**Исследование феррожидкости с 3%-ной концентрацией**

**наночастиц CоFe2O4 c помощью поляризованных мюонов**

***С. И. Воробьев, М. Балашою1,2, Д. Бузату3,***

***А. Л. Геталов, К. И. Грицай1, В. Н. Дугинов1,***

***Е. Н. Комаров, С. А. Котов, К. Стан3, Г. В. Щербаков***

**Аннотация**

Магнитные жидкости на основе однодоменных магнитных наночастиц ферритов-шпинели, диспергированных в различных жидких средах, представляют определенный практический и научный интерес. В работе представлено экспериментальное исследование феррожидкости на основе магнитных наночастиц из молекул CoFe2O4, диспергированных в Н2O с концентрацией наночастиц 3 %. В данном исследовании было определено, что структура и величина намагниченности феррожидкости зависят от вязкости самой жидкости. Показано, что при комнатной температуре (290 К) и внешнем магнитном поле 527 Гс наблюдаемая дополнительная намагниченность составляет ~ 20 Гс. В небольшой доле исследуемого образца (~ 20 %) наблюдается отрицательная намагниченность (диамагнетизм). При низкой температуре (~ 30 К) образец в магнитном поле ведет себя как парамагнетик. Впервые экспериментально с помощью mSR-метода измерено магнитное поле внутри и в ближайшей окрестности наночастицы CoFe2O4, которое составляет 1,96 ± 0,44 кГс. Таким образом, произведено прямое измерение намагниченности наноразмерного объекта.

1 *Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия*

2 *“Horia Hulubei” National Institute of Physics and Engineering, Bucharest, Romania*

*3 “Politehnica” University of Bucharest, Bucharest, Romania*

**Study of a Ferrofluid with the 3% Concentration of CоFe2O4**

**Nanoparticles by Means of Polarized Muons**

***S.I. Vorobyev\*, M. Balasoiu, D. Buzatu, A.L. Getalov, K.I. Gritsaj,***

***V.N. Duginov, E.N. Komarov, S.A. Kotov, C. Stan, G.V. Shcherbakov***

**Abstract**

Ferrofluids based on single-domain magnetic nanoparticles of spinel ferrites dispersed in various liquid media are of particular practical and scientific interest. The paper presents an experimental study of a ferrofluid based on magnetic nanoparticles of CoFe2O4 molecules dispersed in H2O with the nanoparticle concentration of 3%. In the study it was determined that the structure and magnetization of the ferrofluid depends on its viscosity. It was shown that at room temperature (290 K) and the external magnetic field of 527 G the observed additional magnetization is ~ 20 G. A small fraction of the sample (~ 20%) shows negative magnetization (diamagnetism). At a low temperature (~ 30 K) the sample in the magnetic field behaves like a paramagnet. For the first time the magnetic field inside and in the near vicinity of the CoFe2O4 nanoparticle was measured experimentally using the mSR method and was found to be 1.96 ± 0.44 kG. Thus, a direct measurement of the magnetization of a nanoscale object was made.

Препринт № 3049, 03.02.2021 г.

E-mail: Vorobyev\_SI@pnpi.nrcki.ru

**Коррозионные испытания алюминиевых материалов**

**экспериментальных каналов реактора ПИК в тяжелой воде**

***Т. В. Воронина, С. Р. Фридман, В. И. Попов1, Р. М. Рамазанов1***

**Аннотация**

В работе рассмотрены результаты коррозионных испытаний образцов из алюминиевых сплавов АД1 и АМг3 в течение 6 500 ч в тяжелой воде. Проведен анализ химического состава тяжелой воды на промежуточных и конечном этапах испытаний. Отсутствие заметных коррозионных повреждений образцов в данных испытаниях главным образом связано с низким содержанием в тяжелой воде ионов железа. Проведена оценка общей скорости коррозии в условиях реактора ПИК, рассчитана скорость роста имеющихся на поверхности каналов питтингов. Полученные результаты позволяют дополнительно продлить ресурс экспериментальных каналов реактора ПИК, изготовленных из алюминиевых сплавов, на срок
до 4 лет. Рекомендован тип защитного покрытия для новых экспериментальных каналов.

Работа выполнена в Отделе физики и техники реакторов, Управлении ядерной
и радиационной безопасности и НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей».

1 *НИЦ «Курчатовский институт»* – *ЦНИИ КМ «Прометей», Санкт-Петербург, Россия*

**Corrosion Tests of Aluminium Materials for Experimental Channels**

 **of the Reactor PIK in Heavy Water**

***T.V. Voronina, S.R. Fridman\*, V.I. Popov, R.M. Ramazanov***

**Abstract**

The work presents the results of corrosion tests of samples made of aluminum alloys AD1 and AMG3 during 6 500 h in heavy water. The analysis of heavy water chemical composition was performed at intermediate and final test stages. Absence of visible corrosion damages of samples in given tests mainly was due to low content of ferrous ions in heavy water. The assessment of the overall rate of corrosion under reactor PIK conditions was made and the growth rate of pittings located on channel surfaces was counted. The received results make it possible to extend the operational life of PIK reactor experimental channels made of aluminum alloys extra for the period up to 4 years. The protection coating has been suggested for new experimental channels.

The work has been performed at the Department of Physics and Technology of Reactors, Department of Nuclear and Radiation Safety, NRC “Kurchatov Institute” – CRISM “Prometey”.

Препринт № 3050, 01.03.2021 г.

E-mail: Fridman\_SR@pnpi.nrcki.ru

**Подледниковое озеро Восток.**

**Перспективы проникновения**

***А. А. Захаров***

**Аннотация**

Существующая скважина к подледниковому озеру Восток не может быть использована для изучения озера из-за высокой степени загрязненности. По этой причине перспективы проникновения в озеро связаны с бурением новой, чистой скважины. В статье рассматриваются буровые установки, которые созданы и используются для бурения глубоких скважин в антарктических ледниках. Предлагается способ скоростного бурения ледника горячей силиконовой жидкостью и способ с применением турбобура. Силиконовая жидкость вращает турбобур, удаляет ледовую крошку, предотвращает смыкание стенок скважины и выполняет роль экологически чистого антифриза, заполняющего скважину и позволяющего производить погружение через него в озеро научных приборов и пробоотборников.

Работа выполнена в Отделении перспективных разработок (ОПЯФ).

**Subglacial Lake Vostok. Prospects of Access**

***A.A. Zakharov***

**Abstract**

The existing borehole to the subglacial Lake Vostok cannot be used for the lake investigation due to the high degree of pollution. For this reason, the prospects for penetration into the lake are associated with the drilling of a new clean borehole. Drilling facilities that were built and used to drill deep boreholes in Antarctic glaciers are discussed in the article. A method of high-speed drilling of a glacier with hot silicone fluid and a method using a turbo-drill are proposed. The silicone fluid rotates the turbo-drill, removes ice chips, prevents the borehole closing and acts as an environmentally friendly antifreeze that fills the borehole and allows scientific instruments and samplers to be immersed through it into the lake.

The work has been performed at the Knowledge Transfer Division (DANP).

Препринт № 3051, 16.04.2021 г.

E-mail: zakharov\_aa@pnpi.nrcki.ru

**Создание в НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ спектрометра протонов PAS для проекта FAIR (Германия).**

**Изготовление тонкостенных алюминиевых трубок для координатных плоскостей PAS**

***В. А. Андреев, М. И. Гасанов1, Д. М. Гасанов1,
В. Ю. Иванов, А. Г. Крившич, Д. А. Майсузенко,
В. Д. Пчелинцева1, Л. Ш. Рабинский, Г. Д. Шабанов***

**Аннотация**

В настоящей работе описаны конструктивно-технологические особенности изготовления и контроля качества (выходной и входной) тонкостенных алюминиевых дрейфовых трубок для координатных плоскостей Y1, Х2 и Y2 спектрометра протонов PAS. Контроль трубок осуществлялся на: состав материала и качество поверхностей, соответствие геометрических размеров, прямолинейности, а также были проведены подготовка и проверка на герметичность на пневматическом стенде в водной среде.

Работа выполнена в Отделении физики высоких энергий (ОТД) совместно с
ООО «МедСпецТруб».

*1 ООО «МедСпецТруб», Санкт-Петербург, Россия*

**Development of the PAS Proton Spectrometer
at NRC “Kurchatov Institute” – PNPI for Project FAIR (Germany).**

**Manufacturing of Thin-Walled Aluminum Tubes for PAS Coordinate Planes**

***V.A. Andreev, M.I. Gasanov, D.M. Gasanov, V.Yu. Ivanov, A.G. Krivshich,***

***D.A. Maisuzenko, V.D. Pchelintseva, L.Sh. Rabinsky, G.D. Shabanov***

**Abstract**

At this paper describes the design and technological features of production and quality control (output and input) of thin-walled aluminum drift tubes for the Y1, X2 and Y2 coordinate planes of the Proton Arm Spectrometer (PAS). The tubes were controlled for: material composition and surface quality, geometric dimensions, straightness, vacuum tests on a hydraulic set up.

The work has been performed at the High Energy Physics Division (TDD) together with MedSpetsTrub LLC.

Препринт № 3052, 08.06.2021 г.

Email: andreev\_va@pnpi.nrcki.ru

**Информационная система MASCA для вычисления**

**и графического представления атомных масс,**

**энергий связи ядер, энергий отделения и ядерных распадов, энергетических порогов ядерных реакций**

***Л. П. Кабина, С. С. Лисин, И. А. Митропольский***

**Аннотация**

База данных MASCA содержит оцененные значения атомных масс АМЕ 2020. Программа-интерфейс к ней позволяет для заданного нуклида получить значения атомной массы и ядерной энергии связи, а также расчетные значения с погрешностями:

* энергий основных ядерных распадов;
* энергий отделения протонов и нейтронов;
* ядерных парных энергий;
* энергетических порогов ядерных реакций, вызванных протонами, нейтронами, дейтронами, g-квантами и др.

Для выбранной группы ядер и выбранной массовой характеристики можно получить таблицу значений и графическое представление их изменений по любому из трех параметров *A, Z, N.* Полученные таблицы и графики могут быть сохранены и использованы в приложениях.

Информационная система MASCA может быть применена в учебных целях при изучении основ ядерной физики.

Работа выполнена в Отделении нейтронных исследований (ЛЯС).

**The Information System MASCA for Calculation**

**and Graphical Representation of Atomic Masses, Binding Energies**

**of Nuclei, Energies of Separations and Nuclear Decays,**

**Energy Thresholds of Nuclear Reactions**

***L.P. Kabina, S.S. Lisin, I.A. Mitropolsky***

**Abstract**

The database MASCA contains the evaluated atomic mass values of AME 2020. Program-interface to the database allows getting the values of the atomic mass and nuclear binding energy for a given nuclide, as well as the calculated values with uncertainties:

* The energies of the main nuclear decays;
* Proton and neutron separation energies;
* Nuclear pairing energies;
* Energy thresholds of nuclear reactions caused by protons, neutrons, deuterons, gamma quanta, *etc.*

For selected group of nuclei and selected mass characteristics, a table of values and graphical representation of their changes on any of the three parameters *A, Z, N* can be got. The resulting tables and graphs can be saved and used in applications. The information system MASCA can be used for educational purposes when studying the basics of nuclear physics.

The work has performed at the Neutron Research Department (LNS).

Препринт № 3053,17.05.2021 г.

Email: mitropolsky\_ia@pnpi.nrcki.ru

**Сохранение комбинированной *РТ*-симметрии**

**при магнитных фазовых переходах**

***А. В. Ковалев***

**Аннотация**

Нами выполнена проверка гипотезы, позволяющей понять причину устойчивости намагниченного состояния. Специфическая кристаллическая текстура ферромагнитных пленок, полученных методом магнетронного распыления, и нестандартный метод рентгеновской дифракции позволили решить эту сложную задачу. Аксиальная структура магнитных кристаллов и наличие в них спонтанной намагниченности означают одновременное нарушение зеркальной (*Р*) и временной (*Т*) симметрии при магнитных фазовых переходах. Соответствующее сохранение комбинированной *РТ*-симметрии представляет особый интерес для теории фундаментальных взаимодействий.

Работа выполнена в Отделении нейтронных исследований (ОИКС).

**Conservation of Combined *PT* Symmetry**

**at Magnetic Phase Transitions**

***A.V. Kovalev***

**Abstract**

We have tested a hypothesis that allows us to understand the reason for the stability of the magnetized state. The specific crystal texture of ferromagnetic films obtained by magnetron sputtering and the non-standard *X*-ray diffraction method made it possible to solve this challenge. The axial structure of magnetic crystals and the presence of spontaneous magnetization in them mean
a simultaneous violation of the mirror *(P)* and time (*T*) symmetry at magnetic phase transitions. The corresponding conservation of the combined *PT* symmetry is of particular interest for the theory
of fundamental interactions.

The work has been performed at the Neutron Research Division (CMD).

Препринт № 3054, 26.05.2021 г., англ. текст

Email: kovalev\_av@pnpi.nrcki.ru

**Исследование структуры экзотических ядер на установке с активной мишенью ИКАР методом упругого рассеяния протонов**

**в инверсной кинематике**

***Г. Д. Алхазов, А. А. Воробьев, А. В. Добровольский,***

***Г. А. Королев, А. В. Ханзадеев***

**Аннотация**

Представлен обзор работ по исследованию лёгких экзотических ядер методом измерения дифференциального сечения упругого рассеяния протонов на малые углы в инверсной кинематике. С помощью созданной в НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ активной водородной мишени ИКАР коллаборацией ПИЯФ – GSI был проведён цикл экспериментов в Центре по изучению тяжёлых ионов им. Гельмгольца (GSI, Дармштадт) на пучках радиоактивных ядер с энергией 0,7 ГэВ/нуклон. Детектор ИКАР служил одновременно мишенью и детектором протонов отдачи, измерявшим их энергию. С помощью системы многопроволочных пропорциональных камер измерялся также угол рассеяния частиц пучка. Полученные сечения анализировались в рамках теории Глаубера с использованием феноменологических пространственных распределений ядерной плотности с двумя свободными параметрами. Были найдены распределения ядерной материи в ядрах 4,6,8Не, 6,8,9,11Li, 7,12,14 Be, 8B, 12,14,15,16,17C. Из рекомбинации полученных данных о радиусах ядерной материи с известными величинами протонных радиусов нейтронно-избыточных ядер получена информация о нейтронном распределении в исследованных ядрах и определён размер нейтронной шубы. На основании анализа данных в модели «кор + валентные нуклоны» определены размеры нейтронного гало в ядрах 6Не, 8Не, 11Li, 14Ве, 15С и протонного гало в 8В.

Данная обзорная статья подготовлена в Отделении физики высоких энергий (ЛФЭЧ).

**Investigation of the Spatial Structure of Exotic Nuclei by Proton Elastic Scattering in Inverse Kinematics the Active Target IKAR**

***G.D. Alkhazov, A.A. Vorobyov, A.V. Dobrovolsky, G.A. Korolev, A.V. Khanzadeev***

**Abstract**

The paper presents an overview of the initiated by NRC “Kurchatov Institute”– PNPI physicists experiments on the investigation of light exotic nuclei. In order to study the spatial structure of light exotic nuclei it was proposed at NRC “Kurchatov Institute” – PNPI to measure the differential cross sections for small-angle proton-elastic scattering on nuclei in inverse kinematics. With the help of the active target IKAR developed at PNPI, a number of light nuclei were investigated by the PNPI–GSI collaboration using secondary radioactive beams with an energy of ~ 0.7 GeV/u at GSI, Darmstadt. The ionization chamber IKAR filled with hydrogen at 10 atm served simultaneously as a target and a detector of recoil protons. The scattering angle of the incident projectiles was measured by a set of multiwire proportional chambers. The measured differential cross sections were analysed within the frames of the Glauber multiple-scattering theory using phenomenological nuclear matter density distributions with two free parameters. Nuclear matter density distributions and nuclear root-mean-square matter radii were deduced for the nuclei of 4,6,8He, 6,8,9,11Li, 7,12,14Be, 8B and 12,14,15,16,17C. Combining the deduced nuclear matter radii with the known proton radii, the radii of neutron distributions and the thickness of the neutron skins for the studied nuclei were obtained. On the basis of the nuclear model “core + valent nucleons”, the neutron halo size in 6He, 8He, 11Li, 14Be, 15C and the proton halo size in 8B were determined.

This review paper has been prepared at High Energy Physics Division (EPPL).

Препринт № 3056, 15.06.2021 г.

Email: alkhazov\_gd@pnpi.nrcki.ru