

ISSN 2079-5629

Том 5, Номер 11–12

Ноябрь–Декабрь 2014



# ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА И ИНЖИНИРИНГ

<http://www.maik.ru>



МАИК "НАУКА/ИНТЕРПЕРИОДИКА"

# СОДЕРЖАНИЕ

---

---

Том 5, номер 11–12, 2014

---

---

## МЯГКАЯ ФИЗИКА

Measurement of the  $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  cross section in the center-of-mass energy range 1.22–2.00 GeV with the SND detector at the VEPP-2000 collider

*D. A. Shtol*

867

---

## ЭЛЕКТРОСЛАБЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Высокостатистическое измерение форм-факторов  $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$  ( $Ke3$ ) распада

*О. П. Ющенко*

873

---

## ЯДРО-ЯДЕРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Aligned interactions in cosmic rays

*J. Kempa*

877

Jet measurements by ALICE at LHC

*Rishat Sultanov (for the ALICE Collaboration)*

880

---

## ТЯЖЕЛЫЕ ИОНЫ

Feasibility of Flow Studies at NICA/MPD

*N. S. Geraksiev (for the MPD Collaboration)*

885

Study of Clusters and Hypernuclei Production with the NICA/MPD Experiment

*V. Kireyev*

889

---

## НЕЙТРИНО

Калориметрический метод определения активности источника нейтрино на основе  $^{51}\text{Cr}$

*Е. П. Веретенкин, В. Н. Гаврин, С. Н. Даньшин, Т. В. Ибрагимова, Ю. П. Козлова, И. Н. Мирмов*

892

Исследование свойств нейтринного пучка эксперимента T2K

*Т. А. Овсянникова, Ю. Г. Куденко*

896

Гео-нейтрино

*И. Н. Мачулин (от коллаборации Борексино)*

900

Измерение активности нейтринного источника  $^{51}\text{Cr}$  по спектру гамма-излучения

*В. В. Горбачёв, В. Н. Гаврин, Т. В. Ибрагимова, А. В. Калихов, Ю. М. Мальшикин, А. А. Шихин*

904

Статус работ по изучению СНО-нейтрино от Солнца в эксперименте Борексино

*Г. А. Лукьянченко (от коллаборации Борексино)*

908

---

## ГРАВИТАЦИЯ И КОСМОЛОГИЯ

Compact dark matter objects, asteroseismology, and gravitational waves radiated by Sun

*Yu. E. Pokrovsky*

912

## ДЕТЕКТОРЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Система регистрации и сбора данных детектора TPC/MPD проекта NICA

*А. В. Аверьянов, А. Г. Бажажин, С. В. Верещагин, Ю. В. Заневский, С. А. Запорожец,  
В. Н. Зрюев, А. М. Короткова, Ф. В. Левчановский, Ю. Лукстиньш, С. А. Мовчан,  
С. В. Разин, А. А. Рыбаков, О. В. Фатеев, В. Ф. Чепурнов, Г. А. Черёмухина*

916

Разработка прототипа TASD (Totally Active Scintillator Detector)

*А. В. Мефодьев, Ю. Г. Куденко*

924

Разработка методов трекинга для эксперимента VM@N на нуклотроне ОИЯИ

*П. Н. Батюк, С. П. Мерц, Г. А. Ососков, О. В. Рогачевский*

931

Методика поиска двойного К-захвата  $^{124}\text{Xe}$  с помощью медного пропорционального счетчика

*Ю. М. Гаврилюк, А. М. Гангапшев, В. В. Казалов, В. В. Кузьминов, С. И. Панасенко,  
С. С. Раткевич, Д. А. Текуева, С. П. Якименко*

935

Удаленные центры мониторинга эксперимента CMS

*А. О. Голунов, Н. В. Горбунов, А. В. Зарубин, В. В. Кореньков, С. В. Шматов*

939

## РАЗДЕЛЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ИЗОТОПОВ. МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ

О возможности переработки ОЯТ и РАО плазменными методами

*Н. А. Ворона, А. В. Гавриков, А. А. Самохин, В. П. Смирнов, Ю. С. Хомяков*

944

Исследование возможности применения диффузной вакуумной дуги как источника плазмы для разработки технологии плазменной сепарации ОЯТ и РАО

*Р. Х. Амиров, Н. А. Ворона, А. В. Гавриков, Г. Д. Лизякин, В. П. Полищук, И. С. Самойлов,  
В. П. Смирнов, Р. А. Усманов, И. М. Ярцев*

952

## ТЕХНОЛОГИЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Генератор мощных наносекундных импульсов с амплитудой напряжения до 300 кВ и частотой повторения до 16 Гц для тонкого измельчения кварца

*Е. Г. Крастелев, А. А. Седин, В. И. Тугушев*

956

Нанесение и тестирование покрытия карбида бора на вольфрам. Тестирование вольфрама и покрытия при интенсивном плазменном облучении

*А. А. Айрапетов, Л. Б. Беграмбеков, О. И. Бужинский, А. В. Грунин, А. А. Гордеев,  
А. М. Захаров, А. М. Калачев, Я. А. Садовский, П. А. Шигин*

961

Модификация поверхностных оксидных слоев титановых мишеней с целью повышения ресурса нейтронных трубок

*А. М. Захаров, О. А. Двойченкова, А. Е. Евсин*

964

Защитные структуры на поверхности циркониевых элементов активной зоны легководных реакторов. Формирование, тестирование, прототипное оборудование

*Л. Б. Беграмбеков, А. А. Гордеев, А. Е. Евсин, С. В. Иванова, А. С. Каплевский, Я. А. Садовский*

967

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Создание ВТСП кабелей мегаваттного диапазона в РФ

*В. Е. Сытников, С. Е. Бемерт, И. В. Кривецкий, М. А. Ромашов, Д. А. Попов,  
Е. В. Федотов, О. В. Команденко* 970

Сверхпроводниковый ограничитель тока для железнодорожного транспорта

*Л. М. Фишер, Д. Ф. Алферов, М. Р. Ахметгареев, А. И. Будовский, Д. В. Евсин,  
И. Ф. Волошин, А. В. Калинов* 976

---

## МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ НОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Реализация термоядерного зажигания рентгеновским излучением Z-пинча, формируемым током взрывомагнитного генератора

*С. Г. Гаранин, А. В. Ивановский* 980

Вольфрамовые квазисферические лайнеры с профилированной массой

*Е. В. Грабовский, В. В. Джангобегов, Г. М. Олейник, Р. Н. Родионов* 986

---

## ФИЗИКА ГАЗОВОГО РАЗРЯДА И ПЛАЗМЫ

Спектроскопическая диагностика ионной температуры на сферическом токамаке Глобус-М

*Г. Ф. Авдеева, И. В. Мирошников, Н. Н. Бахарев, Г. С. Курскиева, М. И. Патров,  
В. Ю. Сергеев, П. Б. Щёголев* 990

Аналитическая модель влияния наклонного магнитного поля на распределение электрического потенциала около обращенных к плазме поверхностей

*И. Е. Бородкина, И. В. Цветков* 995

---

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПЛАЗМЫ, ПУЧКОВ ЧАСТИЦ И ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

Перспективы применения электронных пучков в переработке углеводородов газа и нефти

*А. В. Пономарев, В. А. Першуков, В. П. Смирнов* 1001

Применение диффузных разрядов атмосферного давления, формируемых за счет убегающих электронов, для модификации поверхности меди и нержавеющей стали

*В. Ф. Тарасенко, М. А. Шулепов, М. В. Ерофеев* 1006

Осаждение медных покрытий в магнетроне с расплавленным катодом

*А. В. Тумаркин, А. В. Казиев, Д. В. Колодко, А. А. Писарев, М. М. Харьков, Г. В. Ходаченко* 1010

Разработка методики лазерной очистки поверхности первого зеркала системы активной спектроскопии на ИТЭР

*А. П. Кузнецов, О. И. Бужинский, К. Л. Губский, Е. А. Никитина, А. В. Савченков,  
Б. А. Тарасов, С. Н. Тугаринов* 1014

Нанесение покрытий при лазерном облучении газопылевой среды

*А. Ф. Глова, А. Ю. Лысиков, С. С. Нелюбин, П. И. Перетяцько,  
Ю. Ф. Рыжков, В. Б. Турундаевский* 1024

---

## МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА И БИОФИЗИКА

Оборудование для центров ядерной медицины, возможности предприятий РОСАТОМА для его производства

*Ю. Н. Гавриш, С. А. Колосков, В. П. Смирнов, А. П. Строкач* 1033

---

---

---

# Contents

---

---

Vol. 5, No. 11–12, 2014

---

---

## SOFT PHYSICS

Measurement of the  $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  cross section in the center-of-mass energy range 1.22–2.00 GeV with the SND detector at the VEPP-2000 collider

*D. A. Shtol*

867

---

## ELECTROWEAK INTERACTIONS

High Statistics Measurement of the Form Factors of the  $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$  (Ke3) Decay

*O. P. Yushchenko*

873

---

## HIGH-ENERGY NUCLEUS–NUCLEUS INTERACTIONS

Aligned interactions in cosmic rays

*J. Kempa*

877

Jet measurements by ALICE at LHC

*Rishat Sultanov (for the ALICE Collaboration)*

880

---

## HEAVY IONS

Feasibility of Flow Studies at NICA/MPD

*N. S. Geraksiev (for the MPD collaboration)*

885

Study of Clusters and Hypernuclei Production with the NICA/MPD Experiment

*V. Kireyeu*

889

---

## NEUTRINOS

Calorimetric Method for Determining the Activity of a Neutrino Source Based on Cr-51

*E. P. Veretenkin, V. N. Gavrin, S. N. Danshin, T. V. Ibragimova, Yu. P. Kozlova, and I. N. Mirmov*

892

Study of the T2K Neutrino Beam

*T. A. Ovsianikova and Yu. G. Kudenko*

896

Geoneutrinos

*I. N. Machulin (for the Borexino Collaboration)*

900

Measurement of the Activity of a  $^{51}\text{Cr}$  Neutrino Source from the Gamma Spectrum

*V. V. Gorbachev, V. N. Gavrin, T. V. Ibragimova, A. V. Kalikhov, Yu. M. Malyshkin, and A. A. Shikhin*

904

Status of the Study of CNO Solar Neutrinos in the Borexino Experiment

*G. A. Lukyanenko (for the Borexino Collaboration)*

908

---

## GRAVITY AND COSMOLOGY

Compact dark matter objects, asteroseismology, and gravitational waves radiated by Sun

*Yu. E. Pokrovsky*

912

---

## DETECTORS AND INVESTIGATION METHODS

Readout System of the TPC/MPD NICA Project

*A. V. Averyanov, A. G. Bajajin, S. V. Vereschagin, Yu. V. Zanevsky, S. A. Zaporozhets, V. N. Zruev, A. M. Korotkova, F. V. Levchanovskiy, J. Lukstins, S. A. Movchan, S. V. Razin, A. A. Rybakov, O. V. Fateev, V. F. Chepurnov, and G. A. Cheremukhina* 916

Design of the Totally Active Scintillator Detector (TASD)

*A. V. Mefodiev and Yu. G. Kudenko* 924

Development of Methods for Tracking in the BM@N Experiment at the JINR Nuclotron

*P. N. Batyuk, S. P. Merts, G. A. Ososkov, and O. V. Rogachevsky* 931

Method of Search for 2K-Capture of  $^{124}\text{Xe}$  Using a Copper Proportional Counter

*Yu. M. Gavriilyuk, A. M. Gangapshev, V. V. Kazalov, V. V. Kuzminov, S. I. Panasenko, S. S. Ratkevich, D. A. Tekueva, and S. P. Yakimenko* 935

Regional Operational Centers for the CMS Experiment

*A. O. Golunov, N. V. Gorbunov, A. V. Zarubin, V. V. Korenkov, and S. V. Shmatov* 939

---

## SEPARATION AND APPLICATION OF ISOTOPES. MASS SPECTROMETRY

On the Possibility of Reprocessing of Spent Nuclear Fuel and Radioactive Waste by Plasma Methods

*N. A. Vorona, A. V. Gavrikov, A. A. Samokhin, V. P. Smirnov, and Yu. S. Khomyakov* 944

Study of the Feasibility of a Distributed Cathodic Arc as a Plasma Source for the Development of Technology for Plasma Separation of Spent Nuclear Fuel and Radioactive Wastes

*R. Kh. Amirov, N. A. Vorona, A. V. Gavrikov, G. D. Liziakin, V. P. Polistchook, I. S. Samoylov, V. P. Smirnov, R. A. Usmanov, and I. M. Yartsev* 952

---

## TECHNOLOGY OF NUCLEAR MATERIALS

Nanosecond Pulsed Power Generator for a Voltage Amplitude up to 300 kV and a Repetition Rate up to 16 Hz for Fine Disintegration of Quartz

*E. G. Krastelev, A. A. Sedin, and V. I. Tugushev* 956

Deposition and Test of Boron Carbide Coating on Tungsten. Test of Tungsten Layers and Coating under Intense Plasma Load

*A. A. Airapetov, L. B. Begrambekov, O. I. Buzhinskiy, A. V. Grunin, A. A. Gordeev, A. M. Zakharov, A. M. Kalachev, Ya. A. Sadovskiy, and P. A. Shigin* 961

Modification of the Surface Oxide Layers of Titanium Targets for Increasing the Lifetime of Neutron Tubes

*A. M. Zakharov, O. A. Dvoichenkova, and A. E. Evsin* 964

Protective Structures on the Surface of the Zirconium Core Components of Light Water Reactors: Formation, Testing, and Prototype Equipment

*L. B. Begrambekov, A. A. Gordeev, A. E. Evsin, S. V. Ivanova, A. S. Kaplevsky, and Ya. A. Sadovskiy* 967

---

## PROMISING CONSTRUCTION MATERIALS

Creation of HTS Cables for a Megawatt Range in the Russian Federation

*V. E. Sytnikov, S. E. Bemert, I. V. Krivetsky, M. A. Romashov, D. A. Popov, E. V. Fedotov, and O. V. Komandenko* 970

Superconducting Current Limiter for Railway Transport

*L. M. Fisher, D. F. Alferov, M. R. Akhmetgareev, A. I. Budovskii, D. V. Evsin,  
I. F. Voloshin, and A. V. Kalinov*

976

---

## MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR NEW POWER SOURCES

Thermonuclear Ignition of a Z-Pinch by X Radiation Produced by the Current of an Explosive Magnetic Generator

*S. G. Garanin and A. V. Ivanovskiy*

980

Tungsten Quasispherical Wire Loads with a Profiled Mass

*E. V. Grabovskii, V. V. Dzhangobegov, G. M. Oleinik, and R. N. Rodionov*

986

---

## PHYSICS OF GAS DISCHARGE AND PLASMA

Spectroscopic Diagnostics of the Ion Temperature on the Globus-M Spherical Tokamak

*G. F. Avdeeva, I. V. Miroshnikov, N. N. Bakharev, G. S. Kurskiev, M. I. Patrov,  
V. Yu. Sergeev, and P. B. Shchegolev*

990

Analytical Model of the Influence of an Inclined Magnetic Field on the Distribution of the Electric Potential near Plasma Facing Surfaces

*I. E. Borodkina and I. V. Tsvetkov*

995

---

## INTERACTION OF PLASMAS, PARTICLE BEAMS, AND RADIATION WITH MATTER

Perspective Applications of Electron Beams in Processing of Oil and Gas Hydrocarbons

*A. V. Ponomarev, V. A. Pershukov, and V. P. Smirnov*

1001

Application of Runaway-Electron-Preionized Diffuse Discharges of Atmospheric Pressure for the Surface Modification of Copper and Stainless Steel

*V. F. Tarasenko, M. A. Shulepov, and M. V. Erofeev*

1006

Deposition of Copper Coatings in a Magnetron with a Melted Cathode

*A. V. Tumarkin, A. V. Kaziev, D. V. Kolodko, A. A. Pisarev, M. M. Khar'kov, and G. V. Khodachenko*

1010

Development of a Method of Laser Cleaning of the Surface of the First Mirror of the Active Spectroscopy System at the ITER

*A. P. Kuznetsov, O. I. Buzinskij, K. L. Gubsky, E. A. Nikitina, A. V. Savchenkov,  
B. A. Tarasov, and S. N. Tugarinov*

1014

Coating Formation at Laser Irradiation of a Dusty Gas Medium

*A. F. Glova, A. Yu. Lysikov, S. S. Nelyubin, P. I. Peretyatko, Yu. F. Ryzhkov, and V. B. Turundaevskii*

1024

---

## MEDICAL PHYSICS AND BIOPHYSICS

Equipment for Nuclear Medical Centers. Production Possibilities of Rosatom Enterprises

*Yu. N. Gavrish, S. A. Koloskov, V. P. Smirnov, and A. P. Strokach*

1033

---

Сдано в набор 27.05.2015 г. Подписано к печати 11.08.2015 г. Дата выхода в свет 30.09.2015 г. Формат 60 × 88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>  
Цифровая печать Усл. печ. л. 21.36 Уч.-изд. л. 32.8 Печ. л. 22.25  
Тираж 90 экз. Тип. заказ 806 Цена свободная

---

Учредитель: Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ" (НИЯУ МИФИ)

---

Издатель: ООО МАИК "НАУКА/ИНТЕРПЕРИОДИКА", 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90  
Отпечатано в ППП "Типография "Наука", 121099 Москва, Шубинский пер., 6