

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

| | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Алдонгаров А.А. | PhD (Қазақстан) |
| Балапанов М.Х. | доктор ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей) |
| Бахтизин Р.З. | доктор ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей) |
| Гиниятова Ш.Г. | ф.-м.ғ.к. (Қазақстан) |
| 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. | доктор ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан) |
| Кайнарбай А.Ж. | ф.-м.ғ.к. (Қазақстан) |
| Кутербеков Қ.А. | ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан) |
| Лушик А.Ч. | доктор 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) |
| Тлеукенов С.К. | ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан) |
| Усеинов А.Б. | 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

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

| | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Алдонгаров А.А. | PhD (Казахстан) |
| Балапанов М.Х. | ф.-м.н., проф. (Россия) |
| Бахтизин Р.З. | ф.-м.н., проф. (Россия) |
| Гиниятова Ш.Г. | кандидат ф.-м.н. (Казахстан) |
| Даулетбекова А.К. | кандидат ф.-м.н., PhD (Казахстан) |
| Ержанов К.К. | кандидат ф.-м.н., PhD (Казахстан) |
| Жумадилов К.Ш. | доктор PhD (Казахстан) |
| Здоровец М. | к.ф.-м.н. (Казахстан) |
| Кадыржанов К.К. | ф.-м.н., проф. (Казахстан) |
| Кайнарбай А.Ж. | кандидат ф.-м.н. (Казахстан) |
| Кутербеков К.А. | доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан) |
| Лущик А.Ч. | ф.-м.н., проф. (Эстония) |
| Морзабаев А.К. | кандидат ф.-м.н. (Казахстан) |
| Мырзакулов Р.К. | доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан) |
| Нурахметов Т.Н. | доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан) |
| Сауытбеков С.С. | доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан) |
| Тлеукенов С.К. | доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан) |
| Усеинов А.Б. | 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 ₂ /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 ₂ -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 ₂ /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 ₂ | 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., Salikhodja 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 ₂ /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 ₂ | 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., Кутербеков 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 |

МРНТИ 29.19.01

**А.С. Ногай, К.А. Кутербек, К.Ж. Бекмырза, Т.Н. Нурахметов, А.М. Кабышев,
А. Кумисбек, А. Жеткенбай, Н. Айдарбеков, А. Сулейменов**

*Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан
(E-mail: nogay06@mail.ru, kkuterbekov@gmail.com, kbekmyrza@yandex.kz)*

Синтез и исследование катализаторов на основе халькогенида кобальта для топливных элементов

Аннотация: В работе представлены результаты синтеза исходных кластерных соединений на основе халькогенидов кобальта и проведена их термодеструкция на углеродном носителе - саже VulcanXC-72, а также исследованы структурные и физико-химические характеристики приготовленных каталитических систем. Установлен оптимальный режим работы водородо-воздушных топливных элементов (ТЭ), а также выявлено, что наибольшая эффективность работы топливного элемента достигается при одновременном воздействии этих факторов. Изучена роль каждого из этих факторов на повышение энергетических параметров ТЭ.

Ключевые слова: синтез катализаторов, анод, катод, халькогенид кобальтита, кластерные соединения

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-68-36-2019-126-1-48-56>

Введение. Несмотря на то, что к настоящему времени технология производства топливных элементов на жидком и газообразном топливе, в частности, на метаноле и водороде, в целом разработана, до сих пор остаются принципиальные проблемы, без решения которых невозможно перейти к широкомасштабной коммерциализации метаноле-воздушных и водородо-воздушных ТЭ, в особенности для использования в качестве источника питания, например, портативных устройств. Наиболее важной проблемой остается создание эффективных электрокатализаторов, которые обеспечили бы длительную (несколько тысяч часов) работу топливных элементов без снижения их характеристик. В настоящее же время используются дорогостоящие платиновые катализаторы на высокодисперсных углеродных носителях.

Для замены платины рядом исследователей были предложены катализаторы, содержащие макроциклические комплексы металлов, а также металл-халькогенидные системы MoRuX (где X = S, Se или Te), которые являются аналогами фаз Шевреля, выбранными по принципу обеспечения многоэлектронности процесса восстановления кислорода. Однако, как было показано, эти системы не обладают достаточной активностью. Кроме того, сама методология синтеза катализаторов на основе металл-халькогенидных систем, получаемых *in situ* (например, из кластера Ru₃(CO)₁₂ и селена при нагревании в ксилоле или нонане), не обеспечивает хорошей воспроизводимости состава и зависит от слишком многих факторов. Большой обзор работ по неплатиновым катализаторам восстановления кислорода опубликован сравнительно недавно [1-3].

Использование новейших наноструктурных материалов в качестве носителей электрокатализатора является на сегодняшний день перспективным направлением в области топливной энергетики.

В настоящей статье предлагается альтернативный путь получения катализаторов на основе металл-халькогенидных кластеров, в которых атомы металла и халькогенов непосредственно связаны друг с другом, присутствуют в строгом стехиометрическом соотношении и окружены органическими группировками. Органические группировки обеспечивают растворимость кластера в легко удаляемых инертных органических растворителях и сами легко элиминируются при пиролизе. Пропитав раствором кластера подходящий носитель и удалив путем термодеструкции органическое окружение металлоостова, можно получить на поверхности носителя однородное металл-халькогенидное покрытие, при этом природу металлов и халькогенов, а также соотношение компонентов в остове прекурсора можно варьировать в достаточно широких пределах.

Целью работы является разработка новых типов каталитических систем, на основе халькогенидов кобальта [2, 3] и исследование их структурных, электрохимических и мощностных характеристик.

1. Методика эксперимента. Синтез $\text{Co}_3(\text{PhTe})_5(\text{CO})_4$ проводили по методике, аналогичной описанной в [5, 6], с использованием гептана вместо бензола. Взято соотношение Co/Te 3:6 (небольшой избыток дифенилдителлура). $5\text{Co}_2(\text{CO})_8 + 3\text{Ph}_2\text{Te}_2 = \text{Co}_3(\text{PhTe})_5(\text{CO})_4 + \text{Co}_3\text{Te}_5 + \text{Co}_3\text{Te}_3$ В настоящей работе исследование геометрических параметров катализаторов и их структуры в исходном состоянии проводили с использованием растрового электронного микроскопа (РЭМ) (иначе - сканирующий электронный микроскоп - SEM) с полевым катодом Quanta 650 FEG (FEI, Нидерланды). Этот прибор, за счет входящего в его комплект энергодисперсионного рентгеновского детектора, позволяет также проводить химический микроанализ исследуемых объектов (EDAX). Рентгенофазовый анализ выполнялся на дифрактометре Empyrean (Panalytical) с использованием фильтрованного CuK -излучения. Эти исследования проводились в стандартной геометрии Брэгга-Брентано ("на отражение"). Причем образцы исследовали без использования связующих. Также следует отметить, что исследования методом малоуглового рентгеновского рассеяния были проведены с использованием специализированного дифрактометра SAXSess (Anton Paar). Образцы в конверте из нерассеивающего полимера анализировали при комнатной температуре в геометрии "на пропускание"; камеру образца вакуумировали, а в качестве детектора использовали Imaging plates. Экспериментальные кривые нормировали на поглощение образцом; коллимационная поправка вводилась по стандартным процедурам. Расчет распределения частиц по размерам осуществлялся после вычитания кривой рассеяния исходным углеродным носителем по методу регуляризации Тихонова с помощью программы GNOM [4].

Для оценки активности синтезированных в рамках данной работы катализаторов использовали метод тонкопленочного вращающегося дискового электрода (ТПВДЭ), который ранее был использован, в частности, для определения кинетических параметров реакций окисления водорода и восстановления кислорода на дисперсных платиновых и платино-рутениевых катализаторах, иммобилизованных на саже VulcanXC-72. Кинетику восстановления молекулярного кислорода исследовали в области потенциалов 0.2-0.9 В (здесь и далее потенциалы приведены относительно водородного электрода в том же растворе). Для испытаний МЭБ использовали коммерческую ячейку "SC-5 GO" (Paxitech, Франция), которая предназначена для испытаний МЭБ с протонопроводящей мембраной и площадью активного слоя 5 см^2 . Для измерения электрических параметров МЭБ, подключенного к лабораторной установке ВТП, в составе экспериментального стенда использовалась электронная нагрузка АТН-8036.

2. Результаты и их обсуждение

С помощью рентгеноструктурного анализа состава смеси CoTe_2 и $\text{Co}_{1.11}\text{Te}_2$ (см. рисунок 1) установлена однофазность синтезированных образцов. Дифрактограмма описывается смесью CoTe_2 и $\text{Co}_{1.11}\text{Te}_2$ в примерно равных количествах (рисунок 1).

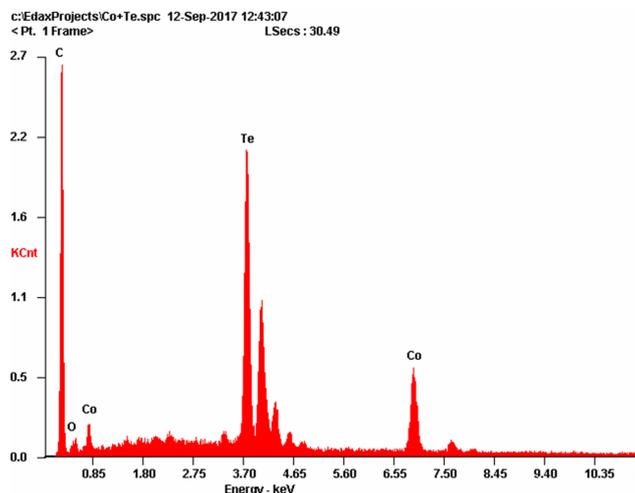


Рисунок 1 – Дифрактограмма смеси CoTe_2 и $\text{Co}_{1.11}\text{Te}_2$

Изготовление мембранно-электродных блоков (МЭБ) осуществлено на основе мембраны "Нафийон XL" путем нанесения 20% халькогенида кобальта на катод, а на анод - коммерческого катализатора 20% Pt-Ru (1:1) фирмы E-TEK. МЭБ представляет собой плотноупакованную сборку, включающую в себя мембрану, находящуюся между катодным и анодным газодиффузионными слоями (ГДС) с нанесенными на них катодным и анодным каталитическим слоем соответственно.

Для изготовления МЭБ использовали мембрану NafionXL толщиной 28 мкм, а также катодный и анодный газодиффузионные электроды.

Для приготовления катодных каталитических чернил использовали катализатор АП-2071 на основе CoTe , а для приготовления анодных каталитических чернил использовали коммерческий катализатор E-TEKPtRu на саже XC-72 (Cabot) - PtRu (1:1)/C с содержанием металлов 20% платиновой группы.

Для изготовления катодных газодиффузионных электродов использовали чернила следующего состава: катализатор АП-2071 - 94 мг, водно-спиртовой раствор полимерного электролита Nafion DuPont, концентрацией 15 % масс, плотностью 0.86 г см⁻³ - 0.51 мл, вода деионизованная - 2 мл, изо-пропанол - 4 мл.

Аналогичным образом готовили анодные газодиффузионные электроды. Газодиффузионные аноды содержали катализатор PtRu/C (содержание металлов 1.25 мг см⁻²) и иономер нафийон в количестве 3.5 мг см⁻². Формирование МЭБ производили горячим прессованием анодного и катодного газодиффузионных электродов к протон-проводящей мембране. Для исследования были взяты образцы нанокластерных Co-Te и Co-Se катализаторов, приготовленных путем нанесения соответствующих металлокомплексных прекурсоров на поверхность сажи VulcanXC-72 с последующим термическим разложением в атмосфере водорода при температуре 450 - 500 °С.

Электрохимические измерения проводили в стандартной стеклянной трехэлектродной ячейке с неразделенным катодным и анодным пространством. В качестве вспомогательного электрода использовали платиновую сетку площадью 10 см², а в качестве электрода сравнения использовался электрод из Hg/Hg₂SO₄/0.5 MН₂SO₄. Рабочим электродом служил вращающийся дисковый электрод из стеклоуглерода (S = 0.07 см²), который перед нанесением дисперсного слоя катализатора полировали и промывали горячим щелочным раствором и водой. Навеску синтезированного катализатора смешивали с водой и добавляли

раствор Нафиона (Aldrichsol.5%) из расчета 15% от массы катализатора. Полученную суспензию подвергали ультразвуковой обработке, а затем с помощью микропипетки наносили аликвоту этой суспензии на диск из стеклогуглерода (из расчета содержания халькогенида 100 - 200 мкг см⁻²) и высушивали на воздухе при 60 °С. В качестве электролита использовали 0.5 М раствор Н₂SO₄, приготовленный из особо чистой серной кислоты и дважды дистиллированной воды. Для продувки раствора аргоном и насыщения его кислородом использовали баллонные газы. Все измерения проводили при комнатной температуре.

Кинетику электровосстановления молекулярного кислорода исследовали методом измерения вольтамперных характеристик в диапазоне потенциалов 0.9 - 0.2 В со скоростью 5 мВс⁻¹ при скоростях вращения электрода от 600 до 2500 об мин⁻¹. Все электрохимические измерения проводили с использованием автоматического потенциостата ЭЛ-02.06, сопряженного с персональным компьютером. Полученные экспериментальные данные обрабатывали с помощью стандартных компьютерных программ.

Тестирование МЭБ проводили в макетах ВВТЭ в испытательных топливных ячейках ElectroChem (США) с рабочей площадью 5 см² на испытательном стенде G40 (Hydrogenics, Канада) и потенциостате Элинс.

Со стороны катода подавали кислород без дополнительного увлажнения и без избыточного давления со скоростью 200 мл мин⁻¹. Со стороны анода подавали водород со скоростью 200 мл мин⁻¹ при температуре 25 °С. Разрядные характеристики ВВТЭ оценивали в режиме циклической вольтамперметрии (ЦВА). ЦВА записывали в интервале от напряжения разомкнутой цепи (НРЦ) до 0 В со скоростью развертки 2.5 мВ с⁻¹ с использованием потенциостата Элинс. Измерение разрядных характеристик МЭБ проводили после выведения последнего на рабочий режим путем длительного циклирования в интервале напряжений от НРЦ до 0 В.

Средний состав синтезированного катализатора СоТе/С в исходном состоянии (т.е. до электрохимических испытаний), рассчитанный по данным энергодисперсионного анализа, составляет 3.006 ат.% для Со и 5.82 ат.% для Те; таким образом, соотношение Со:Те = 1:1.93. В соответствии с приведенной формулой синтезированного соединения соотношение кобальта и теллура должно составлять 1:1.66. Таким образом, можно заключить, что наблюдается хорошее согласие между результатами синтеза и реальным содержанием компонентов в синтезированном образце катализатора СоТе/С.

Исходя из микрофотографий образца, размер частиц катализатора СоТе/С составляет от 20 до 117 нм. Фазовый состав металл-халькогенидного катализатора СоТе, нанесенного на высокодисперсную сажу, определяли методом рентгенофазового анализа (XRD). Дифрактограмма описывается смесью СоТе₂ и Со_{1.11}Те₂ в примерно равных количествах. Эти фазы отличаются симметрией. Размер зерен (при усреднении по всем фазам) получается примерно 34 нм, но с большими напряжениями решетки. Если найти неперекрывающиеся пики СоТе₂, то размер кристаллитов этой фазы составляет примерно 20 нм.

Таким образом, результаты сканирующей электронной микроскопии (SEM) хорошо коррелируют с результатами расчета размера кристаллитов, полученными из дифрактограмм.

Для установления электровосстановительных свойств катализатора СоТе/С были изучены их вольтамперные характеристики в среде в 0.5 М Н₂SO₄. На рисунке 2 представлены вольтамперные характеристики электровосстановления кислорода на катализаторе СоТе/С, полученные при различных скоростях вращения электрода. Видно, что с увеличением скорости вращения электрода увеличивается предельный ток электровосстановления кислорода.

Следует отметить, что представленные зависимости были измерены, начиная от потенциала 0.9 В, хотя, как отмечалось выше, в этой области потенциалов наблюдались заметные токи окисления катализатора в фоновом растворе. Как следует из экспериментальных данных, присутствие кислорода в электролите, по-видимому, подавляет эти токи. В то же время, реальной точкой отсчета начала восстановления кислорода следует считать потенциал 0.7 В. Как будет показано ниже, при измерении вольтамперной зависимости в единичном ТЭ бестоковый потенциал в присутствии кислорода на катализаторе СоТе/С устанавливается равным 0.66 В, что близко к потенциалу начала окисления катализатора (см. рисунок 2).

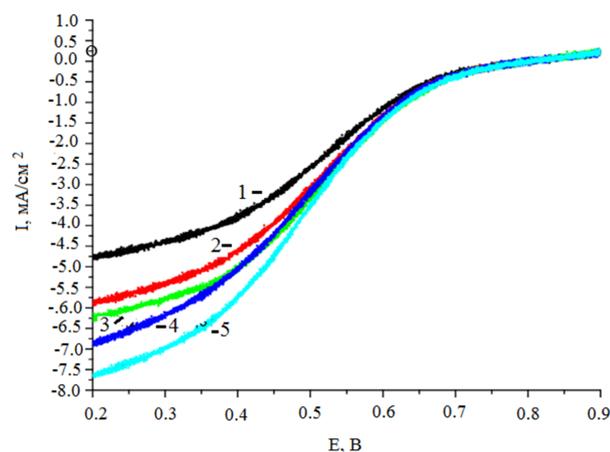


Рисунок 2 – Вольтамперные характеристики восстановления кислорода на CoTe/C катализаторе в 0.5 М H_2SO_4 при скоростях вращения ТПВДЭ (об мин $^{-1}$): 620 (1), 1100 (2), 1400 (3), 2000 (4), 2500 (5).

Значения плотностей тока, близких к предельным, соответствуют теоретическим плотностям тока, при которых электровосстановление кислорода происходит с участием 4-х электронов, т.е. до воды, как это наблюдается и для катализатора Co_7Se_8 описанного в [2].

Аналогичные вольтамперные характеристики в растворе H_2SO_4 , насыщенном кислородом, наблюдаются и в случае катализатора CoSe/C (см. рисунок 3).

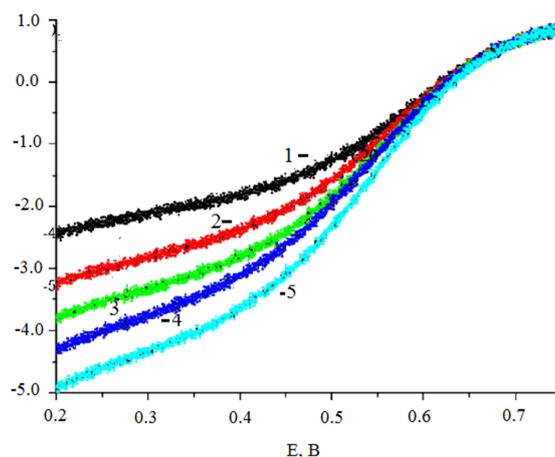


Рисунок 3 – Вольтамперные характеристики восстановления кислорода на CoSe/C катализаторе в 0.5 М H_2SO_4 при скоростях вращения ТПВДЭ (об мин $^{-1}$): 620 (1), 1090 (2), 1400 (3), 2070 (4), 2500 (5).

Исследование вольтамперной характеристики МЭБ с катодным катализатором на основе CoTe/C показало, что в отсутствие кислорода токи при включении нагрузки отсутствуют, т.е. изготовленный ТЭ не работает, что хорошо видно из рисунка 4.

Исследование энергетических параметров МЭБ с катодом на основе синтезированного катализатора CoTe/C проводили путем изучения вольтамперной и мощностной характеристик, изображенных на рисунке 5.

На рисунке 5 представлены вольтамперная (1) и мощностная (2) характеристики МЭБ с вышеуказанными каталитическими и ГДС слоями при скорости прокачки водорода и кислорода 200 мл мин $^{-1}$. Наблюдаемые вольтамперные (1) и мощностные (2) характеристики являются характеристиками зависимости напряжений между анодом и катодом ТЭ и плотностями токов, а также плотностями мощности, генерируемыми в цепи, в результате протекания электрохимических реакций в приэлектродных областях.

Как видно из рисунка 5, максимальная удельная мощность 3.25 мВт см $^{-2}$ соответствует напряжению на топливном элементе $U = 0.2$ В. Однако, видно, что в широком диапазоне

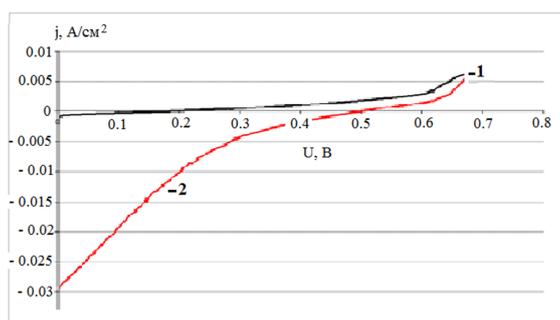


Рисунок 4 – Вольтамперные характеристики системы водород-кислород (кривая - 1) и водород-азот (кривая - 2).

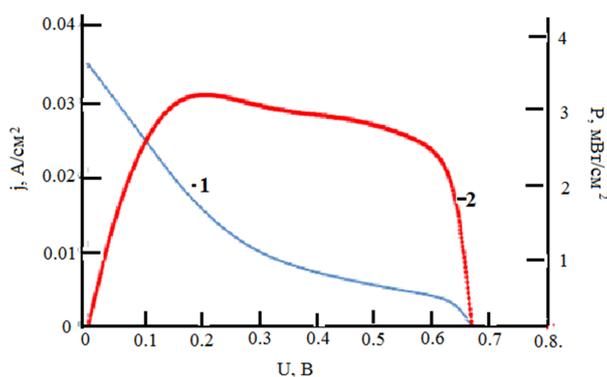


Рисунок 5 – Вольтамперная (1) и мощностная (2) характеристики МЭБ с катодом на основе катализатора CoTe/C.

напряжений, а именно от 0.6 В до 0.15 В, удельная мощность изменяется незначительно и составляет 2.5-3.25 мВт см⁻², что вполне совместимо с требованиями, предъявляемым к ТЭ.

Таким образом, нами предлагается альтернативный путь получения катализаторов на основе металлхалькогенидных кластеров, в которых атомы металла и халькогенов непосредственно связаны друг с другом, присутствуют в строгом стехиометрическом соотношении и окружены органическими группировками. Органические группировки обеспечивают растворимость кластера в легко удаляемых инертных органических растворителях и сами легко элиминируются при пиролизе. Пропитав раствором кластера подходящий носитель и удалив путем термодеструкции органическое окружение металлоостова, можно получить на поверхности носителя однородное металлхалькогенидное покрытие, при этом природу металлов и халькогенов, а также соотношение компонентов в остове прекурсора можно варьировать в широких пределах. Достоинством метода является высокая воспроизводимость по составу и равномерность распределения катализатора по углеродному носителю.

Представленный экспериментальный результат показывает, что для системы NAFION - Pt/C с платиновыми катализаторами процессы тепловой релаксационной поляризации наблюдаются, как в низкочастотной, так и в высокочастотной областях.

Появление таких релаксационных процессов в основном связано с наличием влаги в структуре и степенью «рыхлости» структуры катализатора. Подвижность влаги под влиянием переменного электрического поля и вызывает релаксационную поляризацию. Установлено, что с повышением температуры (в интервале температур от 25 до 75 °С) эти процессы усиливаются, т.е. пики тангенса угла потерь становятся более выраженными и наблюдаются их сдвиг в область более низких температур.

Тепловые релаксационные процессы поляризации наблюдаются и в системе NAFION - CoSe/C в условиях влажной среды, но в этом случае релаксационные процессы более четкие и ярче выражены, т.е. значения пиков тангенса потерь tg(lg) значительно больше и острее, чем для системы NAFION - Pt/C).

Эти результаты свидетельствуют о том, что структура катализаторов на основе CoSe/C в целом более упорядочена, но структурная ажурность позволяет обеспечивать большую

подвижность "структурной влаги", что может быть положительным фактором для протекания электрохимических процессов в топливных элементах.

Установлено влияние материалов катализаторов на поляризационные процессы систем типа NAFION - Pt/C и NAFION - CoSe/C.

Заклучение. В работе была предпринята попытка оценить активность катализаторов на основе халькогенидов кобальта непосредственно в единичной топливной ячейке ВВТЭ при использовании их в качестве каталитических слоев, нанесенных на ГДС кислородного электрода.

Разработан новый метод синтеза исходного кластера $\text{Co}_3(\text{PhTe})_5(\text{CO})_4$ для получения электрокатализатора восстановления кислорода.

Получен новый наноразмерный катализатор восстановления кислорода CoTe/C и изучены его физико-химические и структурные характеристики.

Показано, что катализатор CoTe/C в водном растворе серной кислоты подвергается электроокислению при потенциалах выше 0.7 В, что снижает его бестоковый потенциал в реальном ТЭ.

Впервые получены результаты о возможности использования непосредственно теллурида кобальта в качестве катодного катализатора в ТЭ.

Установлена толерантность катализатора CoTe/C к реакции электроокисления метанола.

Список литературы

- 1 Morozan A., Jousset B., Palacin S. Low-platinum and platinum-free catalysts for the oxygen reduction reaction at fuel cell cathodes // Energy Environ. Sci. - 2011. - Vol. 4. - P. 1238-1254.
- 2 Masud J., Nath M. Co_7Se_8 Nanostructures as Catalysts for Oxygen Reduction Reaction with High Methanol Tolerance // ACS Energy Lett. - 2016. - Vol. 1. - P. 27-31.
- 3 Nekooi P., Akbari M., Mohammad K. CoSe nanoparticles prepared by the microwave-assisted polyol method as an alcohol and formic acid tolerant oxygen reduction catalyst // International journal of hydrogen energy. - 2010. - Vol. 35. - P. 6392-6398.
- 4 Svergun D.I. Determination of the regularization parameter in indirect-transform methods using perceptual criteria // J. Appl. Cryst. - 1992. - Vol. 25. - P. 495-503.
- 5 Torubaev Yu.V., Pasynskii A.A., Mathur P. Organotellurium-Halides: New Ligands for the Transition Metal Complexes // Coord. Chem. Rev. - 2012. - Vol. 256. - P. 709-721.
- 6 Pasynskii A.A., Torubaev Yu.V., Lysenko K.A., Lyakina A.Yu., Dobrokhotova Zh. V., Novotortsev V. M. Features of the synthesis, molecular structure, and thermal decomposition of pentakis (phenyl tellurido) tetracarbonyltricobalt cobalt $\text{Co}_3(\text{CO})_3(\text{CO})(\text{TePh})_5$ // Zhurnal Neorganicheskoi Khimii. - 1998. - Vol. 43(6). - P. 939-944.

А.С. Ногай, К.А. Кутербеков, К.Ж. Бекмырза, Т.Н. Нурахметов, А.М. Кабышев, А. Кумисбек, А. Жеткенбай, Н. Айдарбеков, А. Сулейменов

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Жанармай жасушалары үшін кобальт халькогенидінің негізінде катализаторларды синтездеу және зерттеу

Аңдатпа. Мақалада кобальт халькогенидтерінің негізінде бастапқы кластерлік қосылыстардың синтезінің нәтижелері келтірілген және олардың көміртегі тасымалдаушысы - VulcanXC-72 көміртегі қара тотығы бойынша жылуды жою және дайын каталитикалық жүйелердің құрылымдық және физика-химиялық сипаттамалары қарастырылған. Суутектік-әуе отынының жасушаларының (ФК) жұмысының оңтайлы режимі белгіленді, сондай-ақ, отындық жасушаның ең тиімділігі осы факторлардың бір уақытта әсер етуімен қол жеткізілгендігі анықталды. Осы факторлардың әрқайсысының отындық жасушалардың энергетикалық параметрлерін жоғарылатудағы рөлі зерттелді.

Түйін сөздер: Катализаторларды синтездеу, анод, катод, кобальт халькогениді, кластердік қосындылар.

A.S. Nogai, K.A. Kuterbekov, K.Zh. Bekmyrza, T.N. Nurakhmetov, A.M. Kabyshev, A. Kumisbek, A. Zhetkenbay, N. Aidarbekov, A. Suleimenov

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Synthesis and Investigation of Catalysts Based on Cobalt Chalcogenide for Fuel Cells

Abstract: The paper presents the results of synthesis of initial cluster compounds based on cobalt chalcogenides and carried out their thermal destruction on a carbon carrier - VulcanXC-72 carbon black, and the structural and physico-chemical characteristics of the prepared catalytic systems. The optimum mode of operation of hydrogen-air fuel cells (fuel cells) has been established, and it has been found that the greatest efficiency of fuel cell operation is achieved with simultaneous action of these factors, and the role of each of these factors in increasing the energy parameters of fuel cells.

Keywords: synthesis of catalysts, anode, cathode, cobaltite chalcogenide, cluster compounds..

References

- 1 Moroza A., Jousset B., Palacin S. Low-platinum and platinum-free catalysts for the oxygen reduction reaction at fuel cell cathodes, *Energy Environ. Sci.* 4,1238-1254(2011)
- 2 Masud J., Nath M. Co₇Se₈ Nanostructures as Catalysts for Oxygen Reduction Reaction with High Methanol Tolerance, *ACS Energy Lett*, 27-31 (2016).
- 3 Nekooi P., Akbari M., Mohammad K. CoSe nanoparticles prepared by the microwave-assisted polyol method as an alcohol and formic acid tolerant oxygen reduction catalyst, *International journal of hydrogen energy*, 35,6392-6398(2010).
- 4 Svergun D.I. Determination of the regularization parameter in indirect-transform methods using perceptual criteria, *J. Appl. Cryst.* 495-503(1992).
- 5 Torubaev Yu.V., Pasynskii A.A., Mathur P. Organotellurium-Halides: New Ligands for the Transition Metal Complexes, 256,709-721(2012).
- 6 Pasynskii A.A., Torubaev Yu.V., Lysenko K.A., Lyakina A.Yu., Dobrokhotova Zh. V., Novotortsev V. M. Features of the synthesis, molecular structure, and thermal decomposition of pentakis (phenyl tellurido) tetracarbonyltricobalt cobalt Co₃(CO)₃(CO)(TePh)₅, *Zhurnal Neorganicheskoi Khimii*, 43(6), 939-944(1998).

Сведения об авторах:

Ногай А.С. - доктор физико-математических наук, профессор Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан.

Кутербеков К.А. - доктор физико-математических наук, профессор Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан.

Бекмырза К.Ж. - PhD, и.о. доцента Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан.

Нурахметов Т.Н. - доктор физико-математических наук, профессор Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан.

Кабышев А.М. - PhD, старший преподаватель Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан.

К. А. - магистрант 2 курса Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан.

Жеткенбай А. - магистрант 2 курса Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан.

Айдарбеков Н. - докторант 1 курса Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан.

Сулейменов А. - старший преподаватель Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан.

Nogai A.S. - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Kuterbekov K.A. - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Bekmyrza K.Zh. -PhD, Associate Professor of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Nurakhmetov T.N.- Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Kabyshv A.M. - PhD, Senior Lecturer of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Kumisbek A. - 2 year undergraduate of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Zhetkenbay A. - 2 year undergraduate of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Aidarbekov N. - 1 year PhD Student of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Suleimenov A. - Senior Lecturer of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 15.12.2018

«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.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 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).

ГТАМПК <http://grmti.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 формулаларсызсыз, 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 теорамдағы 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., 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 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. Стилевой 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. 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

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

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 гипополипидемическая 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. Темиргалиев**¹, **А.Б. Утесов**²

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

² 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.Zhubanysheva¹, **N. Temirgaliyev**¹, **A.B. Utesov**²

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 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 funkcij s nulevymi znachenijami zadannogo nabora linejnyh funkcionalov 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.Nicol'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. Angioprotekornaja i gipolipidemicheska ja 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 vložhenija 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. - 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.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