

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

# НОВОСТИ ОИЯИ

ISSN 0134-4811

# JINR NEWS

JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH



ДУБНА

3  
2023

DUBNA

**Лаборатория теоретической физики  
им. Н. Н. Боголюбова**

В работе исследуются основные характеристики фазового перехода в сверхтекучее состояние, который, как предполагается, имеет место в фермионных системах частиц с высоким спином. Анализ основан на флуктуационной теории бозонного поля с комплексным антисимметричным параметром порядка. В рамках функциональной ренормализационной группы определяется зависящее от масштаба поведение свободной энергии системы. Полученные результаты свидетельствуют о наличии фазового перехода первого рода, вызванного флуктуациями. В режиме слабой связи скачок параметра порядка относительно невелик, что приводит к появлению новой фазы, которая формируется почти непрерывно. И наоборот, в режиме сильной связи сверхтекучая плотность демонстрирует заметный скачок, что делает появление новой фазы более заметным с точки зрения ее экспериментального обнаружения.

*Hnatič M., Kalagov G. Superfluidity in Multicomponent Fermions via the Functional Renormalization Group // Nucl. Phys. B. 2023. V. 991. P. 116192.*

Показано, что, как и в пространственноподобном случае, обратное логарифмическое разложение применимо для всех значений аргумента аналитической константы связи. Представлены два разных подхода, один из которых основан главным образом на тригонометрических функциях, а второй — на дисперсионных интегралах. Результаты, полученные до 5-го порядка теории возмущений, имеют компактный вид, и их получение намного проще, чем при использовании прежних методов. В качестве примера применены результаты для изучения распада бозона Хиггса на пару прелестных кварков.

*Kotikov A.V., Zemlyakov I.A. Fractional Analytic QCD beyond Leading Order in the Timelike Region // Phys. Rev. D. 2023. V. 107. P. 094034.*

Доказан новый динамический механизм неполного слияния ядер как испускание  $\alpha$ -частицы (или более тяжелого кластера) из сильно масс-асимметричной конфигурации двойной ядерной системы в ходе ее эволюции к полному слиянию, которое затруднено из-за увеличения внутреннего барьера слияния, связанного с большой вращательной энергией системы. Результаты модели двойной ядерной системы подтвердили, что неполный синтез в столкновениях тяжелых ионов про-

**Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics**

Critical properties of the phase transition towards superfluid order that has been proposed to occur in large spin fermionic systems are investigated. The analysis is based on the bosonic field theory for fluctuations of the complex skew-symmetric rank-2 tensor order parameter close to the transition. The scale dependence of the couplings of the theory by means of the functional renormalization group is nonperturbatively determined. The results obtained indicate the presence of a fluctuation-induced first-order phase transition. In the weak coupling regime, the jump in the order parameter is small and a new phase occurs almost continuously, while in the strong one, the discontinuity of the transition is well detectable.

*Hnatič M., Kalagov G. Superfluidity in Multicomponent Fermions via the Functional Renormalization Group // Nucl. Phys. B. 2023. V. 991. P. 116192.*

It is shown that, as in the spacelike case, the inverse logarithmic expansion is applicable for all values of the argument of the analytic coupling constant. Two different approaches are presented, one of which is based primarily

on trigonometric functions and the other — on dispersion integrals. The results obtained up to the fifth order of perturbation theory have a compact form and their acquiring is much easier than the methods used before. As an example, the results to study the Higgs boson decay into a  $bb$  pair are applied.

*Kotikov A.V., Zemlyakov I.A. Fractional Analytic QCD beyond Leading Order in the Timelike Region // Phys. Rev. D. 2023. V. 107. P. 094034.*

A new dynamical mechanism of incomplete fusion was proved as the emission of an  $\alpha$  particle (or more heavy clusters) from a very mass-asymmetric state of a dinuclear system during its evolution to complete fusion which is hindered due to an increase in the intrinsic fusion barrier related with a large rotational energy of the system. The results of the dinuclear system model confirmed that incomplete fusion in heavy-ion collisions occurs at a large orbital angular momentum ( $L > 30\hbar$ ) when a sufficient part of the initial collision energy is removed as centrifugal energy. The theoretical description of the observed yield of  $^{194}\text{Au}$  confirmed that the  $\alpha n$  channel of the  $^{22}\text{Ne} + ^{176}\text{Lu}$

исходит при большом орбитальном угловом моменте ( $L > 30\hbar$ ), когда существенная часть начальной энергии столкновения удаляется как центробежная энергия. Теоретическое описание наблюдаемого выхода  $^{194}\text{Au}$  подтвердило, что  $\alpha 0n$ -канал реакции  $^{22}\text{Ne} + ^{176}\text{Lu}$  осуществляется только при столкновениях с большим орбитальным угловым моментом.

*Nasirov A. K., Kayumov B. M., Ganiev O. K., Yuldasheva G. A. // Phys. Lett. B. 2023. V. 842. P. 137976.*

Данная работа подытоживает цикл работ автора, посвященный программе специальной геометрии Бора–Зоммерфельда. В ней показано, как два подхода к построению многообразия модулей специальных

лагранжевых циклов Бора–Зоммерфельда для произвольного компактного алгебраического многообразия естественным образом объединяются в определения — конструкции одного и того же искомого пространства. Это стало возможным в связи с использованием некоторых идей из калибровочных теорий, когда в не-трансверсальной ситуации с пустым пространством решений запускается вариация параметров, обобщающая ситуацию и позволяющая найти нетривиальные решения. В качестве естественного приложения представлен новый подход к проверке известных гипотез Элиашберга о точных лагранжевых подмногообразиях в областях Вейнштейна и сделаны первые шаги в этом направлении.

Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 21 апреля.

Торжественный семинар, посвященный 90-летию со дня рождения академика Ю. Ц. Оганесяна



The Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics, 21 April. A grand seminar dedicated to the 90th anniversary of the birth of Academician Yu. Oganessian

reaction occurs only in collisions with a large orbital angular momentum.

*Nasirov A. K., Kayumov B. M., Ganiev O. K., Yuldasheva G. A. // Phys. Lett. B. 2023. V. 842. P. 137976.*

The present work summarizes a series of the author's papers devoted to the special Bohr–Sommerfeld geometry program. Here it is shown how two approaches to constructing the moduli space of the special Lagrangian Bohr–Sommerfeld cycles for an arbitrary compact algebraic variety can be naturally combined into a single defi-

nition — the construction of the desired space. The usage of certain ideas from the gauge theories made this possible when, in a nontransversal situation with an empty solution space, one switches on parameter variations generalizing the situation and raising nontrivial solutions. As a natural application, a new approach to checking the well-known Eliashberg conjectures about exact Lagrangian submanifolds in the Weinstein domains is presented and the first steps in this direction are taken.

*Tyurin N. A. Special Bohr–Sommerfeld Geometry: Variations // Izv. Russ. Acad. Sci.: Math. 2023. V. 87, No 3. P. 184–205.*

Тюрин Н. А. Специальная геометрия Бора–Зоммерфельда: вариации // Изв. РАН. Сер. матем. 2023. Т. 87, вып. 3. С. 184.

### Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина

**Важный этап в эксперименте MPD.** 31 мая в зале многоцелевого детектора (MPD) для будущего эксперимента на ускорительном комплексе NICA сотрудниками Центрального научно-исследовательского

института специального машиностроения (ЦНИИСМ, Хотьково Московской обл.) совместно с сотрудниками ЛФВЭ был произведен монтаж в силовой каркас направляющих рельсов для детекторов ToF и технологического рельса TPC-ToF многоцелевого детектора.

Силовой каркас, на который крепятся все внутренние детекторы, служит скелетом многотонной конструкции MPD. Он изготовлен из углепластика и является уникальным инженерным решением не только для проекта NICA–MPD, но и для всего инженерно-технического сообщества. Достаточно сказать,

Объединенная команда ОИЯИ–ЦНИИСМ после завершения работ (фото Н. Д. Топилина)



The joint JINR–CRISM team after the completion of the work (Photo by N. Topilin)

### Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics

#### Important Milestone for the MPD Experiment.

On 31 May, employees of the Central Research Institute for Special Machinery (CRISM, Khotkovo, Moscow Region), together with the VBLHEP team installed guide rails for ToF and the service rail for TPC-ToF into the MPD support frame. The work was performed in the MPD Hall for the future experiment at the NICA accelerator complex.

The support frame, on which all inner detectors are installed, is used as a frame for the MPD multi-ton construction. It is made of carbon fiber and is a unique engineering solution not only for the NICA–MPD project, but also for the entire engineering and technical community. Suffice it to say that in 2021, CRISM received a special award in nomination “For Unique Composite Solutions” at the annual forum “Composites without Borders” for the development of the production technology for the MPD frame.

что на ежегодном форуме «Композиты без границ» в 2021 г. ЦНИИСМ за разработку технологии изготовления силового каркаса MPD был отмечен специальной премией «За уникальные композитные решения».

Совместная с ОИЯИ разработка концепции, конструкторской документации и изготовление каркаса заняли долгих два с половиной года. Это была напряженная работа конструкторского отдела ЛФВЭ и наших хороших друзей и партнеров из ЦНИИСМ. В результате совместных усилий получилась монолитная углепластиковая конструкция с уникальными свойствами. При длине 6,25 м и наружном диаметре 4,5 м каркас весит 8 т. Внутри него будут размещены детекторы суммарной массой около 100 т, а максимальный прогиб в срединной плоскости не превысит 3 мм.

Для изготовления такого изделия потребовалась разработка специальных технологических приспособлений и уникальных технологий, а также подключе-

ние смежных подрядных организаций как из России, так и из-за рубежа.

В 2022 г. плод усилий огромного количества специалистов прибыл на площадку ЛФВЭ, где и дожидался продолжения работ.

И, наконец, 31 мая, когда все недостающие элементы были готовы (из Калуги прибыли рельсы ToF, из Минска — технологический рельс TPC-ToF), началась их установка внутри силового каркаса. В результате этих мероприятий был сделан еще один шаг к успешному выполнению нашего общего и масштабного проекта NICA. После завершения измерения карты магнитного поля в сверхпроводящем соленоидальном магните MPD силовой каркас будет помещен внутрь соленоида, и физики приступят к монтажу детекторов.

*С. И. Суховаров*



Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 14 апреля. Перемещение сверхпроводящего соленоида многоцелевого детектора MPD ускорительного комплекса NICA массой 800 т в текущую конфигурацию

The Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics, 14 April. Moving of an 800-ton superconducting solenoid of the Multi-Purpose Detector (MPD) of the NICA accelerator complex in the current configuration

## Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Дзепелева

В ЛЯП разработаны экраны для защиты фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) от магнитного поля Земли для установки OSIRIS, предназначенной для контроля радиационной чистоты жидкого сцинтиллятора детектора JUNO.

Большая группа ученых из ЛЯП участвует в JUNO (Jiangmen Underground Neutrino Observatory) — эксперименте нового поколения с реакторными антинейтрино. Он проводится в Китае и имеет целью определение иерархии масс нейтрино. Уровни очистки жидкого сцинтиллятора от естественных радиоактивных примесей, требуемые для осуществления физической программы JUNO, невозможно контролировать с помощью обычных лабораторных методов. Поэтому появилось предложение создать для JUNO специальный детектор OSIRIS (Online Scintillator Internal Radioactivity Investigation System), главной задачей которого было бы измерение качества жидкого сцинтиллятора перед его заливкой в главный детектор JUNO.

Установка OSIRIS вмещает 20 т сцинтиллятора. Исходная конструкция детектора не предусматривала магнитную защиту ФЭУ: установка занимает все доступное в подземной лаборатории пространство,

в связи с чем просто нет места для установки катушек компенсации магнитного поля, как это сделано в детекторе JUNO.

Поскольку ФЭУ большого размера, используемые в OSIRIS, очень чувствительны к магнитному полю Земли, то отсутствие компенсации магнитного поля Земли отрицательно скажется на характеристиках детектора. Группа из ЛЯП, основываясь на собственном опыте разработки магнитных экранов для больших ФЭУ, предложила снабдить каждый ФЭУ детектора экраном из магнитомягких материалов.

*Smirnov O. et al. Magnetic Shielding for Large Photoelectron Multipliers for the OSIRIS Facility of the JUNO Detector // J. Instrum. 2023. V. 18, No. 04. P04015.*

Сотрудники сектора молекулярной генетики клетки ЛЯП с помощью уникального белка тихоходок Dsup (Damage suppressor) создали модельные объекты *Drosophila melanogaster* с повышенной устойчивостью к радиации и окислительному стрессу.

Было показано значительное увеличение выживаемости с помощью белка Dsup сложного модельного организма *D. melanogaster* после воздействия гамма-излучения в дозах 500–1000 Гр и окислительного стресса. Предполагается, что белок Dsup создает защитную

The development of the concept, technical design and the production of the frame jointly with JINR took long two and a half years of arduous work of the VBLHEP Construction Department's team and our good friends and colleagues from CRISM. The joint efforts resulted in obtaining a single carbon fiber frame with unique properties. The frame weighs 8 t and has a length of 6.25 m and an outer diameter of 4.5 m. Detectors with a total weight of about 100 t will be installed into it, and the maximum deflection in the middle plane will not exceed 3 mm.

The production of the frame required the development of special technological devices and unique technologies, as well as the involvement of related contractors, both from Russia and abroad.

In 2022, the result of a huge number of specialists' labor arrived at VBLHEP, where it was waiting for the work to be continued.

Finally, on 31 May, when all the missing elements were ready (ToF rails arrived from Kaluga, TPC-ToF service rail arrived from Minsk), their installation inside the MPD support frame began. As a result of these events, we have taken another step towards the successful implementation of our common and large-scale NICA project. When

the measurement of the magnetic field map in the MPD superconducting solenoid is completed, the support frame will be placed inside the solenoid and physicists will start installing the detectors.

*S. Sukhovorov*

### Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems

Screens for protection of the photomultiplier tubes (PMTs) from the Earth's magnetic field for the OSIRIS facility have been developed at DLNP JINR. The facility is designed to monitor the radiation purity of the liquid scintillator of the JUNO detector.

A large group of scientists from DLNP is participating in JUNO (Jiangmen Underground Neutrino Observatory), a new-generation experiment with reactor antineutrinos. It is held in China and aims to determine the neutrino mass hierarchy. The levels of liquid scintillator decontamination from natural radioactive impurities required for the implementation of the JUNO physics programme cannot be controlled using conventional laboratory methods. Therefore, it was proposed to create a special detector OSIRIS (Online Scintillator Internal Radioactivity Investigation System)

оболочку вокруг ДНК, принимая на себя часть радиационного удара, что приводит к большей сохранности ДНК и увеличивает выживаемость. Анализ активности всех генов (транскриптомный анализ) и физиологические тесты выявили влияние белка Dsup на ряд процессов в *D. melanogaster*, в частности, мушки стали хуже бегать на длинные дистанции, что, видимо, обусловлено некоторым замедлением клеточных процессов, связанных с ДНК и РНК, в присутствии белка Dsup.

Исследование молекулярных механизмов экстремальной устойчивости живых организмов к различным видам стресса — одно из перспективных направлений современной молекулярной биологии, биофизики, астробиологии и синтетической биологии. Полученные знания могут служить основой для новых решений в медицине, биотехнологии, фармацевтике и космонавтике. Тихоходки, в частности представители вида *Ramazzotius varieornatus*, — одни из самых стрессоустойчивых животных на Земле. Эксперименты с этими беспозвоночными организмами показали их способность выживать при длительном высыхании, в токсических средах, при облучении огромными дозами радиации (более 5000 Гр), нахождении в открытом космосе и т. д. Важную роль в устойчивости тихоходок к различным видам стресса играют уникальные

неупорядоченные белки (TDPs), к которым относится и белок Dsup, открытый в 2016 г. японскими учеными. С 2020 г. ученые сектора молекулярной генетики клетки ЛЯП исследуют этот белок тихоходок Dsup *in vivo* на модельных организмах — плодовой мушке *Drosophila melanogaster* и культуре клеток человека. Одновременно для расшифровки молекулярных механизмов его действия проводится исследование структуры молекулы белка Dsup и его комплекса с ДНК.

*Zarubin M. et al. The Tardigrade Dsup Protein Enhances Radioresistance in Drosophila melanogaster and Acts as an Unspecific Repressor of Transcription // iScience. 2023. V.26, Iss. 7. P. 106998.*

В начале июня прошло рабочее совещание по сотрудничеству Института физики плазмы (ИФП) Китайской академии наук (Хэфэй, Китай) и ОИЯИ. После долгого перерыва, связанного с COVID-19, возобновляется обмен визитами между командой из ИФП и отделом новых ускорителей ЛЯП. Помощник директора ИФП по ускорителям Чен Ген рассказал о последних успехах Хэфэя по созданию циклотронов, самый первый из которых, SC200, был изготовлен совместными усилиями ИФП и команды ОИЯИ.

Успешный пуск SC200 открыл новые возможности для производства циклотронов, дал бесценный

for JUNO to measure the quality of the liquid scintillator before pouring it into the main JUNO detector.

The OSIRIS facility holds 20 t of scintillator. The original design of the detector did not provide for magnetic protection of the PMTs: the installation occupies all the space available in the underground laboratory, and therefore there is simply no place to install magnetic field compensation coils, as is done in the JUNO detector.

As the large-sized PMTs used in OSIRIS are very sensitive to the Earth's magnetic field, the failure to compensate for the Earth's magnetic field will adversely affect the detector performance. A group from DLNP, based on their own experience in developing magnetic screens for large PMTs, proposed to equip each PMT of the detector with a screen made of magnetically soft materials.

*Smirnov O. et al. Magnetic Shielding for Large Photoelectron Multipliers for the OSIRIS Facility of the JUNO Detector // J. Instrum. 2023. V. 18, No. 04. P04015.*

Using the unique tardigrade protein Dsup (Damage suppressor), scientists from the Sector of Molecular Cell Genetics of DLNP have created model objects of

*Drosophila melanogaster* with increased resistance to radiation and oxidative stress.

The work showed a significant increase in survival due to the Dsup protein of a complex model organism *D. melanogaster* after exposure to gamma radiation at doses of 500–1000 Gy and oxidative stress. It is assumed that the Dsup protein creates a protective sheath around DNA, taking on part of the radiation impact, which leads to greater DNA preservation and increased survival. Analysis of the activity of all genes (transcriptomic analysis) and physiological tests revealed the effect of the Dsup protein on a number of processes in *D. melanogaster*, in particular, the flies began to run worse over long distances, which is apparently due to some slowdown in cellular processes associated with DNA and RNA in the presence of the Dsup protein.

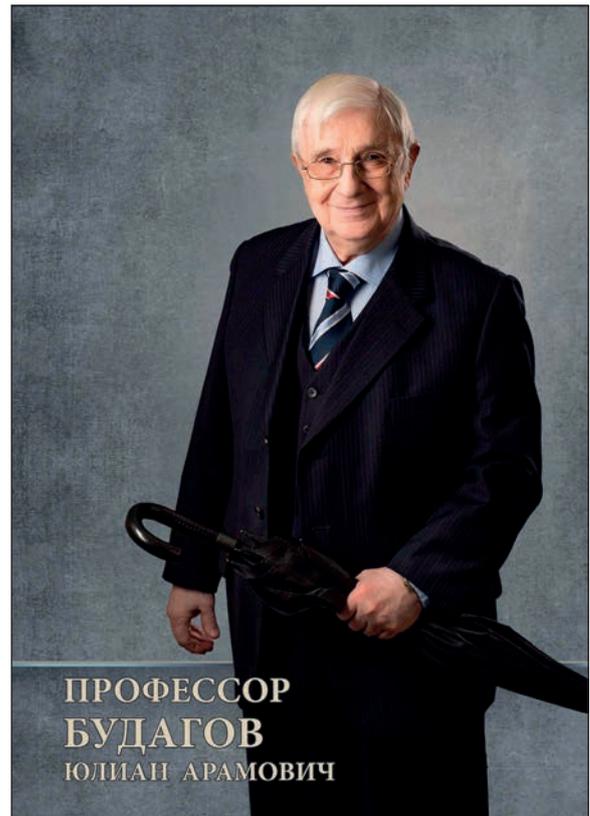
The study of the molecular mechanisms of extreme resistance of living organisms to various types of stress is one of the promising areas of modern molecular biology, biophysics, astrobiology, and synthetic biology. The knowledge gained can serve as the basis for new solutions in medicine, biotechnology, pharmaceuticals and space exploration. Tardigrades, in particular, representatives of the

опыт как китайским коллегам, так и сотрудникам отдела новых ускорителей ЛЯП.

Разработчики SC200 О. В. Карамышев и С. В. Гурский доложили о текущем проекте отдела: изохронном циклотроне MSC230, параметры которого выбраны на основе опыта создания циклотрона SC200 в Хэфэе. Китайские коллеги выразили готовность помочь ОИЯИ в строительстве нового циклотрона MSC230 для инновационного центра в возможно более сжатые сроки.

В издательском отделе Объединенного института ядерных исследований вышла книга «Профессор Будагов Юлиан Арамович», в которой описывается научная биография талантливого ученого и организатора науки, физика-экспериментатора мирового масштаба, а также приводятся воспоминания его коллег и учеников.

Ю. А. Будагов внес существенный вклад в создание крупных экспериментальных установок и получение физических результатов принципиального научного значения: исследование свойств топ-кварков, обнаружение новых мод распадов мезонов, измерение вероятностей CP-нарушающих и редких распадов частиц, определение формфакторов  $\nu N$ -рассеяния,



species *Ramazzoetius varieornatus*, are among the most stress-resistant animals on Earth. Experiments with these invertebrates have shown their ability to survive prolonged desiccation, toxic environments, exposure to huge doses of radiation ( $> 5000$  Gy), being in outer space, etc. One of the key roles in the resistance of tardigrades to various types of stress is played by unique disordered proteins (TDPs), which include the Dsup protein, discovered in 2016 by Japanese scientists. Since 2020, scientists from the Sector of Molecular Cell Genetics of DLNP have been studying this Dsup protein *in vivo* using model organisms — the fruit fly *Drosophila melanogaster* and human cell culture. At the same time, to decipher the molecular mechanisms of its action, the structure of the Dsup protein molecule and its complex with DNA are being studied.

Zarubin M. *et al.* The Tardigrade Dsup Protein Enhances Radioresistance in *Drosophila melanogaster* and Acts as an Unspecific Repressor of Transcription // *iScience*. 2023. V. 26, Iss. 7. P. 106998.

In early June, a working meeting of the Institute of Plasma Physics of the Chinese Academy of Sciences (ASIPP, Hefei, China) and JINR was held. After a long

break due to COVID-19, visits between the team from ASIPP and the Department of New Accelerators of DLNP are resumed. Chen Geng, Assistant Director of ASIPP for Accelerators, spoke about Hefei's recent successes in the creation of cyclotrons, the very first of which, SC200, was jointly developed by ASIPP and the JINR team.

The successful start of SC200 opened up new opportunities for the production of cyclotrons and gave invaluable experience to both the Chinese colleagues and the staff of the Department of New Accelerators of DLNP.

The SC200 developers O. Karamyshev and S. Gursky reported on the Department's current project: the MSC230 isochronous cyclotron with the parameters chosen on the basis of the experience in creating the SC200 cyclotron in Hefei. In the work on MSC230, the Chinese colleagues are ready to help JINR in order to bring to life a new cyclotron for the Innovation Centre as soon as possible.

The JINR Publishing Department has released a book "Professor Budagov Yulian Aramovich". The book describes the academic biography of the talented scientist and organizer of science, world-class experimental physicist, as well as the memoirs of his colleagues and friends.

наблюдение КХД-эффекта «экранирования цвета». Под его руководством была разработана уникальная метрологическая культура прецизионной сборки крупномасштабных массивных детекторов с применением лазера и осуществлено высокоточное сооружение крупного калориметрического комплекса для установки ATLAS.

Результаты научной деятельности ученого опубликованы в более чем 1800 научных статьях, он удостоен различных государственных и ведомственных наград.

Важной частью работы Ю. А. Будагова всегда была подготовка научных кадров. Его ученики ныне работают в физических институтах и университетах Армении, Азербайджана, Белоруссии, Болгарии, Грузии, России, Румынии, Словакии, Чехии, Узбекистана.

Книга доступна на сайте издательского отдела ОИЯИ.

### Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка

Молодые ученые сектора нейтронно-активационного анализа и прикладных исследований ЛНФ И. Зиньковская, Н. С. Юшин, Д. С. Гроздов и К. Н. Вергель стали победителями 15-й Европейской выставки изобретений «Euroinvent-2023», проходившей с 11 по 13 мая в Яссах (Румыния), получив золотую медаль за работу в области очистки загрязненных тяжелыми металлами почв и памятную медаль «За выдающиеся достижения» в области нанотоксикологии.

«Euroinvent» — это крупнейшая выставка изобретений в Центральной и Восточной Европе. Теперь в ней участвуют не только европейские страны, но и страны Азии. Для оценки международным жюри были представлены сотни научных работ и изобретений по всем областям науки.



Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка. Молодые ученые И. Зиньковская, Н. С. Юшин, Д. С. Гроздов и К. Н. Вергель — победители 15-й Европейской выставки изобретений «Euroinvent-2023»

The Frank Laboratory of Neutron Physics. Young scientists I. Zinikovskaia, N. Yushin, D. Grozdov, and K. Vergel — the winners of the 15th European Exhibition of Creativity and Innovation “Euroinvent-2023”

Yu. Budagov made an enormous contribution to the creation of large-scale experimental facilities and acquisition of physical results of fundamental scientific significance, such as the study of top-quark properties, the discovery of new meson decay modes, the measurement of probabilities of CP-violating and rare decays of particles, the determination of form factors of  $\nu N$  scattering, the observation of the QCD effect of “colour screening”. A unique metrological culture of precision assembly of large-scale massive detectors using a laser has been developed under his leadership. The high-precision installing of the calorimetric complex for the ATLAS facility was carried out.

The results of scientific activities of the scientist resulted in more than 1800 published scientific articles. Yu. Budagov was honoured state and departmental awards.

An important part of work of Yu. Budagov was training of the scientific personnel. Young scientists, students of him now work at physical institutes and universities of Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bulgaria, the Czech Republic, Georgia, Romania, Russia, Slovakia, Uzbekistan. The book is available on the website of the JINR Publishing Department.

### Frank Laboratory of Neutron Physics

Young scientists from the Sector of Neutron Activation Analysis and Applied Research of the Laboratory of Neutron Physics of JINR I. Zinikovskaia, N. Yushin, D. Grozdov, and K. Vergel became winners of the 15th European Exhibition of Creativity and Innovation “Euroinvent-2023” that was held on 11–13 May in the

## Лаборатория информационных технологий им. М. Г. Мещерякова

Представлен обзор работ, посвященных моделированию процесса гидратации электрона на основе развитого авторами подхода в рамках динамической модели полярона. Реферативно рассмотрены работы, отражающие развитие теоретических и экспериментальных исследований в задаче гидратации электрона. Сформулированы математические постановки задач, построены вычислительные схемы, созданы комплексы проблемно-ориентированных программ с применением технологии параллельного программирования MPI. Приведены результаты численного моделирования и расчета наблюдаемых физических характеристик изучаемого процесса гидратации электронов. Согласие полученных численных результатов с соответствующими экспериментальными данными подтверждает адекватность разработанных подходов и перспективность их дальнейшего использования и развития.

*Лахно В.Д., Амирханов И.В., Волохова А.В., Земляная Е.В., Пузынин И.В., Пузынина Т.П., Рихвицкий В.С., Башашин М.В.* Динамическая модель полярона для исследования процесса гидратации электрона // ЭЧАЯ. 2023. Т. 54, № 5.

В ЛИТ ОИЯИ разработана система управления лицензиями License Management System (LMS), целью создания которой является автоматизация приобретения, сопровождения и использования лицензионных программных продуктов. LMS состоит из системы сетевого лицензирования Network Licensing System (NLS), баз данных и веб-интерфейса. NLS обеспечивает управление сетевыми лицензиями, собирает и передает в базу данных информацию о том, какая сетевая лицензия использовалась и в какое время. Эти данные применяются в мониторинге, реализованном на базе платформы Grafana. В базе данных LMS хранятся данные о корпоративных, личных и других типах лицензий. Также хранится информация о пользователях лицензии. База данных реализована на PostgreSQL. В системе предусмотрена возможность обработки рабочих процессов, таких как заказ новых лицензий, необходимых пользователям, заказ на добавление в каталог приобретенных лицензий и другие функции. Веб-интерфейс LMS реализован в среде разработки системы электронного документооборота «СЭД Дубна» с использованием веб-приложения LegoToolkit. В настоящее время система сопровождает лицензии в рамках ЛИТ.

Romanian city of Iași. The researchers won as many as two awards: a gold medal in the field of purification of heavy metal-contaminated soils and a medal of excellence in innovation for work in the field of nanotoxicology.

“Euroinvent” is the largest exhibition of inventions in Central and Eastern Europe. Currently, European, as well as Asian countries, are participating in the event. Hundreds of scientific papers and inventions in all fields of science were submitted for evaluation by the international jury.

## Meshcheryakov Laboratory of Information Technologies

A review of works devoted to the modeling of the electron hydration process based on the approach developed by the authors within the dynamic polaron model is presented. Papers on theoretical and experimental studies in the electron hydration problem are reviewed. Mathematical formulations of problems and computational schemes are developed, complexes of problem-oriented programs are created using the MPI parallel programming technology. The results of the numerical modeling

and calculation of the observed physical characteristics of the electron hydration process under study are presented. The agreement between the obtained numerical results and the corresponding experimental data confirms the adequacy of the approaches used and the prospects for their further use and development.

*Lakhno V.D., Amir Khanov I.V., Volokhova A.V., Zemlyanaya E.V., Puzynin I.V., Puzynina T.P., Rikhvitsky V.S., Basha-shin M.V.* Dynamic Polaron Model for a Study of the Electron Hydration Process // Phys. Part. Nucl. 2023. V. 54, No. 5.

A License Management System (LMS) was developed at MLIT JINR. The purpose of creating the LMS is to automate the acquisition, maintenance and use of licensed software products. The LMS consists of a Network Licensing System (NLS), databases and a web interface. The NLS provides network license management, collects and transmits to the time series database the information about which network license was used and at what time. These data are used in monitoring implemented on top of the Grafana platform. The LMS database stores data related to corporate, private and other types of licenses. It also stores data regarding license users. The database is imple-

*Александров Е. И. и др.* Разработка информационно-аналитической системы поддержки и обслуживания лицензий в ЛИТ ОИЯИ // Труды ИСА РАН. 2023. Т. 73, вып. 1.

При активном участии сотрудников ЛИТ создан и динамично развивается каталог событий эксперимента ATLAS (LHC) — EventIndex. Система EventIndex представляет собой каталог всех событий, собранных, обработанных или сгенерированных в эксперименте ATLAS на LHC и связанных с этим программным обеспечением для сбора, хранения и обработки данной информации. Она дает возможность отслеживать местоположение записи каждого события и получить к нему быстрый доступ. Кроме того, система позволяет контролировать целостность и согласованность наборов данных. В арсенале ее функционала также есть отбор событий по триггерным решениям и возможность просмотра их корреляции. Каждая запись в системе EventIndex состоит из краткой информации о самом событии и указателей на файлы, содержащие данные события. Сотрудники ЛИТ наиболее активно участвовали в модернизации системы: значительно улучшена система мониторинга, осуществлен переход на платформу Grafana, создана новая служба автоматического поиска и сбора событий (Event Picking Service), что позволило с наименьшими затратами ручного тру-

да провести сбор событий для второго этапа анализа процесса рождения пар калибровочных бозонов  $W$  при взаимодействии двух фотонов ( $\gamma\gamma \rightarrow WW$ ).

*Barberis D., Alexandrov I., Alexandrov E. et al.* The ATLAS EventIndex // Comput. Soft. Big Sci. 2023. V. 7. P. 2.

Метод функциональной редукции для фейнмановских интегралов, предложенный автором, применен для вычисления однопетлевых интегралов, соответствующих диаграммам с четырьмя внешними линиями. Рассмотрены интегралы, возникающие в расчетах радиационных поправок к амплитудам рассеяния света на свете, расщепления фотона во внешнем поле, а также дельбрюкковского рассеяния. Для произвольного значения размерности пространства  $d$  получены новые аналитические результаты для мастерских интегралов. Для этих интегралов при  $d = 4$  приведены компактные формулы в терминах диалогарифмов.

*Тарасов О. В.* Применение функциональной редукции однопетлевых интегралов для вычисления амплитуд с четырьмя внешними фотонами // Письма в ЭЧАЯ. 2023. Т. 20, № 3(248). С. 313–322.

В конце марта 2023 г. введена в тестовую эксплуатацию Цифровая экосистема Объединенного института ядерных исследований (JINR Digital Ecosystem) —

mented in PostgreSQL. The system provides the ability to process workflows such as ordering new licenses that users need, ordering to add to the catalog of purchased licenses and other functions. The LMS web interface is implemented in the development environment of the Electronic Document Management System “EDMS Dubna” using the LegoToolkit web application. At present, the system maintains licenses within MLIT.

*Alexandrov E. I. et al.* Development of an Information-Analytical System for the Support and Maintenance of Licenses at MLIT JINR // Proc. of the ISA RAS. 2023. V. 73, No. 1.

The catalog of events of the ATLAS experiment (LHC), EventIndex, was created and is dynamically developing with the active participation of MLIT specialists. The EventIndex system is a catalog of all events that are collected, processed or generated by the ATLAS experiment at the LHC and related to this software for collecting, storing and processing this information. It enables to keep track of the location of each event record and get quick access to it. In addition, the system allows controlling the integrity and consistency of data sets. The arsenal of its functionality also comprises the selection of events by trigger

decisions and the ability to view their correlation. Each record in the EventIndex system includes summary information on the event itself and pointers to files containing event data. MLIT specialists were actively involved in the modernization of the system: the monitoring system was significantly enhanced, the transition to the Grafana platform was made, a new service for the automatic search and collection of events (Event Picking Service) was created, which made it possible to collect events for the second stage of the analysis of the production of  $W$  gauge boson pairs during the interaction of two photons ( $\gamma\gamma \rightarrow WW$ ) with the least amount of manual labor.

*Barberis D., Alexandrov I., Alexandrov E. et al.* The ATLAS EventIndex // Comput. Soft. Big Sci. 2023. V. 7. P. 2.

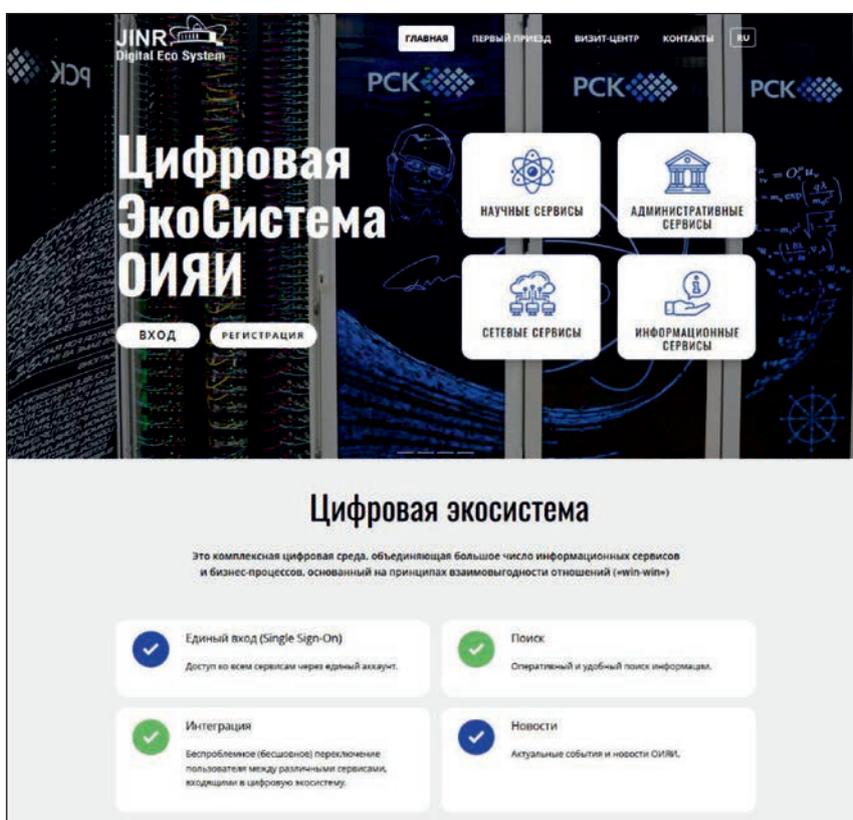
The method for the functional reduction of Feynman integrals, proposed by the author, is used to calculate one-loop integrals corresponding to diagrams with four external lines. Integrals that emerge in calculations of radiative corrections to the amplitudes of light-on-light scattering, photon splitting in an external field and Delbrück scattering are considered. New analytic results are obtained for

платформа, обеспечивающая доступ к сети информационных сервисов ОИЯИ. На портале представлены научные и административные сервисы, развиваемые совместно Лабораторией информационных технологий им. М.Г.Мещерякова и Департаментом развития цифровых сервисов: от ресурсов для пользователей базовых установок до регистрации персонального компьютера в сети ОИЯИ, смены пароля от почтового ящика, заказа справок и выписок онлайн. Список сервисов, доступных в цифровой форме, постоянно расширяется.

Digital JINR — это, по сути, служба единого окна в цифровой среде ОИЯИ. Система обладает удобным пользовательским интерфейсом — ее можно настро-

ить в соответствии со своими нуждами: отображать только интересующие разделы, отмечать наиболее часто используемые сервисы. Digital JINR предоставляет быстрый и удобный поиск информации как по сервисам, так и по сотрудникам и зданиям площадок на интерактивной карте ОИЯИ.

Доступ к экосистеме осуществляется через учетную запись JINR Single Sign-On (SSO). Для получения SSO-логина в первую очередь надо обратиться к системным администраторам своей лаборатории либо в сетевую службу ОИЯИ (ЛИТ, комн.200, тел.216-34-88, [pos@jinr.ru](mailto:pos@jinr.ru)). Кроме того, многими сервисами можно пользоваться без регистрации: например, получить информацию о работе диссертационных советов,



master integrals in  $d$  dimensions. For  $d = 4$ , these integrals are given by compact expressions in terms of dilogarithms.

*Tarasov O.V.* Calculation of One-Loop Integrals for Four-Photon Amplitudes by Functional Reduction Method // Part. Nucl., Lett. 2023. V.20, No. 3(248). P. 313–322.

At the end of March 2023, a web portal of the Digital Ecosystem of the Joint Institute for Nuclear Research, i.e., a platform that provides access to the network of JINR information services was put into test operation. The portal comprises scientific and administrative services developed jointly by the Meshcheryakov Laboratory of Information

Technologies and the Development of Digital Services Department: from resources for users of basic facilities to registering a personal computer in the JINR network, changing the password from the mailbox, ordering certificates and statements online. The list of services available in digital form is steadily expanding.

Digital JINR is essentially a single-window service in the JINR digital environment. The system has a user-friendly interface since everyone can customize its home page according to one's needs, namely, display only sections of interest, manage favorite services. Digital JINR

научном программном обеспечении, просмотреть график планируемых в ОИЯИ экскурсий. Войти в систему можно с сайта jinr.ru (раздел «Цифровой ОИЯИ»).

### Лаборатория радиационной биологии

В ЛРБ совместно с НИЦ «Курчатовский институт» проведено исследование клеточной линии микроглии мыши SIM-A9. Клетки микроглии ЦНС человека и мыши образуются в период раннего эмбрионального развития из миелоидных клеток-предшественников костного мозга. Во взрослом организме пул микроглии поддерживается на постоянном уровне благодаря сбалансированным процессам пролиферации и гибели клеток путем апоптоза, и за время жизни организма микроглия обновляется целиком несколько раз. В процессе развития головного мозга эмбриона микроглия участвует в ремоделировании синапсов и регуляции ангиогенеза, во взрослом организме — в устранении неактивных нейронов и синапсов, в регуляции нейрогенеза, в ремоделировании сосудистой сети ЦНС (например, при инсульте), в развитии реакций клеточного иммунитета и воспаления. В мозге микроглия может присутствовать в покое и активированном состоянии. Клетки покоящейся микроглии имеют боль-

шое количество разветвленных отростков, при активации клетки приобретают амeboидную или округлую форму и фенотип CD11b<sup>+</sup>/CD45<sup>high</sup>. Активированные клетки микроглии секретируют активные метаболиты кислорода (АМК), провоспалительные цитокины и хемокины, что приводит к развитию нейровоспаления и повреждению нейронов. Хроническая активация микроглии под действием эндогенных факторов, сопровождающаяся длительным нейровоспалением, лежит в основе патогенеза многих нейродегенеративных заболеваний, включая болезнь Альцгеймера. Поэтому чрезвычайно важно исследовать ответ микроглии на действие разных стимулов и препаратов. Эту задачу может упростить использование линий культивируемых клеток, сохраняющих основные свойства первичной микроглии.

Исследованная линия SIM-A9 представляет собой спонтанно-иммortalизованные клетки микроглии, полученные из головного мозга новорожденных мышат линии C57BL/6 (рис. 1, а). С помощью методов световой микроскопии, иммуноцитохимии в сочетании с проточной цитометрией и ПЦР анализировалось соотношение клеток с фенотипом покоящейся и активированной микроглии в культуре, экспрессия маркеров стволовых/прогениторных клеток CD133 и

provides a quick and convenient search for information by services, staff members and site buildings on the JINR interactive map.

The ecosystem is accessed via a JINR Single Sign-On (SSO) account. To obtain an SSO login, first of all, you should contact the system administrators of your Laboratory or the JINR Network Service (MLIT, room 200, tel.: 216-34-88, noc@jinr.ru). In addition, you can use many services without registration, for example, get information about dissertation councils, scientific software or view the schedule of excursions planned at JINR. You can enter the system from the jinr.ru website (section “Digital JINR”).

### Laboratory of Radiation Biology

LRB and the Kurchatov Institute have jointly conducted a study of the SIM-A9 mouse microglial cell line. The microglial cells of the human and mouse central nervous system (CNS) are formed during early embryonic development from myeloid progenitor cells of bone marrow. In the adult organism, the microglial pool remains at a constant level due to the balance of proliferation and apoptotic

cell death; throughout the organism's lifetime, microglia are completely renewed several times. During the development of the embryonic brain, microglia are involved in synapse remodeling and angiogenesis regulation; in the adult organism — in the elimination of inactive neurons and synapses, neurogenesis regulation, CNS vasculature remodeling (for example, after a stroke), and development of cellular immunity and inflammation responses. In the brain, microglia can be present in a resting and activated state. Resting microglial cells have a large number of branched offshoots; upon activation, the cells acquire an amoeboid or rounded shape and the CD11b<sup>+</sup>/CD45<sup>high</sup> phenotype. Activated microglial cells secrete reactive oxygen metabolites (ROMs) and pro-inflammatory cytokines and chemokines, which leads to neuroinflammation and neuronal damage. Chronic activation of microglia by endogenous factors, accompanied by prolonged neuroinflammation, underlies the pathogenesis of many neurodegenerative diseases, including Alzheimer's. Therefore, it is extremely important to study the microglial response to the action of various stimuli and drugs. This task can be facilitated by using cultured cell lines that retain the basic properties of primary microglia.

нестина, рецепторы факторов роста CSF-1R (рецептор колониестимулирующего фактора-1) и EGFR (рецептор эпидермального фактора роста). Впервые показано, что клетки линии SIM-A9 экспрессируют высокий уровень маркеров CD68, CD11b и CD45<sup>high</sup> на поверхностной мембране клеток, что соответствует фенотипу активированной микроглии. При этом они также экспрессируют маркеры стволовых и прогениторных клеток CD133<sup>+</sup> и нестин, что позволяет рассматривать клетки этой линии как ранние низкодифференцированные прогениторные клетки, несмотря на их фено-

тип, соответствующий зрелой активированной микроглии. Наличие в клетках линии SIM-A9 рецепторов двух факторов роста CSF-1R и EGFR свидетельствует о возможности воздействовать на пролиферацию клеток этой линии. Известно, что фармакологические ингибиторы этих рецепторов являются универсальным инструментом воздействия на микроглию: снижают ее пролиферацию и модулируют фенотип клеток при нейровоспалении, например, при прогрессирующем рассеянном склерозе.

Рис. 1. *a)* Кариотип 21XY нормальных клеток костного мозга мыши линии C57BL/6, содержащий 40 хромосом. *b)* Типичная кариограмма клеток SIM-A9, содержащая 60 хромосом. Цифрами отмечены маркерные хромосомы: 1, 2, 3, 4, 5 — результат слияния по центромере двух хромосом номер 2, 6, 8, хромосом 8 и 17 и двух хромосом 18 соответственно; 6 и 7 — транслокации 19\*-4-9 и 11\*-X (\* означает часть хромосомы, несущую центромеру); 8 и 9 — сильно укороченные Хр 1 и 4; 10 — отдельная центромера; стрелками показаны дополнительные спонтанные АХр: слияние по центромере хромосом 2 и 15 и укороченная X-хромосома с ацентрическим фрагментом. На врезке внизу более детально представлены транслокации 6 и 7

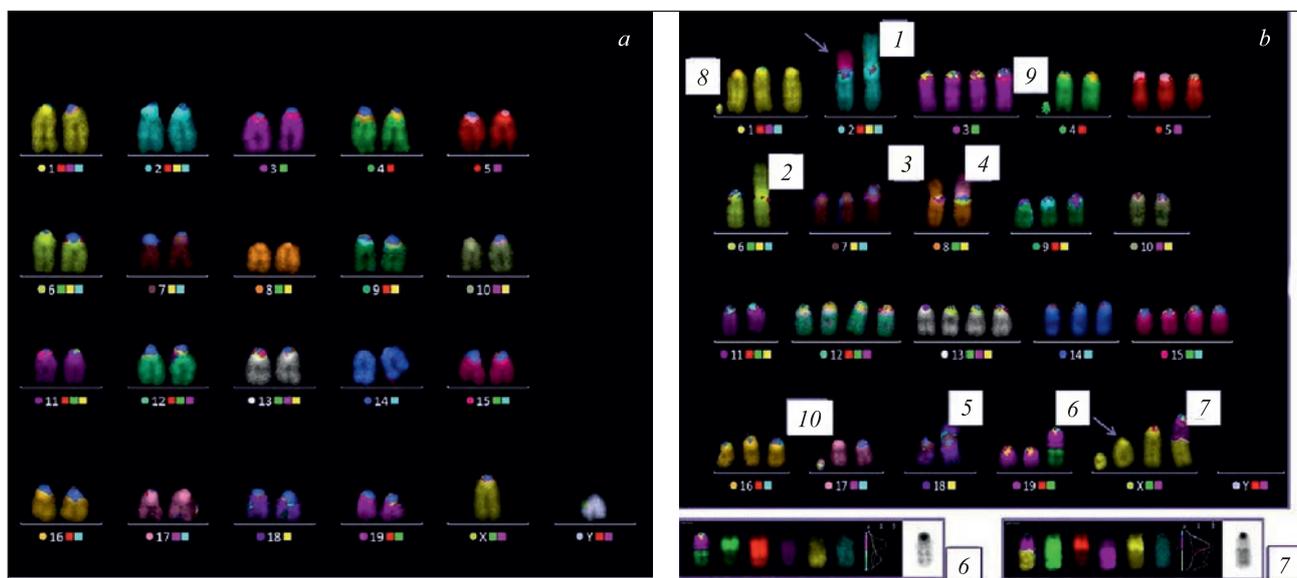


Fig. 1. *a)* The 21XY karyotype of normal C57BL/6 mouse bone marrow cells containing 40 chromosomes. *b)* A typical karyogram of SIM-A9 cells containing 60 chromosomes. Numbers indicate marker chromosomes: 1–5 — the result of the centromeric fusion of two chromosomes number 2, 6, and 8, chromosomes 8 and 17, and two chromosomes 18, respectively; 6, 7 — translocations 19\*-4-9 and 11\*-X (\*denotes the chromosome part carrying the centromere); 8, 9 — severely truncated chromosomes 1 and 4; 10 — a separate centromere. Arrows show additional spontaneous CAs: centromeric fusion of chromosomes 2 and 15 and a truncated X chromosome with an acentric fragment. The inset below shows translocations 6 and 7 in more detail

The studied SIM-A9 line represents spontaneously immortalized microglial cells from the brain of newborn C57BL/6 mice (Fig. 1, *a*). Light microscopy, immunocytochemistry combined with flow cytometry, and PCR were used to analyze the ratio of cells with the phenotype of resting and activated microglia in culture as well as the expression of the markers of stem/progenitor cells CD133 and nestin and the growth factor receptors CSF-1R (colony-stimulating factor-1 receptor) and EGFR (epidermal growth factor receptor). It has been shown for the first time

that SIM-A9 cells express a high level of CD68, CD11b, and CD45<sup>high</sup> markers on the cell surface membrane, which corresponds to the activated microglia phenotype. At the same time, they also express markers of stem and progenitor cells CD133<sup>+</sup> and nestin, which allows considering the cells of this line as early poorly differentiated progenitor cells, despite their phenotype corresponding to mature activated microglia. The presence of receptors of two growth factors, CSF-1R and EGFR, in SIM-A9 cells indicates the possibility of influencing the proliferation of

В ЛРБ методом multicolor FISH (mFISH) исследован кариотип линии SIM-A9. Делящиеся клетки на стадии метафазы окрашивали mFISH пробами 21XMouse, хромосомы идентифицировали и анализировали с использованием программ ISIS/mFISH (MetaSystems, Германия), которые генерируют «псевдоцвета» на основании уникальных комбинаций пяти флуорохромов для идентификации каждой пары хромосом (Xp) и структурных перестроек между ними — аббераций хромосом (АХр). Установлен относительно стабильный гипотетраплоидный женский мышинный кариотип: число Xp на метафазу варьировалось от 50 до 61 Xp, выявлено 12 постоянных маркерных аномалий Xp, таких как слияние по центромере (рис. 1, *b*, 1–5), транслокаций (рис. 1, *b*, 6 и 7), включая комплексную мультитранслокацию (рис. 1, *b*, 6), очень сильно редуцированных Xp (рис. 1, *b*, 8 и 9) и отдельно лежащих центромер (рис. 1, *b*, 10). Число копий хромосом варьировалось от 2 до 5. Более того, свыше 95% клеток имели неклональные структурные АХр, такие как хромосомные и хроматидные разрывы, транслокации и дицентрики (стрелки на рис. 1, *b*). Зафиксирована высокая хромосомная нестабильность линии, свойственная всем иммортализованным и опухолевым линиям. Выявленные структурные и количественные аномалии

хромосом могут определять фенотипические и функциональные особенности этой линии.

В целом полученные данные позволяют рассматривать линию SIM-A9 в качестве альтернативы первичной микроглии при исследовании механизмов развития нейродегенеративных заболеваний, нейровоспаления и при изучении эффективности потенциальных терапевтических препаратов, способных регулировать про- и противовоспалительную активность микроглии.

*Шапошникова Д. А., Москалева Е. Ю., Сёмочкина Ю. П., Высоцкая О. В., Комова О. В., Насонова Е. А., Кошлань И. В.* Характеристика клеток микроглии линии SIM-A9 — новые данные // Цитология. 2023. Т. 65, № 3. С. 259–272.

### Учебно-научный центр

**Учебный процесс.** В мае–июне состоялись защиты бакалаврских и магистерских работ студентов базовых кафедр в ОИЯИ. Для сотрудников Института — соискателей ученой степени кандидата наук — был организован экзамен по специальности на базовой кафедре МФТИ «Фундаментальные и прикладные проблемы физики микромира» в ОИЯИ.

cells of this line. It is known that pharmacological inhibitors of these receptors are a universal tool for influencing microglia: they reduce microglial proliferation and modulate the cell phenotype in neuroinflammation, for example, in progressive multiple sclerosis.

A multicolor FISH (mFISH) study of the SIM-A9 cell line has been performed at LRB. Dividing cells at the metaphase stage were stained with 21XMouse mFISH probes; chromosomes were identified and analyzed using ISIS/mFISH software toolkits (MetaSystems, Germany), which generate “pseudocolors” based on unique combinations of five fluorochromes to identify each pair of chromosomes and structural rearrangements between them — chromosomal aberrations (CA). A relatively stable hypotetraploid female mouse karyotype was determined: the number of chromosomes per metaphase varied from 50 to 61, 12 permanent marker CAs were identified, such as centromeric fusion (Fig. 1, *b*, 1–5), translocations (Fig. 1, *b*, 6, 7) including a complex multitranslocation (Fig. 1, *b*, 6), very strongly reduced chromosomes (Fig. 1, *b*, 8, 9), and separate centromeres (Fig. 1, *b*, 10). The number of chromosome copies varied from 2 to 5. Moreover, over 95% of cells had nonclonal structural CAs such as chromosome

and chromatid breaks, translocations, and dicentrics (arrows in Fig. 1, *b*). A high chromosomal instability of the line, which is characteristic of all immortalized and tumor lines, has been observed. The revealed structural and numerical CAs can determine the phenotypic and functional features of this line.

In general, the data obtained allow considering the SIM-A9 line as an alternative to primary microglia in research on the development mechanisms of neurodegenerative diseases, neuroinflammation, and the effectiveness of potential therapeutic drugs that can regulate the pro- and anti-inflammatory activity of microglia.

*Shaposhnikova D. A., Moskaleva E. Yu., Semochkina Yu. P., Vysotskaya O. V., Komova O. V., Nasonova E. A., Koshlan I. V.* New Data on Some Characteristics of SIM-A9 Microglial Cells // Tsitologiya. 2023. V. 65, No. 3. P. 259–272 (in Russian).

### JINR University Centre

**Education.** In May and June, students of JINR-based departments defended their Bachelor and Master theses. A proficiency exam for the Institute employees applying for the scientific degree of the Candidate of Sciences



Дубна, 16 мая. 1-й этап Международной студенческой практики УНЦ для молодых специалистов из Арабской Республики Египет. Лекция в ЛЯР

Dubna, 16 May. The first stage of the International Student Practice of the UC for young specialists from the Arab Republic of Egypt. Lecture at FLNR

was organized at JINR on the basis of the Department of Fundamental and Applied Problems in Microworld Physics, one of the basic MIPT departments.

**International Student Practice.** On 16 May, the first stage of the International Student Practice of the JINR University Centre started. Young specialists from the Arab Republic of Egypt came to the Institute for a three-week internship. All 23 participants had a rich educational and cultural programme and worked on scientific projects. The first week was educational with lectures, the interactive exhibition “JINR Basic Facilities” and visits to the Laboratories of the Institute. During the second and third weeks, the participants could focus on their scientific projects under the supervision of JINR specialists. The topics of projects included life sciences, radiobiology, theoretical physics, computing and machine learning, biophysics and particle physics. At the end of the course, all the participants presented the results of their work to the colleagues.

Twenty-eight young scientists came from the Republic of South Africa (RSA) to participate in the second stage of the International Student Practice held on 7–23 June. Representatives from RSA have been participating in the Student Practice since 2007. Over the last few years, students from the RSA universities had to compete at the

summer school organized by iThemba LABS to be able to take part in the International Student Practice at JINR. Within the framework of the school in January 2023, JINR specialists held lectures and workshops to help students prepare for the visit to Dubna.

The programme in Dubna included educational lectures on history, JINR facilities and achievements, visits to VBLHEP, FLNP, FLNR, the interactive exhibition “JINR Basic Facilities”, as well as a trip to Moscow. Most of the time was dedicated to the work on scientific projects prepared for the students by JINR specialists from UC, FLNR, FLNP, and DLNP. Project topics covered such areas as theoretical physics, life sciences, radiobiology, and computing. Nine students chose the UC Engineering Training as a project. Some of them dealt with electronics, the others worked with automation and vacuum technology. The courses were held in the new UC building. On the last day of the Practice, the students presented the outcomes of their research projects.

**JINR Presentation at the KPFU Institute of Physics.** On 10–11 April, JINR specialists from UC, FLNP, DLNP, and FLNR visited the Institute of Physics of the Kazan (Volga Region) Federal University. In addition to the traditional annual meetings with students and discussion of

### Международная студенческая практика.

С 16 мая проходил 1-й этап Международной студенческой практики УНЦ ОИЯИ. На трехнедельную стажировку в Институт приезжали молодые специалисты из Арабской Республики Египет. Для 23 участников была подготовлена насыщенная образовательная и культурная программа, а также работа над научными проектами. Программа первой недели практики образовательная — в нее входил ряд лекций, посещение интерактивной выставки «Базовые установки ОИЯИ», а также экскурсии в лаборатории Института. Вторая и третья недели были посвящены работе над проектами в лабораториях под руководством специалистов ОИЯИ. Тематика студенческих проектов практики охватывала науки о жизни, радиобиологию, теоретическую физику, компьютеринг и машинное обучение, биофизику и физику частиц. По окончании курса все участники представили итоги своих исследований и провели защиту проектов.

Во 2-м этапе практики с 7 по 23 июня принимали участие 28 молодых специалистов из ЮАР. Представители ЮАР приезжают на практику с 2007 г. В последние годы для того, чтобы стать участником практики ОИЯИ, студентам из университетов ЮАР необходимо пройти отбор, организованный в рамках Летней школы в iThemba LABS. В рамках школы, про-

веденной в январе 2023 г., сотрудники ОИЯИ прочли лекции и провели практикумы, что позволило подготовить студентов к визиту в Дубну.

В программе дубненского этапа практики образовательные лекции об истории, установках и достижениях ОИЯИ, экскурсии в ЛФВЭ, ЛНФ, ЛЯР, знакомство с интерактивной выставкой «Базовые установки ОИЯИ», экскурсия в Москву. Основное время было отведено выполнению проектов, подготовленных сотрудниками УНЦ, ЛЯР, ЛНФ и ЛЯП. Тематика проектов включала направления теоретической физики, наук о жизни, радиобиологии, компьютеринга. 9 студентов выбрали в качестве проекта инженерный практикум УНЦ. Часть занималась электроникой, другая — автоматизацией и вакуумной техникой. Занятия проходили в новом здании УНЦ. В заключительный день практики состоялись защиты исследовательских проектов.

### Презентация ОИЯИ в Институте физики КФУ.

10–11 апреля проходил рабочий визит сотрудников УНЦ, ЛНФ, ЛЯП, ЛЯР в Институт физики Казанского (Приволжского) федерального университета. Кроме традиционных ежегодных встреч со студентами, обсуждения учебных программ в рамках заседания базовой кафедры ОИЯИ в КФУ «Ядерно-физическое материаловедение» сотрудники ОИЯИ прочли лекции



Дубна, 7–23 июня. 2-й этап Международной студенческой практики УНЦ для молодых специалистов из ЮАР

Dubna, 7–23 June. The second stage of the International Student Practice of the UC for young specialists from RSA

об Институте и программах для студентов, провели тематический семинар, посвященный физике нейтрино. В ходе визита на встрече с представителями Ассоциации молодых ученых КФУ обсуждались возможные совместные программы для молодежи обеих организаций. По итогам встречи был подготовлен протокол о сотрудничестве между ОМУС ОИЯИ и АМУ КФУ.

**«Карьерный форсаж» в МФТИ.** 7 апреля ОИЯИ принял участие в «Карьерном форсаже», который прошел в Долгопрудном на базе Московского физико-технического института. Это традиционное мероприятие является прекрасной площадкой для конструктивного и плодотворного общения потенциальных работодателей со студентами.

**Инженерные практикумы УНЦ.** С 15 мая для прохождения инженерных практикумов в УНЦ приехали 7 студентов Дальневосточного федерального университета (Владивосток). В течение двух недель трое студентов проходили практикум по автоматизации, а также совершили экскурсию на ускорительный комплекс ЛФВЭ, познакомились с системами автоматизации и управления, используемыми на ускоритель-

ном комплексе NICA. Для четырех студентов были организованы практические занятия по Medipix, а также знакомство с ускорителями ДЦ-280, У-400М, ИЦ-100, микротроном, посещение наноцентра в ЛЯР. В программе были предусмотрены также экскурсии в ЛИТ, ЛНФ и ЛТФ.

**Совещание по разработке информационно-образовательной среды.** 18 мая в ходе международного рабочего совещания по развитию проекта Учебно-научного центра ОИЯИ «Открытая информационная и образовательная среда для поддержки фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований в ОИЯИ» представители университетов стран-участниц и ассоциированных членов ОИЯИ из Болгарии, Вьетнама, Египта, России, Сербии, ЮАР обсудили новые подходы с использованием информационных и коммуникационных технологий в обучении студентов и школьников.

В настоящее время, как рассказал руководитель отдела разработки и создания образовательных программ УНЦ Ю. А. Панебратцев, в ОИЯИ завершается первый этап проекта, в рамках которого были разработаны учебные курсы для студентов по тематике ОИЯИ, созданы информационные системы для под-

curricula at the meeting of the JINR-based Department “Nuclear Physical Materials Science” at KPFU, JINR experts delivered lectures about the Institute and opportunities for students and held a seminar on neutrino physics. During the visit, a meeting was organized with representatives of the Association of Young Scientists of KPFU to discuss potential joint programmes for the young scientists of both organizations. Following the meeting, a protocol on cooperation between the JINR AYSS and the KPFU AYS is drawn up.

**“Career Booster” at MIPT.** On 7 April, JINR took part in the event “Career Booster”, which was held at the Moscow Institute of Physics and Technology in Dolgoprudny. This traditional event is an excellent platform for positive and efficient communication between potential employers and students.

**UC Engineering Training.** Since 15 May, seven students from the Far Eastern Federal University (Vladivostok) visited JINR UC for engineering training. For two weeks, three of the students were working with automation, had an excursion to the VBLHEP accelera-

tor complex, and were introduced to the automation and control systems used at the NICA accelerator complex. The other four students had a practical course on Medipix and visited such accelerators as DC-280, U-400M, IC-100, microtron, and the Nanocentre of FLNR. The participants also had visits to MLIT, FLNP, and BLTP.

**Meeting on Development of Information and Educational Environment.** On 18 May, an international working meeting on the development of the JINR University Centre project “Open information and educational environment to support fundamental and applied interdisciplinary research at JINR” took place. Representatives of universities of the JINR Member States and Associate Members took part in the event. Representatives from Bulgaria, Egypt, RSA, Russia, Serbia, and Vietnam discussed new approaches using information and communication technologies in teaching students and schoolchildren.

At the present time, as Head of the Department of Development of UC Educational Programmes Yu. Panebrattsev said, the first stage of the project is being completed. As part of this project, training courses for students in the JINR research areas have been developed and

держки фундаментальных исследований в лабораториях, проводятся мультимедийные выставки, в том числе передвижные, что дает возможность поделиться наработками с вузами стран-участниц и стран-партнеров Института.

Успешно развивается масштабный проект Института «Виртуальная лаборатория». Она стала эффективным дополнением к традиционным обучающим курсам, знакомя студентов и молодых ученых с экспериментальным оборудованием и с обработкой реальных

экспериментальных данных. Как отмечали участники совещания, такой подход позволяет студентам не только получить базовые теоретические знания и определенные практические навыки в ходе лабораторных работ, но и самим смоделировать виртуальную экспериментальную установку и поставить исследовательскую задачу.

Тема развития возможностей «Виртуальной лаборатории» стала ключевой в ходе дискуссии. Своим опытом, наработками и новыми подходами подели-

Учебно-научный центр, 18 мая. Международное рабочее совещание «Открытая информационная и образовательная среда для поддержки фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований в ОИЯИ»



The University Centre, 18 May. International working meeting “Open information and educational environment to support fundamental and applied interdisciplinary research at JINR”

information systems have been created to support fundamental research in Laboratories, multimedia exhibitions, including the mobile ones, are being held. This allows sharing experiences with universities of the Member and Partner States of JINR.

“Virtual Laboratory”, the major project of the Institute, is successfully developing. It has become an effective addition to traditional training courses. It introduces students and young scientists to real experimental equipment and the processing of real experimental data. As the partici-

pants of the meeting noted, this approach allows students not only to acquire basic theoretical knowledge and certain practical skills during laboratory work, but also to simulate a virtual experimental facility on their own and set a research task.

The topic of developing the capabilities of the “Virtual Laboratory” became central during the discussion. A group of Bulgarian, Serbian and Vietnamese developers together with representatives from MPhI and VBLHEP JINR shared their experiences, insights, and new approach-

лись группы болгарских, вьетнамских, сербских разработчиков и представители МИФИ и ЛФВЭ ОИЯИ. Были поддержаны предложения по использованию результатов проекта в информационных центрах ОИЯИ.

Для обсуждения на НТС ОИЯИ подготовлен проект по созданию открытой информационной и образовательной среды. Речь идет не только о виртуальных практикумах, но и о развитии в УНЦ лабораторного практикума по основам экспериментальной ядерной физики для проведения студенческих школ и практик. Для того чтобы сделать такие практикумы доступными для многих вузов, планируется разработать платформу для подключения дистанционных экспериментов различных университетов. Планируется также создание практикума по радиобиологии на основе эксперимен-

тальных установок ЛРБ и сопровождение его учебным курсом.

Участники совещания обсудили направление работы с учащимися школ и школьными учителями. Был презентован новый комплект учебных пособий для углубленного изучения физики в 7–9-х классах.

**Научная школа для учителей физики Камчатки.** С 3 по 7 апреля в ОИЯИ проходила научная школа для учителей физики Камчатки. В Дубну приезжали 14 педагогов из разных районов края. Поездка была организована при поддержке Информационного центра ОИЯИ в Камчатском государственном университете.

В программу школы входили посещение выставки «Базовые установки ОИЯИ», лекции сотрудников

Учебно-научный центр, 3–7 апреля. Учителя физики Камчатского края — участники научной школы ОИЯИ



The University Centre, 3–7 April. Physics teachers from Kamchatka — the participants of the Scientific School at JINR

es. Suggestions to apply the project results in the JINR Information Centres were strongly supported.

The project to create an open information and educational environment has been prepared for discussion at the JINR Science and Technology Council meeting. The project has gone beyond virtual workshops, it is also about the development of a laboratory workshop on the basics of experimental nuclear physics at the UC to conduct student schools and practices. In order to make such workshops available to many universities, it is planned to develop a platform to connect the remote experiments of various universities. It is also planned to create a workshop on radio-

biology based on experimental facilities of the Laboratory of Radiation Biology and support it with a training course.

The participants also paid great attention to the topic of work with students and teachers from schools. A new set of textbooks for in-depth study of physics in grades 7–9 was presented.

**JINR Scientific School for Teachers from Kamchatka.** On 3–7 April, the Scientific School for Physics Teachers from Kamchatka was held at JINR. Fourteen teachers came to Dubna from different districts of

Института, работа в виртуальном исследовательском лабораторном практикуме, демонстрация физических экспериментов, экскурсии в ЛФВЭ, ЛЯР и ЛИТ, в библиотеку им. Д. И. Блохинцева и Физико-математический лицей им. академика В. Г. Кадышевского. Приятным сюрпризом для участников школы стала встреча с академиком Ю. Ц. Оганесяном, который поделился с учителями своими мыслями по поводу важности науки в жизни человека.

Отбор учителей проводился при участии Информационного центра ОИЯИ на Камчатке, который за относительно небольшой срок своего существования провел уже около десятка мероприятий для школьников, студентов и преподавателей естественно-научных дисциплин. Организаторы школы, а также лекторы и гиды, работавшие на школе, отметили высокий уровень подготовки и мотивированности участников.

**Итоги «CyberDubna-2023».** 22–23 апреля УНЦ ОИЯИ на базе АНОО «Физико-математический лицей им. академика В. Г. Кадышевского» проводил открытый турнир по робототехнике «CyberDubna-2023». Турнир проходил в формате командных соревнований на базе платформы Arduino. Основная цель турнира — сохранение и развитие среды для творческой деятельности

учащихся в области конструирования и робототехники и привлечение в эту область талантливых детей, подростков и молодежи, проявляющих интерес к наукоемким технологиям. В этом году соревнования проводились для участников разных уровней подготовки: начинающих и имеющих опыт. В мероприятиях приняли участие команды из Долгопрудного, Дубны, Протвино, Талдома, Запрудни (Талдомский район) и Правдинского (Пушкинский район) Московской области.

**33-я открытая городская физико-математическая олимпиада.** Свой двадцатый учебный год городской межшкольный физико-математический факультатив завершил 19 мая традиционной 33-й открытой олимпиадой для учащихся 6–7-х классов. В ней участвовали более 50 школьников, представлявших девять учебных заведений Дубны, а также гимназию «Логос» из Дмитрова. 26 мая прошло награждение успешно выступивших на олимпиаде участников. Победители и призеры олимпиады получили, помимо дипломов, журналы «Квантик» и памятные подарки от УНЦ ОИЯИ, поддерживающего работу факультатива.

**Визиты.** 6 апреля в рамках реализации инициативы Десятилетия науки и технологий «Научно-

this region. The visit was organized with the support of the JINR Information Centre at Kamchatka State University.

The participants attended the exhibition “JINR Basic Facilities”, lectures by the Institute experts, worked in the “Virtual Laboratory”, watched the demonstration of physics experiments, visited VBLHEP, FLNR, MLIT, the JINR Library, and the Kadyshevsky Physics and Mathematics Lyceum. A pleasant surprise for the participants of the School was the meeting with Academician Yu. Oganessian, who shared his thoughts on the role of science in human life with the teachers.

The selection of teachers was carried out with the participation of the JINR Information Centre in Kamchatka, which in a relatively short period of its existence has already held about ten events for schoolchildren, students, and science teachers. The organizers of the School, as well as the lecturers and guides who took part in the event, noted the high level of expertise and motivation of its participants.

**“CyberDubna-2023”: Results.** On 22–23 April, the Kadyshevsky Lyceum became the venue for the Open Robotics Tournament “CyberDubna-2023” organized by

the JINR University Centre. The Tournament was a team competition based on the Arduino platform. The main goal of the Tournament was to preserve and develop the environment encouraging creativity in the younger generation in the field of design and robotics and to attract talented young people interested in high-end technologies. This year the competition was intended for participants of different levels of training: beginners and those who already have experience. Teams from Dolgoprudny, Dubna, Pravdinsky (Pushkino District), Protvino, Taldom, and Zaprudnya (Taldom District) took part in the competition.

**XXXIII Dubna Open Physics and Mathematics Olympiad.** On 19 May, to finish its 20th academic year, the Physics and Mathematics Open Classroom traditionally held XXXIII Open Olympiad for schoolchildren in grades 6–7. Over 50 students from nine educational institutions of Dubna as well as from “Logos” Gymnasium of Dmitrov participated in the Olympiad. The awarding ceremony took place on 26 May. The winners and runners-up of the Olympiad were rewarded with diplomas, “Kvantik” magazines, and souvenirs provided by JINR UC, which supports the operation of the Open Classroom.

популярный туризм» 29 московских школьников 8–10-х классов в сопровождении учителей познакомились с ОИЯИ, его научными установками и исследованиями. Участники экскурсии побывали в Музее истории науки и техники ОИЯИ, посетили интерактивную выставку «Базовые установки ОИЯИ». В программу экскурсии вошло также посещение виртуальной физической лаборатории университета «Дубна», созданной при содействии ОИЯИ. Экскурсанты приняли участие в экспериментах по ядерной физике, а также увидели реальные физические и химические опыты.

11 апреля ОИЯИ посетила группа учащихся Хорошевской школы Москвы. Это частная школа, существующая с 2013 г., шефство над которой взял Сбербанк России. Для 38 учеников 8–11-х классов инженерного и химико-биологического профилей обучения была организована лекция об истории открытия элементов таблицы Менделеева и исследованиях ЛЯР, а также экскурсия на фабрику сверхтяжелых элементов. Ребята смогли пообщаться со всемирно известным ученым, научным руководителем Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ академиком Ю. Ц. Оганесяном.

Всего в апреле–июне было проведено около 20 мероприятий для школьников и студентов.

7–9 июня состоялся визит делегации Томского политехнического университета в составе доцентов отделения экспериментальной физики Е. А. Складовой и Р. С. Лаптева. Со стороны ОИЯИ гостей принимали директор УНЦ Д. В. Каманин и заместитель директора А. Ю. Верхеев. В ходе встречи был согласован план мероприятий Информационного центра ОИЯИ в ТПУ, обсуждалась координация практического взаимодействия ТПУ и ОИЯИ по подготовке кадров. Особое внимание было уделено подготовке кадров для проекта NICA. Одним из результатов визита стала договоренность о сетевом взаимодействии ТПУ с ОИЯИ и университетом «Дубна».

**Visits.** On 6 April, an excursion was held in Dubna as part of the implementation of the Decade of Science and Technology initiative “Popular Science Tourism”. Twenty-nine schoolchildren in grades 8–10 and their teachers from Moscow came to get acquainted with the Joint Institute, its scientific facilities and research. The visitors attended the JINR Museum of the History of Science and Technology, the interactive exhibition “JINR Basic Facilities”, as well as virtual physics laboratory at Dubna University, created with the assistance of JINR. The tourists took part in nuclear physics experiments and were demonstrated physical and chemical experiments.

On 11 April, students and teachers from the Horoshevskaya School (Moscow) visited JINR. It is a private school, founded in 2013, and SberBank of Russia is its patron. A lecture on the history of the discovery of the elements of the Mendeleev’s Periodic Table and FLNR research fields as well as an excursion to the Superheavy Element Factory were organized for 38 engineering and biochemistry students in grades 8–11. The schoolchildren were able to communicate with the world-famous scientist, Scientific Leader of the Laboratory of Nuclear Reactions of JINR, Academician Yu. Oganessian.

Altogether about 20 events were organized for school and university students in April–June.

On 7–9 June, a delegation from Tomsk Polytechnic University, consisting of Associate Professors of the Department of Experimental Physics E. Sklyarova and R. Laptev, visited JINR. The UC Director D. Kamanin and Deputy Director A. Verkheev welcomed the guests. During the meeting, the action plan for the JINR Information Centre at TPU was agreed, and the coordination of practical cooperation between TPU and JINR in terms of personnel training was discussed. Particular attention was paid to the training of specialists for the NICA project. One of the results of the visit was an agreement on network cooperation of TPU with JINR and Dubna University.

*А. А. Зайцев, П. И. Зарубин*

## Облучение ядерной эмульсии и твердотельных трековых детекторов на NICA

Эксперимент BECQUEREL (<http://becquerel.jinr.ru/>) опирается на уникальные возможности ядерной эмульсии (ЯЭ) в изучении ансамблей  $\alpha$ -частиц, образующихся во фрагментации релятивистских ядер. В фокусе — поиск  $\alpha$ -частичного конденсата Бозе–Эйнштейна ( $\alpha$ БЕС). В связи с этим изучается фрагментация ядер Kr в слоях ЯЭ, облучавшихся в GSI (Дармштадт, Германия) при начальной энергии 950 МэВ/нуклон. Однако ее невысокое значение осложняет идентификацию конечных состояний методом инвариантной массы вследствие торможения ядер и особенностей их взаимодействий до начала предельной фрагментации. Применить отработанные подходы позволяет облучение ЯЭ тяжелыми ядрами при энергии несколько ГэВ/нуклон. Такую возможность открыло ускорение ядер  $^{124}\text{Xe}$  до энергии 3,8 ГэВ/нуклон в зимнем сеансе работы ускорительного комплекса NICA–нуклотрон. Облучение проводилось в

«старом» измерительном павильоне на горизонтальном участке выведенного пучка и в здании выведенных пучков № 205 за установкой BM@N. В последнем случае пучок проводился в магнитооптическом канале по ионопроводу длиной около 70 м, что необходимо в случае тяжелых ядер. Стопки ЯЭ (достаточно ценного материала) облучались согласно ориентировочной информации от 1 до 25 циклов.

Определение интенсивности, положения и профиля пучка представляет собой неординарную проблему при ионизации ядер, в 2500 раз превышающей ионизацию протонов. Для ее решения при облучении на BM@N было предложено использовать пластину твердотельного трекового детектора CR-39 (ТТТД). ТТТД позволяют определить точные параметры потока ядер в ЯЭ, где равномерность следов критически важна. Облученные слои были проявлены в химической группе ЛФВЭ, а ТТТД обработаны в ЛЯР. На макрофото-

*A. A. Zaitsev, P. I. Zarubin*

## Exposure of Nuclear Track Emulsion and Solid-State Track Detectors at NICA

The BECQUEREL experiment (<http://becquerel.jinr.ru/>) relies on the unique possibilities of nuclear track emulsion (NTE) in studying ensembles of  $\alpha$  particles formed in the fragmentation of relativistic nuclei. The focus is on the search for  $\alpha$  particle Bose–Einstein condensate ( $\alpha$ БЕС). In this regard, we study the fragmentation of Kr nuclei in NTE layers exposed at the GSI (Darmstadt, Germany) at an initial energy of 950 MeV/nucleon. However, its low value complicates the identification of final states by the method of invariant mass due to the deceleration of nuclei and the features of their interactions before the onset of limiting fragmentation. Well-established approaches can be applied by NTE exposing to heavy nuclei at several GeV/nucleon. This possibility was opened up by the acceleration of  $^{124}\text{Xe}$  nuclei to 3.8 GeV/nucleon during the winter run of

the NICA–Nuclotron accelerator complex. Exposures were carried out in the “old” measurement pavilion on the horizontal section of the extracted beam and in the extracted beam building No. 205 behind the BM@N facility. In the latter case, the beam was transferred in the magneto-optical channel along an ion guide about 70 m long, which is necessary in the case of heavy nuclei. Exposure of NTE stacks (rather valuable material) was carried out according to approximate information from 1 to 25 cycles.

Determining the intensity, position, and profile of the beam is an extraordinary problem when the ionization of nuclei is 2500 times greater than the ionization of protons. To solve this problem during the BM@N exposure, it was proposed to use a plate of a CR-39 solid-state track detector (SSTD). SSTD allow determining the exact parameters

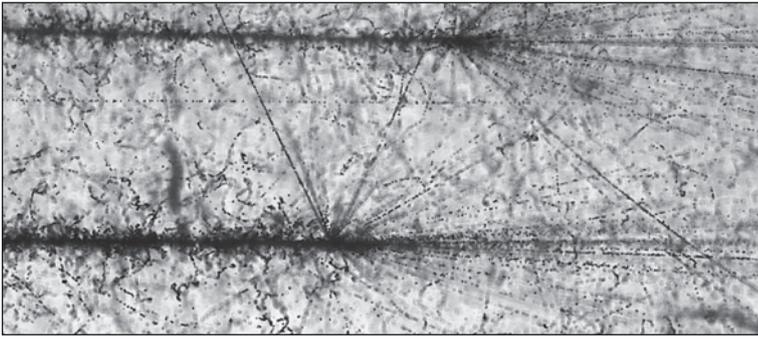


Рис. 1. Макрофотография при 40-кратном увеличении ядерной эмульсии, облученной одним циклом ядер ксенона; в поле зрения две звезды

Fig. 1. Macro photograph at 40x magnification of nuclear track emulsion exposed to a single cycle of xenon nuclei; two stars are in the field of view

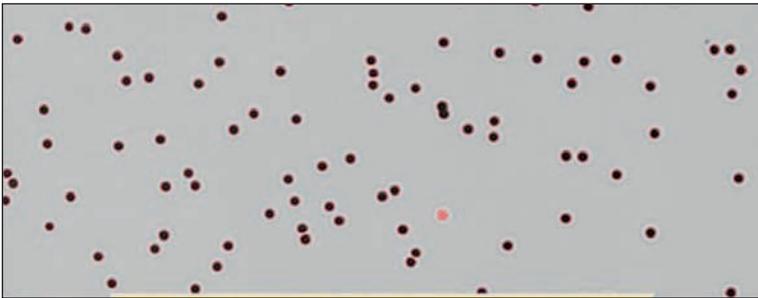


Рис. 2. Макрофотография при 40-кратном увеличении детектора CR-39, облученного релятивистскими ядрами ксенона; обнаруженные программой кратеры выделены красным

Fig. 2. Macro photograph at 40x magnification of CR-39 detector exposed to relativistic xenon nuclei; craters detected by the program are highlighted in red

Рис. 3. Профиль пучка ядер ксенона в месте облучения стопок ядерной эмульсии за установкой BM@N, восстановленный в детекторе CR-39

Fig. 3. Profile of xenon nuclear beam at site of exposure of nuclear emulsion stacks behind the BM@N facility reconstructed in CR-39 detector

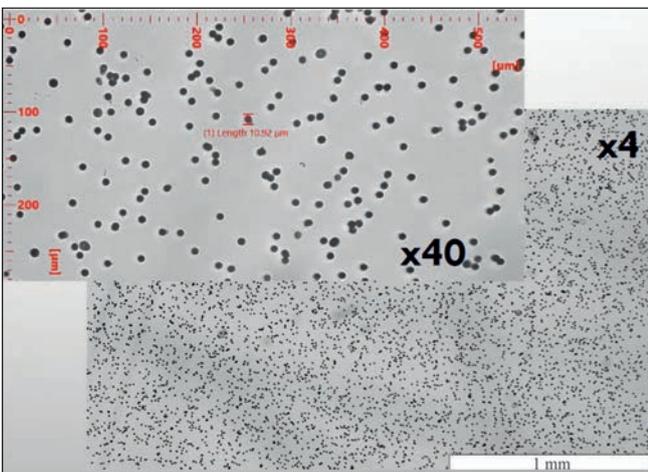
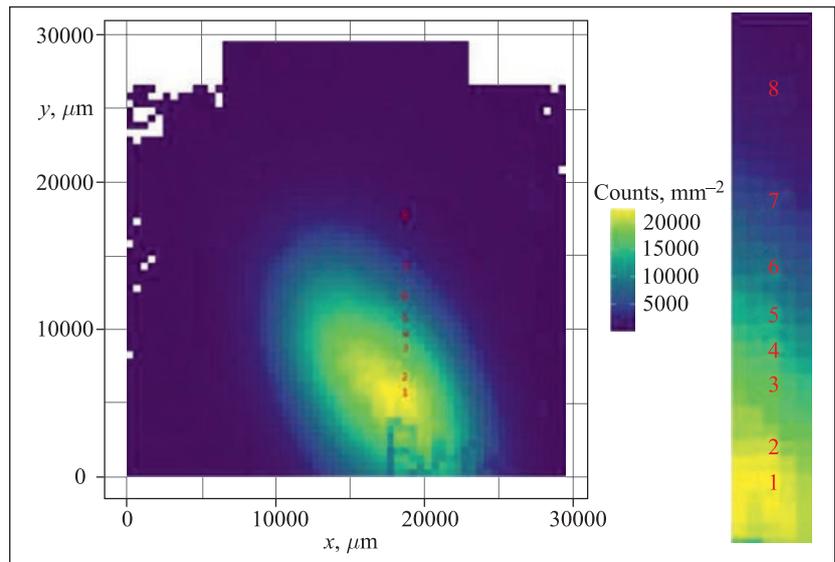


Рис. 4. Макрофотографии детектора CR-39, облученного ядрами ксенона при энергии 3,2 МэВ/нуклон на станции СОЧИ

Fig. 4. Macro photographs of CR-39 detector exposed to xenon nuclei at 3.2 MeV/nucleon at the SOCHI station

графии микроскопа Olympus BX63 при 40-кратном увеличении различимы входящие следы ядер ксенона и образовавшиеся звезды (рис. 1). Программы микроскопа позволяют провести прямой счет прохождения ядер в ГТТД и определить параметры пучка (рис. 2 и 3). В облучении CR-39 и майлара от инжектора на станции СОЧИ была проверена однородность пучка ионов ксенона с энергией 3,2 МэВ/нуклон (рис. 4), важная при тестировании электронных компонентов космического применения. Таким образом, компьютеризованная микроскопия открывает перспективу применения ядерных трековых методик в условиях, где оказывается затруднительным применение электронных методов.

of the flow of nuclei in NTE where the track uniformity is critical. The exposed layers were developed in the VBLHEP chemical group, and SSTD were processed at FLNR. In a macrophotograph of an Olympus BX63 microscope at 40x magnification, incoming tracks of xenon nuclei and formed stars are distinguishable (Fig. 1). The programs of the microscope make it possible to directly count the passage of nuclei in SSTD and determine the beam parameters (Figs. 2 and 3). In exposing CR-39 and Mylar from the injector at the SOCHI station, the homogeneity of xenon ion beam of 3.2 MeV/nucleon was checked (Fig. 4), which is important when testing electronic components for space applications. Thus, computerized microscopy opens up the prospect of using nuclear track techniques in conditions where the use of electronic methods is difficult.

*Д. Т. Мадигожин*

## Статус эксперимента NA62

Наиболее важные экспериментальные стратегии изучения физических основ нашего мира связаны с достижением разных технологических пределов. Самый очевидный из них — это предельно высокие энергии столкновений частиц на коллайдере LHC в ЦЕРН, которые позволяют рождаться самым массивным элементарным объектам. На другом экспериментальном пределе, при самой высокой плотности барионной материи, будут работать установки коллайдера NICA в Дубне, что позволит изучать явления, происходившие в самом начале существования нашей Вселенной.

Не столь очевидный технологический предел при исследовании явлений микромира — это предел интенсивности потока событий. Высокая интенсивность событий позволяет измерить вероятность очень редких распадов, подавленных в рамках Стандартной модели (СМ), что дает возможность на небольшом «стандартном» фоне искать малые вклады в сигнал, связанные с теоретическими расширениями этой модели. Кроме того, рекордно высокая точность измерений свойств других распадов, достижимая на пределе интенсивности потока событий, также, в принципе, позволяет обнаруживать отклонения от СМ. Наконец, благодаря большой статистике измерения всех распадов можно значительно улучшить доступную точность параметров фено-

*D. T. Madigozhin*

## Status of the NA62 Experiment

Main experimental strategies for studying the physical foundations of our world are based on reaching different technological limits. The most obvious of them is the extremely high energy of particle collisions at the LHC at CERN, which allows the birth of the most massive elementary objects. At another experimental limit, at the highest density of baryonic matter, the facilities of the NICA collider in Dubna will operate, which will make it possible to study the phenomena that occurred at the very beginning of the existence of our Universe.

A not so obvious technological limit in the study of the microworld phenomena is the limit of the events flux intensity. The high intensity of events makes it possible to measure the probability of very rare decays suppressed within the Standard Model (SM), which allows us to look for small contributions to the signal associated with theoretical extensions of this model over a small “standard” background. In addition, the highest accuracy of measurements of the properties of other decays, achievable at the limit of the events flux intensity, also makes it possible in principle to detect deviations from the SM. Finally, due to large statistics for all measured decays, it is possible to significantly improve the available accuracy of the parameters of

менологического описания сильных взаимодействий в рамках киральной пертурбативной теории (КПТ).

Сейчас лидером по накопленной статистике зарегистрированных распадов заряженных каонов является эксперимент NA62 [1] на фиксированной мишени, в котором используется выведенный пучок протонов ускорителя SPS в ЦЕРН вблизи Женевы (рис. 1). Протоны с энергией 400 ГэВ генерируют вторичные частицы в столкновениях с мишенью, а система магнитов выделяет пучок заряженных частиц с импуль-

сом около 75 ГэВ/с, среди которых примерно 6% каонов. Детекторы установки NA62 измеряют свойства каона и регистрируемых продуктов его распада, идентифицируют заряженные частицы, а система вето подавляет фон от разных источников.

Главной задачей эксперимента NA62 является измерение вероятности очень редкого распада  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  с десятипроцентной точностью. Этот распад считается одной из «золотых мод» для поиска отклонений от СМ путем измерения параметров матрицы Кабиббо–

Рис. 1. Схема установки NA62 в ЦЕРН [2]: KTAG — черенковский детектор для идентификации каонов пучка; GTK — спектрометр частиц пучка; COL — коллиматор; CHANTI — вето столкновений частиц пучка с коллиматором; LAV — вето частиц, вылетающих под большими углами; STRAW — магнитный спектрометр для заряженных продуктов распада; RICH — черенковский детектор для их идентификации; CHOD — годоскоп для точного измерения их времени; LKr — жидкокриптонный калориметр для регистрации гамма-квантов. Остальные детекторы установки формируют систему вето заряженных частиц, вылетающих под малыми углами

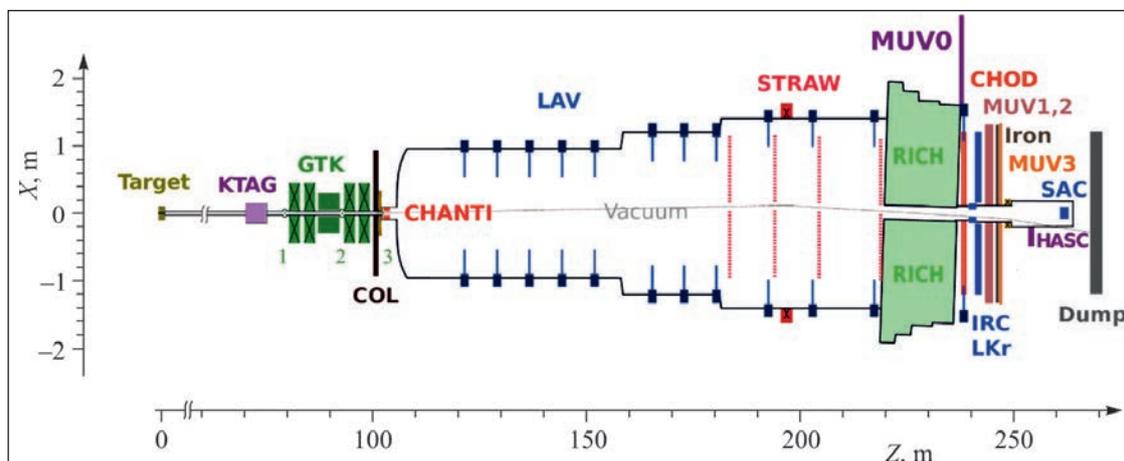


Fig. 1. Scheme of the NA62 facility at CERN [2]: KTAG — Cherenkov detector for beam kaons identification; GTK — beam particles spectrometer; COL — collimator; CHANTI — veto for collisions of beam particle with the collimator; LAV — veto for particles emitted at large angles; STRAW — magnetic spectrometer for charged decay products; RICH — Cherenkov detector for their identification; CHOD — hodoscope to accurately measure their time; LKr — liquid krypton calorimeter for registration of gamma quanta. The remaining detectors of the facility form a system of veto for charged particles emitted at small angles

the strong interaction phenomenological description in the framework of Chiral Perturbation Theory (ChPT).

The current leader in the accumulated statistics of charged kaon registered decays is the NA62 experiment [1] on a fixed target, using the extracted proton beam from the SPS accelerator at CERN near Geneva (Fig. 1). The 400-GeV protons generate secondary particles in collisions with the target, and a system of magnets emits a beam of charged particles with a momentum of about 75 GeV/c, among which approximately 6% are kaons. The detectors of the NA62 facility measure the properties of the kaon and registered products of its decay, identify charged particles, while a veto system suppresses the background from different sources.

The main goal of the NA62 experiment is to measure the probability of the very rare  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  decay with a ten-percent accuracy. This decay is considered one of the

“golden modes” for finding deviations from the Standard Model by measuring the parameters of the Cabibbo–Kobayashi–Maskawa (CKM) matrix, since the calculation of the probability of this decay is almost free from theoretical uncertainties [3]. Experiments E787 and E949 previously measured the probability of  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ , deriving  $BR = (17.3^{+11.5}_{-10.5}) \cdot 10^{-11}$  [4]. But the accuracy of this measurement, based on only seven selected events, did not allow establishing significant new limits on the CKM parameters.

The NA62 Collaboration has a long prehistory. It begins with the predecessor NA48 Collaboration that discovered the phenomenon of direct violation of CP invariance at the turn of the century with a significant contribution from JINR staff. This is one of the most important results of CERN, which would not have been possible to obtain

Кобаяши–Маскавы (ККМ), поскольку расчет вероятности этого распада почти свободен от теоретических неопределенностей [3]. В экспериментах E787 и E949 ранее была измерена вероятность  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ , получено значение  $BR = (17,3^{+11,5}_{-10,5}) \cdot 10^{-11}$  [4]. Но точность этого измерения, основанного всего на семи отобранных событиях, не позволила установить существенные новые ограничения для параметров ККМ.

Долгая предыстория сотрудничества NA62 начинается с коллаборации-предшественника NA48, кото-

Рис. 2. Импульс пиона и недостающая масса кандидатов в распада  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ , прошедших отбор из данных 2018 г. [2]

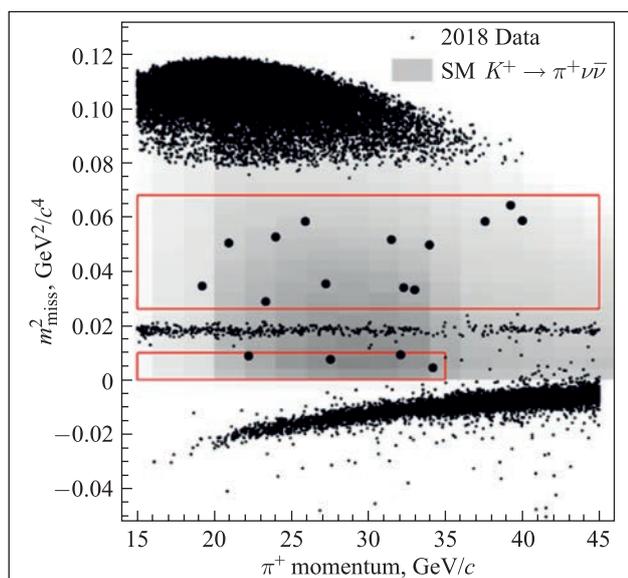


Fig. 2. Reconstructed missing mass and  $\pi^+$  momentum for events satisfying the  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  selection criteria from the data recorded in 2018 [2]

without the liquid krypton calorimeter built with the participation of JINR. The calorimeter continues to operate successfully with updated electronics as part of the NA62 facility. Another key detector of NA62, a straw tube based magnetic spectrometer, was built jointly by the CERN and JINR teams, with key contributions from our team in the development and design, straw fabrication, and detector assembly. VBLHEP employee S. Shkarovsky continues to maintain this spectrometer during experimental runs of the facility, and the Laboratory group of specialists in straw detectors is developing a new version of the spectrometer for extremely high intensities of charged particle tracks, which in fact has already led to the formation at JINR of a world-class centre for straw technologies.

In June 2021, the result of NA62 on measuring the relative probability of the  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  decay was published, based on data collected in 2016–2018 [2]:  $BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) = (10,6^{+4,0}_{-3,4} \pm 0,9_{\text{сист}}) \cdot 10^{-11}$  at 68% confidence level. The

рая при значительном вкладе сотрудников ОИЯИ на рубеже веков открыла явление прямого нарушения CP-инвариантности. Это один из наиболее важных результатов ЦЕРН, и его получение было бы невозможно без построенного с участием ОИЯИ жидкокриптонного калориметра, который продолжает успешно работать с обновленной электроникой в составе установки NA62. Другой ключевой детектор — магнитный спектрометр на основе тонкостенных строу-трубок — был построен совместно группами ЦЕРН и ОИЯИ при определяющем вкладе нашей группы на этапах разработки и проектирования, изготовления строу-трубок и сборки детектора. Сотрудник ЛФВЭ С. Шкаровский продолжает сопровождение этого спектрометра в ходе сеансов экспозиции установки, а группа специалистов лаборатории по строу-детекторам ведет разработку нового варианта спектрометра для предельно высоких интенсивностей заряженных частиц, что фактически уже привело к формированию в ОИЯИ центра строу-технологий мирового значения.

В июне 2021 г. был опубликован результат NA62 по измерению относительной вероятности распада  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ , основанный на данных, собранных в 2016–2018 гг. [2]:  $BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) = (10,6^{+4,0}_{-3,4} \pm 0,9_{\text{сист}}) \cdot 10^{-11}$  на доверительном уровне

measurement is based on 20 selected candidates with the expected background of seven events. Figure 2 shows 17 candidates from the data recorded in 2018. Rectangles bound the predefined area of the signal, open only after the completion of the analysis. The gray color represents the expected signal acceptance distribution. The result obtained agrees with the theoretical expectations of the Standard Model, which, however, predicts the probability of this decay with an essentially better accuracy:  $(8.4 \pm 1.0) \cdot 10^{-11}$  [3].

JINR staff, in addition to maintaining the facility, developing software and taking part in NA62 data collection runs, participate in the physical analysis of these data in order to search for rare decays and accurately measure the properties of a number of other kaon decays. This requires serious methodological research, the results of which are used by the entire Collaboration. A recent example of the NA62 result, obtained with the decisive participation of our employees in the analysis, was the measurement of radiative decays  $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu \gamma$  probability with a record accuracy of about 1% [5].

Another recent result is based on the data of the previous experiment NA48/2, in which in the first decade of

68%. Измерение основано на 20 отобранных кандидатах при ожидаемом фоне в 7 событий. На рис. 2 показаны 17 кандидатов из данных 2018 г. Прямоугольниками ограничена определенная заранее область сигнала, открытая лишь после завершения анализа. Серым цветом представлено ожидаемое распределение акцептанса сигнала. Полученный результат согласуется с теоретическими ожиданиями СМ, которая, однако, предсказывает вероятность этого распада существенно точнее:  $(8,4 \pm 1,0) \cdot 10^{-11}$  [3].

Сотрудники ОИЯИ, помимо обслуживания установки, разработки программного обеспечения и участия в сеансах набора данных NA62, участвуют в физическом анализе этих данных с целью поиска редких распадов и точных измерений свойств ряда других каонных распадов. Это требует серьезных методических исследований, результаты которых используются всей коллаборацией. Недавним примером результата NA62, полученного с определяющим участием наших сотрудников в анализе, было измерение вероятности радиационных распадов  $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$  с рекордной точностью около 1% [5].

Другой недавний результат основан на данных предшествующего эксперимента NA48/2, в котором в первом десятилетии нашего века при активном участии

сотрудников ОИЯИ, работавших под руководством лидера этого эксперимента В. Д. Кекелидзе, были измерены длины пион-пионного рассеяния с рекордной точностью. Дополнительный анализ данных этого эксперимента был выполнен в рамках проекта NA62. Геометрия установки NA48/2 обеспечивала значительный акцептанс для редкого распада  $K^+ \rightarrow \pi^0 \pi^0 \mu \nu$ , что позволило впервые наблюдать этот распад и измерить его вероятность [6].

Результаты участия группы ОИЯИ в эксперименте NA62 были отмечены двумя премиями ОИЯИ: первой премией в 2017 г. — за создание детекторов на основе строу-трубок нового типа для спектрометра NA62, второй премией в 2019 г. — за изучение редких и поиск запрещенных распадов заряженных каонов. Сбор данных NA62 будет продолжаться до конца 2024 г. для достижения первоначально запланированной точности измерения  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  порядка 10%, сопоставимой с неопределенностью теоретического предсказания. После этого международной группе сотрудников ОИЯИ, включающей граждан России, Казахстана и Болгарии, потребуется еще несколько лет для анализа данных NA62, скрывающих в себе новые фундаментальные знания о природе нашего мира.

### Список литературы / References

1. Cortina Gil E. et al. (NA62 Collab.). The Beam and Detector of the NA62 Experiment at CERN // J. Instrum. 2017. V. 12. P. 05025.
2. Cortina Gil E. et al. (NA62 Collab.). Measurement of the Very Rare  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  Decay // JHEP. 2021. V. 06. P. 093.
3. Buras A. J., Buttazzo D., Girschbach-Noe J., Knechtens R.  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  and  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  in the Standard Model: Status and Perspectives // JHEP. 2015. V. 11. P. 33.
4. Artamonov A. V. et al. Study of the Decay  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  in the Momentum Region  $140 < P_\pi < 199$  MeV/c // Phys. Rev. D. 2009. V. 79. P. 092004.
5. Cortina Gil E. et al. (NA62 Collab.). A Study of the  $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$  Decay. CERN-EP-2023-069; e-Print: 2304.12271 [hep-ex].
6. Korotkova A. for the NA48/2 Collab. First Measurement of the  $K^\pm \rightarrow \pi^0 \pi^0 \mu^\pm \nu$  Decay // J. Phys. Conf. Ser. 2023. V. 2446, No. 1. P. 012012.

this century, the pion–pion scattering lengths were measured with record accuracy. The JINR team actively participated in the measurements working under supervision of the spokesman of this experiment V. Kekelidze. An additional analysis of the data from this experiment was carried out as part of the NA62 project. The geometry of the NA48/2 facility provided significant acceptance for the rare  $K^+ \rightarrow \pi^0 \pi^0 \mu \nu$  decay, which made it possible for the first time to observe this decay and measure its probability [6].

The results of the JINR group’s participation in the NA62 experiment were awarded two JINR prizes: the first prize in 2017 — for the development of detectors based on a new type of straw tubes for the NA62 spectrometer, the second prize in 2019 — for the study of rare and the search for forbidden decays of charged kaons. The NA62 data collection will continue until the end of 2024 to achieve the originally planned  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  measurement accuracy of about 10%, comparable to the theoretical prediction uncertainty. After that, an international group of JINR employees, including citizens of Russia, Kazakhstan, and Bulgaria, will need several more years to analyze the NA62 data, which hide new fundamental knowledge about the nature of our world.

*Ю. Э. Пенюонжкевич, Ю. Г. Соболев, В. В. Самарин*

## Особенности полных сечений реакций взаимодействия легких кластерных экзотических ядер при низких и средних энергиях

Одним из важнейших направлений экспериментального исследования ядро-ядерных взаимодействий является изучение полных сечений реакций (ПСР). ПСР представляет собой своеобразный тест для различных модельных подходов, используемых для получения ядерно-спектроскопической информации, которая связана с такими важными вопросами ядерной физики, как соотношение коллективных эффектов и индивидуальных нуклон-нуклонных взаимодействий. С помощью теоретических методов анализа экспериментальных ПСР получают данные о структурных характеристиках ядер (распределение плотности материи, среднеквадратичные радиусы и др.). Структура взаимодействующих ядер может существенно влиять

на механизм ядерных реакций и проявляться в сечениях этих процессов. Полные сечения реакций под действием заряженных частиц с энергией меньше 30 МэВ/нуклон относятся к числу наименее исследованных ядерных величин [1].

За прошедшие 20 лет, с развитием и совершенствованием экспериментальных методик, появилось много новых экспериментальных результатов, анализ которых сильно изменил наши представления о механизме взаимодействия и структуре изотопов легких слабосвязанных ядер при низких и средних энергиях (5–30 АМэВ).

Экспериментальные исследования с использованием пучков радиоактивных ядер позволили об-

*Yu. E. Penionzhkevich, Yu. G. Sobolev, V. V. Samarin*

## Peculiarities of Total Cross Sections for Reactions of Interaction of Light Cluster Exotic Nuclei at Low and Medium Energies

One of the most important areas of experimental research into nucleus–nucleus interactions is the study of total reaction cross sections (TRC). The TRC is a kind of test for various model approaches used to obtain nuclear spectroscopic information. The information obtained in this way is connected with such important questions of nuclear physics as the relationship between collective effects and individual nucleon–nucleon interactions. Using theoretical methods of analysis of experimental TRC, data are obtained on the structural characteristics of nuclei (matter density distribution, root-mean-square radii, etc.). The structure of interacting nuclei can significantly affect the mechanism of nuclear reactions and can manifest itself in the cross sections of these processes. The total cross sections for reactions induced by charged particles with energies below 30 MeV/nucleon are among the least studied nuclear quantities [1].

Over the past 20 years, with the development and improvement of experimental techniques, many new experimental results have appeared, the analysis of which has greatly altered our understanding of the interaction mechanism and the structure of the isotopes of light weakly bound nuclei at low and medium energies (5–30 A MeV).

Experimental studies using beams of radioactive nuclei made it possible to discover new interesting phenomena related to the properties of nuclei far from the region of  $\beta$  stability [1]. For some light neutron-rich nuclei, the energy  $E_n$  of separation of a valence neutron (or neutrons) is extremely small. Compared to stable nuclei, in which it is about 6–8 MeV, these nuclei have the energy of separation of one or more neutrons less than 1 MeV. The neutron density distribution in such weakly bound nuclei has a very extended part, called the neutron halo. The halo appears as a “tail” in the distribution of nuclear matter at a distance of

наружить новые интересные явления, связанные со свойствами ядер, удаленных от области  $\beta$ -стабильности [1]. У некоторых легких нейтронно-избыточных ядер энергия  $E_n$  отделения валентного нейтрона (или нейтронов) чрезвычайно мала. По сравнению со стабильными ядрами, у которых она составляет около 6–8 МэВ, у этих ядер энергия отделения одного или нескольких нейтронов меньше 1 МэВ. Распределение плотности нейтронов в таких слабосвязанных ядрах имеет весьма протяженную часть, называемую нейтронным гало. Гало возникает как «хвост» в распределении ядерного вещества на расстоянии 5–10 фм, где величина плотности равна примерно 1/100 его плотности в центре ядра. Плотности распределения нейтронов и протонов в периферической области таких ядер сильно различаются, так что они могут быть представлены в виде компактного инертного кора, окруженного одним или несколькими слабосвязанными нейтронами. Нейтронное гало, а также кластерная конфигурация ядер играют существенную роль в их структуре, а также в особенностях их взаимодействия с другими ядрами.

Реакции со слабосвязанными (кластерными и экзотическими) ядрами, протекающие при низких энергиях, имеют много особенностей. Одной из них является усиление сечений взаимодействия в околобарьер-

ной области значений энергии. Наиболее сильно этот эффект проявляется для кластерных ядер, например  ${}^6\text{Li}$ , а также ядер с нейтронным гало, например  ${}^6\text{He}$ ,  ${}^{11}\text{Li}$ .

Основные каналы взаимодействия таких ядер — реакции передачи, реакции развала и реакции слияния. Процесс развала с последующим слиянием ядра-остатка является предметом многочисленных теоретических и экспериментальных исследований. В соответствии с классическими представлениями слияние между взаимодействующими ядрами происходит после преодоления ими барьера, который определяется дальнедействующими кулоновскими силами и составляющей короткодействующего ядерного потенциала. Однако в случае взаимодействия слабосвязанных (кластерных и экзотических) ядер процесс слияния имеет более сложный характер в связи с большой вероятностью развала этих ядер с последующим захватом ядра-остатка (неполное слияние). Это существенно усложняет описание взаимодействия таких систем и приводит к новым неожиданным эффектам при энергиях вблизи кулоновского барьера.

В настоящее время экспериментальные возможности сепарации и детектирования образующихся в результате ядерных реакций экзотических ядер достигли такого совершенства (4 $\pi$ -спектрометры), что основные

5–10 fm, where the density value is approximately 1/100 of the density at the centre of the nucleus. The density distributions for neutrons and protons in the peripheral region of such nuclei are very different, so that they can be represented as a compact inert core surrounded by one or more weakly bound neutrons.

The neutron halo and the cluster configuration of nuclei play a significant role in their structure and in the features of their interaction with other nuclei.

Reactions with weakly bound (cluster and exotic) nuclei at low energies have many features. One of them is the enhancement of the interaction cross sections in the near-barrier energy region. This effect is most pronounced for cluster nuclei, for example,  ${}^6\text{Li}$ , as well as for nuclei with a neutron halo, for example,  ${}^6\text{He}$ ,  ${}^{11}\text{Li}$ .

The main channels of interaction of such nuclei are transfer reactions, breakup reactions, and fusion reactions. The process of breakup followed by the fusion of the residual nucleus is the subject of numerous theoretical and experimental studies. According to classical concepts, fusion of interacting nuclei occurs after they overcome the barrier, which is determined by the long-range Coulomb forces and the component of the short-range nuclear potential. However, in the case of the interaction of weak-

ly bound (cluster and exotic) nuclei, the fusion process is more complicated due to the high probability of breakup of these nuclei with subsequent capture of the residual nucleus (incomplete fusion). This significantly complicates the description of the interaction of such systems and leads to new unexpected effects at energies near the Coulomb barrier.

At present, the experimental capabilities for the separation and detection of exotic nuclei formed as a result of nuclear reactions have reached such perfection (4 $\pi$  spectrometers) that the main characteristics of atomic nuclei (mass, half-life, main decay modes) can be determined with high efficiency and accuracy based on the analysis of even a small number of them.

Experimental methods for measuring total reaction cross sections can be conventionally divided into two main ones: the transmission method and 4 $\pi$  spectrometry. These methods are described in detail and applied in [2, 3]. The experiments were mainly carried out on the channel of the achromatic fragment-separator ACCULINNA [4] of the U-400M accelerator at FLNR JINR.

The technique used in the experiments made it possible to measure with high accuracy the energy dependences  $\sigma_R(E)$  of the total cross sections for the reactions of in-

характеристики атомных ядер (масса, период полураспада, основные моды распада) могут быть получены с высокой эффективностью и точностью на основе анализа даже небольшого их числа.

Экспериментальные способы измерения полных сечений реакций можно условно разделить на два основных метода: метод трансмиссии и  $4\pi$ -спектрометрию. Эти методы подробно описаны и применены в работах [2, 3]. В основном эксперименты проводились на канале ароматического фрагмент-сепаратора ACCULINNA [4] ускорителя У-400М ЛЯР.

Используемая в экспериментах методика позволила с высокой точностью измерить энергетические зависимости  $\sigma_R(E)$  полных сечений реакций взаимодействия радиоактивных ядер  ${}^6,8\text{He}$ ,  ${}^{8,9,11}\text{Li}$  на мишенях  ${}^{28}\text{Si}$ ,  ${}^{59}\text{Co}$ ,  ${}^{181}\text{Ta}$  [3, 5–8]. Методика измерения  $\sigma_R(E)$  основывалась на идентификации и подсчете событий

реакций посредством регистрации продуктов реакций и их распада (мгновенные  $\gamma$ -кванты и нейтроны) в телесном угле, близком к полному  $\Omega = 4\pi$ .

На рис. 1 приведены зависимости полных сечений  $\sigma_R(E)$  реакций  ${}^4,6\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  и  ${}^{6,7,9}\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$ , полученные двумя методами: методом трансмиссии и  $4\pi$ -методом, использующим распределения вероятностей  $w_k(M_\gamma)$  и  $\varepsilon(M_\gamma)$  [3]. Оба метода измерения  $\sigma_R$  имеют хорошее согласие во всем диапазоне энергий пучков  ${}^4,6\text{He}$  и  ${}^{6,7,9}\text{Li}$ .

Из рисунка видно, что в энергетической зависимости  $\sigma_R(E)$  полного сечения реакций  ${}^6\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  и  ${}^9\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  имеется ярко выраженный максимум в виде локального повышения сечения в интервале энергии 10–30 АМэВ («бампа»). Величина увеличения сечения значительно превышает погрешность измерения.

Для объяснения этого эффекта были рассмотрены наиболее вероятные конфигурации ядер  ${}^6\text{He}$  ( $\alpha + n + n$ )

Рис. 1. Энергетические зависимости величин полных сечений  $\sigma_R$  реакций  ${}^4,6\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  (а) и  ${}^{6,7,9}\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  (б). Различными символами отмечены результаты измерений трансмиссионными методиками и методом  $4\pi$ -сцинтилляционного спектрометра МУЛЬТИ с использованием зависимостей  $w_k(M_\gamma)$  и  $\varepsilon(M_\gamma)$  [3] в широком диапазоне энергий

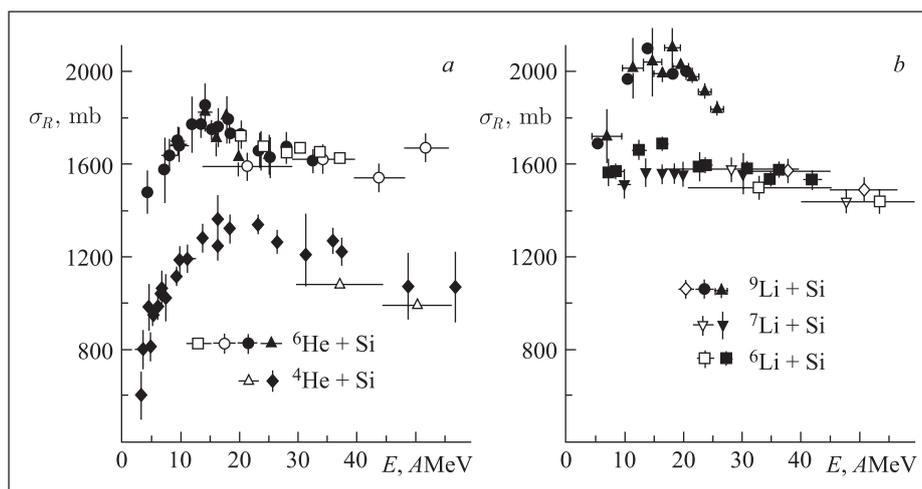


Fig. 1. Energy dependences of the total cross sections  $\sigma_R$  for the reactions  ${}^4,6\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  (a) and  ${}^{6,7,9}\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  (b). Different symbols show the results of measurements by transmission techniques and the method of  $4\pi$  scintillation spectrometer MULTI using the dependences  $w_k(M_\gamma)$  and  $\varepsilon(M_\gamma)$  [3] in a wide energy range

interaction of the radioactive nuclei  ${}^6,8\text{He}$ ,  ${}^{8,9,11}\text{Li}$  on the targets  ${}^{28}\text{Si}$ ,  ${}^{59}\text{Co}$ ,  ${}^{181}\text{Ta}$  [3, 5–8]. The technique for measuring  $\sigma_R(E)$  was based on identifying and counting reaction events by detecting reaction products and their decay (prompt  $\gamma$  quanta and neutrons) in a solid angle close to the total  $\Omega = 4\pi$ .

Figure 1 shows dependences of the total cross sections  $\sigma_R(E)$  for the reactions  ${}^4,6\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  and  ${}^{6,7,9}\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  obtained by two methods: the transmission method and the  $4\pi$  method using the probability distributions  $w_k(M_\gamma)$  and  $\varepsilon(M_\gamma)$  [3]. Both methods of measuring  $\sigma_R$  are in good agreement in the entire energy range of the  ${}^4,6\text{He}$  and  ${}^{6,7,9}\text{Li}$  beams.

It can be seen from the figure that in the energy dependence  $\sigma_R(E)$  of the total cross section for the reactions

${}^6\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  and  ${}^9\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$ , there is a pronounced maximum in the form of a local increase in the cross section in the energy range 10–30 АМэВ (“bump”). The magnitude of the cross section increase significantly exceeds the measurement error.

To explain this effect, the most probable configurations of the nuclei  ${}^6\text{He}$  ( $\alpha + n + n$ ) and  ${}^9\text{Li}$  ( $\alpha + t + n + n$ ) were considered. Their common feature is the presence of two outer neutrons forming a weakly bound neutral cluster — dineutron, which can penetrate into the target nucleus under the action of nuclear forces. In a simplified approximation, neutrons can be considered as moving independently in the mean field of the shell model. Their redistribution between the projectile nucleus and the target nucleus, for example, presence with a high probability

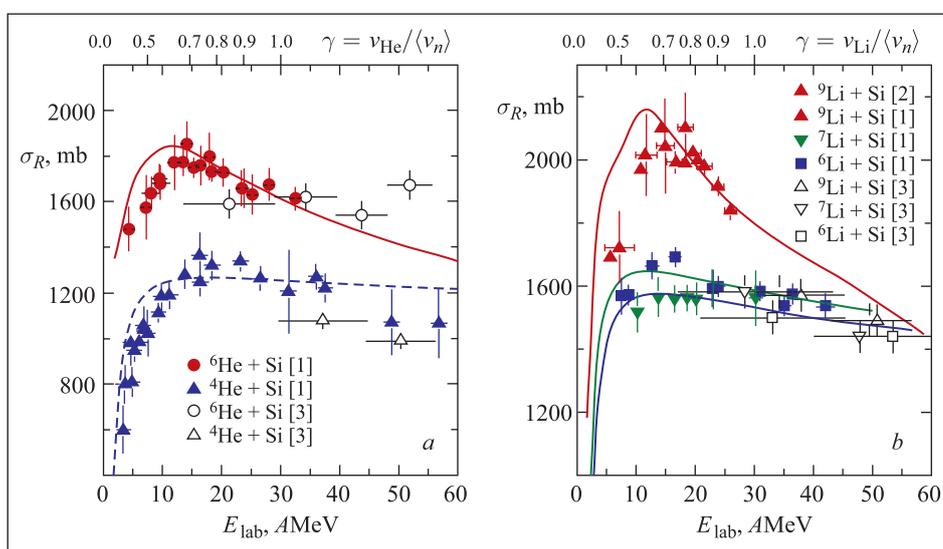
и  ${}^9\text{Li}(\alpha + t + n + n)$ , у которых общим является наличие двух внешних нейтронов, образующих слабосвязанный нейтральный кластер — динейтрон, который может проникать в ядро-мишень под действием ядерных сил. В упрощенном приближении нейтроны могут рассматриваться как движущиеся независимо в среднем поле оболочечной модели. Их перераспределение между ядром-снарядом и ядром-мишенью, например нахождение с большой вероятностью между поверхностями сталкивающихся ядер, может заметно усилить их взаимное притяжение и привести к возрастанию полного сечения реакции. Этому может способствовать  $\alpha$ -кластерная структура ядра  ${}^{28}\text{Si}$  из-за образования с помощью нейтронов связей между  $\alpha$ -кластером кремния и  $\alpha$ -кластером (триконом) ядер  ${}^6\text{He}$ ,  ${}^9\text{Li}$  с кратковременным образованием кластеров  ${}^9\text{Be}(\alpha + n + \alpha)$  и  ${}^{10}\text{Be}(\alpha + 2n + \alpha)$  в области контакта ядер.

Характер перераспределения внешних нейтронов при сближении ядер зависит от соотношения между средней скоростью внешнего нейтрона  $\langle v \rangle$  и средней относительной скоростью  $v_{\text{отн}}$  ядер за время столкновения. Средняя кинетическая энергия слабосвязанных нейтронов, в том числе в ядрах  ${}^6\text{He}$  и  ${}^9\text{Li}$ , приблизительно равна глубине потенциальной ямы среднего поля.

Квантовое описание перераспределения внешних нейтронов при столкновении ядер на основе численного решения описывалось нестационарным уравнением Шредингера [3, 5], которое позволяет описывать процессы, протекающие с различными характерными временами. Такой подход служит дополнением к оптической модели, включающей подобные процессы в зависящие от энергии полуфеноменологические мнимую и реальную части оптического потенциала.

Рис. 2. Полные сечения реакций  ${}^4,{}^6\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  (a) и  ${}^{6,7,9}\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  (b), символы — экспериментальные данные, кривые — расчеты по оптической модели

Fig. 2. Total cross sections for the reactions  ${}^4,{}^6\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  (a) and  ${}^{6,7,9}\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  (b). Symbols are experimental data, curves — calculations in the optical model



between the surfaces of colliding nuclei, can noticeably increase their mutual attraction and lead to an increase in the total reaction cross section. This may also be due to the  $\alpha$ -cluster structure of the  ${}^{28}\text{Si}$  nucleus because of the formation of bonds between an  $\alpha$  cluster of silicon and an  $\alpha$  cluster (triton) of the  ${}^6\text{He}$ ,  ${}^9\text{Li}$  nuclei with short-term formation of  ${}^9\text{Be}(\alpha + n + \alpha)$  and  ${}^{10}\text{Be}(\alpha + 2n + \alpha)$  clusters in the region of contact of the nuclei.

The character of the redistribution of outer neutrons during the approach of the nuclei depends on the ratio of the average velocity of an outer neutron  $\langle v \rangle$  and the average relative velocity  $v_{\text{rel}}$  of the nuclei during the collision. The average kinetic energy of weakly bound neutrons (including those in the  ${}^6\text{He}$  and  ${}^9\text{Li}$  nuclei) is approximately equal to the depth of the mean-field potential well.

The quantum description of the redistribution of outer neutrons in nuclear collisions based on numerical solution was given by the time-dependent Schrödinger equation [3, 5] which makes it possible to describe the process-

es with different characteristic times. This approach complements the optical model that includes such processes in the energy-dependent semi-phenomenological imaginary and real parts of the optical potential.

The absence of such changes in the optical potential for the  ${}^6\text{Li}$ ,  ${}^7\text{Li}$  nuclei can serve as an indirect confirmation of the strong binding of outer neutrons with the formation of deuteron and triton clusters, respectively.

Satisfactory agreement between the calculations carried out in this way and the experimental data on the total cross sections for the reactions listed above is shown in Fig. 2.

The calculations confirmed that the observed features of the total cross sections for the reactions  ${}^6\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  and  ${}^9\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  are located in the region of transition from adiabatic to nonadiabatic redistribution of weakly bound neutrons. This can be interpreted as a consequence of the stable existence of an increased neutron density between the surfaces of the nuclei during the entire time of the collision. This enhances the attraction of the nuclei,

Удовлетворительное согласие проведенных таким образом расчетов с экспериментальными данными по полным сечениям перечисленных выше реакций показано на рис. 2. Расчеты подтвердили, что обнаруженные особенности полных сечений реакций  ${}^6\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  и  ${}^9\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  расположены в области перехода от адиабатического к неадиабатическому перераспределению слабосвязанных нейтронов. Это может интерпретироваться как следствие устойчивого существования повышенной нейтронной плотности между поверхностями ядер в течение всего времени столкновения. Меньшую по сравнению с реакцией  ${}^9\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  величину максимума сечения для реакции  ${}^6\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  можно объяснить большей протяженностью и разреженностью нейтронного гало ядра  ${}^6\text{He}$  по сравнению с более компактным нейтронным слоем («скином») ядра  ${}^9\text{Li}$ . Можно объяснить также более крутой спад максимума сечения при больших энергиях для ядра  ${}^8\text{He}$  и более пологий спад для ядра  ${}^{11}\text{Li}$  с очень протяженным гало.

Таким образом, структурные особенности легких слабосвязанных ядер оказывают непосредственное влияние на энергетическую зависимость полного сечения реакции и наиболее существенно — при относительных скоростях, сравнимых со средней скоростью внешних нейтронов, для нейтроноизбыточных легких ядер  ${}^6,8\text{He}$  и  ${}^9,11\text{Li}$  и др.

shifts the position of the barrier  $R_B$  toward larger values, and increases the radius  $R_W$  of the region where the processes leading to the exit from the elastic channel begin with a noticeable probability. The smaller maximum of the cross section for the  ${}^6\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  reaction compared to the  ${}^9\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  reaction can be explained by the greater extension and sparsity of the neutron halo of the  ${}^6\text{He}$  nucleus compared to the more compact neutron layer (“skin”) of the  ${}^9\text{Li}$  nucleus. One can also explain the steeper decrease of the cross section maximum at high energies for the  ${}^8\text{He}$  nucleus and the more gentle decrease for the  ${}^{11}\text{Li}$  nucleus with a very extended halo.

Thus, the structural features of light weakly bound nuclei have a direct influence on the energy dependence of the total reaction cross section and are most significant at relative velocities comparable to the average velocity of outer neutrons for neutron-rich light nuclei  ${}^6,8\text{He}$ ,  ${}^9,11\text{Li}$ , etc.

This conclusion is important for testing various models describing the mechanisms of interaction of exotic nuclei as well as for solving astrophysical problems related to nucleosynthesis in the region of light nuclei.

Этот вывод является важным для теста различных моделей, описывающих механизмы взаимодействия экзотических ядер, а также для решения астрофизических проблем, связанных с нуклеосинтезом в области легких ядер.

## Список литературы/References

1. Penionzhkevich Yu. E., Kalpakchieva R. G. Light Exotic Nuclei near the Boundary of Neutron Stability. Singapore: World Sci. Publ. Co. Pte. Ltd., 2022.
2. Sobolev Yu. G., Budzanowski A., Bialkowski E., Zholdybaev T. K., Zemlyanaya E. V., Kalpakchieva R., Kugler A., Kuznetsov I. V., Kulko A. A., Kuterbekov K. A., Kukhtina I. N., Kushniruk V. F., Lobastov S. P., Lukyanov V. K., Lukyanov K. V. Energy Dependence of Total Reaction Cross Section of the  ${}^4,6\text{He}$ ,  ${}^7\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  Interaction at 5–50 A MeV // Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys. 2005. V. 69, No. 11. P. 1605–1609.
3. Penionzhkevich Yu. E., Sobolev Yu. G., Samarin V. V., Naumenko M. A., Lashmanov N. A., Maslov V. A., Siváček I., Stukalov S. S. Energy Dependence of the Total Cross Section for the  ${}^{11}\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  Reaction // Phys. Rev. C. 2019. V. 99. P. 014609.
4. Rodin A. M., Stepanov S. V., Bogdanov D. D., Golovkov M. S., Fomichev A. S., Sidorchuk S. I., Slepnev R. S., Wolski R., Ter-Akopian G. M., Oganessian Yu. Ts., Yukhimchuk A. A., Perevozchikov V. V., Vinogradov Yu. I., Grishechkin S. K., Demin A. M., Zlatoustovskiy S. V., Kuryakin A. V., Filchagin S. V., Ilkaev R. I. Status of ACCULINNA Beam Line // Nucl. Instr. Meth. B. 2003. V. 204, Nos. 2–3. P. 114–118.
5. Penionzhkevich Yu. E., Sobolev Yu. G., Samarin V. V., Naumenko M. A. Peculiarities in Total Cross Sections of Reactions with Weakly Bound Nuclei  ${}^6\text{He}$ ,  ${}^9\text{Li}$  // Phys. At. Nucl. 2017. V. 80, No. 5. P. 928–941.
6. Sobolev Yu. G., Penionzhkevich Yu. E., Maslov V. A., Naumenko M. A., Samarin V. V., Siváček I., Stukalov S. S. The Measurements of the Total Reaction Cross Sections for  ${}^6,8\text{He} + {}^{28}\text{Si}$  and  ${}^9\text{Li} + {}^{28}\text{Si}$  Collisions // Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys. 2019. V. 83, No. 4. P. 402–410.
7. Sobolev Yu. G., Penionzhkevich Yu. E., Samarin V. V., Naumenko M. A., Stukalov S. S., Siváček I., Krupko S. A., Kugler A., Louko J. Total Reaction Cross Sections for  ${}^6,8\text{He}$  and  ${}^9\text{Li}$  Nuclei on  ${}^{28}\text{Si}$ ,  ${}^{59}\text{Co}$ , and  ${}^{181}\text{Ta}$  Targets // Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys. 2020. V. 84, No. 8. P. 948–956.
8. Samarin V. V., Sobolev Yu. G., Penionzhkevich Yu. E., Stukalov S. S., Naumenko M. A., Siváček I. Investigation of Reaction Cross Sections for Beams of  ${}^8\text{Li}$ ,  ${}^8\text{He}$  on  ${}^{28}\text{Si}$ ,  ${}^{59}\text{Co}$ ,  ${}^{181}\text{Ta}$  Targets // Phys. Part. Nucl. 2022. V. 53, No. 2. P. 595–603.

*Т. Н. Вершинина, Н. Ю. Самойлова, С. В. Сумников, А. М. Балагуров*

## Сравнительные исследования структурных и фазовых превращений в Fe–(31–35) ат. % Ga, проведенные с использованием *in situ* нейтронной дифракции

Интерес к Fe–Ga сплавам возник после открытия в них эффекта гигантской магнитострикции в начале 2000-х гг. Сейчас хорошо известно, что для системы Fe–Ga характерно наличие двух пиковых значений магнитострикции, соответствующих 19–20 и 27–29 ат. % Ga, с глубоким провалом между этими областями и довольно резким спадом при содержании галлия более 30 ат. %. С точки зрения перспективы практического использования сплавов Fe–Ga наибольший интерес представляет область с относительно малым содержанием галлия (менее 30 ат. %), соответственно, основные усилия были направлены на ее изучение, в то время как сплавы с большим содержанием Ga несколько выпали из поля зрения. Тем не менее в их изучении есть необходимость, так как при высоких концентрациях галлия возможно выделе-

ние метастабильной фазы  $Fe_{13}Ga_9$ , которая, согласно теоретическим оценкам, может наблюдаться в этих сплавах при понижении концентрации Ga вплоть до 25 ат. %. Ее формирование может влиять на поведение константы магнитострикции (быстрое уменьшение при содержании галлия более 30 ат. %).

В ЛНФ на реакторе ИБР-2 выполнена серия дифракционных экспериментов, целью которых было определение того, в каких диапазонах концентраций и при каких условиях в принципе возможно выделение фазы  $Fe_{13}Ga_9$ . На дифрактометре ФДВР (рис. 1) были проведены сравнительные исследования эволюции фазового состава сплавов Fe–(31–35) ат. % Ga в *as cast* состоянии при непрерывном нагреве до 850 °C и последующем охлаждении. Было обнаружено, что фазовые превращения в этих метастабильных сплавах

*T. N. Vershinina, N. Yu. Samoylova, S. V. Sumnikov, A. M. Balagurov*

## Comparative Study of Structures and Phase Transitions in Fe–(31–35) at. % Ga Alloys by *In Situ* Neutron Diffraction

Interest in Fe–Ga alloys arose after the discovery of the giant magnetostriction effect in them in the early 2000s. It is now well known that the Fe–Ga system is characterized by the presence of two peaks of magnetostriction corresponding to 19–20 and 27–29 at. % Ga. A minimum is observed between these regions, and at a gallium content of > 30 at. %, the magnetostriction decreases quite sharply. From the point of view of the practical use of Fe–Ga alloys, the region with a relatively low content of gallium (< 30 at. %) is of the greatest interest. Accordingly, the main efforts were directed to its study, while alloys with a high Ga content fell out of sight. Nevertheless, there is a need to study them, since at high concentrations of gallium, the precipitation of the metastable  $Fe_{13}Ga_9$  phase is possible. According to theoretical estimates, this phase

can be observed in Fe–Ga alloys with a decrease in the Ga concentration down to 25 at. %. Its formation can affect the behavior of the magnetostriction constant (rapid decrease at a gallium content of > 30 at. %). A series of diffraction experiments were carried out at the IBR-2 reactor at FLNP JINR, the purpose of which was to determine concentration ranges and conditions at which  $Fe_{13}Ga_9$  phases can be observed.

Comparative studies of the evolution of the phase composition of Fe–(31–35) at. % Ga alloys in the *as cast* state were carried out on the HRFD diffractometer (Fig. 1) during continuous heating to 850 °C and subsequent cooling. Phase transformations in these metastable alloys proceed in a similar way and consist of several stages characterized by a certain set of features (example in Fig. 2).

протекают похожим образом и состоят из нескольких стадий, характеризующихся определенным набором признаков (пример на рис. 2).

Обнаружено, что в сплавах с большими концентрациями галлия (32–35 ат. %) фаза  $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$  имеется в исходном *as cast* состоянии и область ее существования ограничивается максимальной температурой  $\sim 570^\circ\text{C}$ . Интересен тот факт, что для того, чтобы произошел переход  $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9 \rightarrow \alpha\text{-Fe}_6\text{Ga}_5$ , необходимо предваритель-

ное уменьшение содержания железа в  $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$ . Именно по этой причине это фазовое превращение происходит после предварительного выделения богатой железом фазы  $\text{L}_{12}$ . При охлаждении сплавов с 32–35 ат. % Ga фаза  $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$  не образуется. При уменьшении содержания галлия до 31 ат. % в *as cast* состоянии  $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$  отсутствует, но выделяется в процессе нагрева при  $\sim 425^\circ\text{C}$  и существует, как и в других сплавах, вплоть до  $570^\circ\text{C}$ . В отличие от сплавов с большей

Рис. 1. Схема (слева) и фото (справа) дифрактометра ФДВР

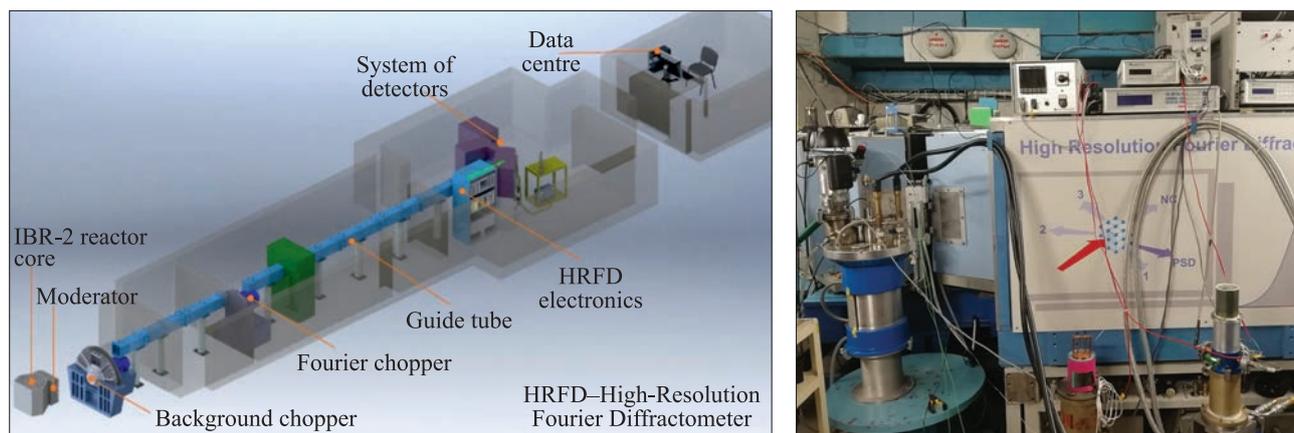


Fig. 1. Schematics (left) and photo (right) of the HRFD diffractometer

Рис. 2. Эволюция фазового состава сплавов Fe–31 ат. % Ga в процессе нагрева и последующего охлаждения

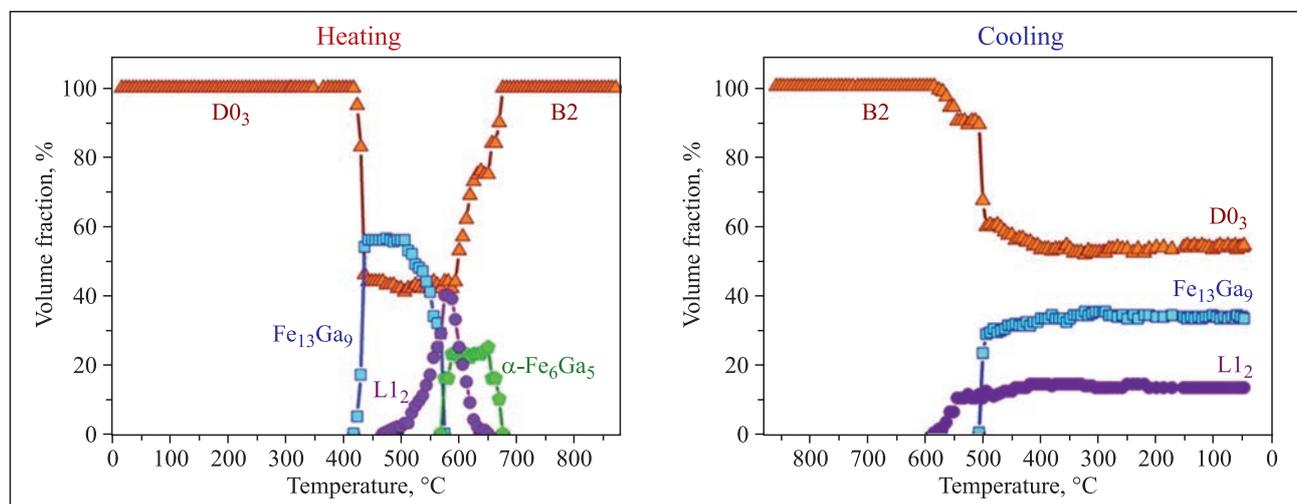


Fig. 2. The evolution of the phase composition of Fe–31 at. % Ga alloys during heating and subsequent cooling

It was found that the  $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$  phase is present in the initial *as cast* state of alloys with high gallium concentrations of 32–35 at. % and its existence region is limited by a maximum temperature of  $\sim 570^\circ\text{C}$ . An interesting fact is that a preliminary decrease in the iron content in  $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$  is necessary for  $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9 \rightarrow \alpha\text{-Fe}_6\text{Ga}_5$  transition to occur. Therefore, this phase transformation occurs after prelim-

inary precipitation of the iron-rich  $\text{L}_{12}$  phase.  $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$  is not detected during further cooling.  $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$  is absent in the *as cast* state when the gallium content decreases to 31 at. %, but it precipitates during heating at  $\sim 425^\circ\text{C}$  and is present up to  $570^\circ\text{C}$ , as in other alloys. In contrast to alloys with higher Ga concentration, intermetallic  $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$  precipitates in the Fe–31 at. % Ga alloy during cooling at

концентрацией в сплаве Fe–31 ат. % Ga интерметаллид  $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$  выделяется в процессе охлаждения при  $\sim 510^\circ\text{C}$ , предотвращая выделение  $\alpha\text{-Fe}_6\text{Ga}_5$ .

Статья об исследованиях «Comparative Study of Structures and Phase Transitions in Fe–(31–35)Ga Alloys by *In Situ* Neutron Diffraction» авторов Т.Н. Вершининой, Н.Ю. Самойловой, С.В. Сумникова, А.М. Балагурова, В.В. Палачевой, И.С. Головина была опубликована в 2023 г. в *Journal of Alloys and Compounds* (<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2022.167967>).

*Н. А. Федоров, Д. Н. Грозданов, Ю. Н. Копач*

## Метод меченых нейтронов и его применение для фундаментальных и прикладных исследований

Нейтроны являются уникальным инструментом, позволяющим изучать структуру вещества на разных масштабах: от наночастиц ( $10^{-9}$  м) до атомных ядер ( $10^{-15}$  м). Характерный размер исследуемых объектов и список возможных процессов, происходящих при прохождении нейтронов через вещество, определяются их энергией. Строение молекул и кристаллов исследуется с помощью нейтронов низких энергий (менее 0,03 эВ), а структура атомных ядер и ядерные реакции — в основном с помощью более быстрых нейтронов. Из-за своей электронейтральности нейтроны обладают большой проникающей способностью, что делает весьма привлекательным использование нейтронного излучения для неразрушающего элементного анализа, в досмотровых комплексах и при исследовании скважин (нейтронного каротажа).

$\sim 510^\circ\text{C}$ , thus preventing the appearance of another monoclinic phase,  $\alpha\text{-Fe}_6\text{Ga}_5$ .

In 2023, the *Journal of Alloys and Compounds* published an article about the research “Comparative Study of Structures and Phase Transitions in Fe–(31–35)Ga Alloys by *In Situ* Neutron Diffraction” authored by T.N. Vershinina, N.Yu. Samoylova, S.V. Sumnikov, A.M. Balagurov, V.V. Palacheva, I.S. Golovin (<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2022.167967>).

*N. A. Fedorov, D. N. Grozdanov, Yu. N. Kopatch*

## Tagged Neutron Method and Its Application for Fundamental and Applied Research

Neutrons are a unique tool that allows one to study the structure of matter at different scales: from nanoparticles ( $10^{-9}$  m) to atomic nuclei ( $10^{-15}$  m). The characteristic size of the objects that could be studied and the list of possible processes that take place in interaction of neutrons with matter are determined by their energy. The structure of molecules and crystals is studied using low-energy neutrons ( $< 0.03$  eV), while the structure of atomic nuclei and nuclear reactions are mainly studied using faster neutrons. Due to their electrical neutrality, neutrons have a high penetrating power, which makes it very prospective to use neutron radiation for nondestructive elemental analysis, in inspection complexes and in geological research (neutron logging).

An important task in experiments with neutrons is to determine their energy. In contrast to charged particles and  $\gamma$  quanta, which with a fair-

Важной задачей при постановке экспериментов с нейтронами является определение их энергии. В отличие от заряженных частиц и  $\gamma$ -квантов, которые с достаточно большой вероятностью теряют всю свою энергию при взаимодействии с чувствительным объемом детектора, нейтроны обычно однократно или многократно рассеиваются в веществе детектора, не формируя выраженного пика полного поглощения. Поэтому для нейтронной спектроскопии чаще всего используется метод времени пролета (ToF), в котором энергия нейтрона вычисляется по времени, прошедшему с момента рождения нейтрона/начала нейтронного импульса до регистрации продуктов взаимодействия при известных расстояниях между источником нейтронов и исследуемым объектом (пролетных базах). Для реализации ToF строятся импульсные источники нейтронов, такие как ИБР-2, ИРЕН, импульсные

нейтронные генераторы. На стационарных источниках устанавливают прерыватели пучка.

Альтернативой импульсным источникам могут быть устройства, в которых рождение нейтронов происходит в реакции с вылетом заряженных частиц, которые легко зарегистрировать. Наиболее простой и эффективной для использования в таких установках является реакция  $T(d, n)^4\text{He}$ , так как ее сечение имеет ярко выраженный максимум около 100 кэВ, оно достаточно велико (около 5 б), угловое распределение ее продуктов близко к изотропному как в с.ц.м, так и в л.с. Рождающиеся в этой реакции нейтроны имеют энергию около 14 МэВ. Регистрация  $\alpha$ -частицы, испущенной одновременно с нейтроном, с помощью позиционно-чувствительного детектора позволяет определить направление движения соответствующего нейтрона. С помощью временного интервала между

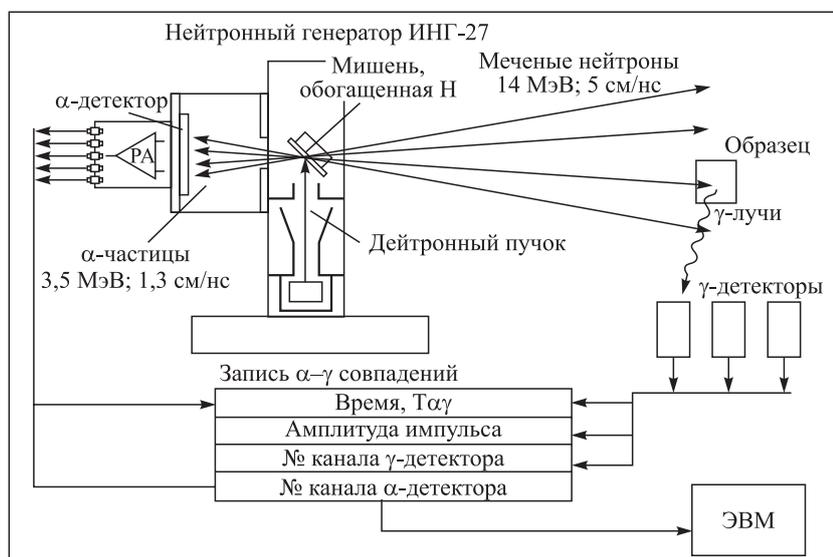


Рис. 1. Схема установки с реализацией ММН

Fig. 1. Scheme of the setup with the implementation of TNM

ly high probability lose all their energy when interacting with the sensitive volume of the detector, neutrons are usually singly or repeatedly scattered in the detector material without forming a noticeable full energy absorption peak. Therefore, for neutron spectroscopy, the time-of-flight (ToF) method is most often used, in which the neutron energy is calculated from the time elapsed from the moment of neutron emission/the beginning of a neutron pulse to the registration of reaction products at known distances between the neutron source and the object under study (flight bases). To implement ToF, pulsed neutron sources are being built, such as IBR-2, IREN, and pulsed neutron generators. Beam choppers are installed on stationary sources.

An alternative to pulsed sources can be devices in which the production of neutrons occurs in a reaction with the emission of charged particles that can be easily detect-

ed. The simplest and most efficient reaction for use in such devices is the  $T(d, n)^4\text{He}$  reaction, since its cross section has a maximum at about 100 keV, it is quite large (about 5 b), and the angular distribution of its products is close to isotropic, as in center-of-mass system, as well as in lab system. The neutrons produced in this reaction have an energy of about 14 MeV. Registration of an  $\alpha$  particle emitted simultaneously with a neutron using a position-sensitive detector makes it possible to determine the direction of motion of the corresponding neutron. The use of the time interval between the detection of an  $\alpha$  particle and the reaction products in the test sample, together with information about the position of the triggered element of the  $\alpha$  detector, makes it possible to determine the spatial coordinates of the point of interaction of the neutron with the nucleus.

регистрацией  $\alpha$ -частицы и продуктов реакции в исследуемом образце и информации о положении сработавшего элемента  $\alpha$ -детектора можно определить пространственные координаты точки взаимодействия нейтрона с ядром.

В эксперименте по исследованию рассеяния нейтронов разница во времени между срабатыванием  $\alpha$ - и нейтронных детекторов позволяет определить энергию зарегистрированных частиц — реализовать метод ToF, аналогичный применяемому на импульсных источниках. Типичная схема установки, в которой реализуется обсуждаемая методика (метод меченых нейтронов, ММН), приведена на рис. 1.

В Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка с 2014 г. работает коллаборация TANGRA (Tagged Neutrons & Gamma Rays), занимающаяся изучением нейтрон-ядерных реакций с использованием метода меченых нейтронов, поиском новых путей использо-

вания нейтронных методов в фундаментальных и прикладных исследованиях. Приоритетным направлением работы является получение ядерных данных.

За прошедшие годы коллаборацией было поставлено значительное число экспериментов по измерению угловых распределений и выходов  $\gamma$ -излучения, испускаемого продуктами нейтрон-ядерных реакций. В качестве источника меченых нейтронов применялся компактный D-T генератор ИНГ-27; для регистрации  $\gamma$ -квантов использовались как кольцевые системы, состоящие из сцинтилляционных детекторов NaI и BGO, позволяющие измерять угловые распределения  $\gamma$ -излучения для наиболее интенсивных переходов, так и детектор из сверхчистого германия (HPGe), применяемый для измерения выходов интенсивных и достаточно слабых  $\gamma$ -линий. Схемы установок приведены на рис. 2.

Рис. 2. Схемы экспериментальных установок, используемых коллаборацией TANGRA. Все размеры приведены в миллиметрах

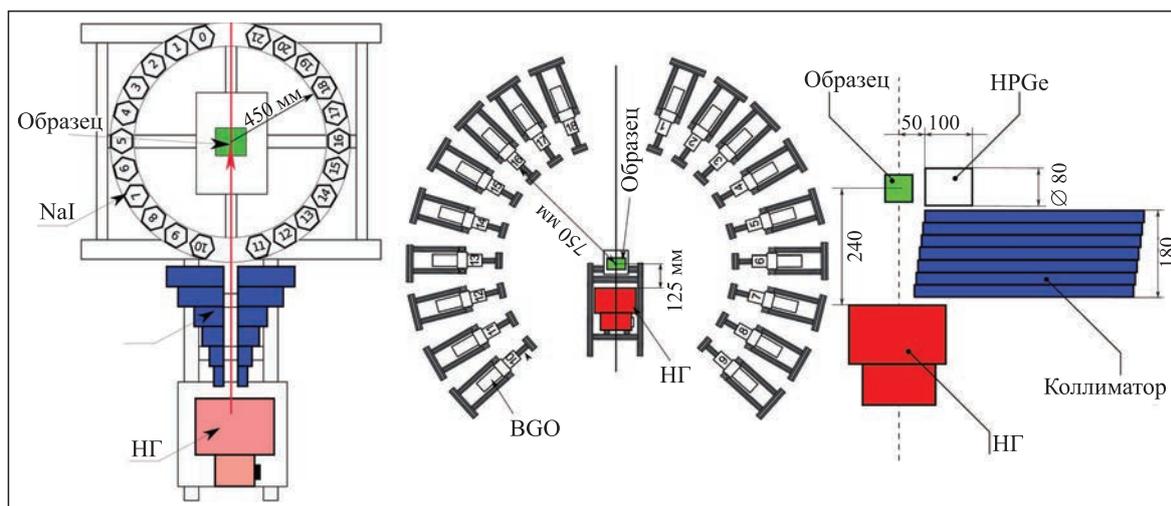


Fig. 2. Schemes of experimental setups used by the TANGRA Collaboration. All dimensions are given in mm

In an experiment to study neutron scattering, the difference in time between the operation of  $\alpha$  and neutron detectors makes it possible to determine the energy of detected particles — to implement the ToF method, similar to that used on pulsed sources. A typical setup scheme in which the discussed technique is implemented (the tagged neutron method, TNM) is shown in Fig. 1. Since 2014, the TANGRA (TAGged Neutrons & Gamma RAYS) Collaboration has been working at FLNP JINR, which studies neutron-nuclear reactions using the tagged neutron method, searching for new ways to use neutron methods in fundamental and applied research. The priority area of work is the acquisition of nuclear data.

Over the past years, the Collaboration has carried out a significant number of experiments to measure the

angular distributions and yields of  $\gamma$  radiation emitted by the products of neutron-nuclear reactions. The ING-27 compact D-T generator was used as a source of tagged neutrons; both ring systems consisting of NaI and BGO scintillation detectors, which make it possible to measure the angular distributions of  $\gamma$  radiation for the most intense transitions, and a high-purity germanium (HPGe) detector were used to measure the yields of both intense and rather weak  $\gamma$  lines. The diagrams of the setups are shown in Fig. 2.

The usage of TNM allows one to separate useful events associated with reactions in the sample from background events arising due to the interaction of neutrons with the structural elements of the facility using time windows.

Применение ММН позволяет отделять полезные события, связанные с реакциями в образце, от фоновых, возникающих из-за взаимодействия нейтронов с конструкционными элементами установки, с помощью временных окон.

В ходе дальнейшей обработки из энергетических спектров  $\gamma$ -квантов, построенных на основе отобранных по времени событий, извлекаются выходы и угловые распределения (рис. 3).

Исследуемые нами параметры  $\gamma$ -излучения могут быть использованы для тестирования корректности модельного описания нейтрон-ядерных реакций [5]. Набор испускаемых в реакциях  $(n, \gamma)$   $\gamma$ -квантов уникален для каждого ядра и может быть использован для идентификации элементов и даже изотопов. Это определяет востребованность получаемых нами данных для развития методики быстрого неразрушающего элементного анализа. В рамках проекта TANGRA офор-

Рис. 3. Энергетические спектры высокого разрешения для  $^{56}\text{Fe}(n, \gamma)$  (слева), угловые распределения для двух наиболее интенсивных  $\gamma$ -линий в сравнении с другими работами (справа). Полученные нами результаты опубликованы в [4]

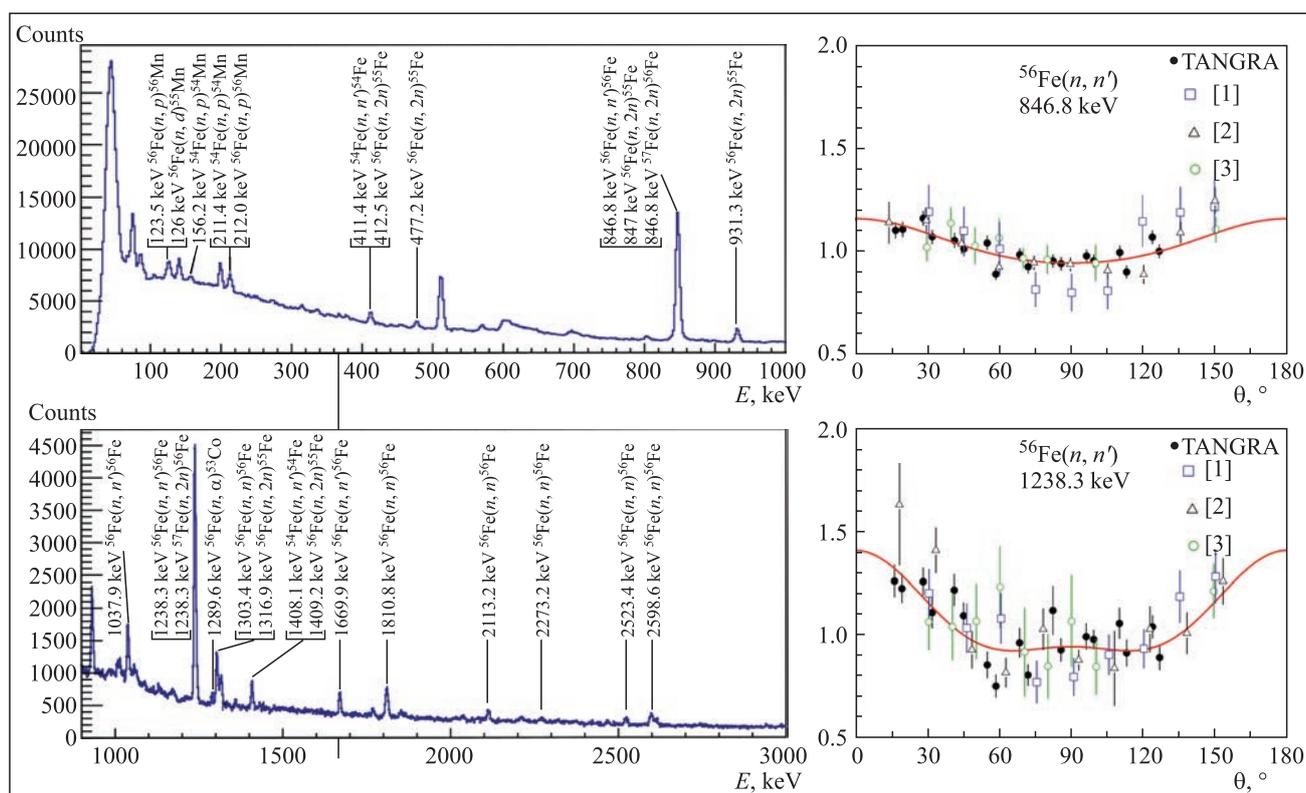


Fig. 3. High-resolution energy spectra for  $^{56}\text{Fe}(n, \gamma)$  (left), angular distributions for the two most intense  $\gamma$  lines compared to other studies (right). Our results were published in [4]

In the further data processing, yields and angular distributions are extracted from the  $\gamma$  quanta energy spectra filled on the basis of time-selected events. An example of the obtained results is shown in Fig. 3.

The parameters of  $\gamma$  radiation studied by us can be used to test the correctness of the model description of neutron-nuclear reactions [5]. The set of  $\gamma$  quanta emitted in reactions  $(n, \gamma)$  is unique for each nucleus and can be used to identify elements and even isotopes. This determines the relevance of our data for the development of a technique for fast nondestructive elemental analysis. Within the framework of the TANGRA project, two areas of applied works were formulated. At present, the team

is assembling a setup for measuring the cross sections of  $\gamma$ -ray radiation, which will later be used to create a database similar to CAPGAM, but for fast neutrons. Then, the method of position-sensitive elemental analysis will be created and tested on the same setup. Another line of research is the creation of a compact mobile unit for measuring the concentration of carbon and other elements in soils, as well as the corresponding methodology. Information on the chemical composition of soils is important for the intensification of agriculture and ecology, but the traditional methods of obtaining it are chemical ones and are associated with labor-intensive sample preparation. The use of nuclear methods, and, in particular, TNM, makes

милось два направления прикладных работ. В настоящее время коллектив занимается сборкой установки для измерения сечений излучения  $\gamma$ -квантов, которые впоследствии будут использованы для создания базы данных, аналогичной CAPGAM, но для быстрых нейтронов. Затем на этой же установке будет создаваться и тестироваться методика позиционно-чувствительного элементного анализа.

Другим направлением исследований является создание компактной мобильной установки для измерения концентрации углерода и других элементов в почвах, а также соответствующей методики. Информация о химическом составе почв важна для интенсификации сельского хозяйства и экологии, но традицион-

ные методы ее получения — химические — связаны с трудоемкой пробоподготовкой. Применение ядерных методов, и в частности ММН, позволяет избавиться от этого трудоемкого этапа и существенно ускорить измерения. Дополнительным преимуществом ММН является возможность строить глубинные профили концентрации элементов, разделяя временные спектры на компоненты. Примерная схема мобильной установки для элементного анализа почв непосредственно в поле, а также пример выделения вкладов событий с разных глубин приведены на рис. 4. Результаты начального этапа этих работ опубликованы в [6].

При разработке мобильной установки требуется решить множество задач: необходимо оценить вли-

Рис. 4. Конструкция мобильной установки для элементного анализа почв (слева), пример определения концентрации углерода на разных глубинах с помощью разложения временного спектра (справа)

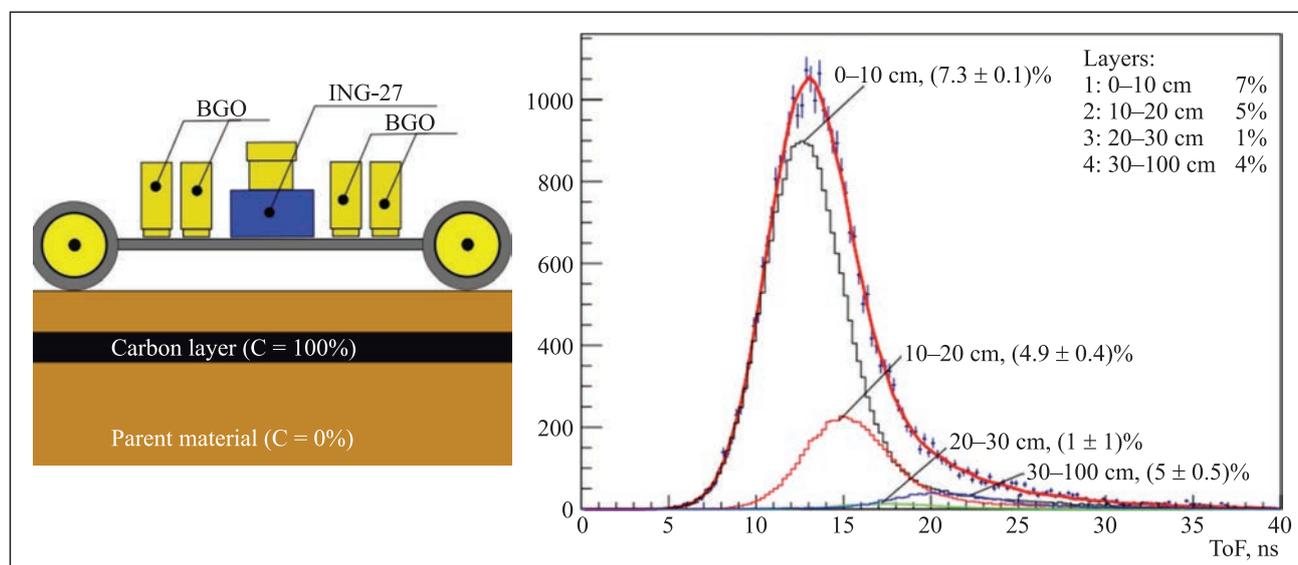


Fig. 4. The design of a mobile unit for elemental analysis of soils (left), an example of determining the concentration of carbon at different depths using the decomposition of the time spectrum (right)

it possible to get rid of this time-consuming stage and significantly speed up measurements. An additional advantage of TNM is the ability to build depth profiles of element concentrations by dividing the time spectra into components. An exemplary scheme of a mobile setup for elemental analysis of soils directly in the field and an example of highlighting the contributions of events from different depths are shown in Fig. 4. The results of the initial stage of these works were published in [6].

When developing a mobile setup, it is important to solve many problems: it is necessary to evaluate the effect of soil moisture and density on the data obtained, to choose the most optimal way to measure these values, and to learn how to separate the contributions of organic and inorganic substances to the total carbon concentration. So

far, there are no grounds to consider these problems unsolvable.

TANGRA is not going to stop at research and practical application of reactions ( $n, \chi\gamma$ ). We have already set up an experiment to study the elastic and inelastic scattering of neutrons on carbon, in which the angular distributions of neutrons were measured [7]. At present, we continue to accumulate data for a more accurate study of the Hoyle state in  $^{12}\text{C}$ . The most correct information about it is necessary for more accurate modeling of stellar nucleosynthesis. The Collaboration also plans to explore the reactions ( $n, 2n$ ), ( $n, p$ ), ( $n, \alpha$ ), which are a valuable source of information about the structure and shape of atomic nuclei.

ание влажности и плотности почвы на получаемые данные, выбрать наиболее оптимальный способ измерения этих величин, научиться разделять вклады органических и неорганических веществ в общую концентрацию углерода. Пока нет оснований считать эти задачи неразрешимыми.

TANGRA не собирается останавливаться на исследовании и практическом применении только реакций  $(n, \gamma)$ . Нами уже был поставлен эксперимент по исследованию упругого и неупругого рассеяния нейтронов на углероде, в котором измерялись угловые распределения нейтронов [7], в настоящее время мы продолжаем накопление данных для более точного исследования состояния Хойла в  $^{12}\text{C}$ . Максимально корректная информация о нем необходима для более точного моделирования звездного нуклеосинтеза. Также в планах коллаборации исследовать реакции  $(n, 2n)$ ,  $(n, p)$ ,  $(n, \alpha)$ , являющиеся ценным источником информации о структуре и форме атомных ядер.

### Список литературы / References

1. *Abbondanno U., Giacomich R., Lagonegro M. et al.* // J. Nucl. Energy. 1973. V.27. P.227.
2. *Дегтярев А. П., Козырь Ю. Е., Проконец Г. А.* Угловое распределение  $\gamma$ -квантов, сопровождающих взаимодействие 14,6-МэВ нейтронов с ядрами  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{23}\text{Na}$  // Материалы 4-й Всесоюзной конф. по нейтронной физике, 1977;  
*Degtyarev A. P., Kozyr Yu. E., Prokopets G. A.* Angular Distribution of  $\gamma$  Quanta Accompanying the Interaction of 14.6-MeV Neutrons with  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{23}\text{Na}$  Nuclei // Proc. of the 4th All-Union Conf. on Neutron Physics, 1977 (in Russian).
3. *Lachkar J., Sigaud J., Patin Y. et al.* // Nucl. Sci. Eng. 1974. V.55, No.2. P.168.
4. *Fedorov N. A., Grozdanov D. N., Kopatch Yu. N. et al.* // Eur. Phys. J. A. 2021. V.57. P.194.
5. *Федоров Н. А.* Неупругое рассеяние быстрых нейтронов на ядрах магния, алюминия, кремния и железа. Дис. ... канд. физ.-мат. наук. М.: МГУ, 2021;  
*Fedorov N. A.* Inelastic Scattering of Fast Neutrons on the Magnesium, Aluminum, Silicon and Iron Nuclei. PhD in Phys. Math., Moscow: MSU, 2021 (in Russian).
6. *Alexakhin V. Y., Razinkov E. A., Rogov Y. N. et al.* // Phys. Part. Nucl. Lett. 2022. V.19. P.717.
7. *Дашков И. Д., Федоров Н. А., Грозданов Д. Н. и др.* // Изв. РАН. Сер. физ. 2022. Т.86. С.1081;  
*Dashkov I. D., Fedorov N. A., Grozdanov D. N. et al.* // Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys. 2022. V.86. P.1081.

**57-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 15–16 июня под председательством профессора Д. Л. Надя.**

Председатель ПКК представил обзор выполнения рекомендаций предыдущей сессии ПКК, касающихся исследований ОИЯИ в области физики конденсированных сред. Вице-директор ОИЯИ Л. Костов проинформировал ПКК о резолюции 133-й сессии Ученого совета ОИЯИ (февраль 2023 г.) и решениях КПП ОИЯИ (март 2023 г.).

ПКК заслушал доклады о проектах, предлагаемых для включения в Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ с 2024 г. ПКК поддержал предложения об открытии крупного инфраструктурного проекта «Импульсный источник нейтронов и комплекс спектрометров» и проекта «Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов» на 2024–2028 гг., представленные Е. В. Лычагиным. Основной целью проектов является повышение эффективности использования ИЯУ ИБР-2 в ходе реализации программы экспериментальных исследований, а также обеспечение эксплуатационной надежности и безопасности реактора.

ПКК рекомендовал открыть проект «Новый перспективный источник нейтронов в ОИЯИ», представленный М. В. Булавиным, на 2024–2028 гг. В соответствии с пла-

---

**The 57th meeting of the Programme Advisory Committee for Condensed Matter Physics was held on 15–16 June. It was chaired by Professor D. L. Nagy.**

The Chair of the PAC presented an overview of the implementation of the recommendations made at the previous PAC meeting concerning the JINR research in the area of condensed matter physics. JINR Vice-Director L. Kostov informed the PAC about the Resolution of the 133rd session of the JINR Scientific Council (February 2023) and the decisions of the Committee of Plenipotentiaries of the Governments of the JINR Member States (March 2023).

The PAC heard the reports on projects to be included in the Topical Plan for JINR Research and International Cooperation from 2024. The PAC supported the proposal to open a new large infrastructure project “Pulsed neutron source and spectrometers” and a project “Development of the IBR-2 facility with a complex of cryogenic neutron moderators” for 2024–2028, presented by E. Lychagin. The main objective of the projects is to increase the efficiency of the use of the IBR-2 nuclear research facility in implementing the experimental research programme, to ensure the operational reliability and safety of the reactor. During the period of implementation of the projects, scientific and technical support services will be provided to ensure the safe operation of the reactor facility, and a large amount of scientific and technical work and experimental

нами работ проводятся следующие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы: исследование динамики пульсирующего реактора, разработка нитрид-нептуниевого топлива и твэлов на его основе, оптимизация конструкции модулятора реактивности и корпуса реактора в части снижения тепловых нагрузок и формоизменения, разработка и выполнение перечня НИОКР в обоснование разработки эскизного проекта, включая основные системы реакторной установки, комплекс криогенных замедлителей, разработка научной программы и комплекса спектрометров на ее основе.

ПКК поддержал предложение об открытии проекта «Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2», представленное В.И. Боднарчуком, на 2024–2028 гг. Проект направлен на улучшение параметров и производительности экспериментальных установок, расширение области их применения, а также разработку их элементов и узлов.

ПКК поддержал открытие проекта «Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов» и подпроектов

«Исследование структуры и динамики функциональных материалов и наносистем на базе комплекса спектрометров реактора ИБР-2», «Разработка спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии на реакторе ИБР-2», представленных Д.П. Козленко, для их выполнения в 2024–2028 гг. ПКК отметил, что результаты исследований авторов проектов, полученные с начала 2021 г., показали высокую эффективность метода рассеяния нейтронов для решения вышеописанных задач. По итогам работ опубликовано более 300 научных работ, получен один патент и пять премий ОИЯИ.

ПКК рекомендовал открыть проект «Нанобиофотоника», представленный Г.М. Арзуманяном, на период 2024–2028 гг. ПКК посчитал исследовательскую программу предлагаемого нового проекта перспективной и современной, имеющей междисциплинарный характер и направленной на решение как фундаментальных, так и прикладных задач. ПКК приветствовал начало более тесного сотрудничества по этим темам с другими лабораториями ОИЯИ, а также с внешними биомедицинскими организациями.

Дубна, 15–16 июня. 57-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред



Dubna, 15–16 June. The 57th meeting of the Programme Advisory Committee for Condensed Matter Physics

studies related to the commissioning of the cryogenic moderator complex will be performed.

The PAC recommended opening a project “The new advanced neutron source at JINR” for 2024–2028, presented by M. Bulavin. In accordance with the work plans, the following research and development work is being carried out: study of the pulsed reactor dynamics, development of neptunium nitride fuel and the fuel rods based on it, optimization of the design of the reactivity modulator and the reactor vessel in terms of reducing thermal loads and shape changing, development and implementation of a list of R&D to support the development of a preliminary design, including the main systems of the reactor facility, a complex of cryogenic moderators, development of a scientific programme and a complex of spectrometers based on it.

The PAC supported the proposal on opening a project “Scientific and methodological research and developments for condensed matter investigations with IBR-2 neutron beams” for 2024–2028, presented by V. Bodnarchuk.

The project is dedicated to improving the parameters and performance of experimental setups, expanding the scope of their applications as well as to the development of their elements and components.

The PAC supported the proposal on opening a project “Investigations of functional materials and nanosystems using neutron scattering” with the subprojects “Study of the structure and dynamics of functional materials and nanosystems at the IBR-2 spectrometer complex” and “Development of an inelastic neutron scattering spectrometer in inverse geometry at the IBR-2 reactor” for 2024–2028, presented by D. Kozlenko. The PAC noted that the results of the authors, obtained since the beginning of 2021, have demonstrated the high efficiency of neutron scattering for the successful solution of the above-described problems and have resulted in more than 300 research papers and one patent. The high research quality has also been recognized with five JINR prizes.

ПКК рекомендовал продлить проект «Новые полупроводниковые приборы для фундаментальных и прикладных исследований», представленный Г. А. Шелковым, на период 2024–2028 гг. ПКК отметил высокую квалификацию участников проекта, а также многолетний опыт международного сотрудничества и деятельности в рамках коллаборации Medipix. Предлагаемые работы в основном направлены на создание собственного микрочипа и производство новых энергочувствительных полупроводниковых детекторов и рентгенографических аппаратов.

ПКК поддержал продление проекта «Прецизионная лазерная метрология для ускорителей и детекторных комплексов (ПЛИ)», представленного М. В. Ляблиным, на период 2024–2028 гг. Предложенные работы — продолжение текущего проекта, реализуемого для коллайдерного комплекса NICA. Целями проекта являются, во-первых, долгосрочный мониторинг наклона земной поверхности под ускорителем NICA и влияния микросейсмических шумов, во-вторых — создание сети инклинометров в районах сейсмической активности.

ПКК рекомендовал продлить проект «Развитие техники эксперимента и прикладные исследования на монохроматических пучках позитронов (ПАС)», представленный А. А. Сидориным, на период 2024–2028 гг. ПКК отметил высокую востребованность методов ПАС, в том числе метода доплеровского уширения аннигиляционной линии (ДУАЛ) на пучке, а также спектроскопии времени жизни аннигиляции позитрония (PALS)

в классической постановке. Реализация программы, представленной в проекте, выведет используемую установку на качественно новый уровень, открывая возможности для экспериментальных исследований в области физики конденсированного состояния и материаловедения.

ПКК рекомендовал открыть проект «Создание и развитие тестовой зоны для методических исследований детекторов на линейном ускорителе электронов в ЛЯП», представленный С. Абу Эль-Азмом, для его реализации в 2024–2028 гг. Проект нацелен на проведение экспериментальных исследований на пучках ускоренных электронов ускорителя Linac-200. Два канала Linac-200 будут использоваться для тестирования оборудования, а также для прикладных и образовательных целей.

ПКК поддержал открытие проекта «Защита от физико-химических стрессов с помощью белков тихоходок (TARDISS)», представленного М. П. Зарубиным. ПКК отметил амбициозность целей изучения радио- и криопротекторных свойств белка Dsup в живых системах и *in vitro*, а также разработки модельных живых систем с индуцированной экспрессией белка Dsup и создания высокотехнологичных материалов, модифицированных этим белком.

ПКК рекомендовал открыть проекты «Молекулярные, генетические и организменные эффекты ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками» и «Исследования в области радиационной биофизики и астробиологии», представлен-

The PAC recommended opening a new project “Nanobiophotonics”, presented by G. Arzumanyan, for 2024–2028. The PAC considered the research programme of the proposed new project as promising and modern, interdisciplinary in nature, and aimed at both fundamental and practical studies. The PAC welcomed the start of closer collaboration on these topics with other JINR Laboratories and with external biomedical organizations as well.

The PAC recommended extending the project “Novel semiconductor detectors for fundamental and applied research”, presented by G. Shelkov, for the period 2024–2028. The PAC noted that the project team is highly qualified and has a long-term experience in international cooperation and activities within the Medipix Collaboration. The proposed activities mainly focus on the development of the in-house microchip and the manufacture of new energy-sensitive semiconductor X-ray image detectors and devices.

The PAC supported extension of the project “Precision laser metrology for accelerators and detector complexes (PLI)”, presented by M. Lyablin, for 2024–2028. The proposal is a continuation of the ongoing support project for the NICA collider complex. The project has two goals: first, long-term monitoring of the surface under the NICA accelerator and of the influence of microseismic noise, and

second, the installation of a network of inclinometers in the regions of seismic activity.

The PAC recommended extending the project “Development of experimental techniques and applied research with slow monochromatic positron beams (PAS)”, presented by A. Sidorin, for 2024–2028. The PAC noted the high demand for PAS methods, including the Doppler broadening of the annihilation line (DBAL) method on a beam as well as the positron annihilation lifetime spectroscopy (PALS) method in the classical formulation. The implementation of the programme presented in the project will bring this facility to a qualitatively new level, opening up new opportunities for experimental research in the field of condensed matter physics and materials science.

The PAC recommended opening a project “Design and development of a test zone for methodological studies of detectors at the linear electron accelerator in DLNP”, presented by S. Abou El-Azm, for 2024–2028. The project is dedicated to experimental studies with accelerated electron beams of the Linac-200 accelerator. The two channels of Linac-200 will be used for equipment testing and for other applied and educational purposes.

The PAC supported opening a project “Protection against physical and chemical stresses with tardigrade proteins (TARDISS)”, presented by M. Zarubin. The PAC noted the ambitious goals of studying the radio- and cryo-

ные П. Н. Лобачевским и А. В. Чижовым соответственно, на период 2024–2028 гг. Целью первого из этих проектов является изучение закономерностей и механизмов молекулярно-генетического и организменного действия ионизирующих излучений с различными физическими характеристиками. Второй проект направлен на решение ряда фундаментальных проблем радиобиологии и астробиологии, а также практических задач, связанных с развитием радиационной медицины.

ПКК поддержал предложение об открытии проектов «Радиационная стойкость материалов к воздействию высокоинтенсивных пучков тяжелых ионов» и «Нанокompозитные и функциональные трековые мембраны», представленное П. Ю. Апелем, для их реализации в 2024–2028 гг. Первый проект направлен на систематическое изучение структурных эффектов, вызванных быстрыми тяжелыми ионами в материалах, перспективных для ядерных и нанотехнологических применений, в целях выявления фундаментальных механизмов и определения субпикосекундной кинетики возникающих возбуждений. Второй проект, касающийся трековых мембран (ТМ), демонстрирует примеры промышленного применения ионно-трековых технологий. ПКК посчитал особенно важным применение ТМ в области биотехнологий и в медицине. Результаты проекта будут включать внедрение новых и развитие существующих способов модификации мембран для производства композитных и гибридных ТМ для целе-

вого применения в нанофлюидике, сенсорных технологиях, зеленой энергетике и биомедицине.

ПКК принял к сведению письменные предложения об открытии или продлении проектов «Методы вычислительной физики для исследования сложных систем» на 2024–2026 гг., «Сложные материалы», «Математические модели статистической физики сложных систем», «Наноструктуры и наноматериалы», «Методы квантовой теории поля в сложных системах» на 2024–2028 гг. ПКК рекомендовал открыть или продлить эти проекты на заявленные периоды.

ПКК с интересом заслушал научный доклад «Нейтронно-дифракционные исследования структурно-фазовых переходов в сплавах», представленный Т. Н. Вершининой, и поблагодарил автора.

ПКК рассмотрел 12 виртуальных стендовых сообщений молодых ученых в области физики конденсированных сред и информационных технологий. Виртуальное сообщение В. Д. Жакетова «Эффекты близости в сверхпроводящих и ферромагнитных гетероструктурах» было избрано лучшим на сессии. ПКК также отметил высокий уровень двух других виртуальных сообщений: «Влияние высокого давления на кристаллическую, магнитную структуры и колебательные спектры ван-дер-ваальсова материала», представленного О. Н. Лис, и «Влияние высокого давления на кристаллическую структуру и колебательные спектры слоистого перовскитоподобного  $\text{Nd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ », представленного А. Асадовым.

protective properties of the Dsup protein in living systems and *in vitro*, developing model living systems with induced expression of the Dsup protein, and creating high-tech materials modified with this protein.

The PAC recommended opening the projects “Molecular, genetic and organismal effects of ionizing radiation with different physical characteristics” and “Radiation biophysics and astrobiology research” presented by P. Lobachevsky and A. Chizhov, respectively, for their implementation in 2024–2028. The aim of the first of these projects is to study the regularities and mechanisms of molecular, genetic and organismal effects of ionizing radiation with different physical characteristics. The second project is aimed at solving a number of fundamental problems in radiobiology and astrobiology, as well as practical tasks related to the development of radiation medicine.

The PAC supported the proposal to open the projects “Radiation tolerance of materials to high intensity heavy ion beams impact” and “Nanocomposite and functional track-etched membranes”, presented by P. Apel, for their implementation in 2024–2028. The first project is focused on the systematic study of the structural effects caused by swift heavy ions in materials with potential nuclear and nanotechnological applications in order to shed light on the fundamental mechanisms and sub-picosecond kinetics of the resulting excitations. The second project on track-etched

membranes (TMs) demonstrates an example of industrial application of ion-track technology. The PAC considered the applications of TMs in biotechnology and medicine to be particularly important. The project outcomes will include the implementation of new and elaboration of existing routes of membrane modification for the production of composite and hybrid TMs for targeted applications in nanofluidics, sensing technologies, green energy harvesting, and biomedicine.

The PAC took note of the written proposals to open or extend the projects “Methods of computational physics for the study of complex systems” for 2024–2026, and “Complex materials”, “Mathematical models of statistical physics of complex systems”, “Nanostructures and nanomaterials”, “Quantum field theory methods in complex systems” for 2024–2028. The PAC recommended that these projects be opened or extended for the requested periods.

The PAC heard with interest the scientific report “Neutron-diffraction studies of structural phase transition in alloys” presented by T. Vershinina. The PAC thanked the speaker for the excellent report.

The PAC reviewed 12 virtual presentations made by young scientists in the field of condensed matter physics and information technologies. The virtual poster presentation “Proximity effects at superconducting and ferromagnetic heterostructures” made by V. Zhaketov was selected

**58-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 21–22 июня в формате видеоконференции под председательством профессора И. Церруи.**

Председатель ПКК представил обзор выполнения рекомендаций, принятых на предыдущей сессии ПКК, касающихся исследований ОИЯИ в области физики частиц. Вице-директор ОИЯИ В.Д.Кекелидзе проинформировал о резолюции 133-й сессии Ученого совета ОИЯИ (февраль 2023 г.) и решениях КПП ОИЯИ (март 2023 г.).

ПКК одобрил шаги дирекции Института по расширению участия мексиканских исследователей в деятельности ОИЯИ, укреплению сотрудничества с научными организациями и университетами Китая, поддержанию высокого уровня сотрудничества с исследовательскими организациями всех стран Европы в целях повышения международного статуса Института.

Заслушав отчет о ходе реализации проекта «Нуклотрон–NICA», представленный А. О. Сидориным, ПКК поздравил команду ускорителя с успешным 4-м техническим сеансом и поблагодарил докладчика за подробный анализ введенных в эксплуатацию ресурсов и оборудования, включая электронное охлаждение, что улучшило работу ускорительного комплекса. ПКК признал усилия руководства ОИЯИ и NICA по сокращению различных задержек, в том числе в завершении инфраструктурных работ в здании коллайдера и строи-

тельстве линий транспортировки пучка от нуклотрона к коллайдеру NICA, и принял к сведению итоговый пересмотренный график, согласно которому первые пучки на коллайдере NICA теперь ожидаются в 2025 г.

ПКК принял к сведению отчет о ходе работ по развитию инфраструктуры ЛФВЭ, включая нуклотрон, представленный Н.Н.Агаповым. Комитет с удовлетворением отметил, что доступная мощность главной подстанции увеличена вдвое до 40,8 МВт. Криогенные подсистемы NICA в настоящее время объединены в единый комплекс с использованием криогенных трубопроводов, значительная часть которых проверена на герметичность и готова к эксплуатации. Завершается монтаж инженерного и исследовательского оборудования в новых корпусах комплекса NICA — здании коллайдера и новой компрессорной станции.

ПКК принял к сведению отчет о реализации проекта MPD, представленный В.Г.Рябовым. Производство всех компонентов детектора первой ступени MPD продолжается, хотя сроки сдвинуты из-за проблем с поставками многих компонентов от европейских компаний, отсутствия технической документации на поставляемые компоненты и необходимости поиска дополнительной квалифицированной рабочей силы. Наиболее важной задачей по-прежнему является охлаждение и электропитание большого сверхпроводящего соленоида MPD. Смонтирована временная криогенная система охлаждения соленоида, проведены вакуумные испытания и эксплуатация в ручном режиме. ПКК поздравил

as the best presentation of the session. The PAC also noted two more virtual poster presentations of a high level: “High pressure effect on crystal, magnetic structures and vibrational spectra of van der Waals material” by O. Lis, and “The effects of high pressure on the crystal structure and vibration spectra of layered perovskite-like  $\text{Nd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ ” by A. Asadov.

**The 58th meeting of the Programme Advisory Committee for Particle Physics took place on 21–22 June via videoconference and was chaired by Professor I. Tserruya.**

The Chair of the PAC presented an overview of the implementation of the recommendations adopted at the previous meeting concerning the research at JINR in particle physics. JINR Vice-Director V. Kekelidze highlighted the Resolution of the 133rd session of the JINR Scientific Council (February 2023) and the decisions of the JINR Committee of Plenipotentiaries (March 2023).

The PAC supports the steps taken by the JINR Directorate to increase the participation of Mexican researchers in JINR activities, strengthen cooperation with scientific organizations and universities in China, maintain a high level of cooperation with research organizations

from all European countries in order to promote the international status of the Institute.

The PAC heard the progress report on implementing the Nuclotron–NICA project presented by A. Sidorin. The Committee congratulated the accelerator team for the very successful 4th technical run and thanked the speaker for the detailed analysis of the resources and equipment, including the electron cooling, that were put into operation and improved the performance of the accelerator complex. The PAC noted various delays, among which the delays in the completion of infrastructure work at the collider building and in the construction of transfer lines from the Nuclotron to the NICA collider, and took note of the resulting revised schedule, which now expects the first beams at the NICA collider in 2025.

The PAC took note of the progress report on the infrastructure developments at VBLHEP presented by N. Agapov. The Committee noted with satisfaction that the available power of the main substation has been doubled to 40.8 MW. The NICA cryogenic subsystems are now combined into a single complex using cryogenic pipelines, a significant part of which has been tested for leaks and is ready for operation. The installation of engineering and research equipment in the new buildings of the NICA complex — the collider and the new compressor station — is nearing completion.

команду с нахождением эффективных решений критических проблем, возникающих по многим аспектам создания детектора, сборки и ввода в эксплуатацию.

ПКК высоко оценил ход реализации проекта BM@N, представленный М.Н.Капишиным. Важным этапом проекта стал физический сеанс с пучками Хе 3,8 АГэВ и 3,0 АГэВ на Csl-мишени, в ходе которого было зарегистрировано более 550 млн Хе + Csl взаимодействий. Идентификация  $\Lambda$ -гиперонов,  $K_S^0$ -мезонов и заряженных частиц значительно улучшилась после юстировки, калибровки трековых и времяпролетных детекторов и обработки первых данных. Центральность события оценивалась с помощью переднего адронного калориметра и годоскопа фрагментов. ПКК подчеркнул нехватку кадров для текущего анализа записанных данных. В то же время ПКК призвал команду BM@N

сосредоточить свои усилия на получении первых физических результатов сеанса с ионами Хе.

ПКК принял к сведению отчет о подготовке технического проекта (TDR) эксперимента SPD, представленный А.В.Гуськовым. Компоновка детектора принята с учетом новых возможностей, открываемых увеличением допустимой нагрузки на пол экспериментального зала. Команда SPD прилагает усилия для поиска и разработки заменяемого оборудования, компонентов и технических решений, необходимых для создания детектора. Ведется подготовка документации на сверхпроводящий соленоид SPD. ПКК повторил свою рекомендацию руководству ОИЯИ о необходимости возобновления деятельности международного консультативного комитета по детектору SPD, а также призвал группу SPD продолжить подготовку TDR.

Дубна, 21–22 июня. 58-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц



Dubna, 21–22 June. The 58th meeting of the Programme Advisory Committee for Particle Physics

The PAC took note of the report on the implementation of the MPD project presented by V. Ryabov. The production of all components of the MPD first-stage detector is progressing, even though the schedule is delayed due to problems with supplies of many components from European companies, the lack of technical documentation for the delivered components, and the necessity to look for additional qualified manpower. The most critical task is still cooling and current supply of the large superconducting solenoid of MPD. The temporary cryogenic system for the solenoid cooling has been assembled, vacuum tested and operated in manual mode. The PAC congratulates the team on finding viable solutions for the critical issues arising for many aspects of the detector construction, assembly and commissioning.

The PAC appreciated the progress in the implementation of the BM@N project presented by M. Kapishin. An important milestone of the project was physics run with the 3.8 AGeV and 3.0 AGeV xenon beam interacting with a Csl target in which 550 million Хе + Csl interactions were recorded. The identification of  $\Lambda$  hyperons,  $K_S^0$  mesons and charged particles was considerably improved after alignment, calibration of tracking and time-of-flight detectors, and the first data reprocessing. The PAC emphasized

the lack of manpower for ongoing analysis of the recorded data. At the same time, the PAC encouraged the BM@N team to concentrate its efforts on getting the first physics results of the Хе run.

The PAC took note of the report on preparing the Technical Design Report (TDR) of the SPD experiment presented by A. Guskov. The layout of the detector has been adopted taking into account new opportunities opened up by the increased permissible load on the floor of the experimental hall. The SPD team is making efforts to find and develop substitute equipment, components, and technical solutions needed to build the detector. Preparation of documentation for the superconducting SPD solenoid is underway. The PAC reiterated its recommendation to the JINR management on the need to resume the activities of the international SPD Detector Advisory Committee. The PAC encouraged the SPD team to proceed with the preparation of the TDR.

The PAC took note of the reports on the scientific results obtained by the JINR groups participating in the LHC experiments presented by B. Batyunya (ALICE), T. Lyubushkina (ATLAS), and V. Karjavin (CMS). The PAC noted active participation in physics analyses of the three JINR groups.

ПҚК принял к сведению доклад о научных результатах, полученных группами ОИЯИ в экспериментах на LHC, представленные Б.В. Батюней (ALICE), Т.В. Любушкиной (ATLAS) и В.Ю. Каржавиным (CMS). ПҚК отметил активное участие групп ОИЯИ в физическом анализе данных экспериментов.

ПҚК высоко оценил участие команды ОИЯИ в одном из ведущих экспериментов по поиску новой физики в области масс ниже масштаба электрослабых взаимодействий — проекте NA64 (ЦЕРН), теоретическую мотивацию группы, ответственность за работу детектора, разработку и поддержку строу-трекера, работу системы сбора данных, а также накопление и анализ данных, представленные Д.В. Пешехоновым. ПҚК поддержал дальнейшее участие коллектива ОИЯИ в эксперименте NA64 и рекомендовал его продолжить в 2024–2026 гг.

ПҚК принял к сведению отчет о деятельности группы ОИЯИ в эксперименте BESIII, представленный И.И. Денисенко, высоко оценил важный вклад группы ОИЯИ, в том числе планы продолжить изучение очарованных кварков в будущем эксперименте SPD на NICA, и рекомендовал ОИЯИ продолжить участие в проекте BESIII в 2024–2028 гг.

ПҚК принял к сведению отчет А.Н. Бородина об эксперименте TAIGA. Со времени последней презентации на ПҚК участие ОИЯИ в анализе данных возросло за счет привлечения молодых исследователей. ПҚК призвал команды ОИЯИ TAIGA и «Байкал» к сотрудничеству, в частности, в поиске событий со схожи-

ми и взаимодополняющими характеристиками и рекомендовал ОИЯИ продолжить участие в проекте TAIGA в 2024–2028 гг.

ПҚК принял к сведению отчет об участии коллектива ОИЯИ в подготовке реакторного нейтринного эксперимента JUNO (Китай), представленный Д.В. Наумовым. Эксперимент JUNO направлен на определение иерархии масс нейтрино с целью достижения значимости не менее трех-четырёх стандартных отклонений после шести лет набора данных. ПҚК высоко оценил важный вклад и заметное участие коллектива ОИЯИ в эксперименте, который находится на стадии ввода в эксплуатацию, и рекомендовал ОИЯИ продолжить участие в JUNO в 2024–2027 гг.

ПҚК заслушал отчет Л.Д. Колупаевой об участии ОИЯИ в текущем ускорительном нейтринном эксперименте NOvA и в подготовке эксперимента нового поколения DUNE (США). Группа ОИЯИ внесла значительный вклад в эксперимент NOvA и могла бы участвовать в создании ближнего детектора DUNE, включая систему сбора света в жидком аргоне, трековую систему на основе строу-трубок, а также алгоритмы и методы анализа данных. ПҚК рекомендовал продолжить участие ОИЯИ в эксперименте NOvA и поддержал работу по подготовке проекта DUNE на период 2024–2026 гг.

ПҚК отметил решающую роль проекта «Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК)», представленного В.В. Кореньковым, в научных исследованиях и обеспечении современными

The PAC appreciated the involvement of the JINR team in one of the leading experiments searching for new physics below the electroweak scale — the NA64 project (CERN), its theoretical motivation, its responsibilities in the detector operation, the development and support of the straw tracker, the DAQ operation, and the data taking and analysis, presented by D. Peshekhonov. The PAC supported further participation of the JINR team in the NA64 experiment and recommended its continuation for the period 2024–2026.

The PAC took note of the activities of the JINR group in the BESIII experiment presented by I. Denisenko and appreciated the important contributions of the JINR group and, in particular, the plans to continue the study of charmed quarks in the future SPD experiment at NICA and recommended that JINR continue its participation in the BESIII project for the period 2024–2028.

The PAC took note of the report presented by A. Borodin on JINR's participation in the TAIGA experiment. Since the last presentation at the PAC, JINR's participation in data analysis has been strengthened by attracting young researchers. The PAC encouraged the JINR TAIGA team to collaborate with the JINR Baikal team, in particular, in the search for events with similar and complementary characteristics and recommended that JINR continue its participation in the TAIGA project for the period 2024–2028.

The PAC took note of the report on the status of JINR team's involvement in the preparation of the JUNO experiment (China) presented by D. Naumov. The JUNO experiment is focused on determining the neutrino mass ordering with the goal to reach a significance of at least three to four standard deviations after six years of data collection. The PAC appreciated the important contributions and the visible participation of the JINR team in the JUNO reactor neutrino experiment, which is at the commissioning stage, and recommended that JINR continue its participation in JUNO for the period 2024–2027.

The PAC heard the report on JINR's participation in the current accelerator neutrino NOvA experiment and in the preparation of the new-generation DUNE experiment (USA) presented by L. Kolupaeva. The JINR group has made a significant contribution to the NOvA experiment and could take part in the construction of the Near Detector of the DUNE project, including a light collection system in liquid argon, a tube-based tracking system, as well as data analysis algorithms and methods. The PAC recommended the continuation of JINR's participation in the NOvA experiment and supported the preparation work for the DUNE project for the period 2024–2026.

The PAC recognized the decisive role of the project "Multifunctional Information and Computing Complex (MICC)", presented by V. Korenkov, in the scientific re-

вычислительными мощностями и системами хранения данных. ПКК рекомендовал продлить проект МИВК на период 2024–2030 гг.

ПКК заслушал предложение об открытии нового проекта «Математические методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа экспериментальных данных», представленное С.В.Шматовым. Проект направлен на разработку общих математических методов и программного обеспечения с широким использованием технологий искусственного интеллекта и машинного обучения для моделирования физических процессов и экспериментальных установок, обработки и анализа экспериментальных данных в тесном сотрудничестве с пользователями. ПКК рекомендовал открыть проект в 2024 г. на период с 2024 по 2026 г.

ПКК принял к сведению новый проект участия группы ОИЯИ в эксперименте AMBER с фиксированной мишенью на SPS (ЦЕРН), представленный А.В.Гуськовым. Эксперимент посвящен изучению внутренней структуры и свойств адронов. Основой установки AMBER является модернизированный спектрометр COMPASS. Принимая во внимание синергию между обширными физическими программами экспериментов AMBER и NICA SPD, в том числе пользу от обучения молодых исследователей в эксперименте AMBER во время создания SPD, ПКК рекомендовал участие группы ОИЯИ в эксперименте AMBER в 2024–2026 гг.

**57-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 29–30 июня под председательством профессора В.В.Несвижевского.**

Председатель ПКК представил сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии ПКК. Вице-директор ОИЯИ С.Н.Дмитриев проинформировал ПКК о резолюции 133-й сессии Ученого совета (февраль 2023 г.) и решениях КПП ОИЯИ (март 2023 г.).

ПКК принял к сведению доклад Н.В.Антоненко о структуре продленной темы «Теория ядерных систем», включающей в себя четыре проекта. ПКК заслушал предложения об открытии новых проектов «Низкоэнергетическая ядерная динамика и свойства ядерных систем», «Микроскопические модели для экзотических ядер и ядерной астрофизики», «Квантовые системы нескольких частиц», «Релятивистская ядерная динамика и нелинейные квантовые процессы», представленные руководителями проектов Н.В.Антоненко, А.А.Джиоевым, А.К.Мотовиловым и С.Г.Бондаренко соответственно.

ПКК высоко оценил текущее состояние исследований в рамках темы и четырех проектов, предлагаемых к реализации в 2024–2028 гг. ПКК подчеркнул тесную связь теоретических исследований с экспериментальной программой ОИЯИ, рекомендовал открыть эти четыре новых проекта на 5 лет и поддержал предло-

search and the needs of modern computing power and data storage systems. The PAC recommended extending the MICC for the period 2024–2030.

The PAC heard the proposal to open a new project “Mathematical methods, algorithms and software for modeling physical processes and experimental facilities, processing and analyzing experimental data” presented by S. Shmatov. The project is aimed at developing general mathematical methods and software with the widespread use of artificial intelligence and machine learning techniques for modeling physical processes and experimental facilities, processing and analyzing experimental data in close cooperation with the users. The PAC recommended opening the project in 2024 for the period 2024–2026.

The PAC took note of the new project for the participation of the JINR group in the fixed target AMBER experiment at the SPS (CERN), presented by A. Guskov. The experiment is dedicated to the study of the internal structure and properties of hadrons. The basis of the AMBER facility is the upgraded COMPASS spectrometer. Taking into account the synergy between the rich physics programmes of the AMBER and NICA SPD experiments, including the benefit of training young researchers in the AMBER experiment while the SPD is under construction, the PAC recommended the participation of the JINR group in the AMBER experiment for the period 2024–2026.

**The 57th meeting of the Programme Advisory Committee for Nuclear Physics was held on 29–30 June. It was chaired by Professor V. V. Nesvizhevsky.**

The Chairman of the PAC presented an overview of the implementation of the recommendations taken at the previous PAC meeting. JINR Vice-Director S. Dmitriev informed the PAC about the Resolution of the 133rd session of the Scientific Council (February 2023) and about the decisions of the Committee of Plenipotentiaries (March 2023).

The PAC took note of the report by N. Antonenko on the structure of the extended theme “Theory of Nuclear Systems”, which includes four projects. The PAC heard proposals to open new projects “Low-energy nuclear dynamics and properties of nuclear systems”, “Microscopic models for exotic nuclei and nuclear astrophysics”, “Quantum few-body systems”, and “Relativistic nuclear dynamics and nonlinear quantum processes” presented by heads of the projects N. Antonenko, A. Dzhiyev, A. Motovilov, and S. Bondarenko, respectively.

The PAC highly appreciated the current state of research on the theme and four projects proposed for implementation in 2024–2028 as well as the connection between theoretical research and the experimental programme of JINR and recommended opening these four new projects for five years and supported the proposed structure of the extended theme “Theory of Nuclear Systems”.

женную структуру продленной темы «Теория ядерных систем».

ПКК заслушал предложение о продлении темы «Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности», представленное С.И.Сидорчуком. Основные направления научных исследований на период 2024–2030 гг. в рамках темы будут связаны с изучением тяжелых ядер и атомов, а также легких ядер вдали от линии  $\beta$ -стабильности. ПКК также заслушал доклады по открытию двух новых проектов в рамках данной темы: «Исследования тяжелых и сверхтяжелых элементов» (А.В.Карпов) и «Легкие экзотические ядра вблизи границ ядерной стабильности» (Г.Каминьски). ПКК высоко оценил предложения ЛЯР по развитию исследований в области физики тяжелых ионов и рекомендовал открыть эти проекты на 5 лет до конца 2028 г. Для возможности реализации новых проектов, а также проведения других экспери-

ментов в области физики тяжелых ионов ПКК рекомендовал продлить тему «Синтез и свойства сверхтяжелых элементов, структура ядер на границах нуклонной стабильности» сроком на 7 лет до конца 2030 г.

ПКК заслушал отчет по теме «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)» и предложение о ее реформировании в крупный инфраструктурный проект (КИП), представленные И.В.Калагиным.

ПКК заслушал предложения об открытии двух новых проектов в рамках данного КИП, представленные А.В.Ереминым. Проект «Создание ускорительного комплекса У-400Р» включает в себя модернизацию существующего ускорителя У-400 в У-400Р, строительство нового экспериментального здания, создание новых установок комплекса. Проект «Развитие экспериментальных установок для исследования химических и физических свойств сверхтяжелых элементов» наце-

Дубна, 29–30 июня. 57-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике



Dubna, 29–30 June. The 57th meeting of the Programme Advisory Committee for Nuclear Physics

The PAC heard a proposal to extend the theme “Synthesis and Properties of Superheavy Elements, the Structure of Nuclei at the Limits of Nucleon Stability” presented by S.Sidorchuk. The main directions of scientific research for the period 2024–2030 within the framework of the theme are related to the study of the heaviest nuclei and atoms as well as light nuclei far from the  $\beta$ -stability line. The PAC also heard reports on the opening of two new projects “Investigation of heavy and superheavy elements” (A.Karpov) and “Light exotic nuclei at the borders of nuclear stability” (G.Kaminski). The PAC highly appreciated the proposals of FLNR for the development of research in the field of heavy-ion physics and recommended opening those two new projects for five years until the end of 2028. In order to be able to open and implement new projects, as well as to conduct other experiments in the field of heavy-ion physics, the PAC recommended that the theme “Synthesis and Properties of Superheavy Elements, the Structure of Nuclei at the Limits of Nucleon Stability” be extended for a period of seven years until the end of 2030.

The PAC heard a report on the theme “Development of the FLNR Accelerator Complex and Experimental Setups (DRIBs-III)” and proposals for its reformation into

a large research infrastructure project (LRIP) presented by I.Kalagin.

The PAC heard the proposals to open two new projects presented by A.Eremin. The project “Construction of the U-400R accelerator complex” includes the modernization of the existing U-400 accelerator into U-400R, construction of a new experimental building, development of new experimental setups of the complex. The project “Development of the experimental setups to study the chemical and physical properties of superheavy elements” is aimed at implementing the tasks of developing new experimental facilities of the SHE Factory.

The PAC recommended that the theme “Development of the FLNR Accelerator Complex and Experimental Setups (DRIBs-III)” be reformed into a large research infrastructure project with the same title for the period 2024–2030. The PAC recommended opening two new projects “Construction of the U-400R accelerator complex” and “Development of the experimental setups to study the chemical and physical properties of superheavy elements” until the end of 2028.

The PAC heard a report on the main results obtained over the past year within the framework of the

лен на реализацию задач по созданию новых экспериментальных установок фабрики СТЭ.

ПКК рекомендовал преобразовать тему «Развитие ускорительного комплекса и экспериментальных установок ЛЯР (DRIBs-III)» в крупный инфраструктурный проект с тем же названием на период 2024–2030 гг. и открыть два новых проекта: «Создание ускорительного комплекса У-400Р» и «Развитие экспериментальных установок для исследования химических и физических свойств сверхтяжелых элементов» до конца 2028 г.

ПКК заслушал представленный Ю.Н.Копачем доклад об основных результатах, полученных за прошедший год в рамках темы «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» и трех проектов: «Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций (TANGRA)», «Эмиссия нейтронов и гамма-квантов в реакциях, индуцированных нейтронами (ЭНГРИН)» и «Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры». Отметив высокое качество полученных научных результатов, ПКК рекомендовал завершить проект ЭНГРИН и закрыть тему «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона».

ПКК заслушал предложения об открытии нового проекта «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» и новой темы «Нейтронная ядерная физика», представленные В.Н.Швецовым. Отметив перспективность научной программы нового

проекта и проекта TANGRA, ПКК рекомендовал открыть новый проект «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» сроком на 5 лет до конца 2028 г., а также продлить проект TANGRA сроком на 5 лет до конца 2028 г. и проект «Модернизация ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры» сроком на 3 года до конца 2026 г. В связи с предложениями об открытии нового проекта, о продлении сроков двух других проектов, а также о финансировании других важных работ в статусе «активность» ПКК рекомендовал открыть новую тему «Нейтронная ядерная физика» до конца 2030 г.

ПКК заслушал предложения об открытии трех новых проектов: «Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины», «Исследования реакторных нейтрино на короткой базе» и «Ядерная спектроскопия для поиска и исследования редких явлений» в рамках темы «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика».

Научные исследования в проекте «Радиохимия и спектроскопия для астрофизики и ядерной медицины» (А.Баймуханова) посвящены развитию методов ядерной спектроскопии и радиохимии для изучения редких явлений, связанных со слабым взаимодействием и рядом задач астрофизики, а также с разработкой радиофармпрепаратов и их применением в ядерной медицине. Проект «Исследования реакторных нейтрино на короткой базе» (И.В.Житников) объединяет исследование фундаментальных свойств нейтрино в экспе-

theme “Investigations of Neutron Nuclear Interactions and Properties of the Neutron” and the projects “Tagged neutrons and gamma rays (TANGRA)”, “Investigation of prompt fission neutron emission in fission (ENGRIN)” and “Modernization of the accelerator EG-5 and its experimental infrastructure” presented by Yu. Kopatch. The PAC noted the high quality of the results obtained. The PAC recommended the completion of the project “ENGRIN” and closing the theme “Investigations of Neutron Nuclear Interactions and Properties of the Neutron”.

The PAC heard the proposals to open a new project “Investigations of neutron nuclear interactions and properties of the neutron” and a new theme “Nuclear Physics with Neutrons” presented by V. Shvetsov. The PAC noted the promising outlook of the proposed scientific programme of the new project and of the project “TANGRA”. The PAC recommended opening the new project “Investigations of neutron nuclear interactions and properties of the neutron” for a period of five years until the end of 2028. The PAC also recommended extending the project “TANGRA” for a period of five years until the end of 2028 and the project “Modernization of the accelerator EG-5 and its experimental infrastructure” for a period of three years until the end of 2026. In connection with the proposals to open the new project, extend two other projects, as well as to open the

new activity, the PAC recommended opening the new theme “Nuclear Physics with Neutrons” until the end of 2030.

The PAC heard the proposals to open three new projects “Radiochemistry and spectroscopy for astrophysics and nuclear medicine”, “Investigations of reactor neutrinos on a short baseline” and “Nuclear spectrometry for the search and investigation of rare phenomena” within the framework of the theme “Non-Accelerator Neutrino Physics and Astrophysics”.

Scientific research in the project “Radiochemistry and spectroscopy for astrophysics and nuclear medicine” (A. Baimukhanova) is devoted to the development of nuclear spectroscopy and radiochemistry methods to study rare phenomena associated with the weak interaction and a number of problems in astrophysics, as well as the development of radiopharmaceuticals and their application in nuclear medicine. The project “Investigations of reactor neutrinos on a short baseline” (I. Zhitnikov) combines research on the fundamental properties of neutrinos in the DANSS,  $\nu$ GeN, and Ricochet experiments. The project “Nuclear spectrometry for the search and investigation of rare phenomena” (E. Yakushev) combines research on the fundamental properties of neutrinos and the search for dark matter particles in the experiments. The PAC noted the significant contribution of JINR scientific groups to the

риментах DANSS,  $\nu$ GeN и Ricochet. Проект «Ядерная спектроскопия для поиска и исследования редких явлений» (Е. А. Якушев) объединяет исследования фундаментальных свойств нейтрино и поиск частиц темной материи в экспериментах. ПКК отметил значительный вклад научных групп ОИЯИ в данные эксперименты и рекомендовал открыть эти проекты до конца 2028 г.

ПКК заслушал отчет о ходе выполнения проекта «Baikal-GVD» и предложение о его продлении, представленные И. А. Белолопतिकовым. Проект реализуется в рамках темы «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика». В течение 2016–2023 гг. коллаборация развернула 12 полномасштабных кластеров с 3500 оптическими модулями. Анализ полученных за 2018–2021 гг. данных впервые подтверждает наблюдение в эксперименте IceCube астрофизического потока диффузных нейтрино со значимостью  $3\sigma$ , что является многообещающим результатом.

Текущие темпы производства и размещения на Байкале дополнительных кластеров к 2028 г. позволят достичь объема наблюдения в  $1 \text{ км}^3$  для регистрации астрофизических нейтрино высоких энергий с помощью около 6000 оптических модулей. ПКК подчеркнул важную роль, которую играет проект «Baikal-GVD» совместно с экспериментом IceCube в изучении потока высокоэнергетических нейтрино. Высоко оценив научную значимость проекта и ведущую роль ОИЯИ в его реализации, ПКК рекомендовал продлить проект

«Baikal-GVD» в качестве крупного инфраструктурного проекта до конца 2028 г.

ПКК принял к сведению отчет о проекте «E&T&RM» и предложение о его продлении с новым названием «Подкритический реактор с ускорительным приводом (ADSR)», представленные М. М. Параипан. Проект нацелен на развитие новых принципов моделирования режимов подкритических систем, управляемых ускорителями, являющихся источниками нейтронов для широкого круга исследований в области ядерной физики. ПКК поддержал продление проекта на период 2024–2027 гг. с обновленным содержанием и названием.

ПКК заслушал отчет по проекту «Исследование спиновой структуры нуклонов в сильных и электромагнитных взаимодействиях (GDH&SPASCHARM&NN)» и предложение о его продлении, представленные Ю. А. Плисом. Проект включает в себя три независимых эксперимента, связанных с изучением спиновой структуры нуклона в сильных и электромагнитных взаимодействиях. ПКК рекомендовал продлить проект до конца 2028 г.

ПКК заслушал предложение о продлении проекта «BECQUEREL2023» на ускорительном комплексе нуклотрон–NICA для исследования периферических взаимодействий релятивистских ядер, представленное П. И. Зарубиным. Проект сфокусирован на поиске  $\alpha$ -частичного конденсата Бозе–Эйнштейна ( $\alpha$ BEC). ПКК рекомендовал продлить работы по проекту «BECQUEREL2023» в статусе «активность».

above experiments and recommended opening these projects until the end of 2028.

The PAC heard a progress report on implementing the project “Baikal-GVD” and a proposal for its extension presented by I. Belolapnikov. The project is being implemented within the framework of the theme “Non-Accelerator Neutrino Physics and Astrophysics”. During 2016–2023, the Baikal Collaboration deployed 12 full-scale clusters with about 3500 optical modules. The analysis of the data taken during 2018–2021 confirms for the first time the IceCube observation of an astrophysical diffuse neutrino flux with a significance of  $3\sigma$ , which is, indeed, a promising result.

Current rates of production and deployment of additional clusters on Baikal will make it possible to achieve, by 2028, a detection volume of  $1 \text{ км}^3$  with about 6000 optical modules for detecting high-energy astrophysical neutrinos. The PAC underlined the important role played by the project “Baikal-GVD” together with the IceCube experiment to study high-energy neutrino flux from all directions of the sky. The PAC appreciated the high scientific importance of the project “Baikal-GVD” and JINR’s leading role in its implementation. The PAC recommended extending the project “Baikal-GVD” as a large research infrastructure project until the end of 2028.

The PAC took note of the report on the project “E&T&RM” and the proposal for its extension with the new title “Accelerator-driven subcritical reactor (ADSR)” presented by M. Paraipan. The project is aimed at developing new principles for simulating the regimes of accelerator-driven subcritical systems, which are neutron sources for a wide range of nuclear studies. The PAC supported its extension for the period 2024–2027 with updated content and the title “Accelerator-driven subcritical reactor (ADSR)”.

The PAC heard a report on the project “Study of the nucleon spin structure in strong and electromagnetic interactions (GDH&SPASCHARM&NN)” and a proposal for its extension presented by Yu. Plis. This project includes three independent experiments related to the study of the spin structure of the nucleon in strong and electromagnetic interactions. The PAC recommended extending the project until the end of 2028.

The PAC heard a report on extending the project “BECQUEREL2023” at the Nuclotron–NICA accelerator complex to study peripheral interactions of relativistic nuclei presented by P. Zarubin. The PAC recommended that the work on the project “BECQUEREL2023” be extended in the status of “activity”.

**24 апреля** ОИЯИ с ознакомительным визитом посетил председатель Управления по атомной энергии Египта (ЕАЕА), член Ученого совета ОИЯИ профессор А. Эль-хаг Али. В программу его четырехдневного пребывания в Дубне входило обсуждение совместных планов по углублению кооперации, ряд рабочих встреч, в том числе с представителями ГК «Росатом», а также знакомство с инфраструктурой и научными направлениями деятельности ОИЯИ в рамках стажировки JEMS.

На встрече в управлении Института директор ОИЯИ академик Г.В.Трубников, поприветствовав гостя, отметил давнюю историю сотрудничества Объединенного института с ЕАЕА. В числе областей

взаимного интереса стороны отметили нейтронные исследования, реакторные технологии и реализацию совместных инфраструктурных проектов. С учетом особой роли ОИЯИ как международного межправительственного научно-исследовательского центра было предложено организовать на базе Института платформу для обучения специалистов из других атомных агентств, обмена опытом и технологиями.

Благодаря участию в стажировке JEMS-22 профессор А.Эль-хаг Али детально ознакомился с деятельностью лабораторий ОИЯИ и обсудил возможности для развития сотрудничества с их руководством и специалистами.

Дубна, 24 апреля. Визит в ОИЯИ председателя Управления по атомной энергии Египта (ЕАЕА), члена Ученого совета ОИЯИ профессора А. Эль-хага Али (в центре)



Dubna, 24 April. Visit to JINR of the Chairman of the Egyptian Atomic Energy Authority (EAEA), Member of the JINR Scientific Council, Professor A. El-hag Ali (in the centre)

**On 24 April**, Professor A. El-hag Ali, Chairman of the Egyptian Atomic Energy Authority (EAEA) and Member of the JINR Scientific Council, arrived at the Joint Institute with a reconnaissance visit. The programme of his 4-day acquaintance visit included discussions of joint plans for cooperation enhancement, a number of working meetings, including with representatives of the State Corporation “Rosatom”, as well as acquaintance with the infrastructure and scientific fields of JINR’s activities within the JEMS training programme.

JINR Director Academician G. Trubnikov welcomed Professor A. El-hag Ali at the Directorate of the Institute. He noted a long-standing history of cooperation between the Joint Institute and EAEA. The parties noted neutron studies, reactor technologies and joint infrastructural projects as the fields of mutual interest. Taking into consideration a special role of JINR as an international intergovernmental scientific centre, it was proposed to organize a platform on the Institute’s basis for training specialists from other atomic agencies, as well as for the experience and technology exchange.

**29 апреля** в Ереване состоялась встреча директора ОИЯИ академика Г. В. Трубникова и научного руководителя ЛЯР академика Ю. Ц. Оганесяна с Президентом Армении В. Хачатуряном. В мероприятии приняли участие президент НАН РА А. Сагян, директор Института системного программирования РАН А. Аветисян, ректор Московского авиационного института М. Погосян, академик НАН РА Р. Арутюнян. Модератором дискуссии выступил спецпредставитель Президента РФ по международному культурному сотрудничеству М. Е. Швыдкой.

Высокая встреча прошла в рамках международной конференции «Тяжелейшие ядра и атомы», посвященной 90-летию Ю. Ц. Оганесяна и проходившей в НАН Армении с 25 по 29 апреля под эгидой Международного союза теоретической и прикладной физики.

Президент Республики Армения поздравил Ю. Ц. Оганесяна с юбилеем и пожелал ему крепкого здоровья и новых научных достижений.

В ходе встречи обсуждался широкий круг вопросов по укреплению и расширению научных и культурных связей. В частности, речь шла о раскрытии имеющегося потенциала в сфере высоких технологий и в других областях науки, а также о фор-

мировании предметной повестки сотрудничества. По итогам встречи была достигнута договоренность о регулярном проведении в Армении международных многопрофильных конференций и совместных культурных мероприятий.

**4 мая** ОИЯИ посетил вице-президент Кубинской академии наук К. де Хесус Родригес Кастьянос. Он ознакомился с научной инфраструктурой ОИЯИ и встретился с представителями кубинского землячества.

Визит вице-президента Кубинской академии наук в Дубну начался с посещения интерактивной выставки «Базовые установки ОИЯИ» в Доме культуры «Мир». Затем гость побывал в Лаборатории ядерных реакций, где ознакомился с ускорителем ДЦ-280 и наноцентром. Продолжился визит встречей с представителями ОИЯИ в Лаборатории теоретической физики. В заключение визита вице-президент Кубинской академии наук совершил экскурсию по достопримечательностям Дубны.

В 1977–1982 гг. К. де Хесус Родригес Кастьянос работал в Объединенном институте, став первым кубинским ученым, защитившим докторскую степень в ОИЯИ.



Ереван, 29 апреля. На встрече директора ОИЯИ академика Г. В. Трубникова и научного руководителя ЛЯР академика Ю. Ц. Оганесяна с Президентом Армении В. Хачатуряном (Фото: © <https://www.president.am/>)

Yerevan, 29 April. At the meeting of JINR Director Academician G. Trubnikov and Scientific Leader of FLNR Academician Yu. Oganessian with President of Armenia V. Khachaturyan (Photo: © <https://www.president.am/>)

Дубна, 4 мая.  
Вице-президент Кубинской  
академии наук К. де Хесус Родригес  
Кастельянос на экскурсии в ЛЯР

Dubna, 4 May. Vice-President  
of the Cuban Academy of Sciences  
C. de Jesús Rodríguez-Castellanos  
on an excursion at FLNR



Participation in the JEMS-22 programme allowed Professor A.El-hag Ali to get acquainted with activities of the Laboratories in detail and discuss with their heads and specialists the aspects of collaboration.

**On 29 April**, in Yerevan, a meeting of JINR Director Academician G.Trubnikov and Scientific Leader of the Laboratory of Nuclear Reactions Academician Yu.Oganessian was held with President of Armenia V.Khachatryan. NAS RA President A.Sagyan, Director of the Institute for System Programming of RAS A.Avetisyan, Rector of the Moscow Aviation Institute M.Pogosyan, NAS RA Academician R.Harutyunyan took part in the event. Special Representative of Russian President on International Cultural Cooperation M.Shvydkoy moderated the discussion.

The high-level meeting took place within the International Conference “Heaviest Nuclei and Atoms” dedicated to the 90th anniversary of Yu.Oganessian held under the auspices of the International Union of Pure and Applied Physics at the National Academy of Sciences of Armenia (NAS RA) from 25 to 29 April.

The President of the Republic of Armenia congratulated Yu.Oganessian on his anniversary and wished him good health and new scientific achievements.

A wide range of issues on strengthening and expanding scientific and cultural ties was discussed at the meeting. In particular, the participants discussed unlocking of the existing potential in high technologies and in other fields of science, as well as the formation of a substantive agenda for cooperation. Following the meeting, the participants reached an agreement on regular holding of international multidisciplinary conferences and joint cultural events in Armenia.

**On 4 May**, Vice-President of the Cuban Academy of Sciences C. de Jesús Rodríguez-Castellanos visited

the Joint Institute for Nuclear Research. He got acquainted with the JINR scientific infrastructure and met with representatives of the Cuban community.

The “JINR Basic Facilities” exhibition at the JINR Cultural Centre “Mir” was the first destination of the Vice-President of the Cuban Academy of Sciences during his visit to Dubna. Then the guest visited the Laboratory of Nuclear Reactions, where he learned more about the DC-280 cyclotron and attended the Nanocentre. The visit continued with a meeting with JINR representatives at the Laboratory of Theoretical Physics. At the end of the visit, Vice-President of the Cuban Academy of Sciences went on excursion to the sights of Dubna.

In 1977–1982, C. de Jesús Rodríguez-Castellanos worked at the Joint Institute for Nuclear Research and became the first Cuban scientist to defend a doctoral degree at JINR.

A photo exhibition “Bulgaria’s contribution to the Slavic cultural heritage” opened at the JINR Cultural Centre “Mir” **on 11 May**. This exhibition has already been presented in a number of European countries. The exhibition includes photocopies of ancient handwritten documents in Glagolitic and Cyrillic alphabets, stored in the archives of Bulgaria, Macedonia, Russia, and Serbia, as well as photographs of frescoes of churches and monasteries that are significant for the history of the Bulgarian people. The exhibition is dedicated to the Day of Slavic Writing and Culture, which is celebrated in several JINR Member States on 24 May.

Director of the Joint Institute G.Trubnikov, JINR Scientific Leader V.Matveev, Vice-Director L.Kostov spoke at the opening ceremony. Director of the Bulgarian Cultural Institute in Moscow V.Boychev spoke about the history of the creation of the exhibition, as

**11 мая** в Доме культуры «Мир» открылась фотовыставка «Вклад Болгарии в культурное наследие славян». Эта выставка уже была представлена в ряде европейских стран. В экспозицию вошли фотокопии древних рукописных документов на глаголице и кириллице, хранящихся в архивах Болгарии, Македонии, России и Сербии, а также фотографии фресок знаковых для истории болгарского народа церквей и монастырей. Выставка приурочена к празднованию Дня славянской письменности и культуры, который отмечается сразу в нескольких странах-участницах ОИЯИ 24 мая.

На торжественном открытии выступили директор ОИЯИ Г.В.Трубников, научный руководитель ОИЯИ В.А.Матвеев, вице-директор Л.Костов. Директор Болгарского культурного института в Москве В.Бойчев рассказал об истории создания выставки, а также распространения православной культуры в Болгарии.

Экспонаты выставки представляют собой часть большой фотокolleкции «Балканы. Общее наследие». Коллекцию в течение многих лет собирали ведущие болгарские ученые: профессора И.Маразов и А.Джурова вместе с фотохудожником И.Хаджимишевым.

**16 мая** в Париже в рамках 216-го заседания Исполнительного совета ЮНЕСКО состоялось совещание спецпредставителя директора ОИЯИ в меж-

дународных и российских научных организациях Б.Ю.Шаркова с вновь назначенным руководством научного блока ЮНЕСКО. Со стороны ЮНЕСКО в совещании участвовали директор отдела научной политики и фундаментальной науки Шаофенг Ху, руководитель секции научной, технологической и инновационной политики Э.Кларк, а также руководитель секции фундаментальной науки, исследовательских инноваций и инжиниринга А.Касри.

Б.Ю.Шарков напомнил участникам совещания об истории взаимовыгодной кооперации двух международных организаций после подписания в 1997 г. соглашения о сотрудничестве, которое в 2017 г. было расширено благодаря включению в него совместной программы стажировок. Докладчик отметил также такие важные совместные мероприятия, как международная премия им.Д.И.Менделеева, активное участие ОИЯИ в Международном годе фундаментальной науки для устойчивого развития, открытие декады науки в ООН и др., осветил ключевые аспекты научной программы ОИЯИ, рассказал о флагманских проектах, уникальной исследовательской инфраструктуре Института и наукограде Дубна.

В ходе дискуссии неоднократно подчеркивалась необходимость активизации программы сотрудничества ОИЯИ–ЮНЕСКО, а также ценность деятельности ОИЯИ по развитию науки, технологий, инноваций и укреплению человеческого капитала во



Дубна, 11 мая. Торжественное открытие выставки «Вклад Болгарии в культурное наследие славян»

Dubna, 11 May. A festive opening ceremony of an exhibition “Bulgaria’s contribution to the Slavic cultural heritage”

Париж, 16 мая.  
Б. Ю. Шарков на встрече с руководством  
научного блока ЮНЕСКО

Paris, 16 May.  
B. Sharkov at the meeting with the leaders of  
the UNESCO science unit



well as the dissemination of the Orthodox culture in Bulgaria.

The exhibits of the exhibition are part of a large photo collection “The Balkans. Common heritage”. The artefacts have been collected for many years by leading Bulgarian scientists, namely Professor I. Marazov and Professor A. Džurova together with a photographer I. Hadjimishev.

**On 16 May**, in Paris, alongside the 216th session of the UNESCO Executive Committee, JINR Director’s Special Representative for Cooperation with International and Russian Scientific Organizations B. Sharkov met with leaders of the UNESCO science unit. The UNESCO party was headed by Director of the Division of Science Policy and Basic Sciences Shaofeng Hu, Chief of the Section for Science, Technology, and Innovation Policy E. Clark, as well as Chief of the Section for Basic Science, Research, Innovation, and Engineering A. Kasry.

B. Sharkov reminded the participants about the history of cooperation between two international organizations. It began with the signing of the Cooperation Agreement of 1997, which was expanded in 2017 to include a joint internship programme. He highlighted such important joint events as the establishment of the Mendeleev International Prize, the JINR’s active participation in the International Year of Basic Sciences for Sustainable Development, the upcoming opening of the UN Decade of Science, etc., introduced the participants of the meeting to the JINR scientific programme, flagship projects, the unique research infrastructure of the Institute as well as the Dubna science city.

During the discussion, it was stressed that the JINR–UNESCO cooperation programme should be aimed at its early resumption and activation. It was noted that JINR is a valuable partner. JINR is actively working in the priority areas of UNESCO’s mandate to develop science, technology, innovation and

to strengthen human capital in many countries of the world under the motto “Science Bringing Nations Together”. The leaders of the UNESCO science unit expressed interest in continuing to participate as an observer at important meetings in Dubna. B. Sharkov held introductory discussions with RF Ambassador to UNESCO R. Alyautdinov and Second Secretary of the Representative Office G. Enayeva, who is responsible for science.

**On 16 May**, during a meeting of the Presidium of the Presidential Council for Science and Education, a new composition of the Coordinating Council for Youth Affairs in the Scientific and Educational Spheres was approved. A junior researcher of the Experimental Department of Colliding Beams of the Dzhelapov Laboratory of Nuclear Problems of JINR V. Rozhkov was included in the Coordinating Council. V. Rozhkov heads the Association of Young Scientists and Specialists at the Joint Institute and is also a member of the Council of Young Scientists and Specialists of the Moscow Region.

The young scientist became a co-author of nine publications in international peer-reviewed journals and one patent for the invention “Method for measuring intensity of radiation of unknown composition”, a grant recipient of the RFBR grant (“High-resolution SPECT/CT method based on Medipix detectors”) and of the RSF grant (“Visualization and quantitative analysis of biopolymers *in vivo* via photon counting computed tomography enhanced by nanocomposite contrast agents”).

Today, the Coordinating Council consists of 66 people, including 10 doctors of sciences, 38 candidates of sciences, and 2 PhD candidates. N. Marchenkov, Acting Head of the Kurchatov complex of synchrotron-neutron research of NRC “Kurchatov Institute” heads the Coordinating Council.

многих странах мира под лозунгом «Наука сближает народы». Руководство научного блока ЮНЕСКО выразило заинтересованность в продолжении участия в качестве наблюдателя на заседаниях руководящих органов ОИЯИ. В рамках совещания Б.Ю.Шарков провел установочные обсуждения с сотрудниками постоянного представительства РФ при ЮНЕСКО — послом Р.Аляудиновым и вторым секретарем представительства Г.Енаевой, ответственной за науку.

**16 мая** в ходе заседания президиума Совета при Президенте РФ по науке и образованию был утвержден новый состав Координационного совета по делам молодежи в научной и образовательной сферах, в который вошел младший научный сотрудник научно-экспериментального отдела встречных пучков ЛЯП В.А.Рожков, возглавляющий Объединение молодых ученых и специалистов ОИЯИ и являющийся членом Совета молодых ученых и специалистов Московской области.

Молодой ученый — соавтор девяти публикаций в международных рецензируемых журналах и одного патента на изобретение («Способ измерения интенсивности радиационного излучения неизвестного состава»), грантополучатель гранта РФФИ («Метод ОФЭКТ/КТ высокого разрешения на основе детекторов Medipix») и гранта РНФ («Визуализация и

количественный анализ высокомолекулярных биополимеров *in vivo* методом энергочувствительной компьютерной томографии с использованием нанокompозитных контрастирующих агентов»).

Сегодня в составе координационного совета 66 человек, в том числе 10 докторов наук, 38 кандидатов наук и 2 кандидата со степенью PhD. Возглавляет координационный совет и.о.руководителя Курчатовского комплекса синхротронно-нейтронных исследований НИЦ «Курчатовский институт» Н.В.Марченков.

**19 мая** состоялось очередное заседание НТС ОИЯИ, которое впервые прошло в новом составе. Ключевой темой заседания стало обсуждение планов Института в сфере укрепления статуса международной организации и в сфере кадровой политики. Новым председателем НТС стала ведущий научный сотрудник, руководитель ДКиД Е.А.Колганова. Заместителем председателя НТС был избран заместитель директора ЛНФ Н.Кучерка.

Заседание открыл директор ОИЯИ академик Г.В.Трубников. Поприветствовав бывшего председателя НТС профессора Р.В.Джолоса, он выразил ему благодарность за эффективную работу на этом посту в течение долгих лет.

Докладчик определил две важнейшие задачи для Института на ближайший период: укрепить ста-

**On 19 May**, a regular meeting of the JINR Science and Technology Council (STC JINR) took place. The key topic of the Council's meeting was the discussion of the Institute's plans in the fields of improving the status of an international organization and personnel policy. New Chairman of STC JINR became E. Kolganova, a leading researcher, Head of the Human Resources and Records Management Department (HRRMD). N. Kučerka, FLNP Deputy Director, was elected Deputy Chairman of STC JINR.

JINR Director Academician G. Trubnikov opened the meeting. He welcomed former Chairman of STC JINR Professor R. Jolos and expressed gratitude to him for his effective work during many years in this post.

In his speech, G. Trubnikov defined two most important tasks of the Institute in the coming months. They are to improve the status of JINR as an international organization by ensuring effective work with the JINR Member States and to attract young scientists from other countries to Dubna. G. Trubnikov noted the planned events aimed at the implementation of these tasks. A meeting of the Working Group under the CP Chairman on Financial Issues will be held in Irkutsk dedicated to the budget of the next seven-year period.

In the frames of active efforts in the development of international cooperation, a large number of conferences in various countries are planned, as well as the first official visit of JINR to Mexico. In cooperation with China, specialists are preparing the first meeting of the JINR–China Joint Coordination Committee, at which its participants will discuss the development of the cooperation between the countries.

At the end of the meeting, members of the Council defined the main future directions of their work. It is planned to discuss a strategy and necessary steps to implement the basic projects of the Institute on time, operation strategies for the JINR University Centre, the JINR Dissertation Councils, the Association of Young Scientists and Specialists. In addition, members of the Council made a decision to organize a special Committee under STC JINR aimed at opening up more possibilities of providing feedback between the Laboratories, between employees of the scientific and technical sector and administrative departments, and considering issues raised at meetings of STC JINR.

**On 25 May**, during a visiting meeting of the Board of the Federal Medical Biological Agency of Russia “Industrial medicine, the basis of labour lon-

тус ОИЯИ как международной организации, обеспечив эффективную работу со странами-участницами, а также привлечь молодые научные кадры из других стран в Дубну. Г.В. Трубников озвучил перечень запланированных мероприятий, нацеленных на проработку этих задач. В Иркутске пройдет совещание рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам, посвященное бюджету следующей семилетки. В рамках активной работы по развитию международного сотрудничества запланировано большое количество конференций в разных странах, а также первый официальный визит делегации ОИЯИ в Мексику. Совместно с китайской стороной ведется подготовка первого заседания совместного координационного комитета ОИЯИ–Китай, где будет обсуждаться вопрос развития и укрепления взаимовыгодных отношений.

В завершение заседания члены НТС наметили основные направления своей работы: обсуждение стратегии и необходимых шагов для своевременной реализации основных проектов Института, стратегии работы Учебно-научного центра ОИЯИ, диссертационных советов, Объединения молодых ученых и специалистов. Также было принято решение о создании специальной комиссии при НТС для расширения возможностей обратной связи между лабораториями, сотрудниками научно-технического

сектора и административными структурами и рассмотрения возникших вопросов на заседаниях НТС.

**25 мая** в ходе проведения выездной коллегии Федерального медико-биологического агентства России «Промышленная медицина — основа трудового долголетия» состоялось торжественное открытие сосудистого центра, созданного при поддержке ОИЯИ. Центр был открыт на базе Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Медико-санитарная часть № 9» ФМБА. Участие в открытии центра приняли руководитель ФМБА России В.И.Скворцова и директор ОИЯИ академик Г.В.Трубников.

Открытие сосудистого центра, оснащенного современным медицинским оборудованием, в том числе ангиографом, и укомплектованного специалистами, стало важным событием для жителей Дубны и близлежащих населенных пунктов: теперь пациенты, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями, могут получать экстренную и плановую специализированную медицинскую помощь.

Также в рамках проекта был открыт центр гемодиализа на базе МСЧ №9 и цифровой здравпункт на территории особой экономической зоны «Дубна», где будут обслуживаться сотрудники предприятий-резидентов ОЭЗ.

geivity”, a festive opening of the Vascular Centre created with the JINR support took place. The Centre was opened at the Federal Budgetary Healthcare Institution “Medical Unit No.9” of FMBA. Head of FMBA of Russia V.Skvortsova and JINR Director Academician G.Trubnikov took part in the opening of the Centre.

The opening of the Vascular Centre became an important event for the residents of Dubna and nearby settlements. Now, patients suffering from cardiovascular diseases can get emergency and routine specialized medical care.

In addition, within the project, a Hemodialysis Centre at Medical Unit No.9 and a Digital Health Centre in the territory of the Special Economic Zone “Dubna” were opened, where the employees of enterprises-residents of the Special Economic Zone will be treated.

On the same day, at the JINR Cultural Centre “Mir”, the FMBA board meeting was held. The strategy for the development of industrial medicine in the Russian Federation and labour protection were the main topics of the meeting. In particular, following the example of Dubna, it is planned to create several dozen centres in other cities and several hundred digital health centres.

At the end of the board meeting, awards were presented. By order of FMBA of Russia, JINR Director G.Trubnikov was awarded a Certificate of Merit by FMBA for the successful implementation of projects on industrial medicine within the interdepartmental cooperation. The FMBA commendation was given to Special Representative of the JINR Director S.Kulikov and Director Assistant G.Shirkov.

During the visit to Dubna, the FMBA delegation visited VBLHEP JINR, where they got acquainted with the progress of the NICA project, as well as the Accelerator Complex and the MPD facility. In addition, guests got an idea of the work of irradiation stations at extracted beams created at NICA for applied research, including in the field of medicine.

**On 29 May**, the opening of the 16th International Internship for Young Scientists and Specialists from the CIS Countries took place at the JINR International Conference Hall. Young scientists and specialists from Armenia, Azerbaijan, Belarus, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Russia, Tajikistan, and Uzbekistan have gathered to participate in the Internship.

The Internship is organized by the “International Innovative Nanotechnology Centre of the CIS coun-

В этот же день в ДК «Мир» состоялось заседание коллегии ФМБА, основными темами которого стали стратегия развития промышленной медицины в Российской Федерации и охрана труда. В частности, по примеру Дубны планируется создание нескольких десятков центров в других городах и нескольких сотен цифровых здравпунктов.

В завершение заседания коллегии были вручены награды. За успешную реализацию проектов в области промышленной медицины в рамках межведомственного взаимодействия Почетной грамотой ФМБА награжден директор ОИЯИ Г.В.Трубников, благодарность ФМБА объявлена специальному представителю директора ОИЯИ С.А.Куликову и помощнику директора Г.Д.Ширкову.

Делегация ФМБА совершила экскурсию в ЛФВЭ ОИЯИ, где ознакомилась с ходом реализации проекта NICA, посетив ускорительный комплекс

и установку MPD. Гости получили представление о работе на выведенных пучках, создаваемых на NICA для прикладных исследований, в том числе в области медицины.

**29 мая** в Доме международных совещаний ОИЯИ состоялось открытие 16-й Международной стажировки молодых ученых и специалистов стран СНГ, для участия в которой в Дубне собрались молодые ученые и специалисты из Азербайджана, Армении, Белоруссии, Казахстана, Киргизии, России, Таджикистана, Узбекистана.

Организатором стажировки выступает Международный инновационный центр нанотехнологий СНГ (МИЦНТ СНГ), созданный в 2010 г. при участии ОИЯИ, и еще 12 научных и образовательных организаций из 8 стран. МИЦНТ СНГ ежегодно проводит стажировки при поддержке Межгосударственного

Дубна, 26 июня. Молодые ученые и специалисты стран СНГ — участники 16-й Международной стажировки ОИЯИ



Dubna, 26 June. Young scientists and specialists from the CIS countries — the participants of the 16th JINR International Internship

tries” (ININC CIS), established in 2010 with the participation of the Joint Institute for Nuclear Research and 12 other scientific and educational organizations from eight countries. ININC CIS, which is the base CIS organization, annually conducts internships with the support of the Intergovernmental Foundation for Educational, Scientific, and Cultural Cooperation of the CIS and JINR Member States.

JINR Assistant Director for Development Projects, ININC CIS Director A.Ruzaev told the trainees about the history of the Centre’s creation, its aims, and fields

of work. From 2010 to 2023, about 400 people took part in internships, and more than 180 young scientists and specialists received ININC CIS grants for the development of scientific and innovative projects. He also added that over the years of such internships, a positive practice has appeared. Having visited Dubna, trainees from various countries continue joint work and make joint publications in journals.

Chief Scientific Secretary S.Nedelko, Senior Specialist of the International Cooperation Department E.Badawy, Head of the Innovations and Intellectual

фонда гуманитарного сотрудничества государственных участников СНГ и ОИЯИ.

Помощник директора ОИЯИ по проектам развития, директор МИЦНТ СНГ А. В. Рузаев рассказал участникам стажировки об истории создания центра, целях и направлениях его работы. За период с 2010 по 2023 г. в стажировках приняли участие около 400 человек, а гранты МИЦНТ СНГ на разработку научных и инновационных проектов получили более 180 молодых ученых и специалистов. Он также подчеркнул, что эффективность таких мероприятий доказывает сложившаяся за эти годы позитивная практика, когда ребята из разных стран, побывав в Дубне, в дальнейшем продолжают совместную работу, делают общие публикации в журналах и т. д.

На открытии перед участниками стажировки с ознакомительными лекциями выступили главный ученый секретарь ОИЯИ С. Н. Неделько, старший специалист Департамента международного сотрудничества Е. А. Бадави, начальник отдела инноваций

и интеллектуальной собственности И. Ф. Ленский, главный инженер Института Б. Н. Гикал. Состоялась неформальная встреча стажеров с руководителями национальных групп сотрудников ОИЯИ.

За время стажировки до 27 июня участники побывали с экскурсиями в лабораториях ОИЯИ и на предприятиях наукограда, а также в международных командах по 4–5 человек подготовили и защитили совместные научные проекты. Авторы лучших работ получили возможность стать грантополучателями МИЦНТ СНГ.

**17 июня** во Владикавказе состоялось торжественное подписание Меморандума о взаимопонимании по вступлению Северо-Осетинского государственного университета им. К. Л. Хетагурова в коллаборацию ARIADNA для проведения программы прикладных исследований на ускорительном комплексе NICA. Церемония прошла на площадке Информационного центра ОИЯИ на Юге России в СОГУ, где в этот же день начало работу трехднев-

Владикавказ, 17 июня. Подписан Меморандум о взаимопонимании по вступлению Северо-Осетинского государственного университета им. К. Л. Хетагурова в коллаборацию ARIADNA (Фото: пресс-служба СОГУ)

Vladikavkaz, 17 June. A Memorandum of Understanding was signed on the admission of the K. L. Khetagurov North Ossetian State University to the ARIADNA Collaboration (Photo: Press Office of NOSU)



Property Department I. Lensky, Chief Engineer of the Institute B. Gikal delivered lectures to the participants of the Internship. An informal meeting of trainees with representatives of the national groups of JINR employees took place.

During the Internship, which lasted until 27 June, the participants visited the JINR Laboratories and a number of enterprises of the city. The participants worked in international teams of 4–5 people. They prepared joint scientific and technical or innovative projects. The authors of the brightest works were able to apply for grants from the ININC CIS in the future.

**On 17 June**, JINR and NOSU signed a Memorandum of Understanding on the admission of K. L. Khetagurov North Ossetian State University to the ARIADNA

Collaboration for carrying out the applied research programme at the NICA accelerator complex. The ceremony took place at the JINR Information Centre in the South of Russia at NOSU. On the same day, a three-day workshop “Applied research at the NICA complex: Prospects for cooperation between North Ossetia–Alania Region and JINR” started. At the opening of the event, JINR Director G. Trubnikov and NOSU Rector A. Ogoev made welcoming speeches.

During the meeting, V. Lebedev made a report on the status of the NICA project. O. Belov spoke about the ARIADNA scientific programme in his message. A. Slivin highlighted the process of creating irradiation stations for applied research. The participants listened to reports on radiation materials sciences, research in life sciences and relevant tasks in modern radiation

ное рабочее совещание «Прикладные исследования на комплексе NICA: перспективы сотрудничества РСО-Алания—ОИЯИ». На открытии мероприятия выступили директор ОИЯИ Г.В.Трубников и ректор СОГУ А.Огоев.

В ходе совещания доклад о статусе проекта NICA сделал В.А.Лебедев. О научной программе ARIADNA рассказал в своем сообщении О.В.Белов. Ход создания облучательных станций для прикладных исследований осветил А.А.Сливин. Участники заслушали доклады по радиационному материаловедению, исследованиям в области наук о жизни и по смежным задачам современных радиационных технологий, обменялись мнениями относительно статуса реализации проекта NICA, научной программы ARIADNA и создания соответствующей инфраструктуры для проведения экспериментов.

Работу совещания продолжил круглый стол с участием представителей СОГУ им.К.Л.Хетагурова, СКГМИ (ГТУ), а также научно-производственных компаний ООО «ВТЦ БАСПИК» и АО «НИИЭМ», которые проинформировали о деятельности своих организаций.

Участники рабочего совещания посетили Центр коллективного пользования СОГУ им.К.Л.Хетагурова и ознакомились с аналитическим оборудованием центра.

### **110-летие со дня рождения В. П. Дзелепова**

*12 апреля в Доме ученых ОИЯИ состоялся торжественный вечер, посвященный 110-летию со дня рождения Венедикта Петровича Дзелепова (1913–1999), первого директора Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.*

*Вечер открыл директор ОИЯИ Г.В.Трубников. Он подчеркнул важную роль, которую сыграл В.П.Дзелепов в создании и становлении Объединенного института ядерных исследований. Своими воспоминаниями о выдающемся ученом и организаторе науки поделились научный руководитель ОИЯИ В.А.Матвеев, научный руководитель ЛЯР Ю.Ц.Оганесян, советник при дирекции ЛЯП Н.А.Русакович, главный научный сотрудник сектора элементарных частиц ЛЯП В.И.Комаров, начальник отдела фазотрона ЛЯП Г.В.Мицын, начальник сектора низких температур ЛЯП Ю.А.Усов.*

*Состоялся показ видеобиографического очерка о Венедикте Петровиче, подготовленного группой научных коммуникаций ЛЯП. Книгу-альбом о В.П.Дзелепове, изданную к юбилею, представил директор издательства «РМП» М.А.Лукичев.*

techniques, exchanged views on the status of the implementation of the NICA project, the ARIADNA scientific programme, and the creation of an appropriate infrastructure for conducting experiments.

A round table was held with representatives of NOSU, the North Caucasus Institute of Mining and Metallurgy, as well as scientific and production companies LLC Vladikavkaz Technological Centre “BASPIK” and the Scientific and Research Institute of Electromechanics. They presented information about the organizations.

The participants of the meeting visited the Collective Use Centre of NOSU, where they got acquainted with existing analytical equipment.

### **The 110th Anniversary of the Birth of V. Dzheleпов**

*On 12 April, the JINR Scientists' Club hosted a gala evening dedicated to the 110th anniversary of the birth of Venedikt Petrovich Dzheleпов (1913–1999), the first Director of the JINR Laboratory of Nuclear Problems.*

*JINR Director G.Trubnikov opened the evening. He stressed the important role played by V.Dzheleпов in the creation and establishment of the Joint Institute for Nuclear Research. JINR Scientific Leader V.Matveev, FLNR Scientific Leader Yu.Oganessian, Advisor to the Directorate of DLNP N.Russakovich, Chief Researcher of the Elementary Particle Sector of DLNP V.Komarov, Head of the Phasotron Department of DLNP G.Mitsin, Head of the Low Temperature Sector of DLNP Yu.Usov shared their memories of the outstanding scientist and organizer of science.*

*A video of a biographical essay about Venedikt Petrovich, prepared by the Scientific Communications Group of DLNP, was shown. The Director of the Publishing House “RMP” M.Lukichev presented a book-album about V.Dzheleпов published for the anniversary.*



Дубна, 12 апреля. Торжественный вечер, посвященный 110-летию со дня рождения В. П. Дзелепова

Dubna, 12 April. The ceremonial meeting dedicated to the 110th anniversary of the birth of V. Dzheleпов

### *Семинар в честь Ю. Ц. Оганесяна*

**14 апреля** в Центральном доме ученых в Москве состоялся торжественный семинар в честь дня рождения научного руководителя ЛЯР ОИЯИ Ю. Ц. Оганесяна. Выдающегося ученого собрались поздравить представители Российской академии наук, Министерства науки и высшего образования РФ, ГК «Росатом», российских научных организаций и университетов.

На семинаре, работу которого открыл директор ОИЯИ академик Г. В. Трубников, была зачитана поздравительная телеграмма от Президента РФ В. В. Путина: «Юрий Оганесян пользуется высоким и неоспоримым авторитетом в российском и мировом научном сообществе как выдающийся ученый и крупный организатор. Ваши фундаментальные исследования, смелые и прорывные открытия и сегодня играют важную роль в развитии приоритетных направлений физики».

Поздравления от Министерства науки и высшего образования России озвучил заместитель министра А. В. Омельчук и передал юбиляру памятный адрес.

В юбилейной встрече принял участие Чрезвычайный и Полномочный Посол Армении в РФ

### *Seminar in Honor of Yu. Oganessian*

**On 14 April**, a grand seminar dedicated to the birthday of Scientific Leader of the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions of JINR Yu. Oganessian took place at the Central Scientists' Club in Moscow. Representatives of the Russian Academy of Sciences, the Ministry of Science and Higher Education of Russia, the State Corporation "Rosatom", Russian scientific organizations and universities participated in the event to congratulate the prominent scientist.

JINR Director Academician G. Trubnikov opened the seminar. President of the Russian Federation V. Putin sent a congratulatory telegram, which was read out at the seminar; which says: "Yuri Oganessian has a complete and unquestioned authority among representatives of the Russian and world scientific community as an outstanding scientist and a great organizer. Your fundamental research, startling and breakthrough discoveries still play an important role in the development of key areas of physics."

On behalf of the Ministry of Science and Higher Education of Russia, Deputy Minister A. Omelchuk congratulated the scientist and passed a memorable address to the hero of the day.



Москва, 14 апреля. Торжественный семинар в честь дня рождения научного руководителя ЛЯР ОИЯИ академика Ю. Ц. Оганесяна

Moscow, 14 April. A grand seminar dedicated to the birthday of Scientific Leader of FLNR JINR Academician Yu. Oganessian



*В. Арутюнян, который отметил огромный вклад, который Ю. Ц. Оганесян внес в развитие цивилизации, и пожелал ему новых научных открытий.*

*Президент РАН Г. Я. Красников пожелал ученому много лет активной творческой деятельности, дальнейших свершений и заверил, что со стороны Российской академии наук будет сделано все возможное, чтобы на этом научном пути не было никаких преград.*

*К поздравлениям присоединились спецпредставитель Президента РФ по международному культурному сотрудничеству М. Е. Швыдкой, ректор МАИ М. А. Погосян, академик РАН Б. Ф. Мясоедов, экс-президент Международного союза теоретической и прикладной химии Н. П. Тарасова, коллеги из ГК «Росатом», МГУ.*

### **Юбилей Музея истории науки и техники ОИЯИ**

*19 апреля в Доме ученых ОИЯИ прошло празднование юбилея Музея истории науки и техники ОИЯИ. На протяжении вот уже тридцати лет сотрудники музея заботливо сохраняют научные артефакты прошлого, а также память об открытиях, физических установках и о роли ученых в их развитии. В музее*

*Ambassador Extraordinary and Plenipotentiary of the Republic of Armenia to the Russian Federation V. Harutyunyan took part in the festive event. He highlighted the huge contribution that Yu. Oganessian made to the development of civilization and wished him new scientific discoveries.*

*RAS President G. Krasnikov wished the scientist many years of active creative work, further achievements, and assured that RAS would do everything possible to remove obstacles on his scientific path.*

*Special Representative of Russian President on International Cultural Cooperation M. Shvydkoy, Rector of MAI M. Pogosyan, RAS Academician B. Myasoedov, Past President of the International Union of Pure and Applied Chemistry N. Tarasova, colleagues from the State Corporation "Rosatom" and MSU joined the congratulations.*

### **Anniversary of the JINR Museum of the History of Science and Technology**

*On 19 April, the JINR Scientists' Club hosted the celebration of the anniversary of the JINR Museum of the History of Science and Technology. For thirty years, the Museum staff has been carefully preserving scientific artefacts of the past, as well as the memory of discoveries, scientific facilities, and the role of scientists in their develop-*



Дубна, 19 апреля. Участники праздничной встречи, посвященной юбилею Музея истории науки и техники ОИЯИ

Dubna, 19 April. Participants of the festive meeting dedicated to the anniversary of the JINR Museum of the History of Science and Technology

проводится множество просветительских мероприятий, направленных на повышение заинтересованности детей и подростков наукой.

Директор ОИЯИ Г. В. Трубников зачитал поздравление музею от генерального директора Политехнического музея Д. А. Кожанова и вручил благодарственные письма сотрудникам, а также членам совета музея.

Воспоминаниями об истории создания музея поделились директор музея Н. С. Кавалерова, руководитель инициативной группы сотрудников ОИЯИ, выступившей с идеей основания музея, В. А. Никитин, советник директора музея Г. Л. Варденга, председатель совета музея ОИЯИ, главный научный сотрудник ЛНФ Е. П. Шабалин.

Решение о создании музея ОИЯИ было принято КПП Института 16–19 января 1989 г., приказ об этом был издан Н. Н. Боголюбовым 3 февраля того же года. Фактически же музей появился в 1993 г., когда для этих целей были выделены две комнаты в здании редакции еженедельника ОИЯИ «Дубна: наука, сотрудничество, прогресс». Официальным днем основания музея считается 13 марта, когда в Москве, в Политехническом музее, была торжественно открыта первая выставка музея — «Достижения ОИЯИ», состоявшая из экспонатов, собранных во всех лабораториях Института, а также снимков фотолетописца ОИЯИ Ю. А. Туманова. Выставка работала два месяца и привлекла множество посетителей.

Экспозиция музея продолжает пополняться и сейчас. Заместитель директора музея А. Е. Злотникова провела презентацию актуальных проектов музея. В музее действуют четыре зала: зал истории ОИЯИ, зал новых проектов, «Классная лаборатория» и лекционно-выставочный зал. Экскурсии проводятся бесплатно для всех желающих, в том числе на английском языке. При музее ОИЯИ действует Клуб будущих ученых для ребят с 1-го по 6-й класс. Ежегодно устраиваются «Менделеевские чтения» — научно-практическая конференция школьников. На постоянной основе продолжается проект «Классные уроки в музее», посвященный различным разделам физики.

Проводятся мероприятия и для взрослых, посвященные памятным датам: историко-научные семинары, семинары «Личности институтской Дубны», научно-популярный лекторий «Доступная наука». Сотрудники музея помогают в работе мемориальных кабинетов отцов-основателей ОИЯИ.

ment and formation. The Museum hosts many educational events, which are dedicated to the mission to increase the interest of children and teenagers in science.

JINR Director G. Trubnikov read out congratulations to the Museum from Director General of the Polytechnic Museum D. Kozhanov and presented letters of thanks to the staff, as well as to the members of the Museum Council.

The founders shared their memories of the history of the Museum's creation. Among them were Museum Director N. Kavalerova, Head of the Initiative Group of JINR employees that came up with the idea of founding the Museum V. Nikitin, Adviser to the Museum Director H. Vardenga, Chairman of the JINR Museum's Council, FLNP Chief Researcher E. Shabalin.

The decision to establish the JINR Museum was taken by the Committee of Plenipotentiaries of the JINR Member States on 16–19 January 1989, and N. Bogoliubov issued the order on 3 February the same year. In fact, the Museum appeared in 1993, when two rooms were given for these purposes in the building of the editorial office of the JINR Weekly Newspaper “Dubna: Science, Cooperation, Progress”. 13 March is the official day of the Museum's foundation. It is the day when the Museum's first exhibition “JINR Achievements” was opened in Moscow at the Polytechnic Museum. The exhibition comprised exhibits collected in all the Laboratories of the Institute, as well as photographs by JINR photographer Yu. Tumanov. The exhibition ran for two months and attracted many visitors.

The Museum's exposition continues to obtain new artefacts even now. Deputy Director of the Museum A. Zlotnikova presented the Museum's current projects. The Museum has four halls, namely the JINR history hall, the hall of new projects, the “Classroom laboratory”, and the lecture and exhibition hall. Guided tours are free for everyone, including in English. The JINR Museum has a Club of future scientists for children from 1 to 6 grades. The “Mendeleev readings”, a scientific and practical conference for schoolchildren, is organized annually. The project “Classroom lessons in the Museum” dedicated to various sections of physics, according to the school curriculum, continues on an ongoing basis.

There are events for adults dedicated to memorable dates, namely historical and scientific seminars, seminars “Personalities of the Institute Dubna”, popular science lecture hall “Accessible science”. The Museum staff helps in the work of the memorial offices of the JINR founders.

В конце марта около 300 модулей электромагнитного калориметра (ECAL) для детектора MPD на NICA были доставлены в ОИЯИ из Китая. Нынешняя поставка стала третьей по счету. Всего Китаем было изготовлено 800 модулей.

ECAL — это устройство для измерения энергии электронов, позитронов и фотонов. Китайские коллеги из пяти центров с лидирующей ролью Университета Цинхуа присоединились к производству ECAL для MPD NICA. Изготовителями еще 800 модулей стали приборный завод «Тензор» в Дубне, а также два предприятия — в Москве и

Протвино. Всего для детектора MPD на NICA требуется 2400 модулей ECAL. Сотрудничество с китайскими и российскими организациями в области производства ECAL продолжается.

Помимо создания модулей калориметра специалисты из Китая вносят существенный вклад в их установку и настройку. Сейчас в работах над ECAL для MPD в ЛФВЭ участвует молодой специалист из Университета Цинхуа Линьмао Ли.

Университет Цинхуа уже около десяти лет задействован в проекте NICA. Его специалисты не только ведут совместную работу над электромаг-

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, март. Очередная крупная поставка модулей электромагнитного калориметра для детектора MPD на NICA в ОИЯИ из Китая



The Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics, March. Regular large supply of modules of the electromagnetic calorimeter for the MPD detector at NICA to JINR from China

At the end of March, about 300 modules of the electromagnetic calorimeter (ECAL) for the MPD detector at NICA have been delivered to JINR from China. The current supply was the third in a row. In total, 800 modules were produced in China.

ECAL is a tool for measuring the energy of electrons, positrons, and photons. Chinese colleagues from five leading centres of Tsinghua University joined the ECAL production for the MPD NICA. Equipment Plant “Tensor” in Dubna and two enterprises in Moscow and Protvino designed another 800 modules. MPD de-

tor at NICA requires 2400 ECAL modules in total. Cooperation with Chinese and Russian organizations in the field of ECAL production continues.

In addition to the production of modules of the calorimeter, Chinese specialists significantly contribute to their installation and adjustment. At present, a young specialist of Tsinghua University Linmao Li is involved in the work on ECAL for MPD at VBLHEP.

Tsinghua University has been involved in the NICA project for about ten years. Its specialists are not only jointly working on electromagnetic calorimeter for

нитным калориметром для MPD, но и создают времяпролетный детектор SPD. Еще один китайский центр — Институт атомной энергии — заинтересован в сотрудничестве по проекту SPD в области разработки газовых детекторов Micromegas. Важной областью совместных с Китаем работ также является создание микроэлектроники для проекта NICA. Всего около 20 организаций Китая включены в работы в рамках мегасайенс-проекта.

**24–28 апреля** в ОИЯИ проходила 22-я Международная стажировка для научно-административного персонала «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров». Участниками JEMS-22 стали руководители и специалисты национальных исследовательских и образовательных организаций из России, Вьетнама, Египта, ЮАР, а также впервые из Пакистана. В стажировке принял участие председатель Управления по атомной энергии Египта (ЕАЕА), член Ученого совета от Арабской Республики Египет профессор А. Эль-хаг Али.

Программа JEMS-22 была разделена на тематические блоки по дням стажировки: «Физика тяжелых ионов и ускорительные технологии», «Исследования с нейтронами и наномир», «Теория, инфор-

мация, образование», «Науки о жизни на Земле и в космосе» и «Нейтрино». Участники посетили лаборатории и установки Института, прослушали лекции по направлениям актуальных научных исследований от ведущих специалистов ОИЯИ.

Большое содействие участникам стажировки оказывали руководители национальных групп Вьетнама, Египта и Южной Африки, помогая в установлении рабочих контактов, определении новых направлений сотрудничества с ОИЯИ и с организациями его партнерской сети.

В свете новых возможностей, открывшихся с присоединением Арабской Республики Египет к ОИЯИ в качестве полноправного члена, в рамках стажировки JEMS-22 прошел семинар, посвященный перспективам кооперации ОИЯИ с Управлением по атомной энергии Египта. Председатель ЕАЕА профессор А. Эль-хаг Али ознакомил представителей лабораторий ОИЯИ и участников JEMS-22 со структурой своей организации и ведущимися исследованиями. По итогам семинара была подписана памятная записка по дальнейшему развитию сотрудничества.

26 апреля в рамках JEMS-22 состоялась презентация Национального центра физики (NCP)

MPD, they are also creating the time-of-flight SPD detector. Another Chinese centre, the China Institute of Atomic Energy, is interested in cooperation on the SPD project in the field of the development of Micromegas detectors. The creation of microelectronics for the NICA project is an important area of cooperation with China. In total, about 20 Chinese organizations are already involved in activities within the framework of the megascience project.

**On 24–28 April**, the 22nd International training programme for decision-makers in science and international scientific cooperation “JINR Expertise for Member States and Partner Countries” (JEMS) was held. Heads and specialists of national research and educational organizations from Egypt, Russia, South Africa, Vietnam, as well as for the first time from Pakistan were participants of JEMS-22. The training programme was attended by the Chairman of the Egyptian Atomic Energy Authority (EAEA), a member of the Scientific Council from the Arab Republic of Egypt, Professor A. El-hag Ali.

The JEMS-22 programme was divided into thematic sections one for each day of training, namely “Heavy Ion Physics and Accelerator Technologies”, “Research with Neutrons and the Nanoworld”, “Theory, Information, Education”, “Life Sciences on Earth and in Space”, “Neutrino”. The participants visited Laboratories and facilities of the Institute, listened to lectures on the areas of scientific studies from leading specialists of JINR.

Heads of the national groups of Egypt, South Africa, and Vietnam were taking an active part in working with delegates of the training programme. They were assisting in establishing working contacts, identifying new areas of cooperation with JINR and organizations of its partner network.

In the light of new opportunities opened up by the admission of the Arab Republic of Egypt to JINR as a full member, another seminar devoted to the prospects of cooperation between JINR and the Egyptian Atomic Energy Authority was held as part of the JEMS-22 training programme. Chairman of EAEA Professor A. El-hag Ali introduced the representatives of the JINR Laboratories and JEMS-22 participants to the structure of his organization and research in progress. Following

Пакистана с участием специалистов ОИЯИ во главе с вице-директором Л. Костовым.

Генеральный директор физического направления НСР Пакистана профессор И. Ахмад подробно рассказал о структуре и задачах НСР, сферах исследований и научно-исследовательской базе, обозначил потенциальные сферы кооперации с ОИЯИ, такие как физика ускорителей, теоретическая физика, материаловедение и компьютерные науки, а также подчеркнул готовность центра присоединиться к работам по проекту коллайдера NICA. Докладчик осветил образовательную составляющую деятельности центра и проходящие на его базе

международные совещания, конференции, школы, практики для иностранных студентов, рассказал о программах академического обмена. Было отмечено, что НСР принимает участие в ряде международных проектов и сотрудничает с национальными организациями — партнерами ОИЯИ, одной из которых является Лаборатория iThemba LABS (ЮАР), чьи представители также участвовали во встрече. Презентация вызвала оживленную дискуссию.

28 апреля состоялся традиционный круглый стол с участием представителей дирекции ОИЯИ, посвященный итогам 22-й Международной стажировки JEMS. Результатом всесторонне-

Дубна, 24–28 апреля. Генеральный директор физического направления НСР Пакистана профессор И. Ахмад и вице-директор ОИЯИ Л. Костов подписали письмо о намерениях по сотрудничеству в ходе 22-й Международной стажировки JEMS



Dubna, 24–28 April. Director General of the Physics Department of NCP of Pakistan Professor I. Ahmad and JINR Vice-Director L. Kostov signed a Letter of Intent for cooperation during the 22nd International training programme JEMS

the results of the seminar, a memorandum on the further development of cooperation was signed.

On 26 April, within the framework of JEMS-22, a presentation of the National Centre for Physics (NCP) of Pakistan was held with the participation of JINR specialists headed by Vice-Director L. Kostov.

Director General of the Physics Department of NCP of Pakistan, Professor I. Ahmad, spoke in detail about the structure and tasks of NCP, research areas and research base, outlined potential areas of cooper-

ation with JINR, such as accelerator physics, theoretical physics, materials science, computing, and also stressed the Centre's readiness to join the work on the NICA collider project. The speaker highlighted the educational component of the Centre's activities and the international meetings, conferences, schools, practices for foreign students taking place on its basis, told about academic exchange programmes. It was noted that NCP participates in a number of international projects and cooperates with national organizations — JINR

го обсуждения возможностей кооперации между Объединенным институтом и Национальным центром физики Пакистана стало подписание письма о намерениях, подписи под которым поставили И. Ахмад и Л. Костов. Работу круглого стола завершило торжественное вручение участникам стажировки сертификатов и традиционных сувениров ОИЯИ «Наука сближает народы».

**19 мая** делегация ОИЯИ во главе со специальным представителем директора ОИЯИ по сотрудничеству с международными и российскими научными организациями Б. Ю. Шарковым приняла участие в

техническом открытии первого Информационного центра ОИЯИ на базе штаб-квартиры Арабского агентства по атомной энергии (ААЕА) в Тунисе в рамках соглашения о партнерстве между ААЕА и ОИЯИ. На открытии, которое широко освещалось местными СМИ, присутствовали представители Министерства иностранных дел Туниса и руководство Института ядерных наук и технологий от лица Министерства высшего образования и научных исследований Туниса.

Мероприятие открыл старший научный сотрудник ЛНФ ОИЯИ, ответственное лицо ОИЯИ по связям с ААЕА В. Бадави, который поздравил

Тунис, 19 мая. Техническое открытие первого Информационного центра ОИЯИ на базе штаб-квартиры Арабского агентства по атомной энергии (ААЕА)



Tunis, 19 May. Technical opening of the first JINR Information Centre at the headquarters of the Arab Atomic Energy Agency (AAEA)

partners, one of which is iThemba LABS (South Africa), whose representatives also participated in the meeting. The presentation sparked a lively discussion.

On 28 April, a traditional round table with the participation of representatives of the JINR Directorate dedicated to the results of the JEMS-22 training programme was held. The result of a comprehensive discussion of the possibilities of cooperation between the Joint Institute and the National Centre for Physics of Pakistan was the signing of a Letter of Intent by I. Ahmad and L. Kostov. The work of the round table was completed by the solemn presentation of certifi-

cates and traditional JINR souvenirs “Science Bringing Nations Together” to the participants of the internship.

**On May 19**, the JINR delegation headed by Director’s Special Representative for Cooperation with International and Russian Scientific Organizations B. Sharkov took part in the technical opening of the first JINR Information Centre at the headquarters of the Arab Atomic Energy Agency (AAEA) in Tunis within the framework of a partnership agreement between AAEA and JINR. The opening was attended by representatives of the Tunisian Ministry of Foreign Affairs

коллеги с этим событием. С приветственной речью выступил генеральный директор ААЕА профессор С. Хамди.

Б.Ю. Шарков в своем выступлении, в частности, подчеркнул важную роль Инфоцентра и «Виртуальной лаборатории» в привлечении молодых ученых из стран-членов ААЕА и африканских стран для получения передовых научных знаний и навыков.

Технический запуск Инфоцентра предваряла презентация проекта «Виртуальная лаборатория» (VLab), на которой Н.Е. Сидоров (ЛФВЭ) представил его возможности и продемонстрировал работу VLab на примере эксперимента, после чего участники мероприятия смогли сами попробовать провести виртуальные эксперименты.

Участники церемонии поделились впечатлениями и обсудили планы на будущее. Руководители делегаций в торжественной обстановке подписали протокол совместного координационного комитета, прошедшего накануне по видеосвязи, планирующего взаимодействие ААЕА и ОИЯИ и закрепившего шаги по открытию и запуску работы Информационного центра ОИЯИ в ААЕА.

**26 мая** в Ташкенте (Узбекистан) на базе Института ядерной физики АН Республики Узбекистан состоялось заседание комитета по не-энергетическому применению ядерных технологий консультативного совета Международного центра исследований на базе реактора МБИР (Дмитровград, Россия). Объединенный институт на встрече представлял вице-директор ОИЯИ Л. Костов, который сообщил, что Институт вместе с коллегами уже начал работу над исследовательской программой строящейся установки.

Работу заседания приветственной речью открыл президент Академии наук Республики Узбекистан, иностранный член РАН, полномочный представитель Правительства Республики Узбекистан в ОИЯИ Б. Юлдашев.

Выступая перед собравшимися, вице-президент РАН, председатель консультативного совета МЦИ МБИР доктор химических наук С.Н. Калмыков подчеркнул, что исследования на реакторе МБИР откроют дорогу к многосторонним научным коллаборациям.

Вице-директор ОИЯИ доктор физико-математических наук Л. Костов отметил растущий интерес к нейтронным исследованиям во всем мире и

and the leadership of the Institute of Nuclear Sciences and Technologies on behalf of the Tunisian Ministry of Higher Education and Scientific Research, with extensive coverage by local media.

An FLNP senior researcher and the liaison officer of JINR to AAEA W. Badawy opened the event. He congratulated the colleagues on this event. Director General of AAEA Professor S. Hamdi gave a welcoming speech.

In his speech, in particular, B. Sharkov mentioned the essential role that the Infocentre and the Virtual Laboratory play in attracting young scientists from AAEA member countries and African countries to obtain advanced scientific knowledge and skills.

The technical launch of the Infocentre was preceded by a presentation of the Virtual Laboratory (VLab) project. At the presentation, N. Sidorov (VBLHEP) demonstrated the capabilities of the project and the performance of the VLab on the example of an experiment. After that, the participants of the event had a chance to test the virtual experiments themselves.

The participants of the ceremony shared their impressions and discussed plans for the future. The leaders of the delegations ceremonially signed the Protocol

of the Joint Coordination Committee that recently took place by videoconference, which implies the interaction between AAEA and JINR. The Committee consolidated the planned steps for the opening and launch of the JINR Information Centre at AAEA.

**On 26 May**, a meeting of the Committee on Non-Energy Application of Nuclear Technologies under the Advisory Board of the International Research Centre based on the MBIR reactor (Dimitrovgrad, Russia) was held in Tashkent (Uzbekistan) on the basis of the Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan. At the meeting, JINR Vice-Director L. Kostov represented the Joint Institute. He said that the Institute together with colleagues had already started working on the research programme of the facility under construction.

President of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, RAS Foreign Member, Plenipotentiary of the Government of the Republic of Uzbekistan to JINR B. Yuldashev opened the event with a welcoming speech.

Speaking to the audience, RAS Vice-President, a representative of the IRC MBIR Advisory Board,

рассказал об участии ОИЯИ в крупных международных исследовательских проектах класса мегасайенс, одним из которых стал проект МЦИ МБИР: совместно с Физико-энергетическим институтом ОИЯИ ведет подготовительные работы по разработке исследовательской программы на выведенных каналах МБИР.

В мероприятии очно и в онлайн-формате приняли участие более 40 представителей крупнейших российских и зарубежных предприятий атомной отрасли, а также ведущих научных и образовательных организаций Узбекистана, Казахстана, КНР, Армении, Алжира, Бразилии, ЮАР, а также представители МАГАТЭ. Участники обсудили цели и задачи проекта МБИР, перспективы расширения коллаборации вокруг него, а также вовлечение студентов в научную работу в рамках МБИР.

**29 мая** делегация ОИЯИ под руководством директора Г.В. Трубникова прибыла с визитом в Мексику для участия во встрече по подготовке объединенного комитета по сотрудничеству ОИЯИ–Мексика в рамках реализации Совместной декларации о намерениях между ОИЯИ и Национальным советом по науке и технологиям Мексики

(CONACYT), подписанной в ходе Ученого совета ОИЯИ 16 февраля 2023 г.

Накануне встречи состоялась беседа директора ОИЯИ Г.В. Трубникова с генеральным директором CONACYT М.Э.Альварес-Буйя Росес. Стороны обменялись мнениями о состоянии сотрудничества мексиканских и дубненских ученых и видением его будущего. Во встрече приняли участие вице-директор ОИЯИ В.Д.Кекелидзе и экс-президент Мексиканского физического общества и профессор Института физики Мексиканского национального автономного университета (UNAM), член Ученого совета ОИЯИ А.М.Сетто Крамис, координаторы по сотрудничеству А.Аяла (UNAM) и Д.В.Каманин (УНЦ ОИЯИ), а также координатор по коммуникациям и директор по международному сотрудничеству CONACYT О.Чавира.

Стороны обсудили планы и ожидаемые результаты работы комитета с точки зрения выбора совместных проектов, рекомендаций конкретным мексиканским ученым для долговременных стажировок в ОИЯИ, выделения ресурсов, а также распространения информации. Координаторы сотрудничества проинформировали участников встречи об опыте, накопленном за последние пять лет в ходе кооперации по проекту NICA, и о теку-

Doctor of Chemical Sciences S.Kalmykov noted that research at the MBIR reactor would open the way to multilateral scientific collaborations.

JINR Vice-Director, Doctor of Physics and Mathematics L.Kostov noted a growing interest in neutron studies around the world and spoke about JINR's participation in large-scale international research projects of the megascience class, one of which is the IRC MBIR project. L.Kostov added that JINR together with the Institute of Physics and Power Engineering conduct preparations developing the research programme at extracted channels of MBIR.

More than 40 representatives of the largest Russian and foreign enterprises of the atomic sector took part in the event in person and online. Leading scientific and educational organizations of Algeria, Armenia, Brazil, China, Kazakhstan, the RSA, Uzbekistan, as well as IAEA representatives also joined the event. The participants discussed aims and tasks of the MBIR project, prospects for the collaboration development, as well as engagement of students into scientific work within MBIR.

**On 29 May**, a JINR delegation headed by Director G.Trubnikov arrived in Mexico to participate in a meeting on the preparation of the Joint Cooperation Committee JINR–Mexico within the framework of the implementation of the Joint Declaration of Intent between JINR and the National Council of Humanities, Science and Technologies of Mexico (CONACYT) signed during the JINR Scientific Council on 16 February 2023.

Prior to the meeting, JINR Director G.Trubnikov had a talk with CONACYT Director General M.E.Álvarez-Buylla Rocés. Both parties shared their thoughts on the current state of the cooperation between researchers from Mexico and Dubna, and how they see it in the near future and long-term. The meeting was attended by JINR Vice-Director V.Kekelidze and former President of the Mexican Physical Society and Professor at the Institute of Physics at the National Autonomous University of Mexico (UNAM), member of the JINR Scientific Council A.M.Cetto Kramis, cooperation coordinators A.Ayala (UNAM) and D.Kamanin (UC JINR), as well as Communications

щих возможностях ее расширения в широком тематическом диапазоне.

Участники заседания уделили особое внимание вопросам взаимодействия ОИЯИ и мексиканских организаций в области радиобиологии и радиационной медицины. Также подчеркивалась важность подготовки высококвалифицированных кадров, в частности, был отмечен успешный опыт участия студентов и аспирантов страны в программах ОИЯИ INTEREST и START. Представители ОИЯИ

озвучили интересные возможности кооперации в сфере информационных технологий, использования трековых мембран и ядерных аналитических методов.

Делегацию ОИЯИ тепло приветствовали в Мексиканском национальном автономном университете, где в течение двух дней были проведены презентации, семинары и встречи в формате круглых столов для студентов и научных сотрудников университета. Доклады, сделанные членами деле-

Мехико (Мексика), 29 мая. Организационная встреча по сотрудничеству ОИЯИ–Мексика с участием делегации ОИЯИ под руководством директора Г. В. Трубникова



Mexico City (Mexico), 29 May. Organizational meeting on JINR–Mexico cooperation with the participation of the JINR delegation headed by Director G. Trubnikov

Coordinator and International Cooperation Director H. Chavira (CONACYT).

The parties discussed the plans and expected approaches concerning the work of the Committee in terms of the selection of joint projects, recommendations to particular Mexican scientists for long-term internships at JINR, allocation of resources, as well as information dissemination. The cooperation coordinators informed the participants of the meeting about the solid experience that has been gained in the past five years through the NICA project collaboration and about the current opportunities for expanding the cooperation in a wide range of subjects.

The meeting participants paid special attention to the issues of interaction between JINR and Mexican

organizations in the area of radiobiology and radiation medicine. The importance of training the highly qualified personnel was also emphasized, in particular, the successful experience of participation of students and postgraduates of the country in the JINR's programmes INTEREST and START was noted. The JINR representatives commented on the interesting opportunities for cooperation in the areas of information technologies, use of track membranes and nuclear analytical methods.

The JINR delegation was warmly welcomed at the National Autonomous University of Mexico, where presentations, seminars and round-table meetings were held for two days for students and researchers of the University. The reports made by the JINR delega-

гации ОИЯИ, охватили широкий круг вопросов, демонстрируя тем самым разнообразие областей деятельности ОИЯИ.

31 мая делегация ОИЯИ посетила Школу наук (FC) и Институт физики (IF) UNAM, где провела два параллельных семинара для студентов и ученых университета. Делегацию приветствовала директор IF М. Родригез Виллафуерте, после чего для членов делегации провели экскурсию по лабораториям. Представителям ОИЯИ продемонстрировали возможности IF для исследователей, а также некоторые проекты, над которыми в IF ведется работа. Состоялись параллельные сессии в формате круглого стола, в ходе которых делегация ОИЯИ продолжила обсуждение перспективных совместных исследований и возможностей кооперации. Одна из сессий была подготовлена для студентов старших курсов. Они смогли задать вопросы об установлении связи с ОИЯИ, шагах, которые необходимо предпринять, чтобы участвовать в стажировках и практиках ОИЯИ, а также об условиях работы в Институте.

2 июня рабочая программа продолжилась в Морелии, в Мичоаканском университете Сан-Николас-де-Идальго (UMSNH). Представители

ОИЯИ сделали доклады об Институте, его проектах и возможностях для исследований и стажировок, а также приняли участие в круглом столе, посвященном вопросам научного сотрудничества и возможностям по подготовке кадров. Помимо исследователей, мероприятие привлекло внимание студентов университетов, и за каждой презентацией следовали многочисленные вопросы.

Делегация ОИЯИ провела также ряд презентаций в семинарском центре им. Игнасио Чавеса (Unidad de Seminarios) университета UNAM. Мероприятие привлекло внимание исследователей и профессоров из университетов UNAM, UMSNH, Университета штата Пуэбла (BUAP), Национального онкологического института (INCAN), Центра передовых исследований (Cinvestav), Автономного университета Столичного региона (UAM), Университета Колимы (UCol), Автономного университета Синалоа (UAS) и Университета Америк в Пуэбле (UDLAP).

tion members covered a wide range of issues, thereby demonstrating the diversity of JINR's fields of activity.

On 31 May, the JINR delegation visited the School of Sciences (FC) and the Institute of Physics (IF) at UNAM, where they had two parallel workshops with students and researchers from UNAM. The delegation was welcomed by IF Director, Dr. M. Rodríguez Villafuerte, after which they went on a tour around the laboratories, where the JINR delegation was shown what the IF has to offer to its researchers, as well as some of the projects they are working on. The parallel round-table sessions took place, where members of the JINR delegation discussed research and cooperation opportunities. One of these sessions was addressed to undergraduate students who posed questions on how to contact JINR, what steps to follow to participate in training and internships at JINR and what are the working conditions at JINR.

On 2 June, the work programme continued in Morelia, at the Michoacan University of Saint Nicholas of Hidalgo (UMSNH). JINR representatives made reports about the Institute, its projects and opportunities for research and internships, and also took part

in a round table on scientific cooperation and training opportunities. In addition to researchers, the event attracted the attention of university students, and each presentation was followed by numerous questions from researchers and students.

The JINR delegation held a series of presentations at the Seminar Centre "Unidad de Seminarios Dr. Ignacio Chávez" of UNAM. This event attracted attention of the researchers and university professors from UNAM, UMSNH, the University of Puebla (BUAP), the National Oncology Institute (INCAN), the Center for Research and Advanced Studies (Cinvestav), the Metropolitan Autonomous University (UAM), the University of Colima (UCol), the Autonomous University of Sinaloa (UAS), and the University of the Americas in Puebla (UDLAP).

**Намсарайн СОДНОМ**  
**(25.05.1923–05.09.2002)**

25 мая исполнилось 100 лет со дня рождения Намсарайна Соднома — крупного монгольского физика, организатора национальной науки и образования, академика Монгольской АН, вице-директора ОИЯИ в 1967–1973 гг.

Окончив в 1946 г. с отличием Монгольский государственный университет, Н. Содном преподавал там и вел научную работу, пройдя путь от доцента до заведующего кафедрой физики, а затем ректора. В 1953 г. он защитил кандидатскую диссертацию в МГУ им. М. В. Ломоносова.

В 1956–1959 гг. Н. Содном работал в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Монгольский ученый внес вклад в науку и международное сотрудничество ОИЯИ, подписав первую редакцию Устава ОИЯИ от имени Монгольской Народной Республики, входил в состав Ученого совета ОИЯИ с 1956 по 1991 г. и в разные годы (1956, 1959–1967, 1988–1991) был полномочным представителем Правительства МНР в ОИЯИ.

В 1967 г. профессор Н. Содном был избран вице-директором Объединенного института. В этой должности он проводил большую научно-административную работу. Как председатель секции по физике низких энергий в ОИЯИ он курировал научные планы Лаборатории нейтронной физики, Лаборатории ядерных проблем и Лаборатории ядерных реакций и их финансирование. В те годы ведущие дубненские ученые Н. Н. Боголюбов, В. П. Джелепов, М. Г. Мещеряков, Б. М. Понтекорво, И. М. Франк и др. были гостями Академии наук МНР и Монгольского государственного университета, выступали с лекциями, что положительно сказалось на развитии научных исследований в Монголии. Вклад Н. Соднома в укрепление связей Монгольского государственного университета с лабораториями ОИЯИ и в настоящее время способствует сотрудничеству ученых.

Совместно с директором ЛЯП В. П. Джелеповым академик Н. Содном на посту вице-директора ОИЯИ активно поддерживал радиобиологические исследования на синхротроне ЛЯП и сыграл важную роль в организации сектора радиобиологических исследований ЛЯП — одного из двух подразделений Института, ставших основой для создания Отделения радиационных и радиобиологических исследований, а затем в 2005 г. — Лаборатории радиационной биологии.

В 1959–1967 и 1973–1982 гг. академик Н. Содном являлся ректором Монгольского государственного университета, в 1984–1987 гг. он вновь работает в ОИЯИ, а в 1987–1991 гг. занимает пост президента Монгольской академии наук. С 1991 г. ученый был ведущим научным сотрудником Физико-технического института Монголии.

**Namsarain SODNOM**  
**(25.05.1923–05.09.2002)**

25 May marked the 100th anniversary of the birth of Namsarain Sodnom (1923–2002), a major Mongolian physicist, an organizer of national science and education, an Academician of the Mongolian Academy of Sciences, the JINR Vice-Director in 1967–1973.

After graduating from the National University of Mongolia with honors in 1946, N. Sodnom taught here and conducted scientific work, having worked his way up from a docent to the Head of the Department of Physics, and afterwards the Rector. In 1953, he defended his PhD thesis at the Lomonosov Moscow State University.

In 1956–1959, N. Sodnom worked at the Laboratory of Nuclear Problems of JINR. Mongolian scientist significantly contributed to science and international cooperation of JINR. He signed the first version of the JINR Charter on behalf of the Mongolian People's Republic. He was a Member of the JINR Scientific Council from 1956 to 1991, and in different years (1956, 1959–1967, 1988–1991), he was Plenipotentiary of the Government of Mongolia to JINR.

In 1967, Professor N. Sodnom was elected Vice-Director of the Joint Institute. Holding this post, he carried out a lot of scientific and organizational work. As Chairman of the Section of Low Energy Physics at JINR, he defended scientific plans of the Laboratory of Neutron Physics, the Laboratory of Nuclear Problems and the Laboratory of Nuclear Reactions and their financing. During those years, leading JINR scientists such as N. Bogoliubov, V. Dzhelepov, M. Meshcheryakov, B. Pontecorvo, I. Frank and others, visited the Academy of Sciences of Mongolia and the National University of Mongolia, delivered their lectures there. It had a positive impact on the development of scientific research in Mongolia. Strong ties of the National University of Mongolia with JINR Laboratories established by N. Sodnom promote cooperation of scientists at present as well.

JINR Vice-Director Academician N. Sodnom together with LNP Director V. Dzhelepov actively supported radiobiological experiments at the LNP synchrotron and played an important role in the organization of the LNP Sector of Radiobiological Research, one of the two departments of the Institute that founded the Department of Radiation and Radiobiological Research. In 2005, the last one turned into the Laboratory of Radiation Biology.

In 1959–1967 and 1973–1982, Academician N. Sodnom was the Rector of the National University of Mongolia, in 1984–1987, he returned to JINR and in 1987–1991, he became the President of the Mongolian Academy of Sciences. Since 1991, he was a leading researcher at the Institute of Physics and Technology of Mongolia.

In science, N. Sodnom is known as a specialist in nuclear spectroscopy, X-ray fluorescence and nuclear ac-



Дубна, 1988 г. Делегация Монгольской Народной Республики на сессии КПП ОИЯИ. В центре — академик Н. Содном

Dubna, 1988. Delegation of the Mongolian People's Republic at the JINR CP session. In the centre — Academician N. Sodnom

В науке Н. Содном известен как специалист в области ядерной спектроскопии, рентгенофлуоресцентного и ядерного активационного анализа, в организации прикладных исследований по ядерной физике. Ученый занимался исследованиями ядерных реакций между ускоренными ионами трития и различных легких ядер, разработкой полупроводниковых детекторов для физики высоких энергий и рядом других научных направлений.

Намсарайн Содном — заслуженный деятель образования Монголии, почетный доктор Технического университета Улан-Батора — стал символом научных связей ученых Объединенного института ядерных исследований и Монголии. Именем ученого названа аллея на площадке ЛЯП ОИЯИ.

tivation analysis, the organization of applied research in nuclear physics. The scientist studied nuclear reactions between accelerated tritium ions and various light nuclei, developed semiconductor detectors for high-energy physics and a number of other scientific directions.

Namsarain Sodnom was Honoured Educator of Mongolia, Honorary Doctor of the Technical University of Ulaanbaatar, a symbol of scientific cooperation between scientists of the Joint Institute for Nuclear Research and Mongolia. An alley at the DLNP JINR's technical site bears the name of the scientist.

С 28 марта по 3 апреля во Владикавказе (Северная Осетия) проходило рабочее совещание «**Ускорительный комплекс NICA: проблемы и перспективы — 2023**», организаторами которого стали ОИЯИ и Северо-Осетинский государственный университет им. К. Л. Хетагурова, студенты которого также смогли присоединиться к работе мероприятия. Участники обсудили мегасайенс-проект NICA и результаты пусконаладочных работ на ускорительном комплексе в 2020–2023 гг.

Слушатели узнали об ОИЯИ и его направлениях исследований, прозвучали общеобразовательные доклады об истории проекта NICA, его отличии от других коллайдеров. Специалистами Объединенного института были сделаны доклады по всем основным системам комплекса NICA, а также о настройке их работы в ходе четвертого сеанса пусконаладки, ставшего рекордным по длительности в истории проекта. Помимо докладов и лекций программа совещания включала в себя экскурсии в СОГУ и Владикавказский технологический центр «Баспик».

СОГУ и ОИЯИ активно сотрудничают в области радиационной биологии, протонной терапии и экологии. Информационный центр в СОГУ, первый в сети инфоцентров ОИЯИ, стал примером эффективной ра-

боты и ретранслятором деятельности Объединенного института.

18–19 апреля в Лаборатории информационных технологий им. М. Г. Мещерякова проходила **Весенняя школа по информационным технологиям ОИЯИ**. Она направлена на вовлечение молодых специалистов в решение задач в различных областях науки с применением современных информационных технологий, а также на знакомство с научно-исследовательской программой ОИЯИ.

Школа проводилась в смешанном формате и стала вторым этапом школы по информационным технологиям ОИЯИ.

Первый этап (Осенняя школа) состоялся в ноябре 2022 г., тогда были сформированы научные группы, включающие в себя студентов, их руководителей из вузов и сотрудников Института, для проведения совместных работ по проектам ОИЯИ. Во втором этапе школы приняли участие 19 студентов из Санкт-Петербургского государственного университета, Северо-Осетинского государственного университета им. К. Л. Хетагурова, университета «Дубна», Тульского государственного университета и Российского университета дружбы народов.

From 28 March to 3 April, a large workshop “**NICA Accelerator Complex: Problems and Prospects — 2023**” took place in Vladikavkaz. The Joint Institute and the North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov co-organized the meeting. NOSU students had the opportunity to join the event as well. The participants discussed the NICA megascience project and the results of commissioning at the accelerator complex in 2020–2023.

The participants of the event had the opportunity to learn about JINR and its research areas. General educational reports were made about the history of the NICA project, its difference from other colliders. Specialists of the Joint Institute made reports on all the main systems of the NICA complex and talked about setting up their work during the fourth commissioning run, which was a record in the history of the project. In addition to reports and lectures, the programme of the meeting included excursions to NOSU and Vladikavkaz Technological Centre “BASPIK”.

Active cooperation has already been established in radiation biology, proton therapy, and ecology between NOSU and the Joint Institute for Nuclear Research. The Information Centre at NOSU, the first in the network of

the JINR Information Centres, has become an example of effective work and shows the activity of the Joint Institute.

On 18–19 April, *the JINR Spring School of Information Technologies* took place at the Meshcheryakov Laboratory of Information Technologies. The JINR School of Information Technologies is aimed at involving young specialists in solving problems in various fields of science using modern information technologies, as well as the introduction to the JINR programme.

The School was held in a mixed format. It became the second stage in a series of the JINR information technologies schools. The first stage of the School (the Autumn School) was held in November 2022. There scientific groups were formed, including students, their supervisors from universities, and Institute staff members for joint work in JINR projects. Nineteen students from St. Petersburg University, the North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov, the University “Dubna”, Tula State University, the Peoples’ Friendship University of Russia took part in the second stage of the School.

In total, School participants presented 18 reports on the following areas: “Computing for SPD”, “Mathematical



Лаборатория информационных технологий  
им. М. Г. Мещерякова, 18–19 апреля. Весенняя  
школа по информационным технологиям ОИЯИ

The Meshcheryakov Laboratory of Information Technologies,  
18–19 April. JINR Spring School of Information Technologies

modeling, numerical methods, and algorithms for solving applied problems of JINR”, “Development of plug-ins for the JINR website”, “Machine learning in plant disease detection tasks”.

The heads of the School’s directions from JINR and universities appreciated the high level of students’ involvement in JINR projects, as well as the high level of preparation of their scientific papers. As a result of the School, the students got the opportunity to deliver a talk at the 10th International Conference “Distributed Computing and Grid Technologies in Science and Education” (GRID’2023, Dubna, 3–7 July 2023), (<http://www.jinr.ru/posts/spring-school-of-information-technologies-at-mlit/>).

On 18–20 April, *the 11th Collaboration Meeting of the MPD Experiment at the NICA Facility* started in the Laboratory of High Energy Physics and online. More than 150 participants gathered to discuss the progress in the implementation of the project.

Opening of the meeting, JINR Vice-Director, Leader of the NICA project V. Kekelidze noted the successful result of the longest commissioning run in the history of the facility, which was completed in February this year, and said that all the magnets of the collider are ready for operation and that 80 dipole magnets have already been installed in the arches of the tunnel. Construction works at the facility have been

completed and the delivery of engineering equipment is expected. The cryogenic complex of the NICA project will be put into operation within the next few months. The main electrical substation is already functioning. V. Kekelidze also expressed hope that at the end of 2023 it will be possible to start the technical launch of the collider.

The Collaboration’s spokesman V. Riabov (PNPI) reported on the current status of the Collaboration and progress in the implementation of the MPD project. The project brings together more than 500 participants from 34 institutes of 10 countries. The number of publications is increasing. Thus, about 200 articles on physical research, equipment, and software of the experiment have already been published. Head of the MPD project at the NICA accelerator complex of JINR V. Golovatyuk spoke in more detail about the project and plans of the team up to the beginning of 2024. Speakers presented reports on each system of the first stage of the MPD experiment at the meeting. The participants discussed the software and computing infrastructure of the detector, as well as reconstruction of events in the experiment. Speakers of physical working groups delivered progress reports. As part of the meeting programme, the participants got acquainted with the status of the works during an excursion to the Nuclotron and MPD Halls, which took place on 19 April. Recordings of reports are available on the event’s website.

Всего участники школы представили 18 докладов по направлениям «Компьютинг для SPD», «Математическое моделирование, численные методы и алгоритмы для решения прикладных задач ОИЯИ», «Разработка плагинов для сайта ОИЯИ», «Машинное обучение в задачах распознавания болезней растений».

Руководители направлений школы от ОИЯИ и университетов оценили высокий уровень вовлеченности студентов в проекты ОИЯИ, а также подготовки их научных работ. По итогам школы студенты получили возможность выступить с докладом на 10-й Международной конференции «Распределенные вычисления и Grid-технологии в науке и образовании» (GRID'2023, 3–7 июля 2023 г.) (<http://www.jinr.ru/posts/spring-school-of-information-technologies-at-mlit/>).

18–20 апреля в ЛФВЭ в смешанном формате работало *11-е коллаборационное совещание по эксперименту MPD на комплексе NICA*. Более 150 участников собралось для обсуждения прогресса в реализации проекта.

Открывая совещание, вице-директор ОИЯИ, руководитель проекта NICA В.Д.Кекелидзе отметил успешный итог самого длинного в истории комплекса пусконаладочного сеанса, который завершился в феврале этого года, а также сообщил, что все магниты коллайдера готовы и 80 дипольных магнитов уже установлены в арках туннеля. Строительные работы на комплексе завершены, и ожидается поставка инженерного оборудования. Криогенный комплекс проекта NICA будет введен в эксплуатацию в течение ближайших нескольких месяцев, главная электрическая подстанция уже работает. Он также выразил надежду, что уже в конце 2023 г. будет возможно начать технический запуск коллайдера.

О текущем статусе коллаборации и прогрессе в реализации проекта MPD доложил лидер коллаборации В.Г.Рябов (ПИЯФ). Проект объединяет уже более 500 участников из 34 институтов 10 стран. Растет и количество публикаций — вышло около 200 статей, посвященных физическим исследованиям, оборудованию и программному обеспечению эксперимента.



Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 18–20 апреля. Участники 11-го коллаборационного совещания по эксперименту MPD на комплексе NICA

The Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics, 18–20 April. Participants of the 11th Collaboration Meeting of the MPD Experiment at the NICA Facility

Руководитель проекта MPD на ускорительном комплексе NICA ОИЯИ В.М. Головатюк более подробно рассказал о ходе проекта и планах команды вплоть до начала 2024 г. На совещании прозвучали доклады о каждой системе 1-го этапа эксперимента MPD. Участники обсудили программную и вычислительную инфраструктуру детектора, реконструкцию событий в эксперименте. Были представлены доклады физических рабочих групп о проделанной работе. 19 апреля в рамках программы совещания для участников была организована экскурсия в экспериментальные залы нуклотрона и MPD. Записи выступлений доступны на сайте мероприятия.

25 апреля в Национальной академии наук Республики Армения открыла свою работу международная конференция *«Тяжелейшие ядра и атомы»*, организованная совместно Национальной академией наук Армении, Ереванским государственным университетом и Международным союзом теоретической и прикладной физики (IUPAP). Мероприятие было приурочено к 90-летию всемирно известного ученого армянского происхождения, научного руководителя Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ академика РАН, иностранного члена НАН РА Ю. Ц. Оганесяна.

Конференция «Тяжелейшие ядра и атомы» объединила известных ученых из ОИЯИ, Университета Нотр-Дам (США), Института им. П. Шеррера (Швейцария), Неаполитанского университета (Италия), центра GSI (Германия), Тель-Авивского университета (Израиль), Национального центра ядерных исследований (Польша), iThemba LABS (ЮАР), ряда российских научных центров. Ученые представили результаты исследований по синтезу и изучению физических и химических свойств самых тяжелых элементов.

Сопредседателями конференции выступили Ю. Ц. Оганесян, президент НАН РА академик А. Сагян и ректор Ереванского государственного университета О. Оганнисян. На конференции отмечалась значительная роль Объединенного института в консолидации сил ученых многих стран и развитии важных научных проектов и установок.

Открывая работу конференции, Ю. Ц. Оганесян поблагодарил коллег из Армении за организацию нынешней встречи в Ереване. Он представил доклад о результатах своей многолетней научной деятельности и истории синтеза сверхтяжелых элементов в свете вызовов в области ядерной физики, а также дал обзор событий в области физики тяжелых ионов и в жизни ЛЯР ОИЯИ за последние несколько лет.

On 25 April, at the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, the International Conference *“Heaviest Nuclei and Atoms”* started its work organized by the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Yerevan State University, and the International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP). The event was dedicated to the 90th anniversary of the world-famous scientist of Armenian origin, Scientific Leader of the Laboratory of Nuclear Reactions of JINR, RAS Academician, NAS RA foreign member Yu. Oganessian.

The Conference brought together prominent scientists from the Joint Institute for Nuclear Research, the University of Notre Dame (USA), Paul Scherrer Institute (Switzerland), the University of Naples (Italy), the GSI Centre (Germany), Tel Aviv University (Israel), the National Centre for Nuclear Research (Poland), iThemba LABS (South Africa), as well as from a number of scientific centres of Russia.

The Conference was co-chaired by Yu. Oganessian, NAS RA President Academician A. Sagyan, and Rector of Yerevan State University H. Hovhannisyán. The significant role of the Joint Institute in consolidating the efforts of sci-

entists from many countries and developing important scientific projects and facilities was noted at the Conference.

Opening the Conference, Yu. Oganessian thanked his colleagues from Armenia for organizing the current meeting in Yerevan. Yu. Oganessian presented the results of many years of his scientific activity, touching upon the challenges in the field of nuclear physics and reviewed events that have taken place in the field of heavy ion physics and in the life of the Laboratory of Nuclear Reactions of JINR over the past few years.

President of NAS RA A. Sagyan invited Yu. Oganessian and participants of the Conference to take part in the celebration of the 80th anniversary of NAS RA that will be held in October 2023.

In the frames of the Conference, a photo exhibition “Big Science” was held where discoveries and achievements of scientific centres — participants of the Conference — were presented.

On 28 April, in the Botanic Garden of the Institute of Botany after A. L. Takhtajyan NAS RA, the opening ceremony of the Garden, the Museum of Botany and the Laboratory of Molecular Biology was held. A tree named after Yu. Oganessian was planted in the Garden.

Президент НАН РА А. Сагян пригласил Ю. Ц. Оганесяна и участников конференции принять участие в праздновании 80-летия НАН РА, которое пройдет в октябре 2023 г.

В рамках конференции проводилась фотовыставка «Большая наука», на которой были представлены открытия и достижения научных центров — участников конференции.

28 апреля в Ботаническом саду Института ботаники им. А. Л. Тахтаджяна НАН РА состоялась церемония открытия сада, ботанического музея и лаборатории молекулярной биологии. В рамках мероприятия в саду было посажено именное дерево Ю. Ц. Оганесяна.

24–27 апреля в ЛФВЭ проходило *4-е совещание коллаборации SPD*, второе в очном формате. Участники обсудили прогресс в подготовке эксперимента SPD на комплексе NICA и различные аспекты работы коллаборации.

Приветственным словом работу совещания открыл главный научный сотрудник ЛФВЭ Р. Ледницки, который подчеркнул, что нынешняя встреча проходит вскоре после окончания пусконаладочного сеанса на всех главных ускорителях комплекса NICA, успешно проработавших рекордное количество часов. Важным событием стал фактический старт первого физического эксперимента на комплексе — участники эксперимента BM@N получили более полумиллиарда событий.

Лаборатория физики высоких энергий

им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, 24–27 апреля. Участники 4-го совещания коллаборации SPD



The Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics, 24–27 April. Participants of the 4th Meeting of the SPD Collaboration

On 24–27 April, at the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics of JINR, *the 4th Meeting of the SPD Collaboration* was held. It became the second one held offline. The participants discussed the progress in the preparation of the SPD experiment at the NICA complex and various aspects of the Collaboration's work.

VBLHEP Chief Researcher R. Lednický opened the meeting with a welcoming address. He also added that the current meeting took place shortly after the end of the technical run at all the main accelerators of the NICA complex, which successfully worked for a record number of hours. A significant event was the actual start of the first

physical experiment at the complex as the participants of the BM@N experiment got more than half a billion events.

Leaders of the SPD Collaboration V. Kim (PNPI) and A. Guskov (JINR) presented the news of the Collaboration and the results achieved since the previous meeting held in October 2022. One of the main achievements of the Collaboration is the approval of the first version of the SPD experiment technical design report (TDR) at the 57th Meeting of the JINR Programme Advisory Committee for Particle Physics that supported the inclusion of the SPD experiment into the Seven-Year Plan for the Development of JINR for 2024–2030 and approved the established priori-

Руководители коллаборации SPD В. Ким (ПИЯФ) и А. В. Гуськов (ОИЯИ) представили новости коллаборации и результаты, достигнутые со времени проведения прошлого совещания в октябре 2022 г. Одним из главных достижений коллаборации стало утверждение первой версии технического проекта эксперимента SPD (TDR), представленного на 57-й сессии ПКК по физике частиц, который поддержал включение эксперимента SPD в Семилетний план развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. и утвердил установленные приоритеты в области физики элементарных частиц и релятивистской физики тяжелых ионов.

На встрече выступила председатель совета коллаборации SPD Э. Томази-Густафссон, которая, в частности, представила предложения по развитию и

укреплению сотрудничества в рамках коллаборации. Общий курс на расширение коллаборации SPD подчеркивался и в других докладах.

Участники коллаборации детально обсудили статус работ по подсистемам установки, электронике и программному обеспечению эксперимента. Отдельно были рассмотрены вопросы, связанные с физической программой эксперимента и моделированием.

15–19 мая в Санкт-Петербургском государственном университете работало **10-е коллаборационное совещание по эксперименту BM@N**. Участники мероприятия, проходившего в смешанном формате, рассмотрели результаты первого физического эксперимента, проведенного в ходе 4-го пусконаладочного

Санкт-Петербург, 15–19 мая. Участники 10-го коллаборационного совещания по эксперименту BM@N



Saint Petersburg, 15–19 May. Participants of the 10th Collaboration Meeting of the BM@N Experiment

ties in the fields of particle physics and relativistic heavy ion physics.

Chairman of the Collaboration Council E. Tomasi-Gustafsson spoke at the event, who presented proposals for the development and strengthening of the cooperation within the Collaboration. The general policy of expanding the SPD Collaboration was also stressed in other reports.

The participants of the Collaboration discussed in detail the status of work on the subsystems of the facility, electronics and software of the experiment. The questions concerning the physical programme of the experiment and modeling were discussed.

On 15–19 May, **the 10th Collaboration Meeting of the BM@N Experiment** started at Saint Petersburg State University (SPbU). The event was held in a mixed format. The participants considered results of the first physical experiment that a team of the project conducted during the 4th commissioning run at the NICA complex. They also discussed further plans of the Collaboration. Representatives of scientific centres of Russia, Bulgaria, and Israel took part in the meeting.

The current Collaboration Meeting focused on the reconstruction and identification of strange particles, as well as analysis of event topologies of Xe + Cs interactions

цикла на комплексе NICA, а также обсудили дальнейшие планы коллаборации. В совещании принимали участие представители научных центров России, Болгарии и Израиля.

Нынешнее коллаборационное совещание было посвящено вопросам реконструкции и идентификации странных частиц, а также анализу топологии событий в столкновениях тяжелых ядер ксенона (Xe) с мишенью из цезия (Cs), полученных в ходе четвертого пусконаладочного цикла на комплексе NICA. Были рассмотрены результаты физического анализа ранее собранных данных аргон-ядерных взаимодействий. Обсуждалась физическая программа и экспериментальная модель следующего сеанса на установке BM@N. Повестка мероприятия включала также заседание по программному обеспечению эксперимента BM@N.

Отдельная встреча институционального совета BM@N была посвящена организационным вопросам коллаборации, а также рассмотрению заявки группы алма-тинского Физико-технического института на участие в эксперименте.

Кроме того, 16 мая в рамках проведения совещания на физическом факультете СПбГУ в Петергофе ученые ОИЯИ и СПбГУ прочли лекции о статусе ком-

плекса NICA и физике релятивистских ядерных столкновений.

Очередной ежегодный *Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами ISINN-29* открылся с отставанием на год 29 мая 2023 г. одновременно в Дубне и Ланьчжоу (Китай). Как и предшествующие два семинара, он был организован ЛНФ совместно с Национальной лабораторией моделирования и воздействия интенсивного импульсного излучения Северо-Западного института ядерных технологий (NINT, Сиань, Китай) и с Институтом ядерных исследований и технологий Университета Ланьчжоу. Семинар работал в смешанном формате, собрав в Дубне более 90 участников из ЛНФ, ЛЯР и ЛФВЭ ОИЯИ, НИЦ «Курчатовский институт», ПИЯФ (Гатчина), НИИЯФ МГУ, ИЯИ, ИЯФ (Новосибирск), ИТФ (Черноголовка), Московского, Новосибирского, Воронежского, Пермского университетов, научных центров Белоруссии, Египта, Казахстана, России. Около 100 участников, представлявших университеты и исследовательские центры Китая, собрались в Ланьчжоу, а ряд участников, в том числе из Аргентины, Вьетнама, Болгарии, Индии, Румынии, Сербии, Синга-

collected during the 4th commissioning run at the NICA complex. The participants reviewed the physics analysis of previously collected argon-nucleus interactions. In addition, they discussed a physics programme and experimental setup in the next BM@N experimental run. The agenda of the event also included a meeting on the BM@N software status.

The BM@N Institutional Board Meeting was held separately and focused on organizational issues of the Collaboration, as well as consideration of the application of the Almaty group from the Institute of Physics and Technology to the BM@N Collaboration.

Moreover, on 16 May, within the framework of the meeting, scientists delivered lectures on the status of the NICA complex and physics of relativistic nuclear collisions at the Faculty of Physics of SPbU in Peterhof.

The annual *International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-29)* opened with a year delay on 29 May 2023 simultaneously in Dubna and Lanzhou (China). Like the two previous seminars, it was co-organized by the Frank Laboratory of Neutron Physics of JINR, the State Key Laboratory of Intense Pulsed Radiation

Simulation and Effect of the Northwest Institute of Nuclear Technology (NINT, Xi'an, China) and the School of Nuclear Science and Technology of Lanzhou University. The Seminar was held in a hybrid format, bringing together in Dubna more than 90 participants from FLNP, FLNR and VBLHEP JINR, NRC “Kurchatov Institute”, PNPI (Gatchina), SINP MSU, INR, INP (Novosibirsk), ITP (Chernogolovka), Moscow, Novosibirsk, Voronezh, Perm universities, scientific centers of Belarus, Egypt, Kazakhstan, Russia. Nearly 100 attendees representing universities and research centers of China gathered in Lanzhou, and a number of participants, including those from Argentina, Bulgaria, India, France, Romania, Serbia, Singapore, Turkey, USA, Uzbekistan, and Vietnam joined the Seminar via the Internet.

Opening the Seminar in Dubna, JINR Vice-Director L. Kostov reminded that the history of ISINN dates back to 1993, and if not for the force majeure interruption last year, this Seminar would have become a jubilee one. During its thirty-year history, ISINN seminars have brought together specialists from various fields of neutron physics from many countries. Prof. Hei Dongwei (NINT) and Academician Yan Chunhua (Lanzhou University)



Дубна, 29 мая. Участники международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами ISINN-29

Dubna, 29 May. Participants of the International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-29)

greeted the participants and wished them a successful and productive meeting. Plenary and section reports of the Seminar covered its traditional topics: from the fundamental properties of the neutron to modern neutron sources, from promising experiments in the field of nuclear fission and nuclear reactions induced by fast neutrons to the physics of reactors and experimental methodology. As usual, investigations using nuclear and related analytical techniques in the environmental and materials sciences were widely represented.

A total of 108 oral and 38 poster presentations were made. Due to the large volume of presented results and the large time difference between the Chinese participants and other representatives from Asian countries, it became necessary to organize parallel session meetings, as well as online and in-person poster sessions. Most of the reports, the Programme of the Seminar and the Book of Abstracts can be found at <http://isinn.jinr.ru/past-isinns/isinn-29/program.html>.

On 4 June, the annual *International Conference of Young Scientists and Specialists* began at the JINR Hotel “Dubna”. This year, the event brought together participants from five countries, namely Egypt, Kazakhstan, the

Netherlands, Romania, and Russia. In total, young scientists presented at the Conference more than 50 reports.

V. Rozhkov, the Conference Chairman and a junior researcher of the Laboratory of Nuclear Problems of JINR, opened the Conference and presented the event programme. He spoke about upcoming lectures, round tables, plenary meetings, sport and cultural activities.

At the Conference, the participants made reports on key JINR projects, the latest achievements, goals and objectives of Laboratories within the Seven-Year Plan for the Development of JINR for 2024–2030.

The event programme included a round table with representatives of the Federal Medical Biological Agency of Russia and the Dubna Federal Budgetary Healthcare Institution “Medical Unit No. 9”. In addition, the participants had a plenary meeting with the Directorate of the Joint Institute.

Traditionally, the Conference was full of sports and leisure, sightseeing events. The Conference finished on 11 June.

On 15 June, the official opening of *the 5th International Summer School for Young Scientists “Modern information technologies for solving scientific and applied*

пура, США, Турции, Франции и Узбекистана, присоединились к конференции по видеосвязи.

Открывая семинар в Дубне, вице-директор ОИЯИ Л. Костов напомнил, что ISINN ведет отчет с 1993 г. и, если бы не форс-мажорный перерыв, нынешний семинар стал бы юбилейным. За свою тридцатилетнюю историю серия семинаров ISINN объединила специалистов из разных областей нейтронной физики из многих стран. С успешным стартом конференцию поздравили профессор Д. Хей (NINT) и академик Чунхуа Ян (Университет Ланьчжоу). Пленарные и секционные доклады охватывали традиционную тематику от фундаментальных свойств нейтрона до современных нейтронных источников, от перспективных экспериментов в области деления ядра и ядерных реакций с быстрыми нейтронами до физики реакторов и методики эксперимента. Как обычно, широко были представлены исследования с использованием ядерных и связанных с ними аналитических методов в науках об окружающей среде и материаловедении.

Всего было заслушано 108 устных и 38 постерных докладов. Из-за большого объема представленных результатов и большой разницы во времени с китайскими и другими представителями азиатских стран при-

шлось устраивать параллельные сессионные заседания и on-line и on-site постерные сессии. Большинство докладов, программа семинара и сборник аннотаций подробно представлены на сайте <http://isinn.jinr.ru/past-isinns/isinn-29/program.html>.

4 июня в пансионате ОИЯИ «Дубна» в Алуште начала работу ежегодная **Международная конференция молодых ученых и специалистов**. В этом году мероприятие объединило участников из Египта, Казахстана, России, Румынии и Нидерландов; всего на конференции было представлено более 50 докладов молодых ученых.

Открыл работу конференции ее председатель — младший научный сотрудник ЛЯП В. А. Рожков. Он подробно представил программу мероприятия: рассказал о предстоящих лекциях, круглых столах, пленарных заседаниях и спортивно-культурных активностях.

На конференции прозвучали доклады о ключевых проектах ОИЯИ, последних достижениях, целях и задачах лабораторий в рамках нового Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг.



Алушта (Крым), 4 июня. Участники Международной конференции молодых ученых и специалистов

Alushta (Crimea), 4 June. Participants of the International Conference of Young Scientists and Specialists

В программу мероприятия вошел круглый стол с представителями ФМБА России и дубненского ФБУЗ «Медико-санитарная часть №9», а также пленарное заседание с участием дирекции Объединенного института.

Программа традиционно включала в себя разнообразные спортивно-досуговые и экскурсионные мероприятия. Работа конференции завершилась 11 июня.

15 июня в Северо-Осетинском государственном университете им. К. Л. Хетагурова (СОГУ, Владикавказ) состоялось официальное открытие *5-й Международной летней школы молодых ученых «Современные информационные технологии для решения научных и прикладных задач»*, которая проходила с 15 по 17 июня на базе Инфоцентра ОИЯИ. Она была организована совместно СОГУ, Объединенным институтом, Информационным центром ОИЯИ на Юге России в СОГУ и университетом «Дубна».

Основная задача школы — познакомить участников с современными методами решения прикладных задач на новейших вычислительных архитектурах с применением технологий параллельного программирования.

Программа школы включала в себя лекции о Цифровой экосистеме ОИЯИ и развиваемых информационных технологиях для решения научных задач. Участники узнали о распределенных вычислениях для обработки данных, об организации баз данных в крупных научных экспериментах. Также для молодых ученых был подготовлен блок материалов о проектах ОИЯИ: устройстве комплекса NICA и суперкомпьютере «Говорун». Кроме того, в программу входили мастер-классы по созданию проектов виртуальной реальности и использованию автоматизированных систем в прикладных задачах.

Главной особенностью мероприятия стали презентации восьми студентов университета, посвященные научным результатам, достигнутым ими в IT-проектах и в рамках участия в мегасайенс-проекте NICA.

ОИЯИ и СОГУ представили совместные проекты. Участники получили представление о компьютерных вычислениях для детектора SPD, математическом моделировании для решения прикладных задач Института, разработке плагинов для сайта ОИЯИ, машинном обучении.

Для обмена опытом и обсуждения вопросов научного сотрудничества и образовательных программ ОИЯИ в рамках школы были проведены дискуссии в

*problems*” was held at the North Ossetian State University named after K.L.Khetagurov (NOSU, Vladikavkaz) that took place on 15–17 June on the platform of JINR Information Centre. The School was organized jointly with NOSU, Joint Institute, JINR Information Centre in the South of Russia in NOSU, and Dubna University.

The main task of the School — to acquaint participants with modern methods to solve applied tasks in the newest computer architectures with the use of parallel programming technologies and tools of data analysis.

Lectures by JINR specialists at the School were dedicated to the JINR Digital Ecosystem, development of information technologies for solving scientific tasks, distributed computing for data processing, organization of data bases within large-scale scientific experiments. A separate block of reports was devoted to JINR flagship projects: the participants learned how the NICA accelerator complex and the “Govorun” supercomputer operate. Students were able to solidify their knowledge in practice at the organized workshops of the School. This year, they were devoted to virtual reality, artificial intelligence, computing for projects on theoretical physics, the use of automated systems for applied tasks.

Presentations by eight students of the University dedicated to scientific results in IT projects and in the frames of their participation in NICA megascience project became the main feature of the event.

JINR and NOSU presented joint projects. The participants learned about computer calculations for the SPD detector, mathematical simulation to solve applied tasks of the Institute, work out plug-ins for the JINR site, computer learning. Discussions in the format of round-table sessions for representatives of Information Centres of the Institute were held to exchange experience and discuss scientific cooperation issues and educational programmes of JINR.

From 19 to 23 June, the Association of Young Scientists and Specialists of JINR held *the 1st School of Accelerator Physics*. Almost 30 young specialists gathered at the Lipnya Tourist Base of JINR to get an idea of accelerator physics and learn about the latest achievements in science and technology in the fields of charged particle physics and accelerator technology. Within the School, employees of the Institute attended a lecture course by leading scientists and specialists on basic principles of

формате круглых столов для представителей информационных центров Института.

С 19 по 23 июня Объединение молодых ученых и специалистов ОИЯИ провело *1-ю Школу по ускорительной физике*. Около 30 молодых специалистов собрались на туристической базе ОИЯИ «Липня», чтобы получить представление об ускорительной физике и познакомиться с последними достижениями науки и техники в области физики пучков заряженных частиц и техники ускорителей. В рамках школы сотрудники Института прослушали курс лекций от ведущих ученых и специалистов по базовым принципам работы и основным системам ускорителей заряженных частиц.

Липня, 19–23 июня. 1-я Школа по ускорительной физике



Lipnya, 19–23 June. The 1st School of Accelerator Physics

operation and major systems of accelerators of charged particles.

The School's programme included lectures on the basics of accelerator physics and facilities used in this field: sources of light particles and heavy ions, polarized beams, synchrotrons. A set of lectures on the JINR projects "From the Synchrotron to the NICA Collider" was planned for young researchers. It acquainted them with the design of complexes, structures, control, experiments. Moreover, the programme included lectures on application of accelerator physics beyond scientific experiments: the partic-

ipants learned how this aspect is used to create vacuum microwave and HF devices, in electron cooling and power supply systems. In addition, discussion sessions on scientific projects were held.

Minsk, Belarus

August 27 - September 3, 2023

XV<sup>th</sup> International School-Conference

# ACTUAL PROBLEMS OF MICROWORLD PHYSICS

## SCIENTIFIC PROGRAMME

- Recent Experimental Results from World Accelerator Centres
- Research Programmes at Future Experiments
- Non-Accelerator Physics, Astrophysics and Cosmology
- New Trends in Quantum Field Theory
- Radiobiology and Nuclear Medicine
- Nuclear Electronics and Detectors
- New Trends in Materials Engineering, Data Processing and Facilities Design



"Westa" Resort, Minsk Region, Belarus



## INTERNATIONAL ADVISORY COMMITTEE CO-CHAIRMEN:

S. Shlychkov SCST, Belarus  
G. Trubnikov JINR

## INTERNATIONAL PROGRAMME COMMITTEE:

S. Maksimenko (Chairman) INP BSU, Belarus  
J. Fedotova (Vice-Chairman) INP BSU, Belarus

Institute for Nuclear Problems of Belarusian State University



Bobruiskaya Str. 11, 220006 Minsk, Belarus  
Contact person: **Vladimir Makarenko**  
e-mail: [makarenko@hep.by](mailto:makarenko@hep.by)  
Tel: +375 29 6161803, Fax: +375 17 2531124

Joint Institute for Nuclear Research

Joliot-Curie Str. 6, 141980 Dubna, Russia  
Contact person: **Elena Rusakovich**  
e-mail: [rusakovich@jinr.ru](mailto:rusakovich@jinr.ru)



Tel: +7 49621 63890, Fax: +7 49621 65992

<http://www.inp.bsu.by/microworld2023>

- Профессор Будагов Юлиан Арамович. — Дубна: ОИЯИ, 2023. — 105, [2] с.: ил.  
Professor Budagov Yulian Aramovich. — Dubna: JINR, 2023. — 105, [2] p.: ill.
- Materials Science at Frank Laboratory of Neutron Physics / Eds.: N. Kučerka, D. P. Kozlenko, M. V. Avdeev, G. D. Bokuchava, D. Chudoba, O. Culicov, I. F. Lensky. — Dubna: JINR, 2023. — 52 p.: ill.
- Академик Георгий Николаевич Флеров. К 110-летию со дня рождения: книга-альбом / Авт.-сост.: М. Лукичев, Н. Шаульская. — Ярославль; Рыбинск: РМП, 2023. — 192 с.: цв. ил. — (Портрет на фоне эпохи).  
Academician Georgy Nikolaevich Flerov. To the 110th Anniversary of His Birth: Book-Album / Auth.-comp.: M. Lukichev, N. Shaulskaya. — Yaroslavl; Rybinsk: RMP, 2023. — 192 p.: ill. — (Portrait against the background of the epoch).
- Анатолий Григорьевич Артюх. Экспериментатор. Организатор. Оптимист. — Дубна: ОИЯИ, 2023. — 78 с.: цв. ил.  
Anatoly Grigoryevich Artyukh. Experimenter. Organizer. Optimist. — Dubna: JINR, 2023. — 78 p.: ill.
- Венедикт Петрович Дзелепов: к 110-летию со дня рождения: книга-альбом / Авт.-сост.: М. Лукичев, Д. Ротенберг, С. Ражева. — Ярославль; Рыбинск: РМП, 2023. — 192 с.: ил. — (Портрет на фоне эпохи). — Библиогр.: с. 192.  
Venedikt Petrovich Dzhelepov: To the 110th Anniversary of His Birth: Book-Album / Auth.-comp.: M. Lukichev, D. Rotenberg, S. Razheva. — Yaroslavl; Rybinsk: RMP, 2023. — 192 p.: ill. — (Portrait against the background of the epoch). — Bibliogr.: p. 192.
- *Соловьева В.* Иллюзии любви / Сост.: К. Р. Аствацатурова. — Дубна, 2023. — 120 с.: ил.  
*Solovyova V.* Illusions of Love / Comp.: K. R. Astvatsaturova. — Dubna, 2023. — 120 p.: ill.
- Академик Юрий Цолакович Оганесян: книга-альбом. — Ярославль; Рыбинск: РМП, 2023. — 303 с.: цв. ил. — (Портрет на фоне эпохи).  
Academician Yuri Tsolakovich Oganessian: Book-Album. — Yaroslavl; Rybinsk: RMP, 2023. — 303 p.: ill. — (Portrait against the background of the epoch).
- Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова: к 65-летию: книга-альбом. — Ярославль; Рыбинск: РМП, 2022. — 248 с.: цв. ил.  
The Flerov Laboratory of Nuclear Reactions: To the 65th Anniversary: Book-Album. — Yaroslavl; Rybinsk: RMP, 2022. — 248 p.: ill.
- Fundamental Interactions & Neutrons, Nuclear Structure, Ultracold Neutrons, Related Topics: XXIX International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-29), Dubna, May 29 – June 2, 2023: Abstracts. — Dubna: JINR, 2023. — 126 p.: ill. — (JINR; E3-2023-16). — Bibliogr.: end of papers.
- Nonequilibrium Phenomena in Strongly Correlated Systems / Eds.: D. Blaschke, A. Friesen, V. Morozov, N. Plakida, G. Ropke. — Basel: MDPI, 2020. — 247 p.: ill. — (Particles). — Bibliogr.: end of parts.
- Symmetry in Many-Body Physics / Eds.: V. I. Yukalov, V. S. Bagnato, R. G. Nazmitdinov. — Basel: MDPI, 2023. — 186 p.: ill. — (Symmetry, ISSN 2073-8994). — Bibliogr.: end of parts.
- Armenian Meeting “Climate Changes: Adaptation”, Yerevan, March 27–28, 2023: Abstracts: Papers by Young Scientists. — Dubna: JINR, 2023. — 36 p.: ill. — (JINR; E19-2023-30). — Bibliogr.: end of papers.
- *Соловьев Е. А., Соловьева Н. Б.* Мемуары: к нашему 75-летию. — Дубна: ОИЯИ, 2023. — 134 с.: ил.  
*Solovyov E. A., Solovyova N. B.* Memes: To Our 75th Anniversary. — Dubna: JINR, 2023. — 134 p.: ill.



# Международная Конференция

## Актуальные проблемы радиационной биологии. Молекулярно-генетические исследования в радиобиологии – к 70-летию открытия структуры ДНК

19-20 октября 2023 г., Дубна

Конференция приурочена к 70-летию открытия структуры ДНК: в апреле 2023 года исполнилось 70 лет с момента опубликования в журнале «Природа» ("Nature") статьи Джеймса Уотсона и Фрэнсиса Крика «Структура дезоксирибонуклеиновой кислоты», в которой впервые была предложена модель пространственной структуры ДНК – двойная спираль. Открытие структуры ДНК стало возможным благодаря взаимодействию основных естественно-научных дисциплин – физики, химии и биологии – и положило начало непрерывающемуся развитию новых научных направлений. Радиационная биология вносит значительный вклад в развитие молекулярно-генетических исследований.

### Основные направления конференции:

- Формирование молекулярно-генетических повреждений при действии ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками.
- Генетические и эпигенетические изменения при действии ионизирующих излучений.
- Экспрессия генов при действии малых и больших доз ионизирующих излучений.
- Митохондриальная генетика при радиационных воздействиях.
- Нестабильность генома – факторы и механизмы возникновения.
- Современные технологии исследования молекулярно-генетических структур в клинике.



Место проведения конференции:  
ОИЯИ, ул.Строителей, 2  
Дом международных совещаний

<http://radbio.jinr.ru/index.php/conference2023>