q

$$q(t) = -\frac{\ddot{a}a}{\dot{a}^2}, \quad (62)$$

it should be $q < 0$.

For our model the deceleration parameter is

$$q = -1 + \frac{1}{\alpha}. \quad (63)$$

The jerk parameter j

$$j(t) = \frac{\ddot{\dot{a}}a^2}{\dot{a}^3}, \quad (64)$$

it should be $j \approx 1$.

For our model the jerk parameter is

$$j = 1 - \frac{3}{\alpha} + \frac{2}{\alpha^2}. \quad (65)$$

Figure 3 shows the graphs for the equation of state parameter ω , deceleration q , jerk j . Where solid line - parameter of the equation of state ω , exact line - deceleration parameter q and dashes line - jerk parameter j .

Energy conditions

For a flat Universe energy conditions can be transformed into restrictions on the deceleration parameter q [22]:

Zero energy condition (NEC)

$$q \geq -1. \quad (66)$$

Strong energy condition (SEC)

$$q \geq 0. \quad (67)$$

Dominant energy condition (DEC)

$$q \leq 2. \quad (68)$$

Among these conditions, there is no weak condition (WEC), since it is completely satisfied for arbitrary real $a(t)$.

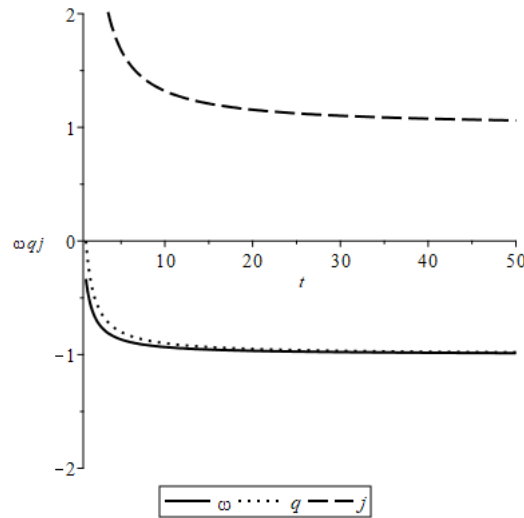


FIGURE 3 – The dependence the equation of state parameter ω , deceleration q and jerk j on time t .

The energy conditions, considered separately, leave a fundamental possibility for both the decelerated ($q > 0$) and the accelerated ($q < 0$) expansion of the Universe. The meaning of the restrictions for NEC in (66), (67), (68) is quite transparent. As follows from the second Friedmann equation, the condition for accelerated expansion of the Universe is inequality $\rho + 3p \leq 0$, i.e. accelerated expansion of the Universe is possible only if there are components with large negative pressure $p < -1/3\rho$. The energy condition of the SEC excludes the sustenance of such components. As a result, in this case $q \geq 0$. At the same time, the NEC and DEC conditions are compatible with the condition $p < -1/3\rho$, therefore they allow models which $q < 0$.

These conditions impose restrictions and independent of the model restrictions on the behavior of energy density and pressure. For our model, the zero energy condition, the strong energy condition, the dominant energy condition are satisfied, and the weak energy condition, which is not mandatory, is not satisfied.

Conclusion. Thus, we have considered cosmological model with fermion and tachyon fields together with a homogeneous, isotropic and flat Friedman-Robertson-Walker universe. For this model, we have found the exact solution, reconstructed the tachyon and fermion potentials, and studied the energy conditions. For this model, the energy conditions NEC, WEC, DEC are fulfilled and the SEC condition is not fulfilled. The parameter of the equation of state ω , the deceleration parameter q and the jerk parameter j are found, whose value corresponds to the accelerated expansion of the universe for $\alpha > 1$.

In the model under consideration, the tachyon and fermion fields have a negative pressure. In the early epoch, the boson and fermion fields are responsible for the accelerated mode, but since the total pressure tends to zero at a later time, the transition to the slow mode occurs. Tachyon field is important only in the early era.

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Grant No. 0118RK00935.

References

- 1 Obukhov Y. N. Spin-driven inflation // *Physics Letters A.* – 1993.– vol. 182. – no. 2-3. – pp. 214-216.
- 2 Saha B. and Shikin G. Interacting spinor and scalar fields in bianchi type i universe filled with perfect fluid: exact self-consistent solutions // *General Relativity and Gravitation.* – 1997. – vol. 29. – no. 9. – pp. 1099-1113. doi:10.1023/A:1018887024268.
- 3 Saha B. Spinor field in a bianchi type-i universe: Regular solutions // *Physical Review D.* – 2001. – vol. 64. – no. 12. – p. 123501. doi: 10.1103/PhysRevD.64.123501.
- 4 Saha B. and Boyadjiev T. Bianchi type-i cosmology with scalar and spinor fields // *Physical Review D.* – 2004. – vol. 69. no. 12. – p. 124010. doi: 10.1103/PhysRevD.69.124010.
- 5 Saha B. Nonlinear spinor field in bianchi type-i cosmology: inflation, isotropization, and late time acceleration // *Physical Review D.* – 2006. – vol. 74. – no. 12. – p. 124030.
- 6 Armendariz-Picon C. and Greene P. B. Spinors, inflation, and non-singular cyclic cosmologies // *General Relativity and Gravitation.* – 2003. – vol. 35. – no. 9. – pp. 1637-1658. doi: 10.1023/A:1025783118888.
- 7 Ribas M., Devecchi F., and Kremer G. Fermions as sources of accelerated regimes in cosmology // *Physical Review D.* – 2005. – vol. 72. – no. 12. – p. 123502. doi: 10.1103/PhysRevD.72.123502.
- 8 Ribas M. O., Devecchi F. P., and Kremer G. M. Cosmological model with non-minimally coupled fermionic field // *EPL (Europhysics Letters).* – 2007. – vol. 81. – no. 1. – p. 19001. doi: 10.1209/0295-5075/81/19001.
- 9 de Souza C., Rudinei and Kremer G. M. Noether symmetry for non-minimally coupled fermion fields // *Classical and Quantum Gravity.* – 2008. – vol. 25. – no. 22. – p. 225006. doi: 10.1088/0264-9381/25/22/225006.
- 10 Samojedan L., Devecchi F., and Kremer G. Fermions in brans-dicke cosmology // *Physical Review D.* – 2010. – vol. 81. – no. 2. – p. 027301. doi: 10.1103/PhysRevD.81.027301.
- 11 Ribas M. O., Zambianchi P. Jr, Devecchi F. P., and Kremer G. M. Fermions in a walecka-type cosmology // *EPL (Europhysics Letters).* – 2012. – vol. 97. – no. 4. – p. 49003. doi: 10.1209/0295-5075/97/49003.
- 12 Gibbons G. Cosmological evolution of the rolling tachyon // *Physics Letters B.* – 2002. – vol. 537. – no. 1-2. – pp. 1-4. doi: 10.1016/S0370-2693(02)01881-6.
- 13 Jentschura U. D. and Wundt B. J. Pseudo-hermitian quantum dynamics of tachyonic spin-1/2 particles // *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical.* – 2012. – vol. 45. – no. 44. – p. 444017. doi: 10.1088/1751-8113/45/44/444017.
- 14 Saha B. Nonlinear spinor field in isotropic space-time and dark energy models // *The European Physical Journal Plus.* – 2016. – vol. 131. – no. 7. – p. 242. doi: 10.1140/epjp/i2016-16242-0.
- 15 Salesi G. Slower-than-light spin-1/2 particles endowed with negative mass squared // *International Journal of Modern Physics A.* – 2002. – vol. 12. – no. 28. – pp. 5103-5122. doi: 10.1142/S0217751X97002723.
- 16 Bandukwala J. and Shay D. Theory of free, spin-1/2 tachyons // *Physical Review D.* – 1974. – vol. 9. – no. 4. – p. 889.
- 17 Bros J., Epstein H., Moschella U. Scalar tachyons in the de Sitter universe // *Letters Mathematical Physics.* – 2010. – vol. 93. – p. 203-211. doi: 10.1007/s11005-010-0406-4.
- 18 Sami M., Chingangbam P. and Qureshi T. Aspects of Tachyonic Inflation with Exponential Potential // *Physical Review D.* – 2002. – vol. 66. – p. 043530. doi: 10.1103/PhysRevD.66.043530.
- 19 Cardenas V. H. Tachyonic Quintessential Inflation // *Physical Review D.* – 2006. – vol. 73. – p. 103512. doi: 10.1103/PhysRevD.73.103512.
- 20 Ribas M. Devecchi F. Kremer G. Cosmological model with fermion and tachyon fields interacting via Yukawa-type potential // *Mod. Phys. Lett. A.* – 2016. – no. 31. – p. 1650039. doi:10.1142/S0217732316500395.
- 21 Болотин Ю.Л., Ерохин Д.А., Лемец О.А. Расширяющаяся Вселенная: замедление или ускорение? // *Успехи Физических Наук.* – 2012. – Т. 182. – №9. – С. 941-986

Г.А. Ахметова, О.В. Разина, П.Ю. Цыба, Б. Меирбеков

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Фермиондық және тахиондық өрістері бар космологиялық моделі

Аңдатпа Бұл мақалада төрт өлшемдегі фермион және тахион өрістері бар космологиялық модельмен бірге гомогенді, изотропты және тегіс Фридман-Робертсон-Уолкер әлемі талқыланады. Осы модель үшін қозғалыс теңдеулер жүйесі табылды. Масштабты фактор үшін арналған шешім сыпатталған. Алынған параметрлер $\alpha > 1$ үшін соңғы байқау деректерін қанағаттандырады. Қарастырылып отырған модельде қысым теріс және кейін нөлге ұмтылады. Энергия тығыздығы және қысымы анықталды және қаралып отырған модельдің қараңғы энергиясына, энергетикалық шарттарына сәйкес келеді. Қалыпттылық теңдеуінің параметрі ω , тежелу параметрі q және серпіліс параметрі j болып табылды. Сонымен қатар, энергия тығыздығы ρ және қысымы p , күй теңдеуінің параметрі ω , тежелу параметрі q және серпіліс параметрі j теңдеулері үшін графиктер тұрғызылды.

Түйін сөздер: Фермиондық өріс, тахиондық өріс, энергетикалық шарттар, күй теңдеуінің параметрі, тежелу параметрі, серпіліс параметрі.

Г.А. Ахметова, О.В. Разина, П.Ю. Цыба, Б. Меирбеков

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Космологическая модель с фермионным и тахионным полями

Аннотация: В этой статье обсуждается космологическая модель с фермионным и тахионным полем в четырех измерениях вместе с однородной, изотропной и плоской вселенной Фридмана-Робертсона-Уокера. Для этой модели найдена система уравнений движения. Описано степенное решение для масштабного фактора. Изучены энергетические условия. Полученные параметры удовлетворяют последним наблюдательным данным для $\alpha > 1$. Давление в рассматриваемой модели отрицательно и в последнее время стремится к нулю. Найдены энергетические условия, плотность энергии и давление, которые соответствуют темной энергии рассматриваемой модели. Найдены параметр уравнения состояния ω , параметр замедления q , параметр рывка j . Построены графики для плотности энергии ρ и давления p , а также для уравнения состояния параметра ω , параметра замедления q и параметра рывка j .

Ключевые слова: фермионное поле, тахионное поле, энергетические условия, уравнение состояния, параметр замедления, параметр рывка.

References

- 1 Obukhov Y. N., Spin-driven inflation, *Physics Letters A*, 182(2-3), 214-216 (1993).
- 2 Saha B. and Shikin G., Interacting spinor and scalar fields in bianchi type i universe filled with perfect fluid: exact self-consistent solutions, *General Relativity and Gravitation*, 29(9), 1099-1113 (1997). doi:10.1023/A:1018887024268.
- 3 Saha B., Spinor field in a bianchi type-i universe: Regular solutions, *Physical Review D*, 64(12), 123501 (2001). doi: 10.1103/PhysRevD.64.123501.
- 4 Saha B. and Boyadjiev T., Bianchi type-i cosmology with scalar and spinor fields, *Physical Review D*, 69(12), 124010 (2004). doi: 10.1103/PhysRevD.69.124010.
- 5 Saha B., Nonlinear spinor field in bianchi type-i cosmology: inflation, isotropization, and late time acceleration, *Physical Review D*, 74(12), 124030 (2006).
- 6 Armendariz-Picon C. and Greene P. B., Spinors, inflation, and non-singular cyclic cosmologies, *General Relativity and Gravitation*, 35(9), 1637-1658 (2003). doi: 10.1023/A:1025783118888.
- 7 Ribas M., Devecchi F., and Kremer G., Fermions as sources of accelerated regimes in cosmology, *Physical Review D*, 72(12), 123502 (2005). doi: 10.1103/PhysRevD.72.123502.
- 8 Ribas M. O., Devecchi F. P., and Kremer G. M., Cosmological model with non-minimally coupled fermionic field, *EPL (Europhysics Letters)*, 81(1), 19001 (2007). doi: 10.1209/0295-5075/81/19001.
- 9 de Souza C., Rudinei and Kremer G. M., Noether symmetry for non-minimally coupled fermion fields, *Classical and Quantum Gravity*, 25(22), 225006 (2008). doi: 10.1088/0264-9381/25/22/225006.
- 10 Samojeden L., Devecchi F., and Kremer G., Fermions in brans-dicke cosmology, *Physical Review D*, 81(2), 027301 (2010). doi: 10.1103/PhysRevD.81.027301.
- 11 Ribas M. O., Zambianchi P. Jr, Devecchi F. P., and Kremer G. M., Fermions in a walecka-type cosmology, *Europhysics Letters*, 97(4), 49003 (2012). doi: 10.1209/0295-5075/97/49003.
- 12 Gibbons G., Cosmological evolution of the rolling tachyon, *Physics Letters B*, 537(1-2), 1-4 (2012). doi: 10.1016/S0370-2693(02)01881-6.
- 13 Jentschura U. D. and Wundt B. J., Pseudo-hermitian quantum dynamics of tachyonic spin-1/2 particles, *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 45(44), 444017 (2012). doi: 10.1088/1751-8113/45/44/444017.
- 14 Saha B., Nonlinear spinor field in isotropic space-time and dark energy models, *The European Physical Journal Plus*, 131(7), 242(2016). doi: 10.1140/epjp/i2016-16242-0.
- 15 Salesi G., Slower-than-light spin-1/2 particles endowed with negative mass squared, *International Journal of Modern Physics A*, 12(28), 5103-5122 (2002). doi: 10.1142/S0217751X97002723.
- 16 Bandukwala J. and Shay D., Theory of free, spin-1/2 tachyons, *Physical Review D*, 9(4), 889 (1974).
- 17 Bros J., Epstein H., Moschella U., Scalar tachyons in the de Sitter universe, *Letters Mathematical Physics*, 93, 203-211 (2003). doi: 10.1007/s11005-010-0406-4.
- 18 Sami M., Chingangbam P. and Qureshi T. Aspects of Tachyonic Inflation with Exponential Potential, *Physical Review D*, 66, 043530 (2002). doi: 10.1103/PhysRevD.66.043530.
- 19 Cardenas V. H. Tachyonic Quintessential Inflation, *Physical Review D*, 73, 103512 (2006). doi: 10.1103/PhysRevD.73.103512.
- 20 Ribas M. Devecchi F. Kremer G., Cosmological model with fermion and tachyon fields interacting via Yukawa-type potential, *Mod. Phys. Lett. A*, 31, 1650039 (2016). doi:10.1142/S0217732316500395.
- 21 Bolotin Yu. L., Erohin D.A., Lemec O.A., *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 182(9), 941-986 (2012). [in Russian]

Авторлар туралы мәлімет

Ахметова Г.А – 6М060400-Физика мамандығының бірінші курс магистранты, Жалпы және теориялық физика кафедрасы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Разина О.В. – PhD, Жалпы және теориялық физика кафедрасының доценті, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Цыба П.Ю. – PhD, Жалпы және теориялық физика кафедрасының доценті, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Бекдаulet М. – 6D060400-Физика мамандығының докторанты, Жалпы және теориялық физика кафедрасы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Akhmetova G.A. – master student first course specialty 6M060400 Physics, Department of General and Theoretical Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakstan.

Razina Olga V. – PhD, Associate Professor of the Department of General and Theoretical Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakstan.

Tsyba P.Y. – PhD, Associate Professor of the Department of General and Theoretical Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakstan.

Bekdaulet M. – PhD student specialty 6D060400 Physics, Department of General and Theoretical Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakstan.

Поступила в редакцию 23.06.2019

«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы. Физика. Астрономия сериясы» журналында мақала жариялау ережесі

Журнал редакциясы авторларға осы нұсқаулықпен толық танысып, журналға мақала әзірлеу мен дайын мақаланы журналға жіберу кезінде басшылыққа алуды ұсынады. Бұл нұсқаулық талаптарының орындалмауы сіздің мақалаңыздың жариялануын кідіртеді.

1. Журнал мақсаты. Физика мен астрономия салаларының теориялық және эксперименталды зерттелулері бойынша мұқият тексеруден өткен ғылыми құндылығы бар мақалалар жариялау.

2. Баспаға (барлық жариялаушы авторлардың қол қойылған қағаз нұсқасы және электронды нұсқа) журналдың түпнұсқалы стильдік файлының міндетті қолданысымен LaTeX баспа жүйесінде дайындалған Tex- пен Pdf-файлындағы жұмыстар ұсынылады. Стильдік файлды *bulphysast.enu.kz* журнал сайтынан жүктеп алуға болады. Сонымен қатар, автор(лар) ілеспе хат ұсынуы керек.

3. Автордың қолжазбаны редакцияға жіберуі мақаланың Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысында басуға келісін, шетел тіліне аударылып қайта басылуына келісін білдіреді. Автор мақаланы редакцияға жіберу арқылы автор туралы мәліметтің дұрыстығына, мақала көшірілмегендігіне (плагиаттың жоқтығына) және басқа да заңсыз көшірмелердің жоқтығына кепілдеме береді.

4. Мақаланың көлемі 18 беттен аспауға тиіс (6 беттен бастап).

ҒТАМПК <http://grnti.ru/>

Автор(лар)дың аты-жөні

Мекеменің толық атауы, қаласы, мемлекеті (егер авторлар әртүрлі мекемеде жұмыс жасайтын болса, онда әр автор мен оның жұмыс мекемесі қасында бірдей белгі қойылу керек)

Автор(лар)дың E-mail-ы

Мақала атауы

Аңдатпа (100-200 сөз; күрделі формулаларсүзсыз, мақаланың атауын мейлінше қайталамауы қажет; әдебиеттерге сілтемелер болмауы қажет; мақаланың құрылысын (кіріспе мақаланың мақсаты/ міндеттері /қарастырылып отырған сұрақтың тарихы /зерттеу /әдістері нәтижелер/талқылау, қорытынды) сақтай отырып, мақаланың қысқаша мазмұны берілуі қажет).

Түйін сөздер (6-8 сөз не сөз тіркесі. Түйін сөздер мақала мазмұнын көрсетіп, мейлінше мақала атауы мен аннотациядағы сөздерді қайталамай, мақала мазмұнындағы сөздерді қолдану қажет. Сонымен қатар, ақпараттық-ізвестіру жүйелерінде мақаланы жеңіл табуға мүмкіндік беретін ғылым салаларының терминдерін қолдану қажет).

Негізгі мәтін мақаланың мақсаты/ міндеттері/ қарастырылып отырған сұрақтың тарихы, зерттеу әдістері, нәтижелер/талқылау, қорытынды бөлімдерін қамтуы қажет.

5. Таблица, суреттер – Жұмыстың мәтнінде кездесетін таблицалар мәтіннің ішінде жеке нөмірленіп, мәтін көлемінде сілтемелер түрінде көрсетілуі керек. Суреттер мен графиктер PS, PDF, TIFF, GIF, JPEG, BMP, PCX форматындағы стандарттарға сай болуы керек. Нүктелік суреттер кеңейтілімі 600 dpi кем болмауы қажет. Суреттердің барлығы да айқын әрі нақты болуы керек.

Мақаладағы **формулалар** тек мәтінде оларға сілтеме берілсе ғана нөмірленеді.

Жалпы қолданыста бар **аббревиатуралар** мен **қысқартулардан** басқалары міндетті түрде алғаш қолданғанда түсіндірілуі берілуі қажет. **Қаржылай көмек туралы** ақпарат бірінші бетте көрсетіледі.

6. Жұмыста қолданылған әдебиеттер тек жұмыста сілтеме жасалған түпнұсқалық көрсеткішке сай (сілтеме беру тәртібінде немесе ағылшын әліпбиі тәртібі негізінде толтырылады) болуы керек. Баспадан шықпаған жұмыстарға сілтеме жасауға тұйым салынады.

Сілтемені беруде автор қолданған әдебиеттің бетінің нөмірін көрсетпей, келесі нұсқаға сүйеніңіз дұрыс: тараудың номері, бөлімнің номері, тармақтың номері, тараманың (лемма, ескерту, формуланың және т.б.) номері көрсетіледі. Мысалы: қараңыз [3; § 7, лемма 6]», «...қараңыз [2; 5 теоремадағы ескерту]». Бұл талап орындалмаған жағдайда мақаланы ағылшын тіліне аударғанда сілтемелерде қателіктер туындауы мүмкін.

Әдебиеттер тізімін рәсімдеу мысалдары

1 Воронин С. М., Карацуба А. А. Дзета-функция Римана. –М: Физматлит, –1994, –376 стр. – **кітап**

2 Баилов Е. А., Сихов М. Б., Темиргалиев Н. Об общем алгоритме численного интегрирования функций многих переменных // Журнал вычислительной математики и математической физики –2014. –Т.54. № 7. –С. 1059-1077. – **мақала**

3 Жубанышева А.Ж., Абикенова Ш. О нормах производных функций с нулевыми значениями заданного набора линейных функционалов и их применения к поперечниковым задачам // Функциональные пространства и теория приближения функций: Тезисы докладов Международной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика С.М.Никольского, Москва, Россия, 2015. – Москва, 2015. –С.141-142. – **конференция еңбектері**

4 Нуртазина К. Рыцарь математики и информатики. –Астана: Каз.правда, 2017. 19 апреля. –С.7. – **газеттік мақала**

5 Кыров В.А., Михайличенко Г.Г. Аналитический метод вложения симплектической геометрии // Сибирские электронные математические известия –2017. –Т.14. –С.657-672. doi: 10.17377/semi.2017.14.057. – URL: <http://semj.math.nsc.ru/v14/p657-672.pdf>. (дата обращения: 08.01.2017). – **электронды журнал**

7. Әдебиеттер тізімінен соң автор өзінің библиографиялық мәліметтерін орыс және ағылшын тілінде (егер мақала қазақ тілінде орындалса), қазақ және ағылшын тілінде (егер мақала орыс тілінде орындалса), орыс және қазақ тілінде (егер мақала ағылшын тілінде орындалса) жазу қажет. Соңынан транслиттік аударма мен ағылшын тілінде берілген әдебиеттер тізімінен соң әр автордың жеке мәліметтері (қазақ, орыс, ағылшын тілдерінде – ғылыми атағы, қызметтік мекенжайы, телефоны, e-mail-ы) беріледі.

8. Редакцияға түскен мақала жабық (анонимді) тексеруге жіберіледі. Барлық рецензиялар авторларға жіберіледі. Автор (рецензент мақаланы түзетуге ұсыныс берген жағдайда) үш күн аралығында қайта қарап, қолжазбаның түзетілген нұсқасын редакцияға қайта жіберуі керек. Рецензент жарамсыз деп таныған мақала қайтара қарастырылмайды. Мақаланың түзетілген нұсқасы мен автордың рецензентке жауабы редакцияға жіберіледі.

9. Төлемақы. Басылымға рұқсат етілген мақала авторларына төлем жасау туралы ескертіледі. Төлем көлемі 2018 жылы 4500 тенге – ЕҰҰ қызметкерлері үшін және 5500 тенге басқа ұйым қызметкерлеріне.

Реквизиты:

1) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: KСJBKZKX

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпн 859- за статью

2) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Bank RBK"

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

3) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "ForteBank"

БИК Банка: IRTYKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

4) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Народный Банк
Казахстан"

БИК Банка: HSBKKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпн 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

Provision on articles submitted to the journal "Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Physics. Astronomy series"

The journal editorial board asks the authors to read the rules and adhere to them when preparing the articles, sent to the journal. Deviation from the established rules delays the publication of the article.

1. Purpose of the journal. Publication of carefully selected original scientific.

2. The scientific publication office accepts the article (in electronic and printed, signed by the author) in Tex- and Pdf-files, prepared in the LaTeX publishing system with mandatory use of the original style log file. The style log file can be downloaded from the journal website *bulphysast.enu.kz*. And you also need to provide the cover letter of the author(s). Language of publications: Kazakh, Russian, English.

3. Submission of articles to the scientific publication office means the authors' consent to the right of the Publisher, L.N. Gumilyov Eurasian National University, to publish articles in the journal and the republication of it in any foreign language. Submitting the text of the work for publication in the journal, the author guarantees the correctness of all information about himself, the lack of plagiarism and other forms of improper borrowing in the article, the proper formulation of all borrowings of text, tables, diagrams, illustrations.

4. The volume of the article should not exceed 18 pages (from 6 pages).

5. Structure of the article

GRNTI <http://grnti.ru/>

Initials and Surname of the author (s)

Full name of the organization, city, country (if the authors work in different organizations, you need to put the same icon next to the name of the author and the corresponding organization)

Author's e-mail (s)

Article title

Abstract (100-200 words, it should not contain a big formulas, the article title should not repeat in the content, it should not contain bibliographic references, it should reflect the summary of the article, preserving the structure of the article - introduction/ problem statement/ goals/ history, research methods, results /discussion, conclusion).

Key words (6-8 words/word combination. Keywords should reflect the main content of the article, use terms from the article, as well as terms that define the subject area and include other important concepts that make it easier and more convenient to find the article using the information retrieval system).

The main text of the article should contain an introduction/ problem statement/ goals/ history, research methods, results / discussion, conclusion. Tables, figures should be placed after the mention. Each illustration should be followed by an inscription. Figures should be clear, clean, not scanned.

Tables are included directly in the text of the article; it must be numbered and accompanied by a reference to them in the text of the article. Figures, graphics should be presented in one of the standard formats: PS, PDF, TIFF, GIF, JPEG, BMP, PCX. Bitmaps should be presented with a resolution of 600 dpi. All details must be clearly shown in the figures.

In the article, only those **formulas** are numbered, to which the text has references.

All **abbreviations**, with the exception of those known to be generally known, must be deciphered when first used in the text.

Information on **the financial** support of the article is indicated on the first page in the form of a footnote.

6. The list of literature should contain only those sources (numbered in the order of quoting or in the order of the English alphabet), which are referenced in the text of the article. References to unpublished issues, the results of which are used in evidence, are not allowed. Authors are recommended to exclude the reference to pages when referring to the links and guided by the following template: chapter number, section number, paragraph number, theorem number (lemmas, statements, remarks to the theorem, etc.), number of the formula. For example, "... see [3, § 7, Lemma 6]"; "... see [2], a remark to Theorem 5". Otherwise, incorrect references may appear when preparing an English version of the article.

Template

1 Воронин С. М., Карацуба А. А. Дзета-функция Римана. -М: Физматлит, -1994, -376 стр.-**book**

2 Баилов Е. А., Сихов М. Б., Темиргалиев Н. Об общем алгоритме численного интегрирования функций многих переменных // Журнал вычислительной математики и математической физики -2014. -Т.54. № 7. -С. 1059-1077. - **journal article**

3 Жубанышева А.Ж., Абикенова Ш. О нормах производных функций с нулевыми значениями заданного набора линейных функционалов и их применения к поперечниковым задачам // Функциональные пространства и теория приближения функций: Тезисы докладов Международной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика С.М.Никольского, Москва, Россия, 2015. - Москва, 2015. -С.141-142. - - **Conferences proceedings**

4 Нуртазина К. Рыцарь математики и информатики. -Астана: Каз.правда, 2017. 19 апреля. -С.7. **newspaper articles**

5 Кыров В.А., Михайличенко Г.Г. Аналитический метод вложения симплектической геометрии // Сибирские электронные математические известия -2017. -Т.14. -С.657-672. doi: 10.17377/semi.2017.14.057. - URL: <http://semr.math.nsc.ru/v14/p657-672.pdf>. (дата обращения: 08.01.2017). - **Internet resources**

7. At the end of the article, after the list of references, it is necessary to indicate bibliographic data in Russian and English (if the article is in Kazakh), in Kazakh and English (if the article is in Russian) and in Russian and Kazakh languages (if the article is English language). Then a combination of the English-language and transliterated parts of the references list and information about authors (scientific degree, office address, telephone, e-mail - in Kazakh, Russian and English) is given.

8. Work with electronic proofreading. Articles received by the Department of Scientific Publications (editorial office) are sent to anonymous review. All reviews of the article are sent to the author. The authors must send the proof of the article within three days. Articles that receive a negative review for a second review are not accepted. Corrected versions of articles and the author's response to the reviewer are sent to the editorial office. Articles that have positive reviews are submitted to the editorial boards of the journal for discussion and approval for publication.

Periodicity of the journal: 4 times a year.

9. Payment. Authors who have received a positive conclusion for publication should make payment on the following requisites (for ENU employees - 4,500 tenge, for outside organizations - 5,500 tenge):

Реквизиты:

1) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: КСЖВКЗКХ

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпп 859- за статью

2) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Bank RBK"

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

3) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "ForteBank"

БИК Банка: IRTYKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

4) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Народный Банк
Казахстан"

БИК Банка: HSBKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпп 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

Положение о рукописях, представляемых в журнал «Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева. Серия: Физика. Астрономия»

Редакция журнала просит авторов ознакомиться с правилами и придерживаться их при подготовке работ, направляемых в журнал. Отклонение от установленных правил задерживает публикацию статьи.

1. Цель журнала. Публикация тщательно отобранных оригинальных научных работ по актуальным проблемам теоретических и экспериментальных исследований в области физики и астрономии.

2. В редакцию (в бумажном виде, подписанном всеми авторами и в электронном виде) представляются Tex- и Pdf-файлы работы, подготовленные в издательской системе LaTeX, с обязательным использованием оригинального стилевого файла журнала. Стилиевой файл можно скачать со сайта журнала *bulphysast.enu.kz*. Автору (авторам) необходимо предоставить сопроводительное письмо.

Язык публикаций: казахский, русский, английский.

3. Отправление статей в редакцию означает согласие авторов на право Издателя, Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, издания статей в журнале и переиздания их на любом иностранном языке. Представляя текст работы для публикации в журнале, автор гарантирует правильность всех сведений о себе, отсутствие плагиата и других форм неправомерного заимствования в рукописи, надлежащее оформление всех заимствований текста, таблиц, схем, иллюстраций.

4. Объем статьи не должен превышать 18 страниц (от 6 страниц).

5. Схема построения статьи

ГРНТИ <http://grnti.ru/>

Инициалы и фамилия автора(ов)

Полное наименование организации, город, страна (если авторы работают в разных организациях, необходимо поставить одинаковый значок около фамилии автора и соответствующей организации)

E-mail автора(ов)

Название статьи

Аннотация (100-200 слов; не должна содержать громоздкие формулы, по содержанию повторять название статьи; не должна содержать библиографические ссылки; должна отражать краткое содержание статьи, сохраняя структуру статьи – введение/ постановка задачи/ цели/ история, методы исследования, результаты/обсуждение, заключение/выводы).

Ключевые слова (6-8 слов/словосочетаний). Ключевые слова должны отражать основное содержание статьи, использовать термины из текста статьи, а также термины, определяющие предметную область и включающие другие важные понятия, позволяющие облегчить и расширить возможности нахождения статьи средствами информационно-поисковой системы).

Основной текст статьи должен содержать введение/ постановку задачи/ цели/ историю, методы исследования, результаты/обсуждение, заключение/выводы.

Таблицы включаются непосредственно в текст работы, они должны быть пронумерованы и сопровождаться ссылкой на них в тексте работы. Рисунки, графики должны быть представлены в одном из стандартных форматов: PS, PDF, TIFF, GIF, JPEG, BMP, PCX. Точечные рисунки необходимо выполнять с разрешением 600 dpi. На рисунках должны быть ясно переданы все детали.

В статье нумеруются лишь те **формулы**, на которые по тексту есть ссылки.

Все **аббревиатуры и сокращения**, за исключением заведомо общеизвестных, должны быть расшифрованы при первом употреблении в тексте.

Сведения о **финансовой поддержке** работы указываются на первой странице в виде сноски.

6. Список литературы должен содержать только те источники (пронумерованные в порядке цитирования или в порядке английского алфавита), на которые имеются ссылки в тексте работы. Ссылки на неопубликованные работы, результаты которых используются в доказательствах, не допускаются.

Авторам рекомендуется при оформлении ссылок исключить упоминание страниц и руководствоваться следующим шаблоном: номер главы, номер параграфа, номер пункта, номер теоремы (леммы, утверждения, замечания к теореме и т.п.), номер формулы. Например, "... , см. [3; § 7, лемма 6]"; "... , см. [2; замечание к теореме 5]". В противном случае при подготовке англоязычной версии статьи могут возникнуть неверные ссылки.

Примеры оформления списка литературы

1 Воронин С. М., Карацуба А. А. Дзета-функция Римана. -М: Физматлит, -1994, -376 стр. - **книга**

2 Баилов Е. А., Сихов М. Б., Темиргалиев Н. Об общем алгоритме численного интегрирования функций многих переменных // Журнал вычислительной математики и математической физики -2014. -Т.54. № 7. -С. 1059-1077. - **статья**

3 Жубаньшева А.Ж., Абикенова Ш. О нормах производных функций с нулевыми значениями заданного набора линейных функционалов и их применения к поперечниковым задачам // Функциональные пространства и теория приближения функций: Тезисы докладов Международной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика С.М.Никольского, Москва, Россия, 2015. - Москва, 2015. -С.141-142. - **труды конференции**

4 Нургазина К. Рыцарь математики и информатики. -Астана: Каз.правда, 2017. 19 апреля. -С.7. - **газетная статья**

5 Кыров В.А., Михайличенко Г.Г. Аналитический метод вложения симплектической геометрии // Сибирские электронные математические известия -2017. -Т.14. -С.657-672. doi: 10.17377/semi.2017.14.057. - URL: <http://semr.math.nsc.ru/v14/p657-672.pdf>. (дата обращения: 08.01.2017). - **электронный журнал**

7. После списка литературы, необходимо указать библиографические данные на русском и английском языках (если статья оформлена на казахском языке), на казахском и английском языках (если статья оформлена на русском языке) и на русском и казахском языках (если статья оформлена на английском языке). Затем приводится комбинация англоязычной и транслитерированной частей списка литературы и сведения по каждому из авторов (научное звание, служебный адрес, телефон, e-mail - на казахском, русском и английском языках).

8. Работа с электронной корректурой. Статьи, поступившие в Отдел научных изданий (редакция), отправляются на анонимное рецензирование. Все рецензии по статьям отправляются автору. Авторам в течение трех дней необходимо отправить корректуру статьи. Статьи, получившие отрицательную рецензию, к повторному рассмотрению не принимаются. Исправленные варианты статей и ответ автора рецензенту присылаются в редакцию. Статьи, имеющие положительные рецензии, представляются редколлегии журнала для обсуждения и утверждения для публикации.

Периодичность журнала: 4 раза в год.

9. Оплата. Авторам, получившим положительное заключение к опубликованию, необходимо произвести оплату по следующим реквизитам (для сотрудников ЕНУ – 4500 тенге, для сторонних организаций – 5500 тенге): Реквизиты:

Реквизиты:

1) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: KСJBKZKX

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпп 859- за статью

2) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Bank RBK"

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

3) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "ForteBank"

БИК Банка: IRTYKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпп 859 - за статью

4) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Народный Банк
Казахстан"

БИК Банка: HSBKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпп 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

Мақаланы рәсімдеу үлгісі

МРНТИ 27.25.19

А.Ж. Жубанышева¹, Н. Темиргалиев², А.Б. Утесов³

¹ *Институт теоретической математики и научных вычислений Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан*

² *Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, Актюбе, Казахстан*

(Email: ¹ *axaulezh@mail.ru*, ² *ntmath10@mail.ru*, ³ *adilzhan_71@mail.ru*)

Численное дифференцирование функций в контексте Компьютерного (вычислительного) перечника

Введение

Текст введения...

Авторам не следует использовать нестандартные пакеты LaTeX (используйте их лишь в случае крайней необходимости)

Заголовок секции

1.1 Заголовок подсекции

Окружения.

Теорема 1. ...

Лемма 1. ...

Предложение 1. ...

Определение 1. ...

Следствие 1. ...

Замечание 1. ...

Теорема 2 (Темиргалиев Н. [2]). *Текст теоремы.*

Д о к а з а т е л ь с т в о. Текст доказательства.

2. Формулы, таблицы, рисунки

$$\delta_N(\varepsilon_N; D_N)_Y \equiv \delta_N(\varepsilon_N; T; F; D_N)_Y \equiv \inf_{(l^{(N)}, \varphi_N) \in D_N} \delta_N \left(\varepsilon_N; \left(l^{(N)}, \varphi_N \right) \right)_Y, \quad (1)$$

где $\delta_N(\varepsilon_N; (l^{(N)}, \varphi_N))_Y \equiv \delta_N(\varepsilon_N; T; F; (l^{(N)}, \varphi_N))_Y \equiv$

$$\equiv \sup_{f \in F} \left\| Tf(\cdot) - \varphi_N \left(l_N^{(1)}(f) + \gamma_N^{(1)} \varepsilon_N^{(1)}, \dots, l_N^{(N)}(f) + \gamma_N^{(N)} \varepsilon_N^{(N)}; \cdot \right) \right\|_Y.$$

$|\gamma_N^{(\tau)}| \leq 1 (\tau=1, \dots, N)$

Таблицы, рисунки необходимо располагать после упоминания. С каждой иллюстрацией должна следовать надпись.

Таблица 1 – Название таблицы

Простые	Не простые
2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29	4, 6, 8, 9, 10, 12, 14

3. Ссылки и библиография

Для ссылок на утверждения, формулы и т. п. можно использовать метки. Например, теорема 2, Формула (1)

Для руководства по ЛАТЭХ и в качестве примера оформления ссылок, см., например, *Львовский С.М.* Набор и верстка в пакете ЛАТЭХ. Москва: Космосинформ, 1994.

Список литературы оформляется следующим образом.



FIGURE 1 – Название рисунка

Список литературы

- 1 Локуциевский О.М., Гавриков М.Б. Начала численного анализа. –М.: ТОО "Янус", 1995. –581 с. - **книга**
- 2 Темирғалиев Н. Компьютерный (вычислительный) поперечник как синтез известного и нового в численном анализе // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева –2014. –Т.4. №101. –С. 16-33. doi: ... (при наличии) - **статья**
- 3 Жубанышева А.Ж., Абикенова Ш. О нормах производных функций с нулевыми значениями заданного набора линейных функционалов и их применения к поперечниковым задачам // Функциональные пространства и теория приближения функций: Тезисы докладов Международной конференции, посвященная 110-летию со дня рождения академика С.М.Никольского, Москва, Россия, 2015. – Москва, 2015. –С.141-142. - **труды конференций**
- 4 Курмуков А.А. Ангиопротекторная и гиполипидемическая активность леукомизина. –Алматы: Бастау, 2007. –С. 3-5 - **газетные статьи**
- 5 Кыров В.А., Михайличенко Г.Г. Аналитический метод вложения симплектической геометрии // Сибирские электронные математические известия –2017. –Т.14. –С.657-672. doi: 10.17377/semi.2017.14.057. – URL: <http://semr.math.nsc.ru/v14/p657-672.pdf>. (дата обращения: 08.01.2017). - **электронный журнал**

А.Ж. Жубанышева¹, Н. Темірғалиев¹, А.Б. Утесов²

¹ Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің теориялық математика және ғылыми есептеулер институты, Астана, Қазақстан

² Қ.Жұбанов атындағы. Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

Компьютерлік (есептеуіш) диаметр мәнмәтінінде функцияларды сандық дифференциалдау

Аннотация: Компьютерлік (есептеуіш) диаметр мәнмәтінінде Соболев класында жататын функцияларды олардың тригонометриялық Фурье-Лебега коэффициенттерінің ақырлы жиынынан алынған дәл емес ақпарат бойынша жуықтау есебі толығымен шешілді [100-200 сөздер].

Түйін сөздер: жуықтап дифференциалдау, дәл емес ақпарат бойынша жуықтау, шектік қателік, Компьютерлік (есептеуіш) диаметр [6-8 сөз/сөз тіркестері].

A.Zh.Zhubanysheva¹, N. Temirgaliyev¹, A.B. Utesov²

¹ Institute of theoretical mathematics and scientific computations of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

² K.Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan

Numerical differentiation of functions in the context of Computational (numerical) diameter

Abstract: The computational (numerical) diameter is used to completely solve the problem of approximate differentiation of a function given inexact information in the form of an arbitrary finite set of trigonometric Fourier coefficients. [100-200 words]

Keywords: approximate differentiation, recovery from inexact information, limiting error, computational (numerical) diameter, massive limiting error. [6-8 words/word combinations]

References

- 1 Lokucievskij O.M., Gavrikov M.B. Nachala chislenogo analiza [Elements of numerical analysis] (Yanus, Moscow, 1995). [in Russian]
- 2 Temirgaliyev N. Komp'juternyj (vychislitel'nyj) poperechnik kak sintez izvestnogo i novogo v chislenom analize [Computational (numerical) diameter as a synthesis of the known and the new in numerical analysis], Vestnik Evrazijskogo nacional'nogo universiteta imeni L.N. Gumileva [Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University], 4 (101), 16-33 (2014). [in Russian]
- 3 Zhubanysheva A.Zh., AbikenovaSh.K. O normah proizvodnyh funkcij s nulevymi znachenijami zadannogo nabora linejnyh funkcionalov i ih primenenija k poperechnikovym zadacham [About the norms of the derivatives of functions with zero values of a given set of linear functionals and their application to the width problems]. Tezisy dokladov Mezhdunarodnoj konferencii, posvjashhennaja 110-letiju so dnja rozhdenija akademika

- S.M.Nikol'skogo "Funkcional'nye prostranstva i teorija priblizhenija funkcij" [International conference on Function Spaces and Approximation Theory dedicated to the 110th anniversary of S. M. Nikol'skii]. Moscow, 2015, pp. 141-142. [in Russian]
- 4 Kurmukov A. A. Angioprotekturnaja i gipolipidemicheskaja aktivnost' leukomizina [Angioprotective and lipid-lowering activity of leukomycin] (Bastau, Almaty, 2007, P. 3-5). [in Russian]
- 5 Kyrov V.A., Mihajlichenko G.G. Analiticheskij metod vlozhenija simplekticheskoy geometrii [The analytic method of embedding symplectic geometry], Sibirskie jelektronnye matematicheskie izvestija [Siberian Electronic Mathematical Reports], **14**, 657-672 (2017). doi: 10.17377/semi.2017.14.057. Available at: <http://semr.math.nsc.ru/v14/p657-672.pdf>. [in Russian]. (accessed 08.01.2017).

Сведения об авторах:

Жубанышева А.Ж. - старший научный сотрудник Института теоретической математики и научных вычислений, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Теміргалиев Н. - директор Института теоретической математики и научных вычислений, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Утесов А.Б. - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, пр. А.Молдагуловой, 34, Актөбе, Казахстан.

Zhubanysheva A.Zh. - Senoir researcher of the Institute of theoretical mathematics and scientific computations, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Temirgaliyev N. - Head of the Institute of theoretical mathematics and scientific computations, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Utesov A.B. - candidate of physical and mathematical sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, K.Zhubanov Aktobe Regional State University, A.Moldagulova Prospect, 34, Aktobe, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 15.05.2017

Редакторы: А.Т. Ақылбеков
Шығарушы редактор, дизайн: А. Нұрболат

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің
Хабаршысы. Физика. Астрономия сериясы.
-2019 - 3(128) - Нұр-Сұлтан: ЕҰУ. 175-б.
Шартты б.т. - 9,375 Таралымы - 25 дана.

Мазмұнына типография жауап бермейді.

Редакция мекен-жайы: 010008, Нұр-Сұлтан: қ.,
Сәтбаев көшесі, 2.
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Тел.: +7(7172) 70-95-00(ішкі 31-428)

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің баспасында басылды