

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**

№1(126)/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

Астана, 2019  
Astana, 2019

*Бас редакторы*  
ф.-м.ғ. докторы  
**А.Қ. Арынгазин** (Қазақстан)

*Бас редактордың орынбасары*

**А.Т. Ақылбеков**, ф.-м.ғ.д., профессор  
(Қазақстан)

*Редакция алқасы*

<b>Алдонгаров А.А.</b>	PhD (Қазақстан)
<b>Балапанов М.Х.</b>	доктор ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей)
<b>Бахтизин Р.З.</b>	доктор ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей)
<b>Гиниятова Ш.Г.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Даулетбекова А.Қ.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Ержанов Қ.К.</b>	ф.-м.ғ.к., PhD (Қазақстан)
<b>Жұмаділов Қ.Ш.</b>	PhD (Қазақстан)
<b>Здоровец М.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Қадыржанов Қ.К.</b>	доктор ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Кайнарбай А.Ж.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Кутербеков Қ.А.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Лушик А.Ч.</b>	доктор ф.-м.ғ.д., проф. (Эстония)
<b>Морзабаев А.К.</b>	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
<b>Мырзақұлов Р.Қ.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Нұрахметов Т.Н.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Сауытбеков С.С.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Тлеукенов С.К.</b>	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
<b>Усеинов А.Б.</b>	PhD (Қазақстан)

*Редакцияның мекенжайы:* 010008, Қазақстан, Астана қ., Сатпаев 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 министрлігімен  
тіркелген. 27.03.2018ж. №16999-ж тіркеу куәлігі.

Тиражы: 25 дана

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана 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  
**A.K. Aryngazin** (Kazakhstan)

*Deputy Editor-in-Chief*

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

*Editorial board*

<b>Aldongarov A.A.</b>	PhD (Kazakhstan)
<b>Balapanov M.Kh.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Russia)
<b>Bakhtizin R.Z.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Russia)
<b>Dauletbekova A.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences, PhD (Kazakhstan)
<b>Giniyatova Sh.G.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Kadyrzhанov K.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Kazakhstan)
<b>Kainarbay A.Zh.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Kuterbekov K.A.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Kazakhstan)
<b>Lushchik A.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Estonia)
<b>Morzabayev A.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Myrzakulov R.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Kazakhstan)
<b>Nurakhmetov T.N.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Kazakhstan)
<b>Sautbekov S.S.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Kazakhstan)
<b>Tleukenov S.K.</b>	Doctor of Phys.-Math. Sciences, Prof. (Kazakhstan)
<b>Useinov A.B.</b>	PhD (Kazakhstan)
<b>Yerzhanov K.K.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences, PhD(Kazakhstan)
<b>Zdorovets M.</b>	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
<b>Zhumadilov K.Sh.</b>	PhD (Kazakhstan)

*Editorial address:* L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev str., of. 349, Astana,  
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., Astana, Kazakhstan 010008;

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

*Главный редактор*  
доктор ф.-м.н.  
**А.К. Арынгазин** (Казахстан)

*Зам. главного редактора*

**А.Т. Акилбеков**, доктор ф.-м.н.  
профессор (Казахстан)

*Редакционная коллегия*

<b>Алдонгаров А.А.</b>	PhD (Казахстан)
<b>Балапанов М.Х.</b>	ф.-м.н., проф. (Россия)
<b>Бахтизин Р.З.</b>	ф.-м.н., проф. (Россия)
<b>Гиниятова Ш.Г.</b>	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Даулетбекова А.К.</b>	кандидат ф.-м.н., PhD (Казахстан)
<b>Ержанов К.К.</b>	кандидат ф.-м.н., PhD (Казахстан)
<b>Жумадилов К.Ш.</b>	доктор PhD (Казахстан)
<b>Здоровец М.</b>	к.ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Кадыржанов К.К.</b>	ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Кайнарбай А.Ж.</b>	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Кутербеков К.А.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Лущик А.Ч.</b>	ф.-м.н., проф. (Эстония)
<b>Морзабаев А.К.</b>	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
<b>Мырзакулов Р.К.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Нурахметов Т.Н.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Сауытбеков С.С.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Тлеукенов С.К.</b>	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
<b>Усеинов А.Б.</b>	PhD (Казахстан)

*Адрес редакции:* 010008, Казахстан, г. Астана, 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. Астана, 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

№1(126)/2019

МАЗМҰНЫ

<i>Балахаева Р., Акылбеков А., Даулетбекова А., Козловский А., Баймуханов З., Гиниятова Ш., Усеинов А., Садуова Б., Карим К.</i> SiO <sub>2</sub> /Si тректі темплэйтте екі типті электролит негізінде CdTe нанокластерлерін қалыптастыру	8
<i>Дукенов А.Б., Усеинов А.Б., Акылбеков А.Т., Даулетбекова А.К., Здоровец М.В., Ыбыраев Н.С., Оралбеков Н.Б.</i> Таза және кобальтпен легирленген MgF <sub>2</sub> -нің электрондық қасиеттерін Ab-initio есептеулері	15
<i>Доломатов М.Ю., Шуткова С.А., Шарипов Т.И., Бахтизин Р.З., Ишниязов З.З., Нураxметов Т.Н., Салиходжа Ж.М.</i> Мұнай асфальтені нанобөлшектерінің молекулалық және супрамолекулалық құрылымының ерекшеліктері	23
<i>Кайнарбай А. Ж., Нураxметов Т.Н., Юсупбекова Б., Кайнарбаева А., Турмаханбетова А., Базарбаева.Г.Е., Абдраман Б.</i> Биологиядан бастан күн энергетикасына шейін кең қолданыс табатын CdSe/CdS гетероқұрылымдардың алу әдістемесін жасау	32
<i>Мадиярова А.Е., Разина О.В., Цыба П.Ю.</i> f-эссенциялы Эйнштейн-Картан гравитация моделі	38
<i>Ногай А.С., Кутербеков К.А., Бекмырза К.Ж., Нураxметов Т.Н., Кабышев А.М., Кумисбек А., Жеткенбай А., Айдарбеков Н., Сулейменов А.</i> Жанармай жасушалары үшін кобальт халькогенидінің негізінде катализаторларды синтездеу және зерттеу	48
<i>Нураxметов Т.Н., Бахтизин Р.З., Салиходжа Ж.М., Жунусбеков А.М., Кайнарбай А.Ж., Дауренбеков Д.Х., Садыкова Б.М., Жанылысов К.Б., Юсупбекова Б.Н.</i> Сілтілі металл сульфаттарының зоналық құрылымы	56
<i>Санг Мей Ли, Босунг Шин, А.Сейтжан, А.Мырзагалиева, Б.Медеубаева</i> Брэгг торларына негізделген оптофлюидтық сенсорлар	67
<i>Саттинова З.К.</i> Құю қондырғысының сақиналы каналында бериллий тотығы термопласт шликерінің изотермиялық емес қату процесін модельдеу	81
<i>Тлеукенов С.К., Балабеков К.Н., Жалғасбекова З.К.</i> Ромбылық кристалдардағы топтық жылдамдық пен электромагниттік энергия ағыны	90

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

№1(126)/2019

CONTENTS

---

<i>Balakhayeva R., Akilbekov A., Dauletbekova A., Kozlovskii A., Baimukhanov Z., Giniyatova Sh., Usseinov A., Saduova B., Karim K.</i> Creation of CdTe nanoclusters in SiO <sub>2</sub> /Si track templates using two types of electrolyte	8
<i>Dukenov A.B., Usseinov A.B., Akilbekov A.T., Dauletbekova A.K., Zdorovets M.V., Ybyraev N.S., Oralbekov N.B.</i> Ab-initio calculations of the electronic properties of pure and cobalt doped MgF <sub>2</sub>	15
<i>Dolomatov M.Yu., Shutkova S.A., Sharipov T.I., Bakhtizin R.Z., Ishniyazov Z.Z., Nurakhmetov T.N., Salikhodzha Z.M.</i> Band structure of alkali metal sulfates	23
<i>Kainarbai A.Zh., Nurakhmetov T.H., Usupbekova B., Kainarbaeva A., Turmakhanbetova A., Bazarbayeva.G., Abdraman B.</i> Wide application areas from biology until solar cell heterojunction CdSe/CdS synthesis method	32
<i>Madiyarova A.E., Razina O.V., Tsyba P.Yu.</i> Einstein-Cartan gravity model with f-essence	38
<i>Nogai A.S., Kuterbekov K.A., Bekmyrza K.Zh., Nurakhmetov T.N., Kabyshev A.M., Kumisbek A., Zhetkenbay A., Aidarbekov N., Suleimenov A.</i> Synthesis and Investigation of Catalysts Based on Cobalt Chalcogenide for Fuel Cells	48
<i>Nurakhmetov T.N., Bakhtizin R.Z., Salikhodzha Z.M., Zhunusbekov A.M., Kainarbay A.Z., Daurenbekov D.H., Sadykova B.M., Zhangylysov K.B., Yussupbekova B.N.</i> Band structure of alkali metal sulfates	56
<i>Sang Mae Lee, Bosung Shin, A.Seitkan, A.Myrzagaliyeva, B.Medeubayeva</i> Optofluidic sensors based on bragg gratings	67
<i>Sattinova Z.K.</i> Simulation of the process of non-isothermal crystallization process of thermoplastic slurry BeO in the annular cavity of the casting plant	81
<i>Tleukenov S.K., Balabekov K.N., Zhalgasbekova Z.K.</i> Group velocity and flow of electromagnetic energy in rhombic crystals	90

ВЕСТНИК ЕВРАЗИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМЕНИ Л.Н.ГУМИЛЕВА. Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ

№1(126)/2019

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Балахаева Р., Акылбеков А., Даулетбекова А., Козловский А., Баймуханов З., Гиниятова Ш., Усеинов А., Садуова Б., Карим К.</i> Создание нанокластеров CdTe в трековых темплэйттах SiO <sub>2</sub> /Si с использованием двух типов электролита	8
<i>Дукенов А.Б., Усеинов А.Б., Акылбеков А.Т., Даулетбекова А.К., Здоровец М.В., Ыбыраев Н.С., Оралбеков Н.Б.</i> Ab-initio расчеты электронных свойств чистого и легированного кобальтом MgF <sub>2</sub>	15
<i>Доломатов М.Ю., Шуткова С.А., Шарипов Т.И., Бахтизин Р.З., Ишниязов З.З., Нурахметов Т.Н., Салиходжа Ж.М.</i> Особенности молекулярной и надмолекулярной структуры наночастиц нефтяных асфальтенов	23
<i>Кайнарбай А. Ж., Нурахметов Т.Н., Юсупбекова Б., Кайнарбаева А., Турмаханбетова А., Базарбаева.Г.Е., Абдраман Б.</i> Разработка методик получения гетероструктур CdSe/CdS широкого круга применения: от биологии до солнечной энергетики	32
<i>Мадиярова А.Е., Разина О.В., Цыба П.Ю.</i> Модель гравитации Эйнштейна-Картана с f-эссенцией	38
<i>Ногай А.С., Кутербекоев К.А., Бекмырза К.Ж., Нурахметов Т.Н., Кабышев А.М., Кумисбек А., Жеткенбай А., Айдарбеков Н., Сулейменов А.</i> Синтез и исследование катализаторов на основе халькогенида кобальта для топливных элементов	48
<i>Нурахметов Т.Н., Бахтизин Р.З., Салиходжа Ж.М., Жунусбеков А.М., Кайнарбай А.Ж., Дауренбеков Д.Х., Садыкова Б.М., Жанылысов К.Б., Юсупбекова Б.Н.</i> Зонная структура сульфатов щелочных металлов	57
<i>Санг Мей Ли, Босунг Шин, А.Сейтжан, А.Мырзагалиева, Б.Медеубаева</i> Оптофлюидные датчики на основе Брэгговских решеток	67
<i>Саттинова З.К.</i> Моделирование процесса неизотермического отверждения термопластичного шликера BeO в кольцевом канале установки литья	81
<i>Тлеуженов С.К., Балабеков К.Н., Жалгасбекова З.К.</i> Групповая скорость и поток электромагнитной энергии в ромбических кристаллах	90

С.К.Тлеуменов<sup>1</sup>, К.Н. Балабеков<sup>2</sup>, З.К. Жалгасбекова<sup>3</sup><sup>1</sup> *L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*  
(E-mail: <sup>1</sup> *matricant@inbox.ru*, <sup>2</sup> *kairgan\_55@mail.ru*, <sup>3</sup> *Ziba\_19\_09@mail.ru*)**Групповая скорость и поток электромагнитной энергии в ромбических кристаллах**

**Аннотация:** В настоящее время интенсивно изучают среды, обладающие магнитоэлектрическими, пьезомагнитными и магнитострикционными эффектами. При изучении волновых процессов в таких средах, необходимо учитывать анизотропию тензора магнитной проницаемости. Волновые процессы в анизотропных средах имеют качественно иные закономерности в сравнении с изотропными. Наряду с изменением величины фазовой скорости от направления распространения, направления фазовой и групповой скоростей не совпадают. В связи с этим в данной статье рассмотрено распространение электромагнитных волн ТЕ и ТМ поляризации в анизотропной среде ромбической симметрии в координатной плоскости  $hoz$ . Определены уравнения индикатрис фазовой, групповой скорости и скорости  $V_\theta$ . Получена формула для угла между векторами фазовой и групповой скоростей  $\gamma$ . Определено направление групповой скорости в плоскости  $hoz$ . Получен вектор потока электромагнитной энергии  $\vec{S}$ . Показано совпадение направления потока энергии и групповой скорости. Рассмотрено преломление ТЕ и ТМ волн на границе изотропного полупространства и анизотропного полупространства ромбической анизотропии. Определены угол преломления и угол полного внутреннего отражения

**Ключевые слова:** анизотропия, ромбическая симметрия, ТЕ и ТМ электромагнитные волны, фазовая и групповая скорости, поток электромагнитной энергии.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-68-36-2019-126-1-90-47>

**Введение.** Волновые процессы в анизотропных средах имеют качественно иные закономерности в сравнении с изотропными. Наряду с изменением величины фазовой скорости от направления распространения, направления фазовой и групповой скоростей не совпадают.

Кроме того, проявляется различная зависимость характеристик волновых процессов от тензоров диэлектрической и магнитной проницаемости для волн ТЕ и ТМ поляризации. Оптически прозрачные среды, для которых магнитная проницаемость равна единице, традиционно, более изучены. [1 – 3]

В настоящее время интенсивно изучают среды, обладающие магнитоэлектрическими, пьезомагнитными и магнитострикционными эффектами. [4 – 7] При изучении волновых процессов в таких средах, необходимо учитывать анизотропию тензора магнитной проницаемости.

Компоненты фазовой скорости определяют закономерности отражения и преломления волн на границе сред. Компоненты вектора групповой скорости дают направление и скорость потока энергии.

В настоящей работе на основе матричного метода матрицанта [6 – 8, 13, 14] рассмотрены вопросы вывода индикатрис волнового вектора, фазовой и групповой скоростей, потока энергии и закономерности отражения преломления волн в ромбических кристаллах.

**1. Исходные соотношения.** Исходными является уравнения Максвелла

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \operatorname{rot} \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}; \operatorname{div} \vec{D} = 0; \operatorname{div} \vec{B} = 0; \vec{j} = 0; \rho = 0; D_i = \epsilon_{ij} E_j; B_i = \mu_{ij} H_j \quad (1)$$

и тензоры диэлектрической и магнитной проницаемости ромбической анизотропии:



$$\hat{\epsilon} = \begin{pmatrix} \epsilon_x & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_y & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_z \end{pmatrix}; \hat{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_x & 0 & 0 \\ 0 & \mu_y & 0 \\ 0 & 0 & \mu_z \end{pmatrix}; \quad (2)$$

Абсолютные проницаемости  $\epsilon_0, \mu_0$  содержатся (включены) в  $\epsilon_{ij}, \mu_{ij}$  на основе представления:

$$f(x, y, z, t) = \bar{f}(z)e^{i\omega t - ik_x x - ik_y y} \quad (3)$$

Система уравнений (1) приводится к матричному уравнению:

$$\frac{d\vec{W}}{dt} = B\vec{W}; \quad \vec{W} = (E_y, H_x, H_y, E_x)^t \quad (4)$$

T - знак транспонирования вектор-строки в вектор-столбец. Матрица коэффициентов B имеет такую структуру:

$$\hat{B} = \begin{pmatrix} 0 & b_{12} & b_{13} & 0 \\ b_{21} & 0 & 0 & b_{24} \\ -b_{24} & 0 & 0 & b_{34} \\ 0 & -b_{13} & b_{43} & 0 \end{pmatrix}; \quad (5)$$

С элементами  $b_{ij}$ :

$$b_{12} = i\omega\mu_x - i\frac{k_y^2}{\omega\epsilon_z}, b_{13} = i\frac{k_x k_y}{\omega\epsilon_z}, b_{21} = i\omega\epsilon_y - i\frac{k_x^2}{\omega\mu_z}, \\ b_{24} = i\frac{k_x k_y}{\omega\mu_z}, b_{34} = -i\omega\epsilon_x + i\frac{k_y^2}{\omega\mu_z}, b_{43} = -i\omega\mu_y + i\frac{k_x^2}{\omega\epsilon_z}. \quad (6)$$

В рамках метода матрицанта, в случае однородных сред, уравнения поверхности волновых векторов могут быть определены из условия:

$$\det[\hat{B}^2 + k_z^2 I] = 0 \quad (7)$$

Здесь I – единичная матрица.

**2. Волны ТЕ поляризации. Плоскость хоз.** В координатной плоскости хоз, при  $k_y = 0$  из (5)-(7) следует индикатриса волнового вектора ТЕ волны:

$$k^2 = \frac{\omega^2 \epsilon_y \mu_x \mu_z}{\mu_z \cos^2 \theta + \mu_x \sin^2 \theta}; k_x = k \sin \theta; k_z = k \cos \theta \quad (8)$$

$\theta$  - угол между осью  $z$  и векторам  $\vec{k}$  в координатной плоскости хоз. Индикатриса фазовой скорости на основе (8) описывается уравнением:

$$V_f^2 = \frac{\mu_z \cos^2 \theta + \mu_x \sin^2 \theta}{\epsilon_y \mu_x \mu_z}; \quad (9)$$

Используя соотношение Рэлея:

$$\vec{V}_g = \vec{n} V_f + \vec{n}_\theta \frac{\partial V_f}{\partial \theta} = \vec{n} V_f + \vec{n}_\theta V_\theta \quad (10)$$

получим:

$$V_{\theta} = \frac{\partial V_f}{\partial \theta} = \frac{(\mu_x - \mu_z) \sin \theta \cos \theta}{\epsilon_y \mu_x \mu_z V_f} \quad (11)$$

Единичные вектора  $\vec{n}$  и  $\vec{n}_{\theta}$  направлены вдоль вектора фазовой скорости ( $\vec{n}$ ) и перпендикулярно ему ( $\vec{n}_{\theta}$ ). Угол  $\gamma$  между векторами фазовой скорости и векторами групповой скорости определяется соотношением:

$$tg \gamma = \frac{V_{\theta}}{V_f} = \frac{(\mu_x - \mu_z) \sin \theta \cos \theta}{\mu_z \cos^2 \theta + \mu_x \sin^2 \theta} = \frac{(\mu_x - \mu_z) tg \theta}{\mu_z + \mu_x tg^2 \theta} \quad (12)$$

Угол  $\beta$  между вектором групповой скорости и осью z в координатной плоскости хоз равен:

$$\beta = \theta + \gamma \quad (13)$$

Поскольку

$$tg \beta = \frac{tg \theta + tg \gamma}{1 - tg \theta tg \gamma} \quad (14)$$

получим:

$$tg \beta = \frac{\mu_x}{\mu_z} tg \theta \quad (15)$$

Абсолютные значение групповой скорости следует из (9)-(12). Используя (12) получим:

$$V_g^2 = V_f^2 + V_{\theta}^2 = \frac{1}{\epsilon_y \mu_x \mu_z} \frac{\mu_z^2 + \mu_x^2 tg^2 \theta}{\mu_z + \mu_x tg^2 \theta} \quad (16)$$

При  $\theta = 0$  из (9) и (16) следует:

$$V_g^2 = V_f^2 = \frac{1}{\epsilon_y \mu_x}; V_{\theta} = 0$$

Если  $\theta = \frac{\pi}{2}$ , то:

$$V_g^2 = V_f^2 = \frac{1}{\epsilon_y \mu_z}; V_{\theta} = 0$$

Производная от  $tg \gamma$ , по  $\theta$  равна нулю при:

$$\mu_z = \mu_x tg^2 \theta \quad (17)$$

это значит, что при

$$tg^2 \theta_0 = \frac{\mu_z}{\mu_x} \quad (18)$$

Отклонение вектора групповой скорости от вектора фазовой скорости максимально. При этом:

$$V_g^2 = \frac{\mu_x + \mu_z}{2 \epsilon_y \mu_x \mu_z}; V_f^2 = \frac{2}{\epsilon_y (\mu_x + \mu_z)}; V_{\theta}^2 = \frac{(\mu_x - \mu_z)^2}{2 \epsilon_y \mu_x \mu_z (\mu_x + \mu_z)}. \quad (19)$$

Справедливо соотношение:

$$V_g^2 \times V_f^2 = \frac{1}{\epsilon_y^2 \mu_x \mu_z}. \quad (20)$$

В рассматриваемом случае как волны имеет компоненты:

$$\vec{E} = \vec{j}E_y; \vec{H} = \vec{i}H_x + \vec{k}H_z.$$

Здесь  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  единичные орты вдоль координатных осей x,y,z. Из уравнений Максвелла (1) и представления решения в виде плоских волн (3) следует соотношения:

$$H_z = \frac{k_x}{\omega\mu_z}E_y, H_x = -\frac{k_z}{\omega\mu_x}E_y \quad (21)$$

Для вектора потока энергии  $\vec{S}$  имеет:

$$\vec{S} = [\vec{E} \times \vec{H}] = \vec{i}E_yH_z - \vec{k}E_yH_x \quad (22)$$

Направление вектора  $\vec{S}$  определяется соотношением

$$tg\beta_s = \frac{S_x}{S_z} = \frac{k_x\mu_x}{k_z\mu_z} = \frac{\mu_x}{\mu_z}tg\theta = tg\beta \quad (23)$$

Из (22) следует, что вектор  $\vec{S}$  по направлению совпадает с направлением вектора групповой скорости (15)

Таким образом

$$S_x = E_yH_z = \frac{k_x}{\omega\mu_z}E_y^2; S_z = -E_yH_x = \frac{k_z}{\omega\mu_x}E_y^2 \quad (24)$$

Абсолютное значение потока:

$$S^2 = S_x^2 + S_z^2 = \frac{k_x^2\mu_x^2 + k_z^2\mu_z^2}{\omega^2\mu_x^2\mu_z^2}E_y^4 = \frac{1}{V_f^2} \frac{\mu_x^2\cos^2\theta + \mu_z^2\sin^2\theta}{\mu_x^2\mu_z^2}E_y^4$$

С учетом (9) получим:

$$S^2 = \frac{1}{\epsilon_y\mu_x\mu_z} \frac{\mu_z^2 + \mu_x^2tg^2\theta}{\mu_z + \mu_xtg^2\theta} (\epsilon_yE_y^2)^2 = V_g^2(\epsilon_yE_y^2)^2 \quad (25)$$

**3. Волны ТМ поляризации. Плоскость хоз.** На основе (5) – (7), индикатриса волнового вектора ТМ волны в плоскости хоз принимает вид:

$$k^2 = \frac{\omega^2\mu_y\epsilon_x\epsilon_z}{\epsilon_z\cos^2\theta + \epsilon_x\sin^2\theta} \quad (26)$$

Индикатриса фазовой скорости описывается уравнением:

$$V_f^2 = \frac{\epsilon_z\cos^2\theta + \epsilon_x\sin^2\theta}{\mu_y\epsilon_x\epsilon_z} \quad (27)$$

Из соотношения Рэлея (10) и (26) следует

$$V_\theta = \frac{\partial V_f}{\partial \theta} = \frac{(\epsilon_x - \epsilon_z)\sin\theta\cos\theta}{\mu_y\epsilon_x\epsilon_z V_f} \quad (28)$$

Как и в случае волн ТЕ поляризации, скорости  $V_f$  и  $V_\theta$  позволяют определить угол  $\gamma$  между векторами фазовой и групповой скоростей:

$$tg\gamma = \frac{V_\theta}{V_f} = \frac{(\epsilon_x - \epsilon_z)\sin\theta\cos\theta}{\epsilon_z\cos^2\theta + \epsilon_x\sin^2\theta} = \frac{(\epsilon_x - \epsilon_z)tg\theta}{\epsilon_z + \epsilon_xtg^2\theta} \quad (29)$$

Для угла  $\beta$ , определяющего направление групповой скорости, справедливо соотношение аналогичное (15):

$$tg\beta = \frac{\epsilon_x}{\epsilon_z} tg\theta, \beta = \theta + \gamma \quad (30)$$

На основе (26), (27) определяется абсолютная величина групповой скорости:

$$V_g^2 = V_f^2 + V_\theta^2 = \frac{1}{\mu_y \epsilon_x \epsilon_z} \frac{\epsilon_z^2 + \epsilon_x^2 tg^2 \theta}{\epsilon_z + \epsilon_x tg^2 \theta} \quad (31)$$

Из (26), (27), (30) следует: при  $\theta = 0$

$$V_g^2 = V_f^2 = \frac{1}{\mu_y \epsilon_x}; V_\theta = 0 \quad (32)$$

При  $\theta = \frac{\pi}{2}$

$$V_g^2 = V_f^2 = \frac{1}{\mu_y \epsilon_z}; V_\theta = 0 \quad (33)$$

Равенство нулю производной от  $tg\gamma$  по  $\theta$  в (28) дает

$$tg^2 \theta_0 = \frac{\epsilon_z}{\epsilon_x} \quad (34)$$

При угле  $\theta = \theta_0$ , угол между направлениями фазовой и групповой скоростями максимален. В этом случае:

$$V_g^2 = \frac{\epsilon_x + \epsilon_z}{2\mu_y \epsilon_x \epsilon_z}; V_f^2 = \frac{2}{\mu_y (\epsilon_x + \epsilon_z)}; V_\theta^2 = \frac{(\epsilon_x - \epsilon_z)^2}{2\mu_y \epsilon_x \epsilon_z (\epsilon_x + \epsilon_z)} \quad (35)$$

В случае ТМ волн электромагнитное поле имеет ненулевые компоненты

$$\vec{E} = \vec{i}E_x + \vec{k}E_z; \vec{H} = \vec{j}H_y \quad (36)$$

следовательно:

$$\vec{S} = [\vec{E} \times \vec{H}] = -\vec{i}E_z H_y + \vec{k}E_x H_y \quad (37)$$

Для поля волн выполняется соотношения:

$$E_x = \frac{k_z}{\omega \epsilon_x} H_y; E_z = -\frac{k_x}{\omega \epsilon_z} H_y \quad (38)$$

Из (36) и (37) получим:

$$tg\beta_s = \frac{S_x}{S_z} = -\frac{E_z}{E_x} = \frac{k_x \epsilon_x}{k_z \epsilon_z} = \frac{\epsilon_x}{\epsilon_z} tg\theta = tg\beta \quad (39)$$

В случае волн ТМ поляризации также (38) и (29) равны.

**4. Преломление волн ТЕ поляризации.** Рассматривается преломление электромагнитных волн ТЕ поляризации на границе изотропной среды и анизотропного полупространства ромбической симметрии в координатной плоскости хоз. На границе контакта полупространств выполняется условие

$$k_0 \sin \theta_0 = k \sin \theta = k_x \quad (40)$$

Индекс «0» относится к изотропной среде. Используя вид к (8) и (39) получим:

$$k_0^2 \sin^2 \theta_0 = \frac{\omega^2 \epsilon_y \mu_x \mu_z \sin^2 \theta}{\mu_z \cos^2 \theta + \mu_x \sin^2 \theta} = \frac{\omega^2 \epsilon_y \mu_x \mu_z \operatorname{tg}^2 \theta}{\mu_z + \mu_x \operatorname{tg}^2 \theta} \quad (41)$$

откуда:

$$\operatorname{tg}^2 \theta = \frac{\mu_z k_0^2 \sin^2 \theta_0}{\omega^2 \epsilon_y \mu_x \mu_z - \mu_x k_0^2 \sin^2 \theta} = \frac{\mu_z}{\mu_x} \frac{k_0^2 \sin^2 \theta_0}{\omega^2 \epsilon_y \mu_z - k_0^2 \sin^2 \theta_0} \quad (42)$$

Угол  $\theta$  определяет направление волнового вектора и фазовой скорости преломленной волны. Учитывая зависимость (15) получим направление групповой скорости и потока энергии:

$$\operatorname{tg}^2 \beta = \frac{\mu_x}{\mu_z} \frac{k_0^2 \sin^2 \theta_0}{\omega^2 \epsilon_y \mu_z - k_0^2 \sin^2 \theta_0} \quad (43)$$

При  $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$ , в следствии обратимости из (41) следует:

$$\operatorname{tg}^2 \theta_{ot} = \frac{\mu_z k_0^2}{\mu_x (\omega^2 \epsilon_y \mu_z - k_0^2)} \quad (44)$$

В данном случае, (43) дает угол полного внутреннего отражения. Формула (42), при этом определяет направление потока энергии к границе.

$$\operatorname{tg}^2 \beta_{ot} = \frac{\mu_x}{\mu_z} \frac{k_0^2}{\omega^2 \epsilon_y \mu_z - k_0^2} \quad (45)$$

**5. Преломление волн ТМ поляризации.** В этом случае из (39) с учетом (25) имеем:

$$k_0^2 \sin^2 \theta_0 = \frac{\omega^2 \mu_y \epsilon_x \epsilon_z \operatorname{tg}^2 \theta}{\epsilon_z + \epsilon_x \operatorname{tg}^2 \theta} \quad (46)$$

откуда следует:

$$\operatorname{tg}^2 \theta = \frac{\epsilon_z}{\epsilon_x} \frac{k_0^2 \sin^2 \theta_0}{\omega^2 \mu_y \epsilon_z - k_0^2 \sin^2 \theta_0} \quad (47)$$

Направление потока энергии в преломленной волне определяется формулой:

$$\operatorname{tg}^2 \beta = \frac{\epsilon_x}{\epsilon_z} \frac{k_0^2 \sin^2 \theta_0}{\omega^2 \mu_y \epsilon_z - k_0^2 \sin^2 \theta_0} \quad (48)$$

Аналогично находится угол полного внутреннего отражения:

$$\operatorname{tg}^2 \theta_{ot} = \frac{\epsilon_z}{\epsilon_x} \frac{k_0^2}{\omega^2 \mu_y \epsilon_z - k_0^2} \quad (49)$$

и направление групповой скорости и потока энергии к границе полупространства:

$$\operatorname{tg}^2 \beta_{ot} = \frac{\epsilon_x}{\epsilon_z} \frac{k_0^2}{\omega^2 \mu_y \epsilon_z - k_0^2} \quad (50)$$

### Заклучение и выводы

1. Рассмотрено распространение электромагнитных волн ТЕ и ТМ поляризации в анизотропной среде ромбической симметрии в координатной плоскости хоз.
2. Определены уравнения индикатрис фазовой, групповой скорости и скорости  $V_\theta$ .
3. Получена формула для угла между векторами фазовой и групповой скоростей -  $\gamma$ .
4. Определено направление групповой скорости в плоскости хоз.
5. Получен вектор потока электромагнитной энергии  $\vec{S}$ . Показано совпадение направления потока энергии и групповой скорости.
6. Рассмотрено преломление ТЕ и ТМ волн на границе изотропного полупространства и анизотропного полупространства ромбической анизотропии. Определены угол преломления и угол полного внутреннего отражения.
7. Из полученных результатов следует зависимость характеристик волнового процесса в случае ТЕ волн от анизотропии тензора магнитной проницаемости и ТМ волн от анизотропии тензора диэлектрической проницаемости.

### Список литературы

1. Ландау Л.Д. Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред.-Москва: Наука, 1982.
2. Рязанов М.И. Электродинамика конденсированного вещества.-Москва: Наука, 1984.
3. Виноградова М.Б., Руденко О.В. и Сухоруков А.П. Теория волн.-Москва: Наука, 1990.
4. Балакирев М.К., Гилинский И.А. Волны в пьезокристаллах.-Новосибирск: Наука, 1982.
5. Рабинович М.И. и Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн.-Москва: Наука, 1984.
6. Tleukenov S.K. и Оспанов А.Т. Излучение Электромагнитных Полей в Анизотропных Средах.-Алматы: Кенже пресс,2001.
7. Tleukenov S.K. Электромагнитные волны в анизотропных средах.-Алматы: Эпиграф, 2017.
8. Tleukenov S.K. and A. M. Assilbekova A.M. Surface of wave vectors of electromagnetic waves in anisotropic dielectric media with rhombic symmetry // Telecommunication and Radio Engineering, 2017.-P. 1231-1238.
9. Filippov D.A., Galichyan T.A. and Laletin V.M. Magnetoelectric effect in bilayer magnetostrictive-piezoelectric structure // Theory and experiment, Applied Physics A, 2014. -P. 1087-1091.
10. Zhang T., Yang X. and etc. A new magnetoelectric composite with enhanced magnetoelectric coefficient and lower resonance frequency // Applied Composite Materials,2013. -P. 579-590.
11. Osaretin A. and Rojas R.G. Theoretical model for the magnetoelectric effect in magnetostrictive piezoelectric composites // Physical Review B, 2010. -P. 174415-1-177415-8.
12. Bichurin M.I., Petrov V.M., Averkin S.V. and Filippov A.V. Electromechanical resonance in magnetoelectric layered structures // Phys. Solid State-2010. -P. 2116-2122.
13. Tleukenov S.K. A method for the analytical description of coupled-field waves in various anisotropic media // ActaMechanica, 2014. -P. 3535-3547.
14. Tleukenov S., Bobeev A. and Sabitova D. Structure of the matriciant for systems of ordinary differential equations of first order and its applications // International Journal of Applied Mathematics and Statistics, 2017. -P. 209-217.

С.К. Тлеуенов<sup>1</sup>, К.Н. Балабеков<sup>2</sup>, З.К. Жалгасбекова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті Астана, Қазақстан

### Ромбылық кристалдардағы топтық жылдамдық пен электромагниттік энергия ағыны

**Аңдатпа** Қазіргі уақытта магнитоэлектрлік, пьезомагниттік және магнитострикциондық құбылыстарға ие орталар қарқынды зерттелуде. Осындай орталарда толқындық процесстерді зерттеу кезінде, магниттік өтімділік тензорының анизотропиясын ескеру қажет. Анизотропты орталардағы толқындық процесстер изотропты орталармен салыстырғанда сапалы өзге заңдылықтарға ие. Сонымен қатар фазалық жылдамдық шамасының таралу бағытының өзгеруіне орай, фазалық және топтық жылдамдықтар бағыттары сәйкес келмейді.

Осыған байланысты, мақалада хоз координат жазықтығындағы ромбылық симметриялы анизотроптық ортада ТЕ (тензорлық электрлік толқыны) және ТМ (тензорлық электромагниттік толқыны) поляризациялы электромагниттік толқындардың таралуы түрінде қарастырылған. Яғни,  $V_\theta$ -жылдамдығының, топтық және фазалық жылдамдықтардың

индикатрис теңдеулері анықталған. Фазалық және топтық жылдамдық векторларының арасындағы  $\gamma$  бұрышы үшін формула алынған. хоз жазықтығындағы топтық жылдамдықтың бағыты анықталған. Электромагниттік энергия  $\vec{S}$  ағынының векторы алынған. Топтық жылдамдық және энергия ағынының бағыттарының сәйкес келуі көрсетілген. Изотропты жартылай кеңістігі мен ромбылық анизотропияның анизотропты жартылай кеңістігінің шекарасындағы ТЕ және ТМ толқындарының сынуы қарастырылды. Сыну бұрышы және толық ішкі шағылу бұрышы анықталды.

**Түйін сөздер:** анизотропия, ромбылық симметрия, ТЕ және ТМ электромагниттік толқындар, фазалық және топтық жылдамдық, электромагниттік энергия ағыны.

**S.K. Tleukenov<sup>1</sup>, K.N. Balabekov<sup>2</sup>, Z.K. Zhalgasbekova<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

### Group velocity and flow of electromagnetic energy in rhombic crystals

**Abstract:** At present, media with magnetoelectric, piezomagnetic and magnetostrictive effects are intensively studied. When studying the wave processes of such media, it is necessary to take into account the anisotropy of the magnetic permeability tensor.

Wave processes in anisotropic media have qualitatively different regularities in comparison with anisotropic ones. Along with the change in the value of the phase velocity from the direction of propagation, the directions of the phase and group velocities do not coincide.

In this regard, this article considers the propagation of electromagnetic waves ET and ET polarization in an anisotropic medium of rhombic symmetry in the xoz coordinate plane. Defined by equations of the distribution of phase and group speed and velocity  $V_\theta$ . The formula for the angle between the vectors of phase and group velocities  $\gamma$  is obtained. The direction of the group velocity in the xoz plane is determined. Received vector of electromagnetic energy flow  $\vec{S}$ . The coincidence of the direction of the energy flow and the group velocity is shown. The refraction of ET and ET waves at the boundary of isotropic half-space and anisotropic half-space of rhombic anisotropy is considered. The angle of refraction and the angle of total internal reflection are determined.

**Keywords:** anisotropy, rhombic symmetry, ET and ET electromagnetic waves, phase and group velocity, electromagnetic energy flow.

### References

- 1 Landau L.D. and Lifshitz E.M. *Electrodinamika sploshnyh sred* (Science, Moscow, 1982). [in Russian]
- 2 Ryazanov M.I. *Electrodinamika kondensirovannogo veshstva* (Science, Moscow, 1984). [in Russian]
- 3 Vinogradova M.B., Rudenko O.V. and Suhorokov A.P. *The theory of wave* (Science, Moscow, 1990). [in Russian]
- 4 Balakirev M.K. and Gilinski I.A. *Volny in Piezokristalah* (Science, Novosibirsk, 1982). [in Russian]
- 5 Rabinovich, M.I. and Trubetzkov D.I. *Introduction to the Theory of Oscillations and Waves* ( Science, Moscow, 1984). [in Russian]
- 6 Tleukenov S.K. and Ospanov A.T. *Radiation of Electromagnetic Fields in Anisotropic Media* ( Kenzhe press, Almaty,2001). [in Russian]
- 7 Tleukenov S.K. *Electromagnetic waves in Anisotropic Media* (Epigraph, Almaty,2017). [in Russian]
- 8 Tleukenov, S.K. and A. M. Assilbekova, A.M., *Surface of wave vectors of electromagnetic waves in anisotropic dielectric media with rhombic symmetry*, *Telecommunication and Radio Engineering*, 76(14), 1231-1238.(2017).
- 9 Filippov, D.A., Galichyan, T.A., and Laletin, V.M., *Magnetoelectric effect in bilayer magnetostrictive-piezoelectric structure. Theory and experiment*, *Applied Physics A*, 115(3),1087-1091.(2014).
- 10 Zhang, T., Yang, X., and etc., *A new magnetoelectric composite with enhanced magnetoelectric coefficient and lower resonance frequency*, *Applied Composite Materials*, 21(4),579-590.(2013).
- 11 Osaretin, A. and Rojas, R.G., *Theoretical model for the magnetoelectric effect in magnetostrictive/piezoelectric composites*, *Physical Review B*, 82(17),174415-1-177415-8.(2010).
- 12 Bichurin, M.I., Petrov, V.M., Averkin, S.V., and Filippov, A.V., *Electromechanical resonance in magnetoelectric layered structures*. *Phys. Solid State*, 52, 2116-2122.(2010).
- 13 Tleukenov, S.K., *A method for the analytical description of coupled-field waves in various anisotropic media*, *ActaMechanica*, 225(12),3535-3547.(2014).
- 14 Tleukenov, S., Bobeev, A., and Sabitova, D., *Structure of the matriciant for systems of ordinary differential equations of first order and its applications*, *International Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 57(1),209-217.(2017).

**Сведения об авторах:**

*Тлеукенов С.К.* - доктор физико-математических наук, профессор кафедры технической физики, Евразийский национальный университет имени Л.М.Гумилева, ул.К.Мунайтпасова 13, Астана, Казахстан.

*Балабеков К.Н.* - кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой технической физики, Евразийский национальный университет имени Л.М.Гумилева, ул.К.Мунайтпасова 13, Астана, Казахстан.

*Жалгасбекова З.К.* - кафедра технической физики, специальность 6D072300-Техническая физика, 1-курс, докторант. Евразийский национальный университет имени Л.М.Гумилева, ул.К.Мунайтпасова 13, Астана, Казахстан.

*Tleukenov S.K.*- doctor of physical and mathematical Sciences, Professor, Professor of the Department of technical physics L.N.Gumilyov Eurasian National University, 13 Munaitpasov str., Astana, Kazakhstan.

*Balabekov K.N.*- candidate of physical and mathematical Sciences, associate Professor, Head of the Department of Technical physics, L.N.Gumilyov Eurasian National University, 13 Munaitpasov str., Astana, Kazakhstan.

*Zhalgasbekova Z.K.*- department of technical physics, profession-6D072300- Technical physics.1-grade, doctoral student. L.N.Gumilyov Eurasian National University, 13 Munaitpasov str., Astana, Kazakhstan.

*Поступила в редакцию 15.02.2018*



«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.enru.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 келісімін, шетел тіліне аударылып қайта басылуына келісімін 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).

ГТАМРК <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

**Аннотация** (100-200 сөз; күрделі формулаларсүзсіз, 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 мәтінінде 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 номерленеді.

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 түйым салынады.

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

**Қолданылған 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., Темирғалиев 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 Нургазина 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://semr.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 – ЕҰУ қызметкерлері үшін және 5500 тенге басқа ұйым қызметкерлеріне.

**Реквизиттер:**

"Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева" МОН РК

Столичный филиал АО "Цеснабанк"

КБЕ 16

БИН 010140003594

БИК TSES KZ KA

Счет в кодировке IBAN-

KZ91998ВТВ0000003104-

"За публикацию ФИО авторов"

**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 re-publication 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 Баиллов 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, посвященная 110-летию со дня рождения академика С.М.Никольского, Москва, Россия, 2015. - Москва, 2015. -С.141-142. - - **Conferences proceedings**

4 Нургазина 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):

**Requisites:**

L.N. Gumilyov Eurasian  
National University"  
JSC "Tsesnabank:"  
Tsesnabank КБЕ  
КБЕ 16  
БИН 010140003594  
БИК TSES KZ KA  
Счет в кодировке IBAN-  
KZ91998ВТВ0000003104-  
-За публикацию фио

**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 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. - **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):

## Мақаланы рәсімдеу үлгісі

МРНТИ 27.25.19

А.Ж. Жубанышева<sup>1</sup>, Н. Темиргалиев<sup>2</sup>, А.Б. Утесов<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> *Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, Актюбе, Казахстан*

(Email: <sup>1</sup> *axaulezh@mail.ru*, <sup>2</sup> *ntmath10@mail.ru*, <sup>3</sup> *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

$$\delta_N(\varepsilon_N; D_N)_Y \equiv \delta_N(\varepsilon_N; T; F; D_N)_Y \equiv \inf_{(l^{(N)}, \varphi_N) \in D_N} \delta_N \left( \varepsilon_N; \left( l^{(N)}, \varphi_N \right) \right)_Y, \quad (51)$$

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

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

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

### 3. Ссылки и библиография

Для ссылок на утверждения, формулы и т. п. можно использовать метки. Например, теорема 2, Формула (51)

Таблица 1 – Название таблицы

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



Рисунок 1 – Название рисунка

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

Список литературы оформляется следующим образом.

### Список литературы

- 1 Локуциевский О.М., Гавриков М.Б. Начала численного анализа. –М.: ТОО "Янус", 1995. –581 с. - **книга**
- 2 Темиргалиев 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., Абикинова 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 гипополидемическая 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. Жубанышева**<sup>1</sup>, **Н. Темиргалиев**<sup>1</sup>, **А.Б. Утесов**<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Қ.Жубанов атындағы. Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

#### Компьютерлік (есептеуіш) диаметр мәнінде функцияларды сандық дифференциалдау

**Аннотация:** Компьютерлік (есептеуіш) диаметр мәнінде 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.Zhubanysheva**<sup>1</sup>, **N. Temirgaliyev**<sup>1</sup>, **A.B. Utesov**<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> 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 chislennogo analiza [Elements of numerical analysis] (Yanus, Moscow, 1995). [in Russian]
- 2 Temirgaliyev N. Komp'yuternyj (vychislitel'nyj) poperechnik kak sintez izvestnogo i novogo v chislennom 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 funkcionov i ih primeneniya 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 priblizheniya funkcionov" [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 gipolipidemicheskaia aktivnost' leukomycina [Angioprotective and lipid-lowering activity of leukomycin] (Bastau, Almaty, 2007, P. 3-5). [in Russian]
- 5 Kyrov V.A., Mihajlichenko G.G. Analiticheskij metod vloženiya simplekticheskoj geometrii [The analytic method of embedding symplectic geometry], Cibirskie 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:

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

*Темиргалиев 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, Актобе, Казахстан.

*Zhubanysheva A.Zh.* - Senior 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.Қ. Арынгазин  
Шығарушы редактор, дизайн: А. Нұрболат

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің  
Хабаршысы. Физика. Астрономия сериясы.  
-2019 - 1(126) - Астана: ЕҰУ. 107-б.  
Шартты б.т. - 9,375 Таралымы - 25 дана.

Мазмұнына типография жауап бермейді.

Редакция мекен-жайы: 010008, Астана 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