

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

Обзор посвящен особенностям нарушения симметрии и ее трансформациям в квантовых системах с конечным числом частиц, а также связанным с данными явлениями физическим эффектам. В конечных системах некоторые типы симметрий могут быть нарушены только асимптотически. Однако при значительном числе частиц область перехода из состояний одной симметрии в состояния другой симметрии может быть настолько узкой, что явление нарушения симметрии происходит так же, как и в макросистемах. В частности, это относится к нарушению глобальной калибровочной симметрии в конденсате Бозе–Эйнштейна и в явлении сверхпроводимости или к нарушению изотропной симметрии, связанному с рождением квантовых вихрей, и расслоению мультикомпонентных смесей. Специальным типом трансформации симметрии, характерным только для конечных систем, является изменение формы конечной системы.

Явления нарушения симметрии иллюстрируются примерами для ряда типичных мезоскопических систем, таких как атомы в ловушках, квантовые точки, атомные ядра и металлические зерна (кластеры). В об-

зоре особое внимание уделяется специфичности нарушения симметрии в конечных мезоскопических системах, анализируются общие свойства физически различных конечных квантовых систем, изучается проявление нарушения симметрии в спектрах коллективных возбуждений конечных квантовых систем. Анализ данных характеристик позволяет лучше понять глубокую связь между типами симметрии и физическими свойствами квантовых систем. Кроме того, становится возможным предсказать новые явления, используя аналогии между конечными квантовыми системами различной физической природы.

*Birman J.L., Nazmitdinov R.G., Yukalov V.I. Effects of Symmetry Breaking in Finite Quantum Systems // Phys. Rep. 2013. V. 526. P. 1; arXiv:1305.5131[cond-mat.mes-hall].*

В рамках приближения случайных фаз с использованием разных параметризаций сил Скирма проведен сравнительный анализ тороидальных, компрессионных и вихревых дипольных возбуждений в сферическом ядре  $^{144}\text{Sm}$  и деформированном ядре  $^{154}\text{Sm}$ . Рассмотрены изоскалярный ( $T = 0$ ), изовекторный ( $T = 1$ ) и электромагнитный каналы возбуждений. Исследована роль конвекционного  $j_{\text{con}}$  и магнитного  $j_{\text{mag}}$  ядерных

**Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics**

The review considers the peculiarities of symmetry breaking and symmetry transformations and the related physical effects in finite quantum systems. Some types of symmetry in finite systems can be broken only asymptotically. However, with a sufficiently large number of particles, crossover transitions become sharp, so that symmetry breaking happens similarly to that in macroscopic systems. This concerns, in particular, global gauge symmetry breaking related to Bose–Einstein condensation and superconductivity, or isotropy breaking related to the generation of quantum vortices, and the stratification in multicomponent mixtures. A special type of symmetry transformation, characteristic only for finite systems, is the change of symmetry shape. These phenomena are illustrated by the examples of several typical mesoscopic systems, such as trapped atoms, quantum dots, atomic nuclei, and metallic grains. The specific features of the review are: (i) the emphasis on the peculiarities of the symmetry breaking in finite mesoscopic systems; (ii) the analysis of common properties of physically different finite quantum systems; (iii) the manifestations of symmetry breaking in the spectra of collective ex-

citations in finite quantum systems. The analysis of these features allows better understanding of the intimate relation between the type of symmetry and other physical properties of quantum systems. This also makes it possible to predict new effects by employing the analogies between finite quantum systems of different physical nature.

*Birman J.L., Nazmitdinov R.G., Yukalov V.I. Effects of Symmetry Breaking in Finite Quantum Systems // Phys. Rep. 2013. V. 526. P. 1; arXiv:1305.5131[cond-mat.mes-hall].*

A comparative analysis of toroidal, compressional and vortical dipole strengths in the spherical  $^{144}\text{Sm}$  and the deformed  $^{154}\text{Sm}$  is performed within the random-phase approximation using a set of different Skyrme forces. Isoscalar ( $T = 0$ ), isovector ( $T = 1$ ), and electromagnetic excitation channels are considered. The role of the nuclear convection  $j_{\text{con}}$  and magnetization  $j_{\text{mag}}$  currents is inspected. It is shown that the deformation leads to an appreciable redistribution of the strengths and causes a spectacular deformation splitting (exceeding 5 MeV) of the isoscalar compressional mode. In  $^{144}\text{Sm}$ , the  $\mu = 0$  and  $\mu = 1$  branches of the

токов. Показано, что деформация ядра ведет к значительному перераспределению силы возбуждений и вызывает сильное деформационное расщепление (превышающее 5 МэВ) изоскалярной компрессионной моды. В  $^{154}\text{Sm}$  ветви данной моды с  $\mu = 0$  и  $\mu = 1$  формируют хорошо разделенные резонансы. При переходе от  $^{144}\text{Sm}$  к  $^{154}\text{Sm}$  наблюдается увеличение вклада торoidalных, компрессионных и вихревых возбуждений в низкоэнергетическую область (часто называемую пигми-резонансом). Таким образом, в данной области сосуществуют различные моды. Энергетические центры мод заметно зависят от изоскалярной эффективной массы  $m_0$ . Силы Скирма с большой эффективной массой  $m_0$  ( $m_0/m \approx 0,8-1$ ) лучше подходят для описания экспериментальных данных для изоскалярного гигантского дипольного резонанса.

*Kvasil J. et al. Toroidal, Compression, and Vortical Dipole Strengths in  $^{144-154}\text{Sm}$ . arXiv:1305.6812 [nucl-th].*

Космологические наблюдения последних десятилетий практически однозначно указывают на то, что Вселенная расширялась ускоренно как на самой ранней стадии, так и в текущую эпоху. Для описания

динамики такого расширения большое распространение получили модели с дополнительными скалярными степенями свободы. Обычно такие модели заранее выбираются под требуемую динамику, а не позволяют вывести динамику из неких фундаментальных соотношений. В серии наших работ предлагается другой подход, основанный на изучении фундаментального обобщения стандартной теории гравитации Эйнштейна — теории аффинной гравитации, начальные исследования которой проводились самим же Эйнштейном вместе с Вейлем и Эддингтоном. Мы формулируем задачу в рамках порождаемого ею класса эффективных дилатон-скалярных моделей гравитации (ДСГ) и исследуем динамику, характерную для таких моделей. Непосредственно в данной работе показано, что ДСГ-модели обладают набором симметрий, возникающих и в обычной теории Эйнштейна с дополнительными скалярными полями. Это позволяет построить соответствующие интегралы движения и итерационную процедуру построения решений. Такие результаты, справедливые для достаточно широкого класса ДСГ-моделей, найдут применение не только в аффинной гравитации, но и в других нелинейных теориях, например, с неабелевыми калибровочными полями.

mode form well separated resonances. When stepping from  $^{144}\text{Sm}$  to  $^{154}\text{Sm}$ , an increase of the toroidal, compression and vortical contributions in the low-energy region (often called pygmy resonance) are observed. The strength in this region seems to be an overlap of various excitation modes. The energy centroids of the strengths depend significantly on the isoscalar effective mass  $m_0$ . Skyrme forces with a large  $m_0$  (typically  $m_0/m \approx 0.8-1$ ) seem to be more suitable for description of experimental data for the isoscalar giant dipole resonance.

*Kvasil J. et al. Toroidal, Compression, and Vortical Dipole Strengths in  $^{144-154}\text{Sm}$ . arXiv:1305.6812 [nucl-th].*

Nowadays it is widely accepted that the evolution of the universe was driven by some scalar degrees of freedom both in its early stage and at present. The corresponding cosmological models often involve some scalar fields introduced ad hoc. In this paper we cultivate a different approach, which is based on a derivation of new scalar degrees of freedom from fundamental modifications of Einstein's gravity. We here investigate properties of the dilaton-scalar

gravity obtained by dimensional reductions of a recently proposed affine generalized gravity theory. We show that these models possess the same symmetries as related models of GR with ordinary scalar fields. As a result, for a rather general class of dilaton-scalar gravity models we construct additional first integrals and formulate an integral equation, well suited for being solved by iterations.

*Davydov E.A., Filippov A.T. Dilaton-Scalar Models in Context of Generalized Affine Gravity Theories: Their Properties and Integrability. arXiv:1302.6969 [hep-th].*

## Frank Laboratory of Neutron Physics

The phenomena of efficient diffusive reflection of very cold neutrons (VCN) from nano-structured reflectors at any incidence angles, and quasi-specular reflection of cold neutrons (CN) at small incidence angles were observed experimentally and investigated. In both cases powder of diamond nano-particles was used as a nano-structured matter; in both cases reflection probabilities exceeded by far the characteristics of alternative neutron reflectors. Thus, nano-structured reflectors bridge nicely the VCN and CN

*Davydov E.A., Filippov A.T.* Dilaton-Scalar Models in Context of Generalized Affine Gravity Theories: Their Properties and Integrability. arXiv:1302.6969 [hep-th].

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

Экспериментально обнаружено и исследовано явление эффективного диффузного отражения очень холодных нейтронов от наноструктурированных отражателей при любых углах падения. В области холодных нейтронов это явление превращается в квазизеркальное отражение при малых углах падения, что также было экспериментально исследовано. Как в случае с холодными, так и в случае с очень холодными нейтронами в качестве наноструктурированной среды был использован порошок наноалмазов. В обоих случаях измеренные вероятности отражения значительно выше, чем вероятности отражения от других известных отражателей. Таким образом, наноструктурированные отражатели заполняют пробел в области энергий очень холодных и холодных нейтронов между эффективными отражателями, использующими нейтронно-оптический потенциал (в области энергий УХН), и отражателями на основе брэгговского рассеяния и рассеяния на от-

дельных ядрах среды в области энергий тепловых нейтронов и выше.

*Lychagin E.V., Muzychka A.Yu., Nesvizhevsky V.V.* Nano-Structured Reflectors for Slow Neutrons // New Developments in Low-Energy Physics Research / Eds.: Tao Zoeng, Meng Ngai. NOVA Publishers, 2013.

Рассмотрен потенциал нейтронного интерферометра типа зеркала Ллойда для поиска новых взаимодействий на малых расстояниях. Хамелеонное скалярное поле, предложенное для решения загадки ускоренного расширения Вселенной, производит взаимодействие между частицами и веществом. Аксиноподобное, зависящее от спина взаимодействие между нейтроном и ядрами и/или электронами, может вызвать  $P$ - и  $T$ -неинвариантное взаимодействие с веществом. Гипотетическое ньютоновское короткодействующее взаимодействие может порождать потенциал между нейтроном и веществом. Эти взаимодействия между нейтроном и зеркалом нейтронного интерферометра типа зеркала Ллойда вызывают сдвиг фазы нейтронных волн. Проведены оценки чувствительности возможных экспериментов.

energy gap between the efficient reflectors using the neutron optical potential (in the UCN energy range) and the reflectors based on the Bragg scattering and the scattering by individual nuclei of matter in the region of thermal neutron energies and higher.

*Lychagin E.V., Muzychka A.Yu., Nesvizhevsky V.V.* Nano-Structured Reflectors for Slow Neutrons // New Developments in Low-Energy Physics Research / Eds.: Tao Zoeng, Meng Ngai. NOVA Publishers, 2013.

An analysis is presented of the potential of the neutron Lloyd's mirror interferometer to search for new interactions at small scales. We consider here three hypothetical interactions that may be tested with the use of the interferometer. The chameleon scalar field proposed to solve the enigma of accelerating expansion of the Universe produces the interaction between particles and matter. The axion-like spin-dependent coupling between neutrons and nuclei or/and electrons may cause  $P$ - and  $T$ -non-invariant interaction with matter. A hypothetical non-Newtonian gravitational interaction mediates an additional short-range potential between neutrons and bulk matter. The interactions between

the neutron and the mirror of the Lloyd's type neutron interferometer cause a phase shift of neutron waves. The estimates of the sensitivity and systematic effects of possible experiments have been performed.

*Pokotilovski Yu.N.* Potential of the Neutron Lloyd's Mirror Interferometer for the Search for New Interactions // JETP. 2013. V. 719. P. 701–712.

*Pokotilovski Yu.N.* Strongly Coupled Chameleon Fields: Possible Test with a Neutron Lloyd's Mirror Interferometer // Phys. Lett. B. 2013. V. 719. P. 341–345.

The complex of optical and analytical methods was applied for investigation of experimental samples after exposure to chloroaurate ( $\text{HAuCl}_4$ ) solution at different doses and for different time intervals. To characterize formed gold nanoparticles, UV-VIS Spectrometry, Transmission Electron Microscopy (TEM), Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy-Dispersive Analysis of X-rays (EDAX) and X-Ray Diffraction (XRD) were used. To determine gold concentrations in the *Spirulina platensis* biomass, the neutron activation analysis (NAA) and atomic absorption spec-

*Pokotilovski Yu. N.* Potential of the Neutron Lloyd's Mirror Interferometer for the Search for New Interactions // JETP. 2013. V. 719. P. 701–712.

*Pokotilovski Yu. N.* Strongly Coupled Chameleon Fields: Possible Test with a Neutron Lloyd's Mirror Interferometer // Phys. Lett. B. 2013. V. 719. P. 341–345.

Комплекс оптических и аналитических методов был применен для исследования экспериментальных образцов биомассы спирулины после воздействия раствора соли  $\text{HAuCl}_4$  при разных дозах и в течение различных временных интервалов. Для характеристики образованных наночастиц золота использовали UV–VIS-спектрометрию, просвечивающую электронную микроскопию (ПЭМ), сканирующую электронную микроскопию (СЭМ), энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализ (EDAX) и дифракцию рентгеновских лучей (XRD). Для определения концентрации золота в биомассе спирулины использовали нейтронный активационный анализ (НАА) и атомно-абсорбционную спектрометрию (ААС). Полученные результаты свидетельствуют о том, что накопление золота биомассой спирулины быстро растет и лишь незначительно увеличивается в последующие дни. Полученное вещество биомассы спирулины с наночасти-

цами золота может быть использовано в медицине, фармацевтике и технологии.

*Kalabegishvili T. et al.* Synthesis of Gold Nanoparticles by Blue-Green Algae *Spirulina platensis* // Advanced Sciences, Engineering and Medicine. 2013. V. 5. P. 46–54.

Активный биомониторинг загрязнения воздуха некоторыми макро- и следовыми элементами с помощью мхов был проведен в уличных каньонах Белграда и городском туннеле в 2011 г. с целью оценки возможности использования мха *Sphagnum girgensohnii* moss в мешочках для мелкомасштабных исследований вертикального и горизонтального распределений элементов. Было показано, что использование этого вида позволяет проводить мониторинг воздуха простым, чувствительным и недорогим способом.

*Vuković G. et al.* Active Moss Biomonitoring of Small-Scale Spatial Distribution of Airborne Major and Trace Elements in Belgrade Urban Area // Environmental Science and Pollution Research. 2013. V. 20. P. 5461–5470.

В рамках комплексного исследования влияния магнитных наночастиц на структуру амилоидных агрегатов проведен анализ структуры стабилизированных

troscopy (AAS) were applied. The obtained results show that the total concentration of gold in biomass of *S. platensis* rapidly increases at the beginning and then does not change significantly over time. The produced *Spirulina platensis* biomass with gold nanoparticles can be used in medicine, pharmacology and technology.

*Kalabegishvili T. et al.* Synthesis of Gold Nanoparticles by Blue-Green Algae *Spirulina platensis* // Advanced Sciences, Engineering and Medicine. 2013. V. 5. P. 46–54.

Active moss biomonitoring survey of some major and trace element air pollution was performed in the Belgrade street canyons and city tunnel in 2011 with the aim to evaluate the possibility of using *Sphagnum girgensohnii* moss bags for investigation of the small-scale vertical and horizontal distribution patterns of the elements. The results indicate that the use of *S. girgensohnii* moss bags is a simple, sensitive and inexpensive way to monitor the air pollution.

*Vuković G. et al.* Active Moss Biomonitoring of Small-Scale Spatial Distribution of Airborne Major and Trace Elements

in Belgrade Urban Area // Environmental Science and Pollution Research. 2013. V. 20. P. 5461–5470.

In the framework of the complex investigation of the influence of magnetic nanoparticles on the conformation of amyloids, as a first step the structure analysis of amyloidal fibrils of hen egg white lysozyme stabilized in an acidic medium was carried out by means of small-angle neutron (SANS) and small-angle X-ray (SAXS) scattering from aqueous solutions, as well as by atomic force microscopy with the adsorption of fibrils on a mica surface. It has been shown that the obtained small-angle scattering curves are consistent with the helical structure of protofilaments forming amyloidal fibrils. For the analysis a simple approximation has been proposed, which made it possible to find out the period of repetition (pitch) and mean diameter of the helix, as well as the effective radius of their basic structural units. Some kind of the “isotope effect” on the helical structure was observed when using a heavy component in the solvent ( $\text{H}_2\text{O}/\text{D}_2\text{O}$  mixtures), which showed a significant increase in the helix diameter for the solutions with the dominant fraction of  $\text{D}_2\text{O}$ .

фибрилярных амилоидов лизоцима яичного белка в кислой среде методами малоуглового рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей в водных растворах, а также атомно-силовой микроскопии при адсорбции на поверхность слюды. Показано, что полученные кривые малоуглового рассеяния нейтронов согласуются со спиральной структурой протофиламентов, образующих амилоидные фибриллы. Для анализа предложено простое приближение, которое позволяет определять период повторяемости (шаг) и среднюю толщину соответствующей спирали, а также эффективный радиус основных структурных единиц, составляющих спираль. Обнаружен «изотоп-эффект» в структуре спирали при использовании тяжелой компоненты в растворителе (смеси  $\text{H}_2\text{O}/\text{D}_2\text{O}$ ), проявляющийся в существенном увеличении диаметра спирали при переходе к раствору со значительным содержанием  $\text{D}_2\text{O}$ .

*Avdeev M.V. et al. On the Determination of the Helical Structure Parameters of Amyloid Protofilaments by Small-Angle Neutron Scattering and Atomic-Force Microscopy // J. Appl. Cryst. 2013. V.46. P. 224–233.*

Проведено исследование кристаллической и магнитной структур, вибрационных спектров мультифер-

роика  $\text{RbFe}(\text{MoO}_4)_2$  методами нейтронной и рентгеновской дифракции, спектроскопии комбинационного рассеяния света при высоких давлениях до 10 ГПа. Обнаружен структурный фазовый переход из исходной тригональной фазы с пространственной группой  $P\bar{3}m1$  в моноклинную фазу с пространственной группой  $C2/c$  через промежуточную фазу с пространственной группой  $P\bar{3}$  при давлениях  $P \sim 1$  ГПа. В диапазоне давлений 0–2 ГПа и при низкой температуре  $T = 2$  К наблюдается изменение компоненты  $q_z$  с 0,45 до 0,48 вектора распространения  $q = (1/3, 1/3, q_z)$  несоизмеренной магнитной структуры  $\text{RbFe}(\text{MoO}_4)_2$ . Обнаружено увеличение температуры Нееля при высоком давлении с коэффициентом  $(1/T_N)dT_N/dP = 0,09$  ГПа<sup>-1</sup>. Формирование магнитного дальнего порядка в моноклинной фазе  $\text{RbFe}(\text{MoO}_4)_2$  не обнаружено.

*Kozlenko D.P. et al. The Effect of High Pressure on the Crystal Structure, Magnetic and Vibrational Properties of Multiferroic  $\text{RbFe}(\text{MoO}_4)_2$  // Phys. Rev. B. 2013. V. 87. P. 014112.*

На исследовательском импульсном реакторе ИБР-2М подготовлен к запуску первый в мире криогенный шариковый замедлитель нейтронов. Он позволит обеспечить большинство спектрометров на пучках ре-

*Avdeev M.V. et al. On the Determination of the Helical Structure Parameters of Amyloid Protofilaments by Small-Angle Neutron Scattering and Atomic-Force Microscopy // J. Appl. Cryst. 2013. V.46. P. 224–233.*

The structural, magnetic, and vibrational properties of  $\text{RbFe}(\text{MoO}_4)_2$  were studied by means of X-ray and neutron powder diffraction, magnetic susceptibility measurements, and Raman spectroscopy at high pressures up to 10 GPa. The gradual structural phase transition from the initial trigonal  $P\bar{3}m1$  phase to the monoclinic  $C2/c$  phase via the intermediate  $P\bar{3}$  phase was observed at  $P \sim 1$  GPa. The triangular antiferromagnetic order with a propagation vector  $q = (1/3, 1/3, q_z)$  in the suppressed trigonal phase remains incommensurate, and the  $q_z$  value increases from 0.45 to 0.48 in the pressure range 0–2 GPa at  $T = 2$  K. The pressure coefficient of the Néel temperature is equal to  $(1/T_N)dT_N/dP = 0.09$  GPa<sup>-1</sup>. No evidence of the formation of the long-range magnetic order in the monoclinic phase was found.

*Kozlenko D.P. et al. The Effect of High Pressure on the Crystal Structure, Magnetic and Vibrational Properties of Multiferroic  $\text{RbFe}(\text{MoO}_4)_2$  // Phys. Rev. B. 2013. V. 87. P. 014112.*

The world's first advanced pelletized cold neutron moderator is prepared to be put into operation at the pulsed research reactor IBR-2M. It provides long wavelength neutrons to the most of neutron spectrometers at the beams of the IBR-2M reactor. Aromatic hydrocarbon is used as a material for cold moderators. It is a very attractive material because of its high radiation resistance, good moderating properties, incombustibility, etc. It is shown that the idea of bead transport by helium flow at cryogenic temperatures works properly. The recent progress and plans for the moderator development at the IBR-2M reactor, as well as the experimental results of bead transport, are discussed.

*Kulikov S. et al. Current Status of Development of Advanced Pelletized Cold Moderators for the IBR-2M Research Reactor // Part. Nucl., Lett. 2013. V. 10, No. 2 (179). P. 230–235.*

актора нейтронами с большой длиной волны. В качестве рабочего вещества применяются ароматические углеводороды. Этот материал очень привлекателен высокой радиационной стойкостью, хорошими замедляющими качествами, негорючестью и т. д. Показано, что идея транспорта шариков потоком гелия при криогенных температурах оказалась удачной. В работе обсуждаются планы развития, текущее состояние замедлителя на реакторе ИБР-2М, а также результаты экспериментов по транспорту шариков.

*Куликов С. А. и др.* Современное состояние разработки шариковых холодных замедлителей для исследовательского реактора ИБР-2М // Письма в ЭЧАЯ. 2013. Т. 10, № 2 (179). С. 230–235.

### Лаборатория информационных технологий

Сотрудниками ЛИТ ОИЯИ совместно с коллегами из ряда академических институтов Пущино (Института белка, Института теоретической и экспериментальной биофизики, Института биофизики клетки и Института математических проблем биологии) развиваются методы и алгоритмы количественного исследования поверхностей глобулярных и фибриллярных белков, ДНК и

РНК, позволяющие рассчитывать и строить различные карты рельефа молекулярных поверхностей белков и нуклеиновых кислот. Разработанные методы реализуются в программном комплексе, который предоставляет возможность детального анализа как отдельных участков, так и всей поверхности молекулы на атомарном уровне [1].

Другая проблема, решаемая совместно учеными Дубны и Пущино, — это проблема белок–ДНК узнавания. Предлагаемый подход состоит в том, чтобы разработать базы данных для отдельных семейств ДНК-узнающих белков, а затем объединить их по определенным правилам в единый банк данных контактов белок–ДНК. В настоящий момент разработана база данных аминокислотно-нуклеотидных контактов ANTPC (Amino acid Nucleotide Type Position Conservation) для функционально важного и обширного семейства белков, узнающих ДНК, — семейства гомеодоменов. Показано, что она может быть использована для сравнения и классификации интерфейсов комплексов белок–ДНК [2].

1. *Бедняков И. В. и др.* // Письма в ЭЧАЯ. 2013. Т. 10, № 5(182). С. 744–754.

### Laboratory of Information Technologies

LIT scientists in cooperation with their colleagues from academic institutes in Pushchino — the Institute of Protein, the Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, the Institute of Cell Biophysics, as well as the Institute of Mathematical Problems in Biology, have developed methods and algorithms for a qualitative analysis of the surfaces of globular and fibrillar proteins, DNA and RNA which allow one to calculate and construct various cards of the relief of the molecular surfaces of proteins and nucleic acids. The developed methods are implemented in a software complex which provides a way for a detailed analysis of both the fragments and the whole surface of the molecule at an atomic level [1].

Another problem which is being solved within this collaboration is a complex problem of the protein-DNA recognition. The proposed approach is based on the development of a database for separate families of DNA-recognizing proteins and then on their integration by specific rules into a unified protein-DNA contacts data bank. A database of amino acid–nucleotide contacts ANTPC (Amino acid Nucleotide Type Position Conservation) following the ar-

chotypical example of the proteins in the homeodomain family has been developed. It has been shown that it can be used for comparison and classification of interfaces of the protein–DNA complexes [2].

1. *Bednyakov I. V. et al.* // Part. Nucl., Lett. 2013. V. 10, No. 5(182). P. 744–754.

2. *Grokhlina T. I. et al.* // Part. Nucl., Lett. 2013. V. 10, No. 5(182). P. 755–762.

The work entitled “Transfer Ionization and Its Sensitivity to the Ground-State Wave Function” presents kinematically complete theoretical calculations and experiments for transfer ionization in  $H^+ + He$  collisions at 630 keV/u. Experiment and theory are compared on the most detailed level of fully differential cross sections in the momentum space. This allows one to unambiguously identify contributions from the shake-off and binary encounter mechanisms of the reaction. It is shown that the simultaneous electron transfer and ionization is highly sensitive to the quality of a trial initial-state wave function of helium.

*Schoffler M. S. et al.* // Phys. Rev. A. 2013. V. 87. P. 032715.

2. Грохлина Т.И. и др. // Письма в ЭЧАЯ. 2013. Т. 10, № 5(182). С.755–762.

В работе «Захват с ионизацией иона мишени и роль электронных корреляций в волновой функции мишени» представлены теоретически полные кинематические расчеты и эксперименты для реакции захвата  $H^+ + He$  с ионизацией иона мишени при энергии протона 630 кэВ. Экспериментальные результаты дают максимально достижимое дифференциальное сечение, что позволяет наиболее детально протестировать теорию. Выполненные оценки позволяют идентифицировать вклад механизма встряски и механизма последовательного выбивания электронов в данной реакции. Также показано, что дифференциальное сечение процесса захвата с одновременной ионизацией иона чрезвычайно чувствительно к качеству пробной волновой функции гелия.

*Schoffler M.S. et al. // Phys. Rev. A. 2013. V. 87. P. 032715.*

С помощью установки CBM исследована возможность регистрации распадов  $J/\psi \rightarrow e^+ e^-$ , рождающихся в Au–Au-соударениях при энергии пучка

25 ГэВ/нуклон. Для выделения сигнальных событий в условиях доминирующего фона разработаны специальные критерии отбора и подобрана оптимальная толщина мишени. Предложена эффективная методика определения критических границ для указанных критериев отбора. Показано, что используемые критерии позволяют надежно и с высокой скоростью осуществить набор приемлемой статистики распадов  $J/\psi \rightarrow e^+ e^-$ .

*Дереновская О. Ю., Васильев Ю. О.* Направлено в журнал «Письма в ЭЧАЯ».

### Учебно-научный центр

**Учебный процесс.** В конце июня 9 студентов базовой кафедры фундаментальных и прикладных проблем физики микромира МФТИ защитили бакалаврские и магистерские работы.

Получены заявки на проведение летней преддипломной практики студентами университета «Дубна», Белорусского государственного университета, Томского политехнического университета, Харьковского национального университета. Практику в лабораториях ОИЯИ будут проходить 55 человек (ЛТФ — 14,

A possibility of registering the  $J/\psi \rightarrow e^+ e^-$  decays, born in AuAu collisions at 25A GeV beam energy is investigated with the help of the CBM setup. In order to select the signal events from a dominant background, specific criteria were developed and an optimal thickness of the target was chosen. An efficient method was proposed to determine the critical limits for these selection criteria. It has been shown that the proposed set of criteria can be used to collect acceptable statistics of  $J/\psi \rightarrow e^+ e^-$  decays with a high speed.

*Derenovskaya O. Yu., Vassiliev I. O.* Submitted to “Part. Nucl., Lett.”.

### University Centre

**Educational Process.** At the end of June, 9 students from the MIPT Chair of Fundamental and Applied Problems of Microworld Physics defended their bachelor’s and master’s theses.

Applications for the summer undergraduate practice were submitted by the students from Dubna University, Belarussian State University, Tomsk Polytechnic University,

and Kharkiv National University. Fifty-five students are going to take their practice at JINR laboratories (BLTP — 14, VBLHEP — 14, FLNP — 11, FLNR — 11, RFMD — 2, DLNP — 2, LRB — 1).

On 27–28 May, JINR postgraduate students successfully passed their PhD examinations in philosophy and English.

**International Student Practice, Summer 2013.** On 13 May Practice 2013 began for the students from Egypt. Minister of Scientific Research and Technology of Egypt N.Zakaria, Culture Counsellor of Egyptian Embassy O.El-Serwy and Director of Egyptian Foundation for Fundamental Research M.Sakr took part in its official opening. The Practice was traditionally opened by the lectures on various fields of research conducted at JINR laboratories. The lectures were given by A. Vodopianov, D. Kamanin, A. Karpov, E. Krasavin, S. Pakulyak, T. Strizh, V. Shvetsov, G. Chelkov.

For three weeks 18 students from Egypt worked on the chosen research projects on the following subjects: Fast Parallel Computing (supervisors from LIT — E. Zemliyanaya, T. Sapozhnikova), Small Angle Neutron Scattering

ЛФВЭ — 14, ЛНФ — 11, ЛЯР — 11, ОРДВ — 2, ЛЯП — 2, ЛРБ — 1).

27–28 мая аспиранты ОИЯИ успешно сдали кандидатские экзамены по философии и английскому языку.

**Международная летняя студенческая практика 2013 г.** Практика начала работу 13 мая для студентов из Египта. В церемонии открытия приняли участие министр научных исследований и технологий Египта Н. Захария, советник по вопросам культуры посольства Египта У.Эль Серуи и директор Фонда фундаментальных исследований Египта М.Сакр. Практика традиционно открылась лекциями о направлениях исследований в лабораториях ОИЯИ. Лекции читали А.С. Водопьянов, Д.В. Каманин, А.В. Карпов, Е.А. Красавин, С.З. Пакуляк, Т.А. Стриж, В.Н. Швецов, Г.А. Шелков.

18 египетских студентов в течение трех недель работали над выбранными учебно-исследовательскими проектами по темам: «Быстрые параллельные вычисления» (ЛИТ, руководители Е.В. Земляная, Т.Ф. Сапожникова), «Малоугловые рассеяния нейтронов в нанонауке» (ЛНФ, А.И. Куклин), «Нейтронный активационный анализ» (ЛНФ, М.В. Фронтасьева), «Радиационная биология» (ЛРБ, Х.Т. Холмуродов), «Ядерная медицина» (ЛЯП, Г.В. Мицын, Е.М. Сыресин). Практику завершили отчеты-презентации студентов о выполненной работе.

С 7 июля — второй этап практики для студентов из стран Европы, а с 9 сентября — следующий этап для студентов из ЮАР.

**Школы.** С 8 по 12 апреля 20 студентов и аспирантов ОИЯИ, МФТИ, математического факультета Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) и Национального университета им. Т.Г. Шевченко (Киев, Украина) стали участниками школы-семинара «Интегрируемые структуры в квантовой теории поля». Школа-семинар была организована в рамках Боголюбовской программы ОИЯИ–Украина по теоретической физике со-

Дубна, май. Студенты из Египта, выполняющие учебно-исследовательские проекты в лабораториях ОИЯИ в рамках международной студенческой практики 2013 г.

Dubna, May. Students from Egypt carry out research projects at JINR laboratories in the framework of the International Student Practice 2013



in Nano Science (FLNP — A. Kuklin), Neutron Activation Analysis (FLNP — M. Frontasyeva), Radiation Biology (LRB — Kh. Kholmurodov), Nuclear Medicine (DLNP — G. Mitsyn, E. Syresin). The Practice was finished by presentation of reports on the fulfilled work.

On 7 July, the second stage of the Practice will start for the students from the European countries, and on September 9 for the students from South Africa.

**Schools.** On 8–12 April, a school-workshop “Integrable Structures in Quantum Field Theory” was held for 20 un-

dergraduate and graduate students from JINR, MIPT, the Department of Mathematics of the National Research University “Higher School of Economics”, and Shevchenko National University (Kiev, Ukraine). The school-workshop was organized in the framework of the Bogolyubov JINR–Ukraine programme on theoretical physics by the JINR UC in collaboration with MIPT (State University), the Department of Mathematics of the National Research University “Higher School of Economics” (NRU HSE), Kharkevich Institute for Information Transmission Problems of RAS (IITP RAS), and Bogolyubov ITP of NAS

вместно с МФТИ, математическим факультетом НИУ ВШЭ, Институтом проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН (ИППИ РАН), Институтом теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова НАН Украины. Лекции читали А. В. Забродин (ИБХФ РАН, Москва), А. В. Маршаков (ФИ РАН, Москва), О. О. Лисовой (Университет г. Тур, Франция), М. А. Берштейн (ИППИ РАН, ИТФ им. Л. Д. Ландау, Москва), А. В. Гамаюн (ИТФ НАН Украины), Н. З. Иоргов (ИТФ НАН Украины), П. Г. Гавриленко (НИУ ВШЭ, Москва).

**Видеоконференции.** 4 апреля состоялась видеоконференция (Дубна, УНЦ ОИЯИ – Кисловодск, МБОУ СОШ № 17) в рамках научно-практического веб-семинара «Исследовательская деятельность учащихся как основа реализации системно-деятельностного подхода». На вопросы учащихся школ Кисловодска, сел Кировского района Ставропольского края по теме «Синтез и свойства сверхтяжелых ядер» отвечали сотрудники ЛЯР В. К. Утенков и А. А. Воинов.

17 апреля в рамках объединенного семинара коллаборации RDMS CMS «Физика на Большом адронном коллайдере» (руководитель И. А. Голутвин) состоялось очередное заседание по теме «Свойства бозона Хиггса

и поиск явлений за рамками Стандартной модели» (докладчик В. Б. Гаврилов, ИТЭФ, Москва).

17 апреля состоялась четвертая видеоконференция Большой адронный коллайдер (Швейцария, Франция) – Ульяновск (Россия). В аудитории Лаборатории космических исследований Ульяновской секции Поволжского отделения Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского Ульяновского государственного университета собрались школьники, студенты и преподаватели.

24 апреля в актовом зале специализированного учебно-научного центра (факультета) — школы-интерната им. А. Н. Колмогорова Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (СУНЦ МГУ) для участия в видеоконференции с ЦЕРН собрались учащиеся СУНЦ МГУ, школ № 1329 и № 57 Москвы и школ Электростали.

Видеотрансляции семинаров традиционно осуществляются в Учебно-научном центре через систему управления видеоконференций ОИЯИ, в точке двустороннего доступа, с возможностью принять участие в заседании, задать вопросы и выступить в дискуссии.

**Визиты.** В период с марта по май были организованы ознакомительные экскурсии в лаборатории

of Ukraine. The lectures were given by A. Zabrodin (IBCF RAS, Moscow), A. Marshakov (IP RAS, Moscow), O. Lisovoy (Tours University, France), M. Berstein (ITP RAS, Landau ITP, Moscow), A. Gamayun (ITP NAS, Ukraine), N. Iorgov (ITP NAS, Ukraine), P. Gavrilenko (NRU HSE, Moscow).

**Video Conferences.** On 4 April, a video conference (Dubna, JINR UC–Kislovodsk municipal budgetary general education institution, secondary school No. 17) was held in the framework of the scientific and practical web-seminar “Research Activities of Students as a Basis for the Implementation of a System-Active Approach.” The questions asked by the pupils from Kislovodsk, Kirov Region villages (Stavropol Territory) on the “Synthesis and Properties of Superheavy Nuclei” were answered by the staff members of FLNR V. Utenkov and A. Voinov.

On 17 April, in the framework of the Joint Workshop of the RDMS CMS collaboration “Physics at LHC” (supervised by I. Golutvin) a regular meeting of the workshop on the “Properties of the Higgs Boson and the Search for Phenomena beyond the Standard Model” (reported by V. Gavrilov, ITEP, Moscow) took place.

On 17 April, the 4th video conference The LHC (Switzerland, France)–Ulyanovsk (Russia) was held. The pupils, students and teachers gathered in a lecture room of the Laboratory for Space Studies of Ulyanovsk section of the Volga Branch of the Tsiolkovsky Academy of Cosmonautics of Ulyanovsk State University.

On 24 April, in a lecture-room of the Specialized University Centre (department) – a boarding school named after A. Kolmogorov of Moscow State University (SUC MSU), the pupils and students from SUC MSU, Moscow schools No. 1329 and No. 57, and schools of Elektrostal were brought together to participate in a video conference with the European Center for Nuclear Research.

Live video of the seminars is traditionally provided through a video conferencing management system of JINR, where using the UC duplex access point one can take part in a meeting to ask questions and speak in the debate.

**Visits.** From March to May, excursions to the JINR laboratories guided by the Institute’s leading scientists were organized for pupils from Tver, Dmitrov, Dubna, and from schools and lycea of Moscow. On 23 May, an excursion to

Института для школьников Твери, Дмитрова, Дубны, а также ряда школ и лицеев Москвы в сопровождении ведущих ученых ОИЯИ. 23 мая для студентов 4-го курса МИФИ организована экскурсия в ЛЯР (Б. Н. Гикал).

17–18 июня для 20 учащихся физического кружка школы им. Дж. Кеннеди (Берлин) организованы лекции и экскурсии в ЛЯР (А. Г. Попеко), в ЛНФ, ЛЯП (Г. В. Мицын, С. В. Швидкий), экскурсии на ДВиН (М. Г. Сапожников) и на нуклотрон (Д. К. Дряблов). В лаборатории физического практикума УНЦ прошли практические занятия и лекции (И. А. Ломаченков). Экскурсии немецких школьников проводятся в летнее время уже третий год (куратор поездки — Х. Шеффтцук, ЛНФ).

**Подготовка и повышение квалификации рабочих, ИТР и служащих.** 23 мая 20 руководителей работников и специалистов ОИЯИ прошли предаттестационную подготовку в АНОО НПЦСП «Энергия» и были аттестованы в Территориальной аттестационной комиссии Ростехнадзора по промышленной безопасности опасных производственных объектов.

Для 24 руководителей работников и специалистов ОИЯИ 30 мая было организовано обучение в образовательном центре «Дубна» по программе «Пожарно-технический минимум» и аттестация в качестве лиц, ответственных за пожарную безопасность.

Дубна, 25 июня. Организаторы и слушатели школы ОИЯИ–ЦЕРН для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ



Dubna 25 June. Organizers and students of the JINR–CERN school for physics teachers from JINR Member States

the FLNR (B. Gikal) was held for fourth-year students from MEPI.

On 17–18 June, lectures and excursions to the FLNR (A. Popeko), FLNP, DLNP (G. Mitsyn, S. Shvidky), and excursions to DViN (M. Sapozhnikov) and Nuclotron (D. Dryablov) were organized for 20 students from the Kennedy School physics group (Berlin, Germany). In the UC laboratory of practical physics, workshops and lectures (I. Lomachenkov) were held. Excursions for German pupils have been organized in summer for three years (trip supervisor — Kh. Shefftsyuk, FLNP).

**Advanced Training and Qualification Improvement of Workmen, Engineers, Technicians and Staff Members.** On 23 May, 20 JINR executives and specialists passed preliminary certification at the Independent Noncommercial Educational Organization Scientific and Production Center of Personnel Certification “Energia” and were certified by the Territory Certification Commission of the RTN on industrial safety at hazardous industrial facilities.

On 30 May, 24 JINR executives and specialists were trained at the Educational Center “Dubna”, where they finished the programme “Basics of Fire Safety”, and were certified as responsible for fire safety.

*V. N. Pervushin, A. E. Pavlov*

## Принципы квантовой Вселенной

Одним из самых главных результатов исследований в астрофизике и космологии XX в. было появление данных наблюдений, свидетельствующих о *начале* Вселенной. Общепринято считать, что в конце XX в. и в начале нынешнего появились новые факты, говорящие о том, что сначала Вселенная была *пустой*. Вселенная вместе с ее материей возникла из *ничего*. Возникновение из *ничего* (т. е. из вакуума, на языке современной физики) может быть описано посредством квантования гравитационного поля. Следовательно, теория гравитации, адекватно описывающая возникновение Вселенной, должна быть *квантовой* с постулатом существования *вакуума* как состояния с наименьшей энергией. Как показано в монографии под названием «Принципы квантовой Вселенной», вышедшей на русском языке 19 июня в издательстве «Ламберт Академик Паблишинг» в ФРГ, возможность построения такой квантовой теории гравитации неизбежно возникает,

если классическую теорию гравитации последовательно вывести как совместную нелинейную реализацию конформной и аффинной симметрий посредством дифференциальных форм Картана и затем квантовать в терминах этих форм.

В рамках этой совместной нелинейной реализации конформной и аффинной симметрий дается интерпретация последних космологических наблюдательных данных по сверхновым, анизотропии температуры реликтового излучения, а также спектра масс электрослабых бозонов, включая частицы Хиггса с массой в интервале  $(130 \pm 15)$  ГэВ. Все эти наблюдательные и экспериментальные факты свидетельствуют о доминантности вакуумной энергии. При условии доминантности вакуумной энергии Казимира в пустом пространстве принцип минимального действия Планка определяет значение красного смещения  $z_I \sim 10^{15}$  и его скорость в начальный момент рождения Вселенной. Начальные

*V. N. Pervushin, A. E. Pavlov*

## Principles of Quantum Universe

One of the main results of research in astrophysics and cosmology in the 20th century was the revelation of observational data testifying to the *Beginning* of the Universe. It is generally accepted that at the end of the 20th century and at the beginning of the present one there appeared new facts proclaiming that the Universe was *void* at the Beginning. The Universe, together with its matter, arose from *nothing*. This genesis from *nothing* (i.e., from the *vacuum* in modern physics language) can be described by means of quantization of the gravitation field. Hence, the theory of gravitation adequately describing the Universe genesis is to be quantum with a postulate of the existence of the *vacuum* as a state of energy minimum. The present monograph (V. N. Pervushin, A. E. Pavlov. Principles of Quantum Universe. Monograph. 2013. Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, Germany. 423 pp. ISBN:978-3-

659-41551-7) is devoted to construction of such a *quantum* theory of gravitation. A possibility of the *quantum* theory of gravitation appears if the initial classical theory of gravitation is to be derived consequently as a joint nonlinear realization of conformal and affine symmetries by means of Cartan differential forms and then to be quantized in terms of these forms.

In the framework of the joint nonlinear realization of conformal and affine symmetries the interpretation of the latest cosmological observational data of Ia Supernovae, anisotropy of the primordial radiation temperature and the mass spectrum of electroweak bosons, including the Higgs particle mass in the expected region  $\sim (130 \pm 15)$  GeV, is given. All these observational and experimental data testify to the vacuum energy dominance. Under the condition of dominance of the vacuum Casimir energy in the empty

значения красного смещения и его скорости задают иерархию энергетических масштабов, включая современные значения параметра Хаббла, температуры реликтового излучения, масштаба масс Стандартной модели элементарных частиц и значение планковской массы в соответствии с наблюдательными данными. В совместной нелинейной реализации конформной и аффинной симметрий действия гравитации и Стандартной модели электрослабого взаимодействия описывают систему сжатых осцилляторов с несохраняющимися числами

заполнения гравитонов и частиц Хиггса. Вакуумная энергия Казимира является источником интенсивного космологического квантового рождения гравитонов и электрослабых бозонов, в том числе и частиц Хиггса, в пустой Вселенной в течение  $10^{-12}$  с. Распады электрослабых бозонов дают материальное содержание современной Вселенной, включая реликтовое излучение и ее барионную асимметрию. Книга основана на результатах, полученных авторами и опубликованных в [1–8].



space the Planck principle of minimal action defines the red shift value  $z_I \sim 10^{15}$  and its velocity at the initial moment of the Universe's birth. The initial data of the red shift and its velocity set the hierarchy of the energy scales, including the Hubble parameter, primordial radiation temperature, mass scales of the Standard Model of elementary particles and the Planck mass, in accordance with the observational data. In the joint nonlinear realization of conformal and affine symmetries the actions of the theory of gravitation and the Standard Model of the electroweak interactions describe a system of squeezed oscillators with non-conserved numbers of occupations of gravitons and Higgs particles. The vacuum Casimir energy is a source of intensive cosmological quantum creation of order  $10^{88}$  gravitons and electroweak bosons, including Higgs particles from the empty Universe during the first  $10^{-12}$  s. The products of decay of the electroweak bosons give the matter contents of the present day Universe, including primordial radiation and its baryon asymmetry. The book is based on results published by the authors in papers [1–8].

### Список литературы / References

1. Pavlov A. // Phys. Lett. A. 1992. V.165. P.211–214; P.215–216.
2. Pavlov A. // Int. J. Theor. Phys. 1995. V.34. P.961–968; 1996. V.35. P.2169–2190.
3. Behnke D. et al. // Phys. Lett. B. 2002. V.530. P.20–26.
4. Barbashov B. M. et al. // Phys. Lett. B. 2006. V.633. P.458–462.
5. Arbuzov A. B. et al. // Phys. Lett. B. 2010. V.691. P.230–233.
6. Zakharov A. F., Pervushin V. N. // Int. J. Mod. Phys. D. 2008. V.19. P.1875–1887.
7. Pervushin V. N. et al. arXiv:1209.4460 [hep-ph].
8. Pervushin V. N. et al. // Gen. Relativ. Gravit. 2012. V.44. P.2745–2783.

*Н. М. Плакида*

## Спин-флуктуационный механизм высокотемпературной сверхпроводимости в купратах

Несмотря на небывалую активность в исследовании высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП) в медно-оксидных соединениях (купратах) после ее открытия Беднорцем и Мюллером [1] в 1986 г., до сих пор отсутствует общепринятая теория этого явления. Было предложено несколько механизмов образования куперовских пар с зарядом  $2e$  в синглетном состоянии ( $S = 0$ ), из которых наиболее вероятными являются электрон-фононный (ЭФ) и спин-флуктуационный (СФ) механизмы [2]. Однако изотопический эффект в купратах при оптимальном легировании (максимальной температуре сверхпроводимости  $T_c$ ) необычайно мал, что ставит под сомнение чисто ЭФ-механизм [3]. Основная критика СФ-механизма основана на слабой интенсивности спиновых флуктуаций, наблюдаемых в нейтронных экспериментах при оптимальном легировании. В недавних экспериментах [4] по неупругому ре-

зонансному рассеянию рентгеновских лучей в широкой области легирования были обнаружены спиновые возбуждения с дисперсией и интенсивностью, близкими к антиферромагнитным (АФ) спиновым волнам в нелегированных купратах, что отвергает эту критику.

Главная проблема при теоретическом описании купратов обусловлена сильными электронными корреляциями, что не позволяет использовать для них приближение одночастичных возбуждений и стандартную зонную теорию. В частности, при половинном заполнении (один электрон на узел решетки) в противоречии с зонной теорией купраты — не металлы, а АФ-изоляторы с заполненной зоной одночастичных состояний и пустой зоной двухчастичных состояний. Диэлектрическая щель обусловлена сильным кулоновским взаимодействием на узлах меди  $U \sim 8$  эВ, значительно превышающим кинетическую энергию электронов  $t \sim 0,4$  эВ.

*N. M. Plakida*

## Spin-Fluctuation Mechanism of High-Temperature Superconductivity in Cuprates

Despite intensive studies of high-temperature superconductivity (HTSC) in copper-oxide compounds (cuprates) after the discovery by Bednorz and Müller [1] in 1986, a commonly accepted mechanism of this phenomenon is not still available. Several mechanisms of Cooper pair formation with charge,  $2e$  in the singlet state ( $S = 0$ ) were proposed, among which the most probable ones are the electron-phonon (EP) and spin-fluctuation (SF) mechanisms (see, e.g., [2]). However, the isotope effect in cuprates at an optimal doping (at the maximal temperature of superconductivity  $T_c$ ) is extremely small, which makes a purely EP mechanism of pairing doubtful [3]. The main argument against the SF mechanism is based on weak intensity of SF observed in neutron scattering experiments at the optimal doping. However, in recent resonance inelastic X-ray scattering experiments [4] spin excitations with the dispersion and spectral weight similar to those of antiferromagnetic (AF) spin waves in undoped cuprates were observed in a broad region of doping, which dismissed this criticism.

The main problem in the theory of cuprates is related to strong electron correlations, which precludes from using a single-particle approximation and the conventional band-structure theory. In particular, contrary to the band theory, at half-filling (one electron per lattice site) cuprates are not metals but AF insulators with the filled singly-occupied band and empty doubly-occupied band. The insulating gap is induced by a strong Coulomb interaction on the copper sites  $U \sim 8$  eV much larger than the electron kinetic energy  $t \sim 0.4$  eV. Therefore, in the theory of cuprates the two-subband Hubbard model should be considered with the singly-occupied and doubly-occupied bands described by composite Hubbard operators. The Hubbard operators obey complicated commutation relations resulting in a specific *kinematic interaction* of electrons. To elucidate the mechanism of HTSC in cuprates, we consider in [5] the extended Hubbard model in the limit of strong correlations ( $U \gg t$ ) where intersite Coulomb repulsion  $V_{ij}$  and sufficiently strong EP interaction  $g_{ij} \sim 2$  eV are also taken into account. In the case of *d*-wave pairing, EP interaction is

Поэтому для описания купратов необходимо рассмотреть двухзонную модель Хаббарда для одночастичных и двухчастичных состояний, используя технику составных операторов — операторов Хаббарда. Эти операторы имеют сложные коммутационные соотношения, приводящие к специфическому *кинематическому взаимодействию* электронов. Чтобы прояснить механизм ВТСП в купратах, в нашей работе [5] мы рассмотрели расширенную модель Хаббарда в пределе сильных корреляций ( $U \gg t$ ), учитывающую также межзольное кулоновское отталкивание  $V_{ij}$  и достаточно сильное ЭФ-взаимодействие  $g_{ij} \sim 2$  эВ. В случае  $d$ -волнового спаривания ЭФ-взаимодействие оказывается подавленным, в то время как достаточно сильное *кинематическое взаимодействие* со спин-флуктуационным механизмом приводит к высокотемпературной сверхпроводимости.

Расширенная модель Хаббарда имеет вид

$$H = \sum_{t \neq j, \sigma} t_{ij} a_{i\sigma}^\dagger a_{j\sigma} + \left(\frac{U}{2}\right) \sum_{i, \sigma} N_{i\sigma} N_{i\bar{\sigma}} + \left(\frac{1}{2}\right) \sum_{i \neq j} V_{ij} N_i N_j + \sum_{i, j} g_{ij} N_i u_j, \quad (1)$$

где матрица  $t_{ij}$  описывает перескоки электронов со спином  $\sigma = \pm(1/2)$  между ближайшими ( $t_{ij} = t$ ) и следующими ( $t_{ij} = t'$ ) узлами решетки ( $i, j$ ). Взаимодействие электронов определяется одноузельным  $U \gg t$  и между-

зельным  $V_{ij}$  кулоновским взаимодействием и ЭФ-взаимодействием  $g_{ij}$  с колебаниями решетки  $u_j$ . Учитывая две хаббардовские подзоны, операторы электронов  $a_{i\sigma}$  записываем через операторы Хаббарда  $X_i^{\alpha\beta}$  для одночастичных ( $N_{i\sigma} = 0$ ) и двухчастичных ( $N_{i\sigma} = 1$ ) состояний:

$$a_{i\sigma} = a_{i\sigma}(1 - N_{i\bar{\sigma}}) + a_{i\sigma} N_{i\bar{\sigma}} \equiv X_i^{0\sigma} + X_i^{\bar{\sigma}2}, \quad (2)$$

$$N_{i\sigma} = a_{i\sigma}^\dagger a_{i\sigma}, \quad \bar{\sigma} = -\sigma.$$

Подставляя (2) в (1), составим уравнения движения для операторов Хаббарда

$$i \frac{d}{dt} X_i^{\sigma 2} = [a_{i\sigma}^\dagger a_{i\sigma} a_{i\bar{\sigma}}, H] =$$

$$= U X_i^{\sigma 2} - \sum_m (V_{im} N_m + g_{im} u_m) X_i^{\sigma 2} +$$

$$+ \sum_m t_{im} \left\{ \sum_{\sigma'} (B_{i\sigma\sigma'}^{22} X_m^{\sigma' 2} - 2\sigma B_{i\sigma\sigma'}^{21} X_m^{0\sigma'}) - \right.$$

$$\left. - X_i^{02} (X_m^{0\sigma} + 2\sigma X_m^{2\bar{\sigma}}) \right\}, \quad (3)$$

где коммутационные соотношения для операторов Хаббарда приводят к появлению операторов бозевского типа — числа частиц  $N_i$  и спина  $S_i^z, S_i^\pm$ :

$$B_{i\sigma\sigma'}^{22} = \left(\frac{N_i}{2} + S_i^z\right) \delta_{\sigma'\sigma} + S_i^\sigma \delta_{\sigma'\bar{\sigma}},$$

$$B_{i\sigma\sigma'}^{21} = \left(\frac{N_i}{2} + S_i^z\right) \delta_{\sigma'\sigma} - S_i^\sigma \delta_{\sigma'\bar{\sigma}},$$

$$N_i = \sum_{\sigma} X_i^{\sigma\sigma} + 2X_i^{22}, \quad S_i^z = \sigma [X_i^{\sigma\sigma} - X_i^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}}], \quad S_i^\sigma = X_i^{\sigma\bar{\sigma}},$$

suppressed, while strong *kinematic interaction* with SF results in high-temperature superconductivity.

The extended Hubbard model reads:

$$H = \sum_{t \neq j, \sigma} t_{ij} a_{i\sigma}^\dagger a_{j\sigma} + \left(\frac{U}{2}\right) \sum_{i, \sigma} N_{i\sigma} N_{i\bar{\sigma}} + \left(\frac{1}{2}\right) \sum_{i \neq j} V_{ij} N_i N_j + \sum_{i, j} g_{ij} N_i u_j, \quad (1)$$

where the matrix  $t_{ij}$  describes hopping of electrons with spin  $\sigma = \pm(1/2)$  between the nearest ( $t_{ij} = t$ ) and next ( $t_{ij} = t'$ ) lattice sites ( $i, j$ ). Interaction between electrons is defined by the single-site  $U \gg t$  and intersite  $V_{ij}$  Coulomb repulsion and EP interaction  $g_{ij}$  with lattice displacements  $u_j$ . By taking into account two Hubbard subbands the electron operators  $a_{i\sigma}$  are written in terms of the Hubbard operators  $X_i^{\alpha\beta}$  for the singly-occupied ( $N_{i\sigma} = 0$ ) and the doubly-occupied ( $N_{i\sigma} = 1$ ) states:

$$a_{i\sigma} = a_{i\sigma}(1 - N_{i\bar{\sigma}}) + a_{i\sigma} N_{i\bar{\sigma}} \equiv X_i^{0\sigma} + X_i^{\bar{\sigma}2}, \quad (2)$$

$$N_{i\sigma} = a_{i\sigma}^\dagger a_{i\sigma}, \quad \bar{\sigma} = -\sigma.$$

Introducing (2) into (1), we write down the equation of motion for the Hubbard operators

$$i \frac{d}{dt} X_i^{\sigma 2} = [a_{i\sigma}^\dagger a_{i\sigma} a_{i\bar{\sigma}}, H] =$$

$$= U X_i^{\sigma 2} - \sum_m (V_{im} N_m + g_{im} u_m) X_i^{\sigma 2} +$$

$$+ \sum_m t_{im} \left\{ \sum_{\sigma'} (B_{i\sigma\sigma'}^{22} X_m^{\sigma' 2} - 2\sigma B_{i\sigma\sigma'}^{21} X_m^{0\sigma'}) - \right.$$

$$\left. - X_i^{02} (X_m^{0\sigma} + 2\sigma X_m^{2\bar{\sigma}}) \right\}, \quad (3)$$

where the commutation relations for the Hubbard composite operators result in emerging of the Bose-like particle number  $N_i$  and spin  $S_i^z, S_i^\pm$  operators:

$$B_{i\sigma\sigma'}^{22} = \left(\frac{N_i}{2} + S_i^z\right) \delta_{\sigma'\sigma} + S_i^\sigma \delta_{\sigma'\bar{\sigma}},$$

$$B_{i\sigma\sigma'}^{21} = \left(\frac{N_i}{2} + S_i^z\right) \delta_{\sigma'\sigma} - S_i^\sigma \delta_{\sigma'\bar{\sigma}},$$

$$N_i = \sum_{\sigma} X_i^{\sigma\sigma} + 2X_i^{22}, \quad S_i^z = \sigma [X_i^{\sigma\sigma} - X_i^{\bar{\sigma}\bar{\sigma}}], \quad S_i^\sigma = X_i^{\sigma\bar{\sigma}},$$

which determines the *kinematic interaction* proportional to the kinetic energy  $t_{ij}$  with a characteristic value  $t \sim 0.4$  eV.

Using equations of motion similar to (3), we obtain a self-consistent system of equations for the normal Green function (GF) and the anomalous GF for Cooper pairs. Within the strong coupling Eliashberg theory an equation for the superconducting gap function  $\varphi(\mathbf{k}, \omega_n)$  and  $T_c$  can be written in the form:

определяющих кинематическое взаимодействие, пропорциональное кинетической энергии  $t_{ij}$  с характерной величиной  $t \sim 0,4$  эВ.

Пользуясь далее уравнениями движения типа (3), получаем самосогласованную систему уравнений для функций Грина (ФГ) в нормальном состоянии и аномальных ФГ куперовских пар. В рамках теории сильной связи Элиашберга находим уравнение для сверхпроводящей щели  $\varphi(\mathbf{k}, \omega_n)$  и  $T_c$ :

$$\varphi(\mathbf{k}, \omega_n) = \frac{T_c}{N} \sum_q \sum_m \frac{\varphi(\mathbf{q}, \omega_m)}{[\omega_m Z(\mathbf{q}, \omega_m)]^2 + [\varepsilon(\mathbf{q}) + X(\mathbf{q}, \omega_m)]^2} \times \left\{ J(\mathbf{k}-\mathbf{q}) - V(\mathbf{k}-\mathbf{q}) - |t(\mathbf{q})|^2 \chi_{\text{sf}}(\mathbf{k}-\mathbf{q}, \omega_n - \omega_m) + |g(\mathbf{k}-\mathbf{q})|^2 \chi_{\text{ph}}(\mathbf{k}-\mathbf{q}, \omega_n - \omega_m) \right\}, \quad (4)$$

где  $J(\mathbf{q})$  и  $V(\mathbf{q})$  — АФ обменное взаимодействие и межузельное кулоновское отталкивание, не зависящие от энергии рассеяния, в то время как взаимодействие электронов со спиновыми возбуждениями  $\sim |t(\mathbf{q})|^2$  и фононами  $\sim |g(\mathbf{q})|^2$  определяется частотно-зависящими функциями, спиновой и фононной восприимчивостями:

$$\chi_{\text{sf}}(\mathbf{q}, \omega) = -\langle\langle \mathbf{S}_{\mathbf{q}} | \mathbf{S}_{-\mathbf{q}} \rangle\rangle_{\omega}, \quad (5)$$

$$\chi_{\text{ph}}(\mathbf{q}, \omega) = -\langle\langle u_{\mathbf{q}} | u_{-\mathbf{q}} \rangle\rangle_{\omega}.$$

Функции  $Z(\mathbf{q}, \omega_n)$  и  $X(\mathbf{q}, \omega_n)$  определяют перенормировку спектра электронов  $\varepsilon(\mathbf{q})$  в нормальном состоянии, где  $1/Z(\mathbf{q}, \omega_n)$  — квазичастичный вес.

$$\varphi(\mathbf{k}, \omega_n) = \frac{T_c}{N} \sum_q \sum_m \frac{\varphi(\mathbf{q}, \omega_m)}{[\omega_m Z(\mathbf{q}, \omega_m)]^2 + [\varepsilon(\mathbf{q}) + X(\mathbf{q}, \omega_m)]^2} \times \left\{ J(\mathbf{k}-\mathbf{q}) - V(\mathbf{k}-\mathbf{q}) - |t(\mathbf{q})|^2 \chi_{\text{sf}}(\mathbf{k}-\mathbf{q}, \omega_n - \omega_m) + |g(\mathbf{k}-\mathbf{q})|^2 \chi_{\text{ph}}(\mathbf{k}-\mathbf{q}, \omega_n - \omega_m) \right\}, \quad (4)$$

where  $J(\mathbf{q})$  and  $V(\mathbf{q})$  are the AF exchange interaction and intersite Coulomb repulsion which do not depend on the scattering energy, while electron interactions with spin fluctuations  $\sim |t(\mathbf{q})|^2$  and phonons  $\sim |g(\mathbf{q})|^2$  are determined by the frequency-dependent functions, the spin and phonon susceptibility, respectively:

$$\chi_{\text{sf}}(\mathbf{q}, \omega) = -\langle\langle \mathbf{S}_{\mathbf{q}} | \mathbf{S}_{-\mathbf{q}} \rangle\rangle_{\omega}, \quad (5)$$

$$\chi_{\text{ph}}(\mathbf{q}, \omega) = -\langle\langle u_{\mathbf{q}} | u_{-\mathbf{q}} \rangle\rangle_{\omega}.$$

The functions  $Z(\mathbf{q}, \omega_n)$  and  $X(\mathbf{q}, \omega_n)$  determine the renormalization of the electron spectrum  $\varepsilon(\mathbf{q})$  in the normal state where  $1/Z(\mathbf{q}, \omega_n)$  is the quasiparticle weight.

To elucidate a role of various interactions in the superconducting pairing, we consider a weak-coupling approximation in Eq. (4) when the spectrum renormalization in the normal state is neglected,  $Z(\mathbf{q}, \omega_n) = 0$ ,  $X(\mathbf{q}, \omega_n) = 0$ , and the susceptibilities (5) are taken in the static limit,  $\omega_n = 0$ . In this approximation Eq. (4) for the gap function with the

Для выяснения роли различных взаимодействий в сверхпроводящем спаривании рассмотрим приближение слабой связи в уравнении (4), когда можно пренебречь перенормировкой спектра в нормальном состоянии,  $Z(\mathbf{q}, \omega_n) = 0$ ,  $X(\mathbf{q}, \omega_n) = 0$ , а восприимчивости (5) берутся в статическом пределе,  $\omega_n = 0$ . В этом приближении уравнение для щели с  $d$ -волновой симметрией  $\varphi(\mathbf{k}) \propto \eta(\mathbf{k}) = (\cos k_x - \cos k_y)$  принимает вид

$$1 = \sum_q [\eta(\mathbf{q})]^2 \frac{1}{2\varepsilon(\mathbf{q})} \tanh\left(\frac{\varepsilon(\mathbf{q})}{2T_c}\right) \times \left\{ J - \hat{V}_c - |t(\mathbf{q})|^2 \hat{\chi}_{\text{sf}} + \hat{V}_{\text{ep}} \right\}. \quad (6)$$

Здесь константы определяются  $L = 2$  гармониками взаимодействий в (4):

$$\hat{V}_c = \sum_k V_k \cos k_x, \quad \hat{\chi}_{\text{sf}} = \sum_k \chi_{\text{sf}}(\mathbf{k}) \cos k_x, \quad (7)$$

$$\hat{V}_{\text{ep}} = \sum_k |g_k|^2 \chi_{\text{ph}}(\mathbf{k}) \cos k_x.$$

Вычисление этих параметров для определенных моделей взаимодействия [5] дает следующие оценки:  $J \approx 0,15$  эВ,  $\hat{V}_c \approx 0,2$  эВ,  $\hat{V}_{\text{ep}} \approx 0,8$  эВ. Отметим, что в часто используемом приближении среднего поля  $J - \hat{V}_c < 0$  и сверхпроводимость подавлена (нет решенный типа резонирующих валентных связей [6]). Спин-флуктуационный вклад в (6) оказывается положительным, так как  $\chi_{\text{sf}}(\mathbf{k})$  имеет острый максимум при АФ

$d$ -wave symmetry,  $\varphi(\mathbf{k}) \propto \eta(\mathbf{k}) = (\cos k_x - \cos k_y)$  takes the form:

$$1 = \sum_q [\eta(\mathbf{q})]^2 \frac{1}{2\varepsilon(\mathbf{q})} \tanh\left(\frac{\varepsilon(\mathbf{q})}{2T_c}\right) \times \left\{ J - \hat{V}_c - |t(\mathbf{q})|^2 \hat{\chi}_{\text{sf}} + \hat{V}_{\text{ep}} \right\}. \quad (6)$$

Here the coupling constants are defined by the  $L = 2$  harmonics of the interaction in Eq. (4):

$$\hat{V}_c = \sum_k V_k \cos k_x, \quad \hat{\chi}_{\text{sf}} = \sum_k \chi_{\text{sf}}(\mathbf{k}) \cos k_x, \quad (7)$$

$$\hat{V}_{\text{ep}} = \sum_k |g_k|^2 \chi_{\text{ph}}(\mathbf{k}) \cos k_x.$$

Calculation of these parameters for particular models of interactions (see Ref. [5]) gives the following estimations:  $J \approx 0.15$  eV,  $\hat{V}_c \approx 0.2$  eV,  $\hat{V}_{\text{ep}} \approx 0.8$  eV. Note that in the frequently used mean-field approximation  $J - \hat{V}_c < 0$ , and superconductivity is suppressed (in particular, there is no resonating valence bond solution [6]). Spin-fluctuation contribution in (6) appears to be positive since  $\chi_{\text{sf}}(\mathbf{k})$  has a sharp maximum at the AF wave vector  $\mathbf{Q} = (\pi, \pi)$ , and integration over  $\mathbf{k}$  in Eq. (7) gives  $\hat{\chi}_{\text{sf}} < 0$ . This results in attraction in the spin-wave channel with a large coupling constant  $\hat{V}_{\text{sf}} \approx -4t\hat{\chi}_{\text{sf}} \approx 2$  eV for  $t = 0.4$  eV.

волновом векторе  $\mathbf{Q} = (\pi, \pi)$ , и интегрирование по  $\mathbf{k}$  в (7) дает  $\hat{\chi}_{sf} < 0$ . В результате в спин-волновом канале возникает притяжение с большой константой связи  $\hat{V}_{sf} \approx -4t\hat{\chi}_{sf} \approx 2$  эВ для  $t = 0,4$  эВ.

На рис.1 сравниваются  $T_c$ , вычисленные в приближении слабой связи (6) и сильной связи (4), где сплошная линия определяет  $T_c$  при учете всех вкладов, штриховая — при учете только СФ-вклада и штрихпунктирная на левой панели — ЭФ-вклада. Уменьшение  $T_c$  в случае сильной связи (4) на порядок до значений  $T_c \approx 0,02t \approx 100$  К обусловлено сильной перенормировкой квазичастичного веса за счет  $Z(\mathbf{q}) \approx 3$  для  $\delta < 0,25$  (рис. 2), в результате чего только ЭФ-взаимодействие дает низкую  $T_c$ , не показанную на правой панели рис. 1.

Рис. 1. Зависимость  $T_c$  от концентрации дырок  $\delta$ : в приближении (6) (слева) и (4) (справа)

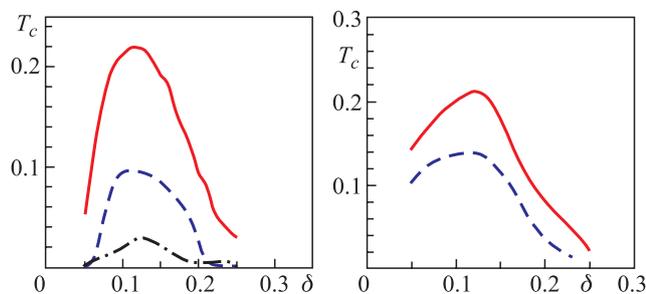


Fig. 1.  $T_c$  dependence on the hole concentration  $\delta$ : by Eq. (6) (left panel) and Eq. (4) (right panel)

In Fig. 1, we compare  $T_c$  computed in the weak-coupling approximation (6) and in the strong-coupling theory (4). The bold line shows  $T_c$  when all contributions are taken into account, the dashed line refers for the SF contribution only and the dash-dotted line in the left panel refers to the EP contribution only. The reduction of  $T_c$  in the strong-coupling theory (4) by an order of magnitude down to  $T_c \approx 0.02t \approx 100$  K is related to strong renormalization of the quasiparticle weight,  $Z(\mathbf{q}) \approx 3$  for  $\delta < 0.25$  (see Fig. 2). This results in a low  $T_c$  not shown in the right panel of Fig. 1.

The wave-vector dependence of the superconducting gap in the Brillouin zone is close to the conventional  $d$ -wave symmetry and its energy dependence reveals an important role of high-energy spin-fluctuation excitations in the superconducting pairing in agreement with experiments [5].

In summary, within the developed microscopic theory we propose a *new mechanism of HTSC* in cuprates induced by *kinematic interaction* of the Hubbard operators in the limit of strong correlations, which results in electron pairing mediated by spin fluctuations with a large coupling constant.

Зависимость сверхпроводящей щели от волнового вектора в зоне Бриллюэна близка к стандартной  $d$ -волновой симметрии, а энергетическая зависимость щели показывает существенную роль высокоэнергетических спиновых флуктуаций в сверхпроводящем спаривании в согласии с экспериментом [5].

Таким образом, в рамках развитой нами микроскопической теории предложен *новый механизм ВТСП* в купратах, обусловленный *кинематическим взаимодействием* операторов Хаббарда в пределе сильных корреляций и спариванием электронов за счет спиновых флуктуаций с большой константой связи.

Рис. 2. Зависимость  $Z(\mathbf{q}, 0)$  для  $\delta = 0,05-0,35$

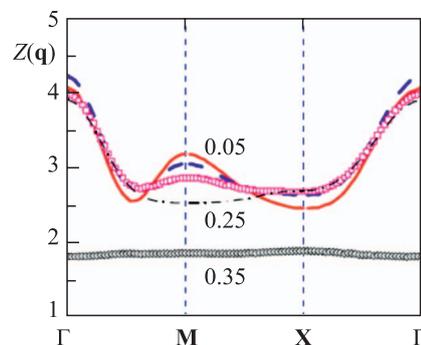


Fig. 2.  $Z(\mathbf{q}, 0)$  for hole concentrations  $\delta = 0.05-0.35$

### Список литературы / References

1. Bednorz J.G., Müller K.A. // Zs. Phys. B. 1986. V.64. P.189.
2. Plakida N.M. High-Temperature Cuprate Superconductors. Springer Series in Solid-State Sciences. V.166. Chap.7. Berlin: Springer-Verlag, 2010.
3. Maksimov E.G., Kulić M.L., Dolgov O.V. // Adv. in Cond. Mat. Phys. Article ID. 2010. P.423725. DOI: 10.1155/2010/423725.
4. Le Tacon M. et al. // Nature Phys. 2011. V. 7. P. 725.
5. Plakida N.M., Oudovenko V.S. // Eur. Phys. J. B. 2013. V. 86. P. 115.
6. Anderson P.W. // Science. 1987. V.235. P.1196.

*Г. Д. Алексеев, Л. Н. Глonti, В. Д. Кекелидзе, В. Л. Малышев,  
А. А. Пискун, Ю. К. Потребеников, В. К. Родионов,  
В. А. Самсонов, В. В. Токменин, С. Н. Шкаровский*

## **Круглая дрейфовая строу-камера для работы в вакууме**

Цель настоящей работы — создание действующей в вакууме круглой камеры (рис. 1) из тонкостенных майларовых трубок (строу), полностью собираемых вне камеры [1]. Такая камера имеет важные преимущества перед камерой прямоугольной формы. У нее отсутствуют мертвые зоны в углах, она требует существенно меньше дорогостоящих трубок и не нуждается в дополнительной несущей конструкции. Такие камеры, имеющие малое количество вещества вдоль пучка, востребованы для экспериментов по изучению очень редких процессов, проведение которых в настоящее время планируется в нескольких ядерных центрах мира.

Дрейфовые трубки из майлара толщиной 36 мкм и диаметром 9,80 мм изготавливались ультразвуковой сваркой вдоль образующей. Установка и технология сварки трубок были разработаны в ОИЯИ. Исследование таких трубок показало, что их высокой прямолинейности в камере можно достичь только при строго коаксиальном расположении трубок в наконечниках.

Дрейфовые трубки в работе полностью собирались вне камеры, включая и анодную проволоку (рис. 2). При этом изготовление камеры и сборку трубок можно проводить независимо и параллельно, что позволяет тестировать трубки заранее и сокращает время полной сборки. Трубки в камере уплотняются без клея, ва-

*G. D. Alexeev, L. N. Glonti, V. D. Kekelidze, V. L. Malyshev,  
A. A. Piskun, Yu. K. Potrebenikov, V. K. Rodionov,  
V. A. Samsonov, V. V. Tokmenin, S. N. Shkarovskiy*

## **The Round Straw Drift Chamber Operating in Vacuum**

The goal of this work was to design a round straw (thin-wall tube) drift chamber operating in vacuum (Fig. 1) with drift tubes independently assembled and mounted in the chamber as the best alternative to the rectangular detector [1].

There are no dead zones in the corners; consumption of expensive tubes reduces  $\geq 25\%$  and it does not need an additional load carrying structure. Such chambers are designed in several nuclear centres and can be applied at the study of very rare decays where minimal energy loss is important.

The straw tubes used in this work were manufactured with 36  $\mu\text{m}$  flexible Mylar film with inner diameter 9.80 mm, using ultrasonic welding along the generatrix.

The welding device and methods were developed at JINR. The investigations with tensioned tubes have shown that it is possible to obtain their high linearity only with the initial coaxial location of the tubes in the end plugs.

Drift tubes with end plugs, anode wires and spacers were completely assembled outside the chamber (Fig. 2). For tube assembly we used “self-centering” hexagonal bushes and spacers (with the anode wire running through). They increase precise setting of the anode wires and tubes. The chamber manufacture and tube assembly can be performed independently and in parallel; this sufficiently reduces the total time of chamber manufacturing and allows tubes to be tested outside the chamber. Tubes in the chamber are sealed with the O-rings without gluing.

кумными кольцами. Для их сборки использовались самоцентрирующие шестигранные втулки и спейсеры, которые увеличивают точность расположения анодных проволок и трубок.

Рис. 1. Конструкция круглой дрейфовой камеры: 1 — камера; 2 — отверстия для трубок; 3 — трубки

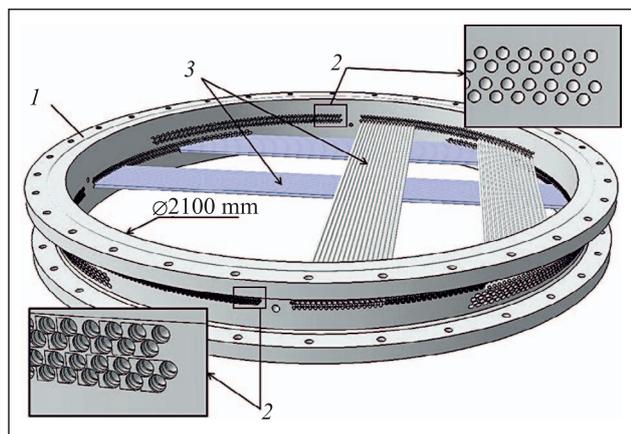


Fig. 1. The two-coordinate round chamber design: 1 — chamber; 2 — holes for tubes; 3 — tubes

Центрирующие свойства шестигранных втулок и спейсеров основываются на различии длины круга и периметра вписанного в него шестиугольника. Эта разница позволяет шестигранной втулке легко входить в

Рис. 2. Полностью собранные трубки с наконечниками: 1 — дрейфовая трубка; 2 — втулки; 3 — шестигранные наконечники; 4 — изолирующие вставки; 5 — гайка; 6 — анодная проволока; 7 — шестиугольные спейсеры; 8 — поддержка трубки; 9 — медный фиксатор проволоки; 10 — газовые патрубки; 11 — кольцевые уплотнения

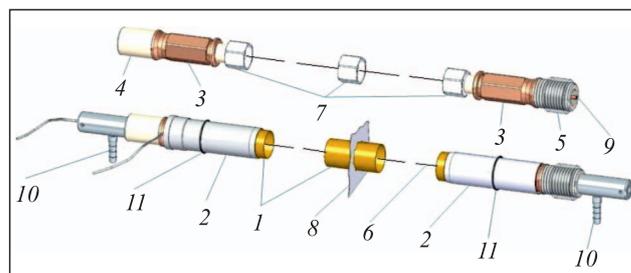


Fig. 2. Completely assembled drift tube with end plugs: 1 — drift tube; 2 — sleeves; 3 — hexagonal bushes; 4 — insulating inserts; 5 — nut; 6 — anode wire; 7 — hexagonal spacers; 8 — film strip support; 9 — copper pin; 10 — gas connectors; 11 — O-rings

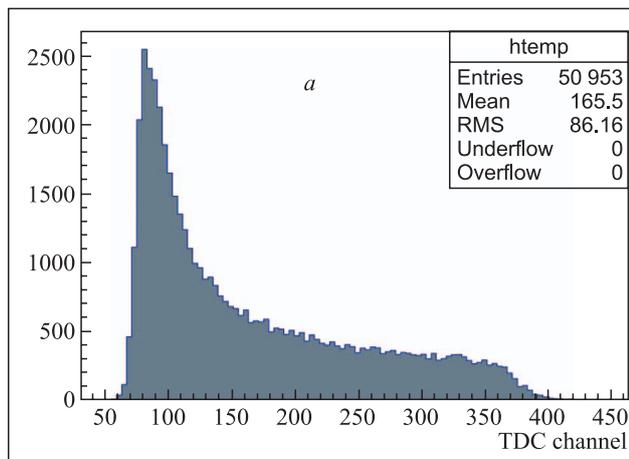


Рис. 3. Рабочие характеристики трубок: временной спектр (а), зарядовый спектр ( $^{55}\text{Fe}$ ) (б)

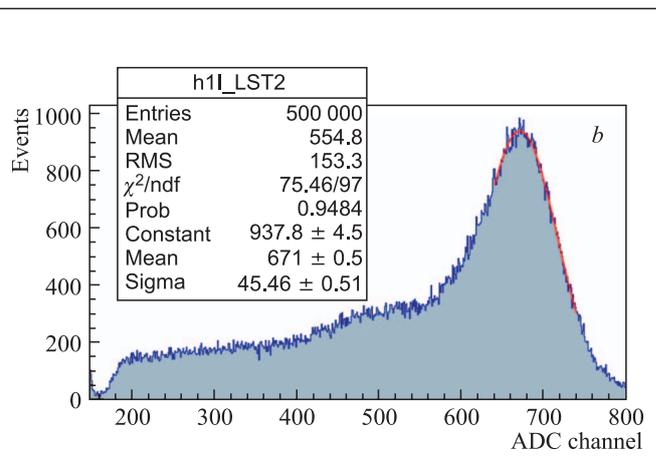


Fig. 3. The prototype tubes' working characteristics: (a) TDC spectrum; (b) charge spectrum ( $^{55}\text{Fe}$ )

The centering properties of the hexagonal bushes and spacers are based on the difference between the circumference and perimeter of the hexagon inscribed in it. This difference allows the hexagonal bush to enter easily the tube at both the minimal and maximal diameter and center it in the sleeve, which is impossible for a round bush of the same diameter.

The design and technology were tested on the prototype. It is a stainless steel vacuum tube 2160 mm long, which has the ends with pairs of precise coaxial holes ( $\pm 30 \mu\text{m}$ ) for the tubes. Assembled tubes were mounted

into the prototype and its performance characteristics were measured under the vacuum conditions (Fig. 3). Single channel amplifier-discriminator boards which are more stable against cross talks were used for testing the tubes. The results demonstrated that both the structure and the tubes themselves operate normally [2, 3]. They are suitable for making a full-scale drift chamber for vacuum whose design is seen in Fig. 1.

At present a set of cosmic ray data for studying coordinate accuracy along the tubes is continued.

трубку в пределах ее разброса по диаметру и центрировать ее во втулке, что невозможно для круглой втулки такого же диаметра.

Технология сборки трубок этой конструкции была осуществлена на прототипе. Он представляет собой трубу из нержавеющей стали длиной 2160 мм с точными ( $\pm 30$  мкм) коаксиальными парами отверстий для трубок на концах. Собранные трубки установлены в прототипе и измерены их рабочие характеристики в условиях вакуума (рис. 3). Для вывода данных использовались одноканальные усилители-дискриминаторы, имеющие минимальные перекрестные наводки. Полученные результаты показали нормальную работоспособность трубок [2, 3]. Их можно использовать для создания полномасштабной камеры большого размера.

В настоящее время продолжается набор данных на космических лучах для исследования координатной точности вдоль всей длины дрейфовых трубок.

#### Список литературы / References

1. Glonti L.N. et al. RF Patent No. 2465620, 12.04.11.
2. Alexeev G.D. et al. // XII Pisa Meeting on Advanced Detectors, 21–25 May 2012.
3. Alexeev G.D. et al. // Nucl. Instr. Meth. A. 2013. V. 718. P. 421.

*И. А. Бобриков, А. М. Балагуров*

## Исследование Li-ионных аккумуляторов в реальном времени с помощью нейтронной дифракции

Литиевые аккумуляторы (ЛА) прочно вошли в нашу повседневную жизнь, сейчас их можно найти в самых разнообразных устройствах — от мобильного телефона до авиалайнера. Главными достоинствами ЛА являются низкий саморазряд, сравнительно большая емкость и число циклов заряда–разряда. Эксплуатационные особенности ЛА определяются материалами, которые применяются в качестве анода, катода и (в меньшей степени) сепаратора между ними. Одним из эффективных сочетаний анод–катод являются графит и литий-феррофосфат (LFP). LFP имеет большую теоретическую емкость и низкую стоимость производства, безопасен в эксплуатации и стабилен при высоких температурах. Однако плохая электропроводность LFP ограничивает емкость аккумулятора, и актуальной задачей является поиск путей ее увеличения. Недавно появились работы (например, [1]), в которых показано, что катионное допирование LFP такими элементами, как Ti, Zr, V, Nb, W, улучшает ионную проводимость при больших токах. Изучение структурного поведения LFP, допированного ванадием, при заряде и разряде

*I. A. Bobrikov, A. M. Balagurov*

## Real-Time Neutron Diffraction Study of Li-Ion Batteries

Lithium Batteries (LB) have become an inalienable part of our daily lives; they can now be found in a wide variety of devices from mobile phones to airliners. The main advantages of LB are low self-discharge, a relatively large capacity and a comparatively high number of charge-discharge cycles. Operational features of LB are defined by the materials used as the anode, cathode, and (to a lesser extent) the separator between them. One of the most efficient anode-cathode combinations is graphite and lithium ferrophosphate (LFP). LFP has a large theoretical capacity and low production cost; it is safe to operate and stable at high temperatures. However, poor conductivity of LFP limits the capacity of the battery, thus making it a pressing task to find ways of increasing LFP conductivity. Recent works (for example, [1]) have demonstrated that cationic doping of LFP with the elements, such as Ti, Zr, V, Nb, W, improves ionic conductivity at high currents. The study of structural behavior of vanadium-doped LFP in the process of charging and discharging of the battery has been the task stated in the proposal of an experiment at

аккумулятора — такая задача была поставлена в предложении на эксперимент на реакторе ИБР-2, поданном сотрудниками Национального университета Тсинг-Хуа (Синьчжу, Тайвань). Выбор метода дифракции нейтронов для решения этой задачи совершенно оправдан, так как нейтроны в отличие от рентгеновских лучей хорошо чувствуют легкие элементы (в данном случае литий) и обладают высокой проникающей способностью.

Нейтронные дифракционные эксперименты были выполнены с двумя типами LFP-аккумуляторов на установке ФДВР (фурье-дифрактометр высокого разрешения) [2]. В одном из них в качестве катода был использован чистый  $\text{LiFePO}_4$ , в другом — LFP с добавкой около 1%  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Роль анода в обоих аккумуляторах выполнял специально приготовленный графит.



the IBR-2 reactor submitted by the members of the National Tsin Hua University (Hsinchu, Taiwan). The choice of neutron diffraction method to solve this problem is absolutely justified, as neutrons, unlike X-rays, are sensitive to light elements (in this case, lithium), and have high penetrability.

Neutron diffraction experiments were performed with two types of LFP-batteries at the HRFD (High-Resolution Fourier Diffractometer) facility [2]. In one of them pure  $\text{LiFePO}_4$  was used as the cathode, in the other — LFP doped with about 1% of  $\text{V}_2\text{O}_5$  served the same purpose. In both batteries tailored graphite served as the anode.

The batteries were charged and discharged by a galvanostat KIKUSUI PFX2011 at the rate of  $0.1C$ , where  $C$  is their full capacity. Diffraction data were accumulated continuously during the experiment (*in situ* mode) at the HRFD operating in high-intensity mode, the accumulation time of one diffraction spectrum was 10 min. High resolution mode was used to obtain precise structural data on the anode and cathode materials of the batteries in a steady state mode (*ex situ*). Unique high resolution of the HRFD helped to identify numerous structural conditions interchanging each other

Аккумуляторы заряжались или разряжались с помощью гальваностата KIKUSUI PFX2011 со скоростью  $0,1C$ , где  $C$  — их полная емкость. Дифракционные данные накапливались непрерывно в процессе эксперимента (режим *in situ*) на ФДВР, работающем в режиме высокой интенсивности, со временем накопления одного дифракционного спектра за 10 мин. Режим высокого разрешения использовался для получения прецизионных структурных данных о материалах анода и катода в аккумуляторах, находящихся в стационарном состоянии (режим *ex situ*). Уникальное высокое разрешение ФДВР помогло идентифицировать многочисленные структурные состояния, сменяющие друг друга в процессе заряда–разряда. Например, при 50%-м заряде аккумулятора дифракционная картина содержала пики, соответствующие шести структурным фазам.

Массив дифракционных данных (в 2D-представлении), полученный в режиме *in situ* в ходе трех циклов заряда–разряда (каждый цикл длился около 23 ч), показан на рис. 2. Астрономическое время (в часах) отложено по оси ординат, межплоскостные расстояния (в Å) — по оси абсцисс. Сверху указаны положения

Рис. 1. Li-ионный аккумулятор (его емкость 10 А·ч) с токовыми выводами, через которые происходила его зарядка и разрядка

Fig. 1. Li-ion battery (10 A·h) with current terminals through which it was charged and discharged

in the process of charging and discharging. For example, at 50% battery charge the diffraction pattern demonstrated peaks corresponding to six structural phases.

The diffraction data set (in 2D representation) acquired in the *in situ* mode in the process of three charge/discharge cycles (each cycle lasting about 23 hours) is shown in Fig. 2. The vertical axis shows astronomical time (in hours), the horizontal axis demonstrates the interplanar spacing (in Å). At the top, the positions of the diffraction peaks for the three main structural phases of LFP-batteries, the set of which provides their unique characterization, are given.

The most intense lines in the range of 3.2 to 3.7 Å (the so-called “anode window”) are associated with a graphite electrode. In the range of 2.2–3.2 Å (“cathode window”) several intense peaks of  $\text{LiFePO}_4/\text{FePO}_4$  phases are observed.

Evolution of the intense lines in the “anode window” is associated with the transitions between the  $\text{LiC}_n$  phases, which are formed in the transitions of lithium from  $\text{LiFePO}_4$  into graphite and vice versa. Primarily, fully discharged state of the battery is characterized by the diffraction peak

дифракционных пиков для трех основных структурных фаз LFP-аккумуляторов, набор которых их однозначно характеризует.

Самые интенсивные линии в диапазоне от 3,2 до 3,7 Å (так называемое «анодное окно») связаны с графитовым электродом. В диапазоне 2,2–3,2 Å («катодное окно») видны несколько интенсивных пиков от фаз  $\text{LiFePO}_4/\text{FePO}_4$ .

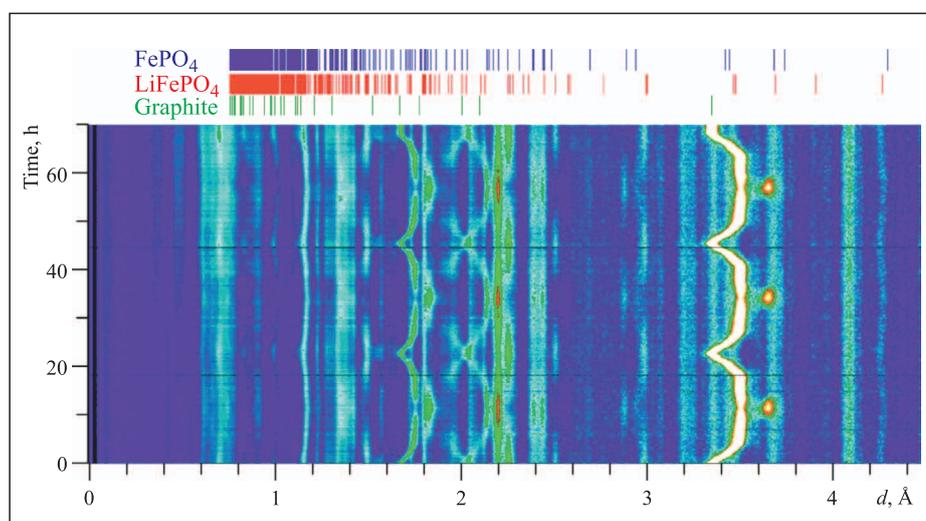
Эволюция интенсивных линий в «анодном окне» связана с переходами между фазами  $\text{LiC}_n$ , которые образуются при переходах лития из  $\text{LiFePO}_4$  в графит и обратно. Начальное, полностью разряженное состояние аккумулятора характеризуется дифракционным пи-

ком от чистого графита с межплоскостным расстоянием  $d \approx 3,35$  Å. В полностью заряженном аккумуляторе проявляется фаза  $\text{LiC}_6$  (отдельно стоящее пятно при  $d \approx 3,7$  Å), соответствующая максимально возможному внедрению лития в графит. Промежуточные фазы  $\text{LiC}_{24}$  ( $d \approx 3,47$  Å) и  $\text{LiC}_{12}$  ( $d \approx 3,52$  Å) хорошо видны в состоянии 50%-го заряда аккумулятора.

Обработка дифракционных данных, показанных на рис.2 и более подробно на рис.3, позволяет проследить за деталями процесса внедрения лития в анод. Видно, в частности, что вначале происходит постепенное накопление Li, фазы  $\text{LiC}_{24}$  и  $\text{LiC}_{12}$  существуют некоторое время, затем скачком появляется фаза  $\text{LiC}_6$ .

Рис.2. Эволюция дифракционных спектров от LFP-аккумулятора с добавкой ванадия, полученных в ходе трех полных циклов заряда–разряда со скоростью 0,1 C. Вертикальные штрихи сверху указывают позиции дифракционных пиков трех основных структурных фаз в их исходном состоянии

Fig.2. Evolution of the diffraction spectra of a vanadium-doped LFP-battery produced in the course of three complete charge-discharge cycles — at the rate of 0.1 C. Vertical lines at the top indicate the positions of the diffraction peaks of the three main structural phases in their initial state



of pure graphite with an interplanar distance  $d \approx 3.35$  Å. A fully charged battery demonstrates a  $\text{LiC}_6$  phase (a detached spot at  $d \approx 3.7$  Å) corresponding to the maximum possible insertion of lithium into graphite. Intermediate  $\text{LiC}_{24}$  ( $d \approx 3.47$  Å) and  $\text{LiC}_{12}$  ( $d \approx 3.52$  Å) phases are clearly visible at 50% battery charge.

Processing of diffraction data shown in Fig.2 and, in greater detail, in Fig.3, allows tracing the details of the process of lithium insertion into the anode. In particular, it can be observed that at the beginning gradual accumulation of Li occurs; phases  $\text{LiC}_{24}$  and  $\text{LiC}_{12}$  are temporary followed by the abruptly emerging  $\text{LiC}_6$  phase. Moreover, it can be seen that a part of graphite anode material remains in the initial state. It is illustrated by a non-vanishing light bar at  $d \approx 3.35$  Å. In a 3D image of the “anode window” region (Fig.4) it is clearly seen that the processes of emergence of the  $\text{LiC}_6$  phase, the occurrence of which features a fully charged state of the battery, are different in the case of pure LFP and LFP doped with vanadium oxide.

One of the targets of this type of experiments is to determine relative content of  $\text{LiFePO}_4$  and  $\text{FePO}_4$  cathode

phases depending on the battery charge condition. The analysis of the intensities of diffraction reflections allows performing this task with accuracy up to the level of several percent. Thus, for half-charged batteries the content of  $\text{LiFePO}_4$  and  $\text{FePO}_4$  is 66% and 34% respectively for battery No.1 and 69% and 31% for battery No.2.

Therefore, neutron diffraction experiments with LFP-batteries carried out at the HRFD diffractometer at the IBR-2 pulsed reactor have allowed real-time monitoring of transition processes occurring in their electrodes during charge-discharge cycles. The obtained results allow one to reliably identify emerging structural phases and quantitatively analyze the kinetics of phase transformations in the anode and cathode.

The experiments at the HRFD were conducted in collaboration with Chih-Hao Li, Chih-Wei Hu, Tsan-Yao Chen and Sangaa Deleg. The work was partly supported by RFBR grants (12-02-92200-Mong-a, 12-02-00686-a).

Видно, кроме того, что часть материала графитового анода остается в исходном состоянии. Об этом говорит неисчезающая светлая полоса при  $d \approx 3,35 \text{ \AA}$ . На 3D-изображении области «анодного окна» (рис. 4) четко видно, что процессы появления  $\text{LiC}_6$ -фазы, возникновение которой характеризует полностью заряженное состояние аккумулятора, различаются в случаях чисто LFP и LFP, допированного оксидом ванадия.

Одной из целей подобного типа экспериментов является определение относительного содержания ка-

тодных фаз  $\text{LiFePO}_4$  и  $\text{FePO}_4$  в зависимости от степени заряда аккумулятора. Анализ интенсивностей дифракционных рефлексов позволяет это сделать с точностью на уровне в несколько процентов. Так, для наполовину заряженных аккумуляторов содержание  $\text{LiFePO}_4$  и  $\text{FePO}_4$  составляет 66 и 34% для аккумулятора №1 и 69 и 31% для аккумулятора №2 соответственно.

Таким образом, нейтронные дифракционные эксперименты с LFP-аккумуляторами, проведенные на дифрактометре ФДВР импульсного реактора ИБР-2,

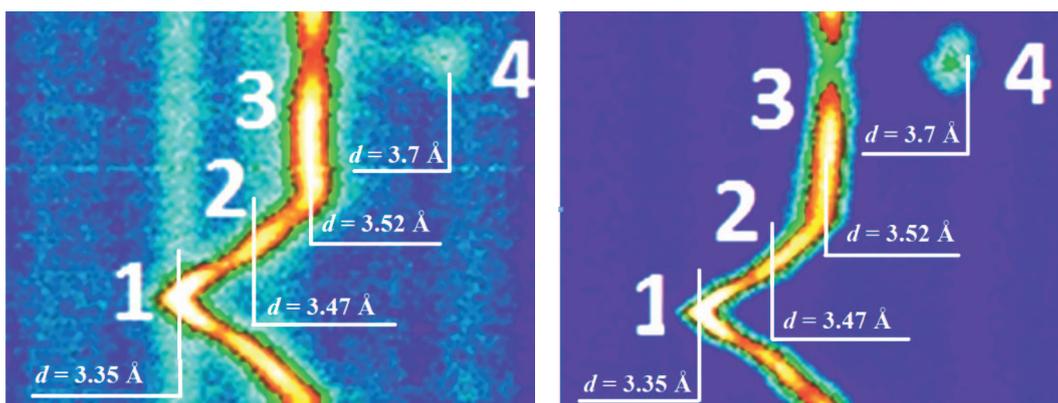


Рис. 3. Область дифракционной 2D-картины в увеличенном масштабе, характеризующая структурные процессы в аноде LFP-аккумулятора. Указаны начальное состояние анода — графит без лития (1,  $d \approx 3,35 \text{ \AA}$ ) и последовательно образующиеся фазы  $\text{LiC}_{24}$  (2,  $d \approx 3,47 \text{ \AA}$ ),  $\text{LiC}_{12}$  (3,  $d \approx 3,52 \text{ \AA}$ ) и  $\text{LiC}_6$  (4,  $d \approx 3,70 \text{ \AA}$ ) для аккумулятора №1 (слева) и №2 (справа)

Fig. 3. Enlarged 2D diffraction pattern characterizing structural processes in the LFP-battery anode. The initial state of the anode — graphite without lithium (1,  $d \approx 3.35 \text{ \AA}$ ), and sequentially emerging phases  $\text{LiC}_{24}$  (2,  $d \approx 3.47 \text{ \AA}$ ),  $\text{LiC}_{12}$  (3,  $d \approx 3.52 \text{ \AA}$ ) and  $\text{LiC}_6$  (4,  $d \approx 3.70 \text{ \AA}$ ) for battery No. 1 (left) and No. 2 (right) are specified

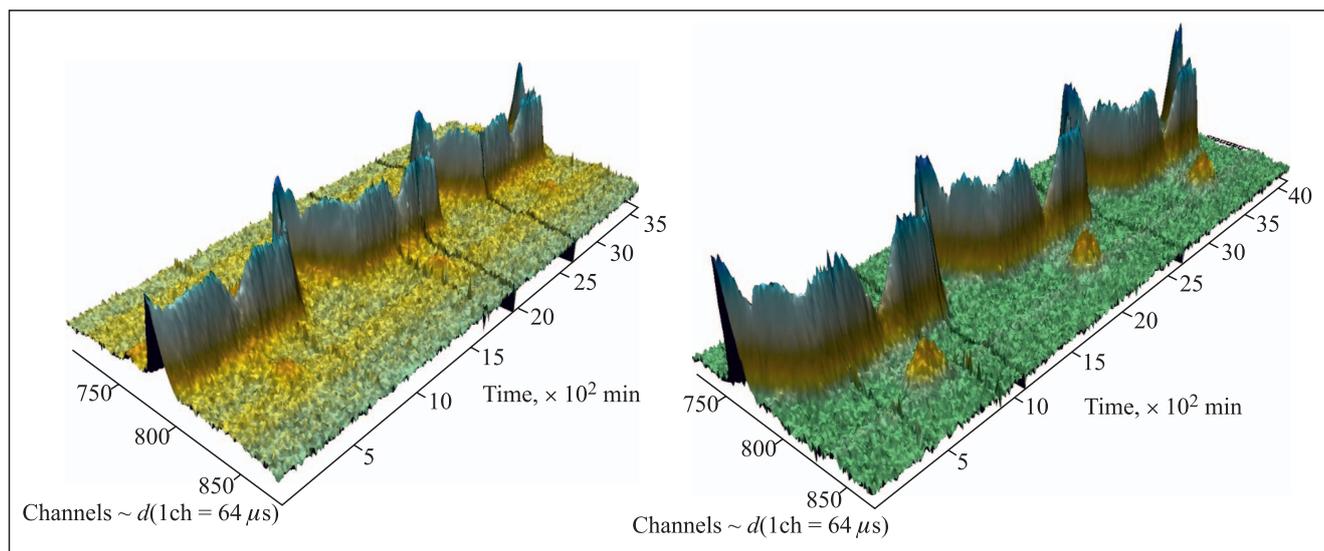


Рис. 4. 3D-визуализация эволюции дифракционного пика от графита в области «анодного окна» для трех циклов заряда-разряда для аккумуляторов №1 (слева) и №2 (справа). Скачкообразное появление фазы  $\text{LiC}_6$  особенно хорошо видно для аккумулятора №2, в котором в материал катода добавлен оксид ванадия

Fig. 4. 3D visualization of diffraction peak evolution from graphite in the “anode-window” region for three charge/discharge cycles for battery No. 1 (left) and No. 2 (right). Abrupt emergence of the  $\text{LiC}_6$  phase is especially evident for battery No. 2, in which the cathode material is doped with vanadium oxide

позволили в реальном времени проследить за переходными процессами, происходящими в их электродах в ходе цикла заряда–разряда. Полученные результаты позволяют надежно идентифицировать возникающие структурные фазы и количественно проанализировать кинетику фазовых превращений в аноде и катоде.

Эксперименты на ФДВР были выполнены совместно с сотрудниками Центра синхротронных исследований Синьчжу Национального университета Тсинг-Хуа (Тайвань) Чих Хао Ли, Чих Вэй Ху, Цан Яо Чен и сотрудником Института физики и технологии (Улан-Батор, Монголия) Санга Дэлэгом. Работа частично поддерживалась РФФИ (гранты 12-02-92200-Монг-а, 12-02-00686-а).

#### Список литературы / References

1. Lee K. T. et al. // J. Power Sources. 2009. V. 189. P. 435–439.
2. Balagurov A. M. // Neutr. News. 2005. V. 16. P. 8–12.

*О. В. Белов, М. С. Ляшко, И. Л. Аввакумова*

## Математическая модель репарации двунитевых разрывов ДНК в клетках млекопитающих и человека

Одним из актуальных направлений современной радиобиологии является изучение молекулярных механизмов восстановления повреждений ДНК, возникающих в клетке после воздействия ионизирующей радиации. В последние годы наряду с экспериментальными исследованиями в этом направлении все большую значимость приобретает применение расчетных методов, позволяющих моделировать отдельные аспекты работы сложных биофизических систем восстановления живых клеток.

К наиболее тяжелым повреждениям ДНК относятся двунитевые разрывы (ДР), являющиеся во многих случаях молекулярным субстратом для формирования структурных мутаций генов, хромосомных aberrаций, инициации злокачественной трансформации и гибели клеток. Восстановление таких повреждений в клетках млекопитающих и человека осуществляется двумя основными репарационными механизмами — путем негомологич-

*O. V. Belov, M. S. Lyashko, I. L. Avvakumova*

## Mathematical Model of DNA Double-Strand Break Repair in Mammalian and Human Cells

Studying the molecular mechanisms of the repair of ionizing radiation-induced DNA lesions in mammalian cells is one of the topical fields of modern radiobiology. Along with experimental research, computational methods have become increasingly important in recent years in this area. They allow modeling specific aspects of the functioning of complicated biophysical systems of living cell repair.

Double-strand breaks (DSBs) belong to the most severe types of DNA damage. In many cases, they become a molecular substrate for the formation of the structural mutations of genes, chromosome aberrations, and initiation of the malignant transformation of cells and their death. In mammalian and human cells, lesions of this type are mainly repaired through the following mechanisms: non-homologous end joining (NHEJ) and homologous recombination (HR). The spe-

ного воссоединения концов (NHEJ) и гомологичной рекомбинацией (HR). Особенностью NHEJ является возможность его реализации в условиях отсутствия в клетке доступной гомологичной последовательности ДНК. Есть основания полагать, что процесс NHEJ может протекать во всех фазах клеточного цикла, реализуясь с большей частотой, чем альтернативный способ восстановления путем HR [1]. В связи с этим считается, что NHEJ является главным способом репарации ДР в клетках высших эукариот.

В известных работах по математическому моделированию молекулярных механизмов NHEJ наибольшее внимание уделяется описанию репарации, индуцированной редкоизионизирующей радиацией, главным образом  $\gamma$ -квантами и рентгеновским излучением. При этом накоплен значительный объем экспериментальных

данных относительно репарации двунитевых разрывов ДНК, вызванных действием ускоренных тяжелых ионов, которые обладают более высокой повреждающей способностью. В связи с этим в задачи настоящего исследования входила разработка математической модели, способной описать динамические характеристики процесса NHEJ после воздействия ионизирующих излучений разного качества, где особый интерес представляют ускоренные ионы с различной линейной передачей энергии (ЛПЭ).

Предложенная модель включает математическое описание механизма NHEJ в рамках следующих современных представлений о его реализации [2, 3]. Рассматриваемый процесс репарации (рис. 1) условно можно разделить на три этапа, соответствующие синтаптической фазе, фазам обработки концов и лигирования. На первом этапе в течение нескольких секунд после возникновения ДР белковый комплекс Ku70/80 присоединяется к образовавшимся концам ДНК и инициирует NHEJ, вовлекая в процесс восстановления каталитическую субъединицу ДНК-зависимой протеинкиназы (DNA-PKcs). Гетеродимер Ку и DNA-PKcs формируют ДНК-зависимую протеинкиназу (DNA-PK). Ключевым этапом NHEJ является аутофосфор-

Рис. 1. Общая схема механизма репарации ДР ДНК путем негомологичного воссоединения концов

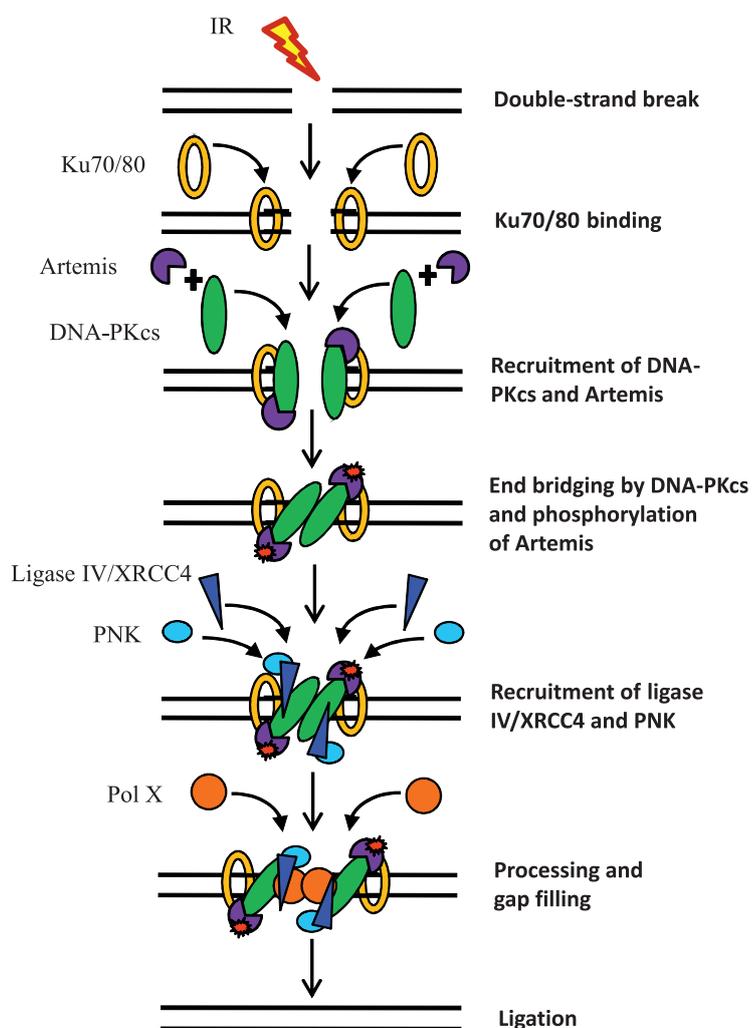


Fig. 1. A general scheme of the NHEJ repair of DNA DSBs

cial feature of NHEJ is that it can be realized in the absence of an available DNA homologous sequence in the cell. There are grounds to believe that NHEJ can take place at all cell cycle phases with a higher frequency than the alternative HR mechanism [1]. In this connection, NHEJ is considered to be the main way of DSB repair in higher eukaryote cells.

The published papers on the mathematical modeling of the NHEJ molecular mechanisms focus on the repair of damage induced by sparsely ionizing radiation — mainly,  $\gamma$  and X-rays. Significant amount of experimental data has been acquired on the repair of DNA DSBs induced by accelerated heavy ions, which have higher damaging capability. For this reason, the present study aimed at the development of a mathematical model that would be able to describe the dynamic characteristics of NHEJ after exposure to ionizing radiations of different quality, among which of special interest are accelerated ions with different linear energy transfer (LET).

The proposed model includes a mathematical description of the NHEJ mechanism within the framework of the following modern concepts of

лирование DNA-ПК, которое приводит к образованию «моста» между двумя концами ДР. Фаза обработки концов протекает с участием нуклеазы Artemis и ДНК-полимераз  $\mu$  и  $\lambda$ . При этом Artemis, не находящийся в комплексе с DNA-ПК, обладает 5'-3' экзонуклеазной активностью, однако при соединении с аутофосфорилированной DNA-ПК действует как эндонуклеаза. ДНК-полимеразы  $\mu$  и  $\lambda$ , являющиеся членами семейства ДНК-полимераз X, вовлечены в процесс заполнения образующихся участков одонитевой ДНК. В процессе обработки концов ДР ДНК дополнительно принимает участие полинуклеотидкиназа. На заключительном этапе лигазный комплекс XRCC4/LigIV соединяет специфически обработанные концы ДНК.

Для формализации молекулярных механизмов репарации выбран подход, основанный на описании ферментативных взаимодействий с использованием кинетических уравнений вида

$$\frac{dX}{dt} V_{i+}(X_i, X_0) - V_{i-}(X_i, X_0),$$

где  $X_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) — внутриклеточные концентрации регуляторных белковых комплексов  $n$  видов,  $X_0$  — концентрация индуцирующего сигнала, представляющего собой определенное количество ДР ДНК, индуцированных излучением;  $t$  — время;  $V_{i+}$  и  $V_{i-}$  — скорости

прироста и сокращения уровня белкового комплекса вида  $i$ , участвующего в репарации. В конечном виде предложенная модель представляет собой систему из одиннадцати нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений, решаемых методом Рунге–Кутты четвертого порядка. Параметры модели, определяющие скорости перехода между отдельными состояниями ДНК в комплексе с соответствующими белками, найдены на основании известных к настоящему времени экспериментальных данных и путем фитирования расчетных кривых к результатам измерений, характеризующих кинетику отдельных этапов работы NHEJ.

Решение уравнений предложенной математической модели позволяет получить результаты, отражающие изменение уровня основных белковых комплексов, участвующих в NHEJ, и описать кинетику данного вида репарации. При этом в качестве «маркера» репарации, протекающей путем негомологичного воссоединения концов, в модели принимается уровень фокусов  $\gamma$ -H2AX, колокализированных с фокусами DNA-ПКcs, что соответствует традиционным экспериментальным методам идентификации восстановления ДР ДНК путем NHEJ.

На рис.2 приведены результаты расчетов, описывающие кинетику двух важных этапов репарационного

its realization [2, 3]. For convenience, the considered repair process (Fig. 1) can be divided into three stages: the synaptic phase and the phases of processing the ends and ligation. At the first stage, during several seconds after DSB formation, the Ku70/80 protein complex binds with the DNA ends that emerged and initiates NHEJ, involving the catalytic subunit of the DNA-dependent protein kinase (DNA-PKcs) in the repair process. The heterodimer Ku and DNA-PKcs form a DNA-dependent protein kinase (DNA-PK). The key stage of NHEJ is DNA-PK autophosphorylation, which produces a “bridge” between the two DSB ends. The end processing phase progresses with the participation of the nuclease Artemis and DNA polymerases  $\mu$  and  $\lambda$ . Artemis, which is not in a complex with DNA-PK, has 5'-3' exonuclease activity; but when combined with autophosphorylated DNA-PK, it acts like an endonuclease. DNA polymerases  $\mu$  and  $\lambda$ , which belong to the X family of DNA polymerases, are involved in the process of filling the formed single-strand DNA sections. Also, polynucleotide kinase participates in processing the DNA DSB ends. At the final stage, the XRCC4/LigIV ligase complex connects the specifically processed DNA ends.

To formalize the molecular mechanisms of repair, an approach has been chosen that is based on the description of enzymatic interactions using kinetic equations of the following type:

$$\frac{dX}{dt} V_{i+}(X_i, X_0) - V_{i-}(X_i, X_0),$$

where  $X_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) are the intracellular concentrations of regulatory protein complexes of  $n$  types;  $X_0$  is the concentration of the inducing signal, which is some number of radiation-induced DNA DSBs;  $t$  is time; and  $V_{i+}$  and  $V_{i-}$  are, respectively, the rates of the increase and decrease in the level of the  $i$ th protein complex participating in repair. Finally, the proposed model is a system of 11 non-linear ordinary differential equations that are solved by the fourth-order Runge–Kutta method. The model parameters determining the transition rates between separate DNA states in a complex with the corresponding proteins were found based on the known experimental data and by fitting the calculated curves to the measurement results characterizing the kinetics of the specific NHEJ stages.

Solving the equations of the proposed model allows one to obtain the results reflecting changes in the levels of the main protein complexes participating in NHEJ and to

процесса, протекающего в культуре фибробластов кожи человека HSF42 после воздействия ионизирующих излучений с разной ЛПЭ. Рис. 2, *а* отражает динамику вовлечения фосфорилированной ДНК-зависимой протеинкиназы в процесс восстановления повреждений, индуцированных  $\gamma$ -квантами и ускоренными ионами железа (1 ГэВ/нуклон) в одинаковой дозе, равной 1 Гр. На рис. 2, *б* представлены результаты расчетов, описывающие кинетику индукции фокусов  $\gamma$ -H2AX, колокализованных с DNA-PKcs, для разных видов ионизирующих излучений в широком диапазоне ЛПЭ (0,2–236 кэВ/мкм). Приведенные на рисунках экспериментальные данные свидетельствуют о корректном воспроизведении в модели основных закономерностей реализации NHEJ в фибробластах кожи человека при действии радиации. Совпадение рассчитанных времен, на которых наблюдаются максимальные и минимальные значения белковых комплексов, с экспериментальными значени-

ями [4] дает основание полагать, что модель корректно воспроизводит сравнительно короткий период индукции фокусов, который в ряде случаев достаточно сложно измерить в эксперименте.

Специфика репарации ДР ДНК при действии ионизирующих излучений разного качества учтена в модели путем вариации параметров, характеризующих скорость связывания гетеродимера Ku70/80 с повреждением, и введения величин, отражающих уровень ДР, не подвергающихся репарации с помощью механизма NHEJ. Такой подход соответствует современным представлениям о зависимости определенных скоростных характеристик NHEJ от вида излучения. При этом с учетом результатов современных экспериментальных исследований [5] полагается, что данная зависимость реализуется через специфику индуцируемых повреждений.

Рис. 2. Изменение уровня фокусов DNA-PKcs (*а*) и фокусов  $\gamma$ -H2AX, колокализованных с DNA-PKcs (*б*) в культуре фибробластов кожи человека HSF42 при действии ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками в дозе 1 Гр. ЛПЭ частиц (кэВ/мкм):  $L_{Cs} = 0,2$ ;  $L_O = 14$ ;  $L_{Si} = 44$ ;  $L_{Fe1,0} = 150$ ;  $L_{Fe0,3} = 236$ . Кривые — результаты расчета, точки — экспериментальные данные [4]

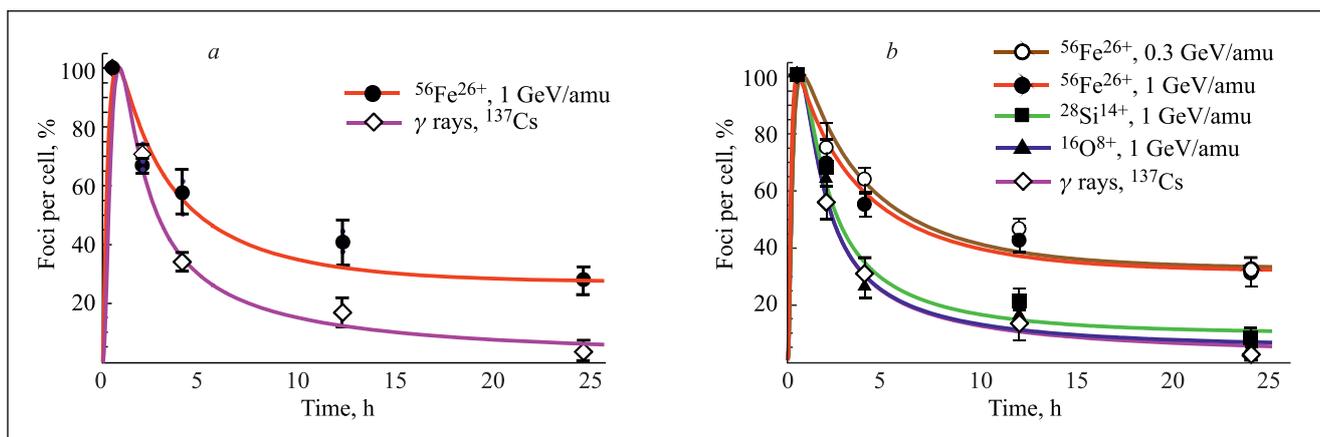


Fig. 2. Changes in the level of DNA-PKcs (*a*) and  $\gamma$ -H2AX foci co-localized with DNA-PKcs (*b*) in a culture of human skin fibroblasts HSF42 after exposure to ionizing radiations with different physical characteristics at 1 Gy. Particle LET, keV/ $\mu\text{m}$ :  $L_{Cs} = 0.2$ ;  $L_O = 14$ ;  $L_{Si} = 44$ ;  $L_{Fe1,0} = 150$ ;  $L_{Fe0,3} = 236$ . The curves are the calculated results; the dots are experimental data [4]

describe the kinetics of this type of repair. As an NHEJ repair marker, the level of the  $\gamma$ -H2AX foci, which are co-localized with the DNA-PKcs foci, is taken in the model. This choice corresponds to the traditional experimental methods of the identification of the NHEJ repair of DNA DSBs.

Figure 2 shows the calculated kinetics of two important stages of repair in a culture of human skin fibroblasts HSF42 after exposure to ionizing radiations with different LET. Figure 2, *a* illustrates the dynamics of the involvement of a phosphorylated DNA-dependent protein kinase in the repair of damage induced by  $\gamma$  rays and accelerated iron

ions (1 GeV/nucleon) at the same dose of 1 Gy. Figure 2, *b* shows the calculated kinetics of the induction of  $\gamma$ -H2AX foci co-localized with DNA-PKcs for different ionizing radiations in the LET range of 0.2–236 keV/ $\mu\text{m}$ . The experimental data in these graphs indicate that the model reproduces correctly the main NHEJ regularities in human skin fibroblasts under exposure to radiation. The agreement between the calculated times at which the maximal and minimal concentrations of protein complexes are observed and the corresponding experimental values [4] suggest that the model correctly reproduces a relatively short period of the

Предложенная математическая модель, отражающая общие принципы репарации ДР ДНК по механизму NHEJ, предполагает дальнейшее развитие, связанное с учетом второго основного способа восстановления таких поврежденных путем гомологичной рекомбинации. При этом представляется возможным построение модели, отражающей баланс между двумя репарационными системами, вносящими неодинаковый вклад в репарацию ДР у клеток, находящихся на разных стадиях клеточного цикла.

### Список литературы / References

1. *Asaithamby A., Chen D.J.* // *Mutat. Res.* 2011. V. 711. P. 87–89.
2. *Lieber M.R.* // *Ann. Rev. Biochem.* 2010. V. 79. P. 181–211.
3. *Hefferin M.L., Tomkinson A.E.* // *DNA Repair.* 2005. V. 4. P. 639–648.
4. *Asaithamby A., Uematsu N., Chatterjee A., Story M.D., Burma S., Chen D.J.* // *Rad. Res.* 2008. V. 169. P. 437–446.
5. *Reynolds P., Anderson J.A., Harper J.V., Hill M.A., Botchway S.W., Parker A.W., O'Neill P.* // *Nucl. Acids Res.* 2012. V. 40. P. 10821–10831.

induction of foci, which is rather difficult to measure experimentally in a number of cases.

The specifics of DNA DSB repair under exposure to ionizing radiations of different quality is taken into account by varying the parameters that characterize the rate of the Ku70/80 heterodimer binding with a lesion and by introducing quantities reflecting the level of the DSBs that were not NHEJ-repaired. This approach conforms to the modern ideas of the dependence of certain NHEJ rate characteristics on the radiation type. With modern experimental research results having been considered [5], it is suggested that this dependence is realized through the specifics of induced damage.

The proposed model is in accord with the general principles of the NHEJ repair of DNA DSBs. It assumes further development taking into account the second way of the repair of this type of damage: homologous recombination. Also, it seems possible to develop a model reflecting the balance between the two repair systems which contribute unequally to DSB repair in cells at different cell cycle stages.

### 39-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 10–11 июня под председательством профессора И. Церруя.

ПКК принял к сведению информацию, представленную вице-директором ОИЯИ Р.Ледницким, о резолюции 113-й сессии Ученого совета ОИЯИ (февраль 2013 г.), решениях Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ (март 2013 г.) и приветствовал инициативу дирекции ОИЯИ о получении статуса наблюдателя в ЦЕРН.

ПКК отметил успехи в реализации проекта «Нуклотрон–NICA» и поздравил участников с достижением стабильности в работе нуклотрона в 47-м сеансе, с существенным улучшением качества пучка и успешной реализацией режима стохастического охлаждения, что сделано впервые на нуклотроне.

Комитет вновь решительно поддержал программу с фиксированной мишенью на нуклотроне и эксперимент BM@N, рассматривая их как важную составляющую проекта NICA. ПКК призвал руководство проекта BM@N добиться заинтересованности участвующих в эксперименте институтов, чтобы обеспечить реализацию этой программы к моменту завершения строительства ускорительного комплекса. В частности, требуется подготовить реальный план первого этапа создания детектора для работы с пучками нуклотрона.

По информации о ходе подготовки «белой книги» ПКК с удовлетворением отметил первые шаги по выделению наиболее приоритетных предложений. Комитет рекомендовал продолжить эту важную работу и приветствовал сотрудничество теоретиков и экспериментаторов с целью создания первооче-

### The 39th meeting of Programme Advisory Committee for Particle Physics was held on 10–11 June. It was chaired by Professor I. Tseruya.

The PAC was informed by JINR Vice-Director R. Lednický on the Resolution of the 113th session of the JINR Scientific Council (February 2013) and on the decisions of the JINR Committee of Plenipotentiaries (March 2013).

The PAC took note of the realization of the Nuclotron–NICA project and congratulated the NICA staff for the stable operation of the Nuclotron as demonstrated in Run 47, for the significant progress achieved in improving the beam quality and for the successful realization of stochastic cooling for the first time at the Nuclotron.

The PAC reaffirmed its strong support to the fixed target programme using Nuclotron beams and the BM@N experiment considering it as an essential and integral element of the NICA project. The PAC urged the BM@N management to seek the necessary resources and commitments from the collaborating institutions to ensure the timely realization of this programme in coordination with the machine schedule. In particular, a viable plan should be developed to have the Stage 1 detector set-up ready in time for the first Nuclotron beams.

Concerning the information presented on the progress towards the NICA White Paper, the PAC was pleased to note the first step made towards a prioritization of the White Paper contributions and recommended continuation of this important work encouraging col-

редной программы физических исследований на установках BM@N и MPD.

ПКК принял к сведению доклад о ходе выполнения работ по проекту MPD, высоко оценил физическую программу и стратегию первоочередных экспериментов в первые годы работы комплекса NICA. Комитет отметил значительный прогресс в создании прототипов детектора, а также сложности, связанные с производством магнита MPD и строительством здания NICA. ПКК одобрил ход работ по подготовке технического проекта эксперимента и технический проект для подсистемы TPC.

ПКК с интересом заслушал доклад экспертного комитета по детектору MPD, представленный Х. Гутбродом, и высоко оценил роль экспертного комитета в проведении всесторонней оценки проекта.

ПКК отметил успехи физиков ОИЯИ в модернизации детекторов на LHC. Признавая научную значимость результатов, полученных в экспериментах во время первых сеансов работы LHC, ПКК призывает дубненских участников более активно выступать с докладами на конференциях и участвовать в анализе экспериментальных данных.

ПКК поздравил группу ОИЯИ и коллаборацию BES-III с интересным результатом — наблюдением нового, чармониеподобного состояния  $Z_c(3900)$ , и рекомендовал продлить проект до конца 2016 г.

ПКК высоко оценил результаты работ по завершающейся теме «Теория элементарных частиц», отметил

взаимосвязь теоретических исследований и экспериментальной программы ОИЯИ и поддержал продолжение теоретических работ в области физики элементарных частиц в рамках новой темы «Теория фундаментальных взаимодействий» на период 2014–2018 гг.

ПКК принял к сведению отчет по завершающейся теме «Современная математическая физика: гравитация, суперсимметрия, интегрируемость», отметил успешную организацию международных конференций, совещаний, школ и поддержал продолжение работ в рамках темы «Современная математическая физика: струны и гравитация, суперсимметрия и интегрируемость» на период 2014–2018 гг.

ПКК поддержал предложение об открытии новой темы «Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных». Рассматривая разработку численных методов, алгоритмов и программ с использованием новых вычислительных технологий для многоядерных и гибридных архитектур как главную задачу ЛИТ, ПКК рекомендовал одобрить открытие этой темы на период 2014–2016 гг. В исследовательских программах, где экспертная поддержка и участие специалистов ЛИТ не связаны с развитием инфраструктуры информационных технологий в ОИЯИ, ПКК попросил прояснить подход к распределению ресурсов, выбору направлений исследований, а

laboration between theorists and experimentalists in this process with the goal to develop a Physics Performance Report of BM@N and MPD.

The PAC took note of the MPD progress report, acknowledged the relevance of the NICA physics programme, and supported the proposed experimental strategy for the first years of NICA running. It appreciated the significant progress made in prototyping detector elements and noted the critical issues related to the MPD magnet manufacturing and to the NICA hall civil engineering. The PAC welcomed the status of TDR preparation and supported the TPC technical project.

Noting with interest the presentation by H. Gutbrod on behalf of the MPD Detector Advisory Committee (DAC), the PAC appreciated the important role of the DAC in the MPD project evaluation and recommended continuation of regular reviews.

The PAC noted the progress achieved by the JINR physicists in upgrades of the LHC detectors and appreciated the scientific significance of the results obtained in the experiments during the first runs of the LHC. The PAC encouraged the group members to strengthen their talks at conferences, thesis awarded, and participation in the data analysis.

The PAC congratulated the JINR group and the BES-III collaboration for the interesting result — the observation of a new charged charmonium-like state  $Z_c(3900)$ , and recommended continuation of this project until the end of 2016.

The PAC appreciated the results of the closing theme “Theory of Elementary Particles”, recognizing the interconnection of the theoretical studies and the JINR experimental programmes, and supported the continuation of theoretical research in elementary particle physics within a new theme “Theory of Fundamental Interactions” for the period 2014–2018.

The PAC appreciated the report on the closing theme “Modern Mathematical Physics: Gravity, Supersymmetry, Integrability”. It noted the success in organizing international conferences, workshops and schools, and supported the continuation of activities in modern mathematical physics within a new theme “Modern Mathematical Physics: Strings and Gravity, Supersymmetry and Integrability” for the period 2014–2018.

The PAC supported the proposal for the opening of a new theme “Methods, Algorithms, and Software for Modeling Physical Systems, Mathematical Processing and Analysis of Experimental Data”. Regarding the ‘Development of numerical methods, algorithms, and software, computationally adapted to multicore and hybrid architectures’ as a

также каким образом пользователь участвует в покрытии расходов на эту поддержку.

ПКК одобрил открытие новой темы «Информационная и компьютерная инфраструктура ОИЯИ» на период 2014–2016 гг., признав необходимость существенного роста информационно-технологического потенциала ОИЯИ и важность создания в ОИЯИ центра Tier-1.

ПКК высоко оценил успешные результаты образовательных программ по современной теоретической физике, организацию рабочих совещаний и школ для студентов и молодых ученых, курсов лекций для студентов, выпускников и аспирантов из стран-участниц ОИЯИ и других стран в рамках темы «Дубненская международная школа современной теоретической физики (DIAS-TH)» и поддержал продолжение образовательной работы в рамках данной темы на период 2014–2018 гг.

ПКК принял к сведению письменные отчеты по экспериментам DIRAC, PANDA и CBM, отчеты по эксперименту COMPASS-II и проекту «Исследование глубоко подкритических электроядерных систем и возможностей их применения для производства энергии в трансмутации PAO» и рекомендовал их продление до конца 2016 г. (DIRAC — до конца 2015 г.).

ПКК заслушал и высоко оценил научный доклад «Наблюдение и исследование экзотических чармониеподобных состояний в эксперименте BES-III», представленный Д. В. Дедовичем.

ПКК с интересом ознакомился со стендовыми сообщениями молодых ученых ЛТФ, ЛИТ и ЛФВЭ в области физики частиц и выбрал сообщение «Измерение асимметрии вперед–назад в рождении мюонов в процессах Дрелла–Яна в эксперименте CMS», подготовленное И. Н. Горбуновым, для доклада на сессии Ученого совета в сентябре 2013 г.

**38-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 17–18 июня под председательством профессора В. Канцера.**

Председатель ознакомил ПКК с докладом, представленным на сессии Ученого совета ОИЯИ в феврале 2013 г., о выполнении рекомендаций предыдущей сессии ПКК. Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 113-й сессии Ученого совета Института и решениях Комитета полномочных представителей ОИЯИ.

Заслушав доклад о выполненных в течение 2011–2013 гг. работах по теме «Развитие реактора ИБР-2М с комплексом криогенных замедлителей нейтронов» и предложение по ее продлению на период 2014–2016 гг., ПКК с удовлетворением отметил, что после завершения модернизации реактор ИБР-2 устойчиво работает на мощности 2 МВт и обеспечивает проведение экспериментов на выведенных пучках нейтронов в соответствии с планом, включая выполнение экспериментов с исполь-

prime task of LIT, the PAC recommended approval of this theme for the period 2014–2016. For the other parts of the proposal, where LIT experts support and participate in research programmes not linked to the JINR IT infrastructure, the PAC requested clarification from the LIT management as to its strategy on how to distribute its resources, on which research areas to enter, and eventually on how to make the clients participate in covering the costs for this support.

Recognizing the need for substantial increase of the JINR IT resources and the importance of JINR's Tier-1 centre, the PAC recommended approval of the new "Information and Computing Infrastructure of JINR" for the period 2014–2016.

The PAC highly appreciated the successful results of educational programmes on modern theoretical physics, the organization of workshops and schools for students and young scientists, the training courses for students, graduates and PhD students from the Member States and other countries within the theme "Dubna International Advanced School of Theoretical Physics (DIAS-TH)". It supported the continuation of educational activities in theoretical physics within this theme for the period 2014–2018.

The PAC took note of the written reports for the DIRAC, PANDA, and CBM experiments, as well as reports for the COMPASS-II experiment and for the project "Study of deep

subcritical electronuclear system and feasibility of their application for energy production and radioactive waste transmutation presented". It recommended their continuation until the end of 2016 (for the DIRAC experiment until the end of 2015).

The PAC highly appreciated the scientific report "Observation and study of unanticipated charmonium-like states at BES-III" presented by D. Dedovich.

The PAC noted with interest the poster presentations in particle physics by young scientists from BLTP, LIT, and VBLHEP. It selected the poster "Measurements of muon forward-backward asymmetry in Drell–Yan processes with the CMS experiment" presented by I. Gorbunov to be reported at the session of the Scientific Council in September 2013.

**The 38th meeting of the Programme Advisory Committee for Condensed Matter Physics was held on 17–18 June. It was chaired by Professor V. Kantser.**

The Chairperson of the PAC presented a short overview of the PAC report delivered at the session of the JINR Scientific Council in February 2013 about the implementation of the recommendations taken at the previous PAC meeting. JINR Vice-Director M. Itkis informed the PAC about the Resolution of the 113th session of the JINR Scientific

СЕССИИ ПКК ОИЯИ  
MEETINGS OF THE JINR PACS



Дубна, июнь.  
Заседания программно-консультативных  
комитетов

Dubna, June.  
Regular meetings of the Programme Advisory  
Committees



зованием криогенного замедлителя КЗ 202 для нейтронных каналов 7–11. ПКК подчеркнул, что большая часть работ по созданию комплекса криогенных замедлителей выполняется впервые в мире. Используются новые научно-технические решения, что требует проведения большого объема экспериментальных исследований, связанных с поэтапным внедрением комплекса криогенных замедлителей. ПКК рекомендовал продлить эту тему на период 2014–2016 гг.

По информации о научных результатах в области физики конденсированных сред, полученных на модернизированном реакторе ИБР-2, ПКК подчеркнул значение выполнения программы регулярных физических экспериментов в соответствии с пользовательской политикой, а также отметил важность продолжения работы по вводу в эксплуатацию модернизируемых физических установок на выведенных пучках нейтронов, необходимость и актуальность предлагаемых работ по разработке нового оборудования, важного для безопасной эксплуатации реактора, в частности, резервного подвижного отражателя ПО-3Р.

Заслушав отчет по завершающейся теме «Теория конденсированных сред и новые материалы», ПКК высоко оценил результаты, полученные по основным направлениям исследований: физические свойства комплексных материалов и наноструктур, математические проблемы многочастичных систем, и одобрил связь вы-

полняемых теоретических исследований с экспериментальными программами ОИЯИ. ПКК поддержал продолжение исследований по теории конденсированных сред в 2014–2018 гг. в рамках новой темы «Теория конденсированных сред», направленной на развитие аналитических и численных методов изучения сложных многочастичных систем, актуальных для современной физики конденсированных сред.

ПКК принял к сведению письменный отчет по завершающейся теме «Математическая поддержка экспериментальных и теоретических исследований, проводимых в ОИЯИ» и предложение об открытии новой темы «Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных» в рамках направления «Сети. Компьютинг. Вычислительная физика». Отметив высокий уровень, актуальность и востребованность предлагаемых исследований в ОИЯИ и странах-участницах, ПКК рекомендовал открыть новую тему на период 2014–2016 гг.

ПКК одобрил предложение об открытии нового проекта «Развитие современных образовательных программ» на период 2014–2016 гг. в рамках новой темы УНЦ «Организация, обеспечение и развитие образовательной программы ОИЯИ», подчеркнув высокую актуальность проекта, его большое значение для по-

Council and the decisions of the JINR Committee of Plenipotentiaries.

The PAC heard with interest a report on the activities accomplished in 2011–2013 under the theme “Development of the IBR-2M Reactor with a Complex of Cryogenic Neutron Moderators” and a proposal for its extension for the period 2014–2016. The PAC was pleased to note that after completion of modernization the IBR-2 reactor operates trouble free at a power of 2 MW and provides implementation of the physics programme using extracted neutron beams in accordance with the plan including experiments with the CM 202 cryogenic moderator for neutron beams 7–11. The PAC emphasized that the major part of work towards the development and construction of the complex of cryogenic moderators is being carried out in the world for the first time. New scientific and technical solutions being used for the development of the complex require a large amount of experimental research concerning the stage-by-stage implementation of the complex of cryogenic moderators. The PAC recommended continuation of this theme in 2014–2016.

Concerning the information on the scientific results in the field of condensed matter physics produced at the modernized IBR-2 reactor, the PAC underlined the importance of implementing the experimental physics programme in accordance with the user policy. It also emphasized the significance of continued work towards commissioning the

physical instruments being upgraded on extracted neutron beam lines, also the necessity and relevance of the proposed activities for the development of new reactor safety-related equipment, in particular, a reserve movable reflector MR-2R.

The PAC was pleased with the report on the concluding theme “Theory of Condensed Matter and New Materials”. It highly appreciated the results obtained in the main research directions: physical properties of complex materials and nanostructures, mathematical problems of many-particle systems. It also appreciated the interrelation between the ongoing theoretical studies and JINR experimental programmes. The PAC supported the continuation of theory activities in condensed matter physics in 2014–2018 under a new theme “Theory of Condensed Matter” that should incorporate development of analytical and numerical methods in studies of complex many-body and nanostructural systems which are of current interest in this field of modern physics.

The PAC took note of the written report on the concluding theme “Mathematical Support of Experimental and Theoretical Studies Conducted by JINR” and of the proposal for the opening of a new theme “Methods, Algorithms, and Software for Modeling Physical Systems, Mathematical Processing and Analysis of Experimental Data” within the research field “Networking, Computing, Computational Physics”. Stressing the high level, relevance and demand of the proposed topic at JINR and its Member States, the PAC

вышения качества образования и привлечения в науку талантливой молодежи из стран-участниц ОИЯИ.

ПКК с удовлетворением отметил начало экспериментальных работ на дифрактометре ДН-6 и новые перспективы для научных исследований, связанные с вводом установки в эксплуатацию. Учитывая, что ДН-6 входит в число лучших установок в мире для нейтронных исследований материалов в условиях экстремальных воздействий, ПКК рекомендовал дальнейшее продолжение работ по развитию ДН-6 с первым приоритетом и ввод дифрактометра в реализацию программы пользователей.

Заслушав доклад о текущем состоянии проекта GRAINS по созданию нового многофункционального рефлектометра с горизонтальной плоскостью рассеяния на 10-м канале реактора ИБР-2, ПКК с удовлетворением отметил начало экспериментальных работ на рефлектометре GRAINS и выразил надежду, что первая стадия ввода установки в эксплуатацию будет завершена в 2013 г.

Приняв к сведению доклад о текущем состоянии спектрометра НЕРА-ПР, ПКК рекомендовал провести необходимые работы для повышения качества вакуумирования сплиттера и полностью поддержать развитие окружения образца на установке.

ПКК с большим интересом заслушал научные доклады «Радиационная стойкость наноструктурирован-

ных материалов к воздействию тяжелых ионов с энергиями осколков деления» В. А. Скуратова, «Спин-флуктуационный механизм высокотемпературной сверхпроводимости в купратах» Н. М. Плакиды и «Зондовая нейтронная микроскопия для исследования магнитных микроструктур» С. В. Кожевникова. ПКК поздравил авторов сообщений с выдающимися результатами и рекомендовал продолжить практику представления научных докладов на будущих сессиях.

Приняв к сведению стендовые сообщения, представленные молодыми учеными ЛТФ, ПКК избрал работу «Малоугловое рассеяние на мультифазных системах: исследование перехода между областью Порода и фрактальной областью» (Е. Анитас) в качестве лучшего сообщения на данной сессии и рекомендовал представить его в виде устного доклада на сессии Ученого совета Института в сентябре 2013 г. ПКК также отметил высокий уровень двух других стендовых сообщений: «Исследование электронного туннелирования в системе графен–ДНК–графен» (О. Г. Исаева) и «Фотопроводимость систем с сильно коррелированными электронами» (А. А. Владимиров).

Члены ПКК посетили Научно-производственный комплекс «Бета», расположенный в особой экономической зоне «Дубна», и выразили надежду на организацию аналогичных визитов на площадки других резидентов экономической зоны.

recommended the opening of the new theme for the period 2014–2016.

The PAC approved the proposal for the opening of a new project “Development of modern education programmes” within the University Centre’s new theme “Organization, Support and Development of the JINR Educational Programme” for 2014–2016. It especially noted the high level of the project’s urgency, its significance for the improvement of education quality and for the involvement to science of talented young people from JINR Member States.

The PAC appreciated the beginning of experimental measurements with the DN-6 diffractometer and the new prospects for scientific research associated with the commissioning of this instrument. Taking into account that DN-6 becomes one of the world-leading instruments for neutron scattering studies of matter under extreme conditions, the PAC recommended that further development of this diffractometer and its introduction to the User Programme should remain one of the first-priority activities at FLNP.

The PAC was informed about the status of the GRAINS project on the construction of the new multifunctional reflectometer with horizontal sample plane at channel 10 of the IBR-2 reactor. It appreciated the start of experimental work at the reflectometer, expecting that the commissioning of the instrument first stage will be completed in 2013.

The PAC took note of the report on the current state of the NERA-PR spectrometer. It suggested that the quality of

vacuumization of the neutron guide splitter be improved and the development of sample environments be completely supported.

The PAC heard with much interest the scientific reports: “Radiation stability of nanostructured materials irradiated with heavy ions of fission fragment energy” by V. Skuratov, “Spin-fluctuation mechanism of high-temperature superconductivity in cuprates” by N. Plakida, and “Neutron sonde microscopy for the investigation of magnetic microstructures” by S. Kozhevnikov. It congratulated the authors for their outstanding results, and recommended continuation of the practice of scientific reports at its future meetings.

Considering the poster presentations by BLTP young scientists, the PAC selected the poster “Small-angle scattering from multi-phase systems: investigation of the crossover between Porod and fractal regimes” presented by E. Anitas as the best poster at the session and recommended it to be reported at the session of the Scientific Council in September 2013. The PAC also noted two other high-quality posters: “Study of electron tunneling in graphene–DNA–graphene system” (O. Isaeva) and “Optical conductivity of systems with strongly correlated electrons” (A. Vladimirov).

The PAC visited the Science and Production Complex “Beta” located in the Special Economic Zone (SEZ) “Dubna”. It welcomed the organization of such visits to other sectors of the SEZ as well.

**38-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 20–21 июня под председательством профессора В. Грайнера.**

Председатель ПКК представил сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис проинформировал ПКК о резолюции 113-й сессии Ученого совета Института (февраль 2013 г.) и решениях Комитета полномочных представителей (март 2013 г.).

Заслушав доклад о результатах трехлетней работы ЛЯР, выполненной в соответствии с Семилетним планом развития ОИЯИ на 2010–2016 гг., ПКК дал высокую оценку достижениям лаборатории по основным научным направлениям, включая реализацию проекта DRIBs-III, и отметил, что работы по проекту DRIBs-III идут в соответствии с ранее утвержденным графиком. Принимая во внимание существенное расширение проекта, ПКК рекомендовал внести корректировки, чтобы полностью оптимизировать его выполнение как по финансовой смете, так и по срокам. В рамках семилетнего плана должны быть реализованы в полном объеме следующие первоприоритетные задачи: создание в ОИЯИ первой в мире фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ), включающей сооружение и запуск нового ускорителя ДЦ-280, и строительство нового корпуса с экспериментальными установками для синтеза и изучения свойств СТЭ; выполнение научной программы по синтезу СТЭ

(на У-400); завершение работ по модернизации У-400М и создание нового сепаратора АКУЛИНА-2 для исследований экзотических радиоактивных ядер. ПКК настоятельно рекомендовал дирекции ОИЯИ решить не только финансовые вопросы, но и найти необходимые кадровые ресурсы для успешного завершения амбициозного проекта DRIBs-III.

ПКК заслушал доклад по нейтринной физике в ОИЯИ, отметил высокий уровень исследований и весомый вклад Института в планируемые нейтринные эксперименты. ПКК одобрил идею создания новой лаборатории на Калининской АЭС, которая будет уникальной экспериментальной инфраструктурой для нейтринных исследований в ОИЯИ и странах-участницах.

ПКК принял к сведению отчет по закрываемой теме «Структура и динамика атомных ядер» и предложение по открытию новой темы «Теория структуры ядра и ядерных реакций». Высоко оценив результаты, полученные по основным направлениям исследований: структурным особенностям ядер, удаленных от линии стабильности, ядро-ядерным столкновениям, малочастичным системам, ядерной динамике при релятивистских энергиях, свойствам горячей и плотной ядерной материи, ПКК поддержал продолжение исследований по теории ядра на 2014–2018 гг. в рамках новой темы с первым приоритетом.

**The 38th meeting of the Programme Advisory Committee for Nuclear Physics was held on 20–21 June. It was chaired by Professor W. Greiner.**

The Chairperson of the PAC presented information concerning implementation of the recommendations taken at the previous meeting. JINR Vice-Director M. Itkis informed the PAC about the Resolution of the 113th session of the Scientific Council (February 2013) and the decisions of the Committee of Plenipotentiaries (March 2013).

The PAC heard a report concerning three years of work accomplished at FLNR under the Seven-Year Plan for the Development of JINR for 2010–2016. It highly appreciated the Laboratory's achievements in the main research areas, including the realization of the DRIBs-III project, which is proceeding according to the previously approved schedule. Taking into account the significant extension of this project, the PAC recommended making adjustments to fully improve it in terms of budget and schedule. The following first-priority tasks should be implemented in full under the Seven-Year Plan: construction of the world's first Factory of SuperHeavy Elements (SHE), including construction and commissioning of the new DC-280 accelerator, and the construction of a new building with experimental set-ups for the synthesis and studies of SHE properties; implementation of the research programme on SHE synthesis (at U400); completion of the upgrade of U400M and construction of the new ACCULINNA-2 separator for research on exotic radioactive

nuclei. The PAC strongly encouraged the JINR Directorate to secure not only the financial issues but also the human resources needed for successful achievement of the ambitious DRIBs-III project.

The PAC heard a report on neutrino physics at JINR. It noted the high level of the research underway and the quality of the JINR contributions to the future neutrino experiments. The PAC welcomed the idea of constructing a new laboratory at the Kalinin Nuclear Power Plant which will be a unique experimental infrastructure for neutrino research for JINR and its Member States.

The PAC took note of the report on the closing theme "Nuclear Structure and Dynamics" and of the proposal for a new theme entitled "Theory of Nuclear Structure and Nuclear Reactions". The PAC highly appreciated the results obtained in the main research directions: nuclear structure far from stability, nucleus–nucleus collisions, few-body systems, nuclear dynamics at relativistic energies, properties of hot and dense nuclear matter. It supported the continuation of nuclear theory activities under the new theme for 2014–2018, with first priority.

The PAC heard a report on the theme "Investigations in the Field of Nuclear Physics with Neutrons" and of the proposal for its extension. It noted the large volume and high quality of work accomplished at FLNP within this theme, including the start of an experimental programme on nuclear data and applied studies using IREN and IBR-2, such as

Заслушав отчет по теме «Исследования в области нейтронной ядерной физики» и предложение по ее продлению, ПКК указал на большой объем и высокий уровень экспериментов, включающих в себя программу по ядерным данным и прикладным исследованиям на установках ИРЕН и ИБР-2, а именно измерение сечений реакций  $(n, p)$  и  $(n, \alpha)$  в области энергий нейтронов до нескольких МэВ. Существенный прогресс был достигнут в экспериментальной проверке слабого принципа эквивалентности с использованием ультрахолодных нейтронов, а также в изучении особенностей  $T$ -нечетных эффектов в тройном делении. ПКК рекомендовал продлить тему на 2014–2016 гг. с первым приоритетом, подготовить в рамках темы проект «Развитие установки ИРЕН» и представить его на следующей сессии ПКК.

ПКК заслушал отчеты по проектам TRITON и GDH&SPASCHARM, выполняемым в рамках темы «Физика легких мезонов», и предложения по их продлению. Проект TRITON нацелен на получение новых данных для реакций синтеза изотопов водорода, катализируемых отрицательными мюонами, в экспериментах, которые будут проводиться на фазотроне ОИЯИ. Анализ экспериментальных данных позволит определить выходы продуктов  $pt$ -синтеза с высокой точностью. Проект GDH&SPASCHARM направлен, во-первых, на экспериментальное изучение на ускорителе У-70 (ИФВЭ, Протвино) спиновой структуры протона, включая установление вклада глюонов в спин протонов в глюоконепругих процессах (SPASCHARM), во-вторых, на

изучение спиновой зависимости фоторождения мезонов на поляризованных пучках фотонов (GDH) микротрона MAMI в Майнце. ПКК положительно оценил подготовку и проведение экспериментов в рамках проектов TRITON и GDH&SPASCHARM и рекомендовал продлить их на 2014–2016 гг.

На сессии ПКК были заслушаны научные доклады М. В. Фронтасьевой «Состояние дел в нейтронном активационном анализе на реакторе ИБР-2» и В. И. Фурмана «Исследования электроядерных систем в ОИЯИ и перспективы их развития». Директор ОИЯИ В. А. Матвеев предложил организовать рабочее совещание по трансмутации ядер с обсуждением предварительных результатов исследований электроядерных систем в ОИЯИ при участии авторитетных специалистов из России и других стран.

ПКК с интересом ознакомился со стендовыми докладами молодых ученых в области нейтронной ядерной физики и отобрал три лучших: «Использование двустворчатых моллюсков в биомониторинге атлантического побережья Южной Африки» З. И. Горяиновой, «Изучение распределения микроэлементов в уличных каньонах Белграда с помощью активного биомониторинга» М. Аничиц и «Газовый детектор с бором-10 для спектрометрии по времени пролета с УХН» С. В. Горюнова.

Члены ПКК посетили Центр просвещения им. академика А. Н. Сисакяна в Международном университете «Дубна».

measurements of  $(n, p)$  and  $(n, \alpha)$  reaction cross sections at neutron energies of several MeV. Significant progress was made in the experimental test of the weak equivalence principle using ultracold neutrons, in studies of peculiar  $T$ -odd effects in ternary fission. The PAC recommended that the research activities in nuclear physics be continued with first priority in 2014–2016 within the framework of this theme and that a new project “Development of IREN facility” be prepared for presentation at its next meeting.

The PAC heard reports on the TRITON and GDH&SPASCHARM projects under the theme “Physics of Light Mesons” and proposals for their continuation. The TRITON project is aimed at obtaining new data for fusion reactions in hydrogen isotopes catalyzed by negative muons in an experiment that will be carried out at the JINR Phasotron. The analysis of the experimental data will allow the determination of yields in  $pt$ -synthesis with high accuracy. The GDH&SPASCHARM project is aimed, firstly, at the experimental study, at the U70 accelerator (IHEP, Protvino), of the proton spin structure including the determination of gluon contribution to the proton spin in deep inelastic processes (SPASCHARM), and, secondly, at the investigation of helicity dependence of the meson photoproduction with polarized photon beams at the MAMI microtron in Mainz (GDH). At this microtron, the world’s first experimental value of one of spin polarizabilities of the proton was measured. The PAC

appreciated the quality of preparation for the experiments as parts of the TRITON and GDH&SPASCHARM projects and recommended their extension for the years 2014–2016.

The PAC heard the scientific reports: “State of the art in neutron activation analysis at the IBR-2 reactor” by M. Frontasyeva and “Research of accelerator-driven systems at JINR and their development prospects” by W. Furman. JINR Director V. Matveev proposed to organize a workshop of competent specialists from Russia and elsewhere on nuclear transmutation in view of the preliminary results of JINR research of accelerator-driven systems.

The PAC was pleased with the presentations of new results and proposals by young scientists in the field of nuclear physics research. The following were selected to be best posters: “Bivalve mussels in biomonitoring of the South Africa Atlantic coastal waters” by Z. Goryainova, “Active moss biomonitoring of trace element distribution in Belgrade canyon streets” by M. Aničić, and “Boron-10 gas detector for time-of-flight spectrometry with UCN” by S. Goryunov. The PAC recommended the poster by Z. Goryainova for presentation at the 114th session of the Scientific Council in September 2013.

The PAC members visited the Academician Alexey Sissakian Education Centre in the International University “Dubna”.

**Бруно ПОНТЕКОРВО**  
**(22.08.1913–24.09.1993)**

Бруно Понтекорво (Италия) — физик, академик АН СССР (1964). Окончил Римский университет (1933). Лауреат Государственной премии (1953) и Ленинской премии (1963).

В 1929 г. Б. Понтекорво поступил на инженерный факультет Университета в Пизе, а в 1931 г. был принят на курс физики, который читал Э. Ферми в Римском университете La Sapienza, и вскоре стал одним из самых близких его ассистентов. В 1934 г. он участвовал в знаменитом эксперименте Э. Ферми, продемонстрировавшем свойства медленных нейтронов и указавшем путь к открытиям в области ядерного распада.

В 1936 г. Б. Понтекорво получает премию Министерства национального образования Италии для стажировки за границей и едет во Францию, где работает в лаборатории Ирен и Фредерика Жолио-Кюри, исследуя процессы замедления и захвата нейтронов ядрами. Здесь он занят в большом цикле экспериментов по изучению ядерной изомерии, за которые получает премию Кюри-Карнеги.

После начала Второй мировой войны Б. Понтекорво переезжает в США, где устраивается на работу в частную нефтяную компанию. Разработанный им в те годы геофизический метод исследования нефтяных скважин и разведки нефти с помощью источника нейтронов — метод нейтронного каротажа — широко применяется и в настоящее время.

В 1943 г. Б. Понтекорво приглашают в Канаду, в лабораторию Чок-Ривер, где он участвует в создании и запуске большого исследовательского реактора на тяжелой воде. С 1943 по 1948 г. Б. Понтекорво выполнил ряд пионерских экспериментов по изучению фундаментальных свойств мюона; предложил метод регистрации нейтрино от Солнца, ядерных реакторов и ускорителей, известный под названием радиохимического хлор-аргонного метода; внес значительный вклад в развитие техники регистрации солнечных нейтрино, разработав пропорциональный счетчик малых размеров.

**Bruno PONTECORVO**  
**(22.08.1913–24.09.1993)**

Bruno Pontecorvo (Italy) — a physicist, Academician of AS USSR (1964). He graduated from Rome University (1933). He is the Laureate of the USSR State Prize (1953) and the Lenin Prize (1963).

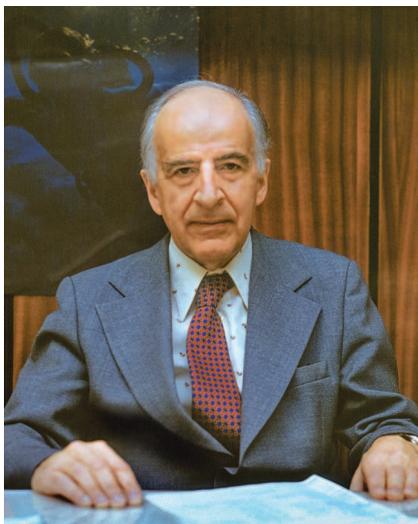
In 1929 B. Pontecorvo entered the department of engineering in Pisa University, and in 1931 he took the course of physics at Rome University La Sapienza that read E. Fermi and soon became one of closest assistants. In 1934 B. Pontecorvo took part in the famous experiment of E. Fermi that revealed the properties of slow neutrons

and paved the way to discoveries in the field of nuclear decay.

Bruno Pontecorvo was awarded the Prize of the Ministry of National Education of Italy in 1936 to be able to take trainee courses abroad. He went to France where he worked in the laboratory of Iren and Frederic Joliot-Curie studying the processes of neutron moderation and capture with nuclei. In France he was involved in a large cycle of experiments to study nuclear isomerism and was awarded the Curie-Carnegie Prize for it.

When World War II started B. Pontecorvo moved to the USA where he was employed by a private oil company. The geophysical method of oil prospecting and well studies with neutron sources, developed by B. Pontecorvo in those years — the so-called neutron logging method — has been widely used since.

In 1943 B. Pontecorvo was invited to Canada, to the Chalk River laboratory, where he took part in the development and launch of a big research heavy-water reactor. In the period of 1943–1948 B. Pontecorvo conducted pioneer experiments to study the fundamental properties of muon; he also proposed a method of detection of neutrinos from the Sun, nuclear reactors and accelerators known as the radiochemical chloro-argon method; B. Pontecorvo made a considerable contribution to the development of technology to detect solar neutrinos, having designed a proportional counter of small dimensions.



В 1948 г. Б.Понтекорво, приняв приглашение Д.Кокрофта, стал сотрудником отдела ядерной физики британского атомного центра в Харуэлле. Но уже в 1950 г. он вместе с семьей приезжает в СССР, в будущую Дубну, где с головой погружается в научную работу: сначала в Гидротехнической лаборатории, затем в Институте ядерных проблем, а с 1956 г. в Объединенном институте ядерных исследований.

В экспериментах группы Б.Понтекорво на синхроциклотроне в Дубне был исследован процесс рождения нейтральных пионов в нуклон-нуклонных соударениях. Большой цикл работ был посвящен изучению процесса упругого рассеяния пионов нуклонами. Независимо от А.Пайса Б.Понтекорво высказал гипотезу совместного рождения каонов и гиперонов (1954).

С конца 1950-х гг. научные интересы Б.Понтекорво сосредоточены на физике слабого взаимодействия и особенно на физике нейтрино. Он высказал гипотезу осцилляций нейтрино (1957–1958), основываясь на идее глубокой аналогии слабого взаимодействия лептонов и адронов, задолго до появления кварк-лептонной стандартной теории электрослабого взаимодействия. Он же первым указал на важность процессов слабого взаимодействия нейтрино и электронов для эволюции звезд.

В 1959 г. Б.Понтекорво опубликовал получившую широкую известность работу «Электронные и мюонные нейтрино», в которой показал, что нейтрино от ускорителей могут быть зарегистрированы большими детекторами, и предложил схему опыта, позволяющего ответить на вопрос о том, различаются ли электронное и мюонное нейтрино.

Наряду с блестящими идеями, которые реализуются сейчас в научных лабораториях мира, велико значение Б.Понтекорво как личности и педагога. Около 20 лет он заведовал кафедрой физики элементарных частиц Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова. Под его руководством выросла целая плеяда талантливых физиков, он оказал плодотворное влияние на формирование научной программы Объединенного института ядерных исследований. В память о Б.Понтекорво в ОИЯИ учреждена международная премия его имени по физике элементарных частиц.

In 1948 B.Pontecorvo accepted the invitation of Sir John D.Cockroft and came to work in the department of nuclear physics at the Harwell Atomic Centre in Britain. Two years later, in 1950, he and his family moved to the USSR. He arrived in the research centre which became later the Dubna Institute and plunged into research work: first at the Hydrotechnical laboratory, then at the Institute of Nuclear Problems, and from 1956 at the Joint Institute for Nuclear Research.

At the synchrocyclotron in Dubna B.Pontecorvo and his colleagues studied in their experiments the process of production of neutral pions in nucleon–nucleon collisions. A large cycle of research was devoted to the studies of elastic pion scattering with nucleons. B.Pontecorvo, apart from A.Pais, offered a hypothesis of conjoint production of kaons and hyperons in 1954.

From the late 1950s the scientific interests of B.Pontecorvo were focused on the physics of weak interaction and, especially, on neutrino physics. He proposed a hypothesis of neutrino oscillations (1957–1958) proceeding from the idea of deep analogy of lepton–hadron weak interactions, long before the development of the quark–lepton standard theory of electroweak interaction. He was the first to draw the attention to the importance of processes of neutrino and electron weak interaction for the star evolution.

In 1959 B.Pontecorvo published his famous paper “Electron and Muon Neutrinos” where he showed that neutrinos from accelerators could be registered with large detectors and proposed a scheme of an experiment that would allow scientists to find an answer to the question if electron and muon neutrinos differ from each other.

Along with the bright ideas of B.Pontecorvo that are still brought into life today in scientific laboratories around the world, he played a significant role in education of young scientists. For 20 years he was Head of the Elementary Particle Physics Chair of the Lomonosov State University in Moscow. A whole generation of gifted physicists was trained under his guidance; he played a fruitful role in formulating the scientific programme of the Joint Institute for Nuclear Research. In memory of B.Pontecorvo, an international Prize in elementary particle physics has been instituted and named after him.

**4 апреля** состоялось очередное расширенное совещание дирекции ОИЯИ, посвященное итогам работы мартовской сессии КПП ОИЯИ и ряду вопросов текущей деятельности дирекции.

Открывая совещание, директор Института В.А.Матвеев высоко оценил итоги сессии, коснулся ряда вопросов, связанных, в частности, с замечаниями отдельных стран-участниц по поводу новой методики начисления членских взносов в бюджет Института. Рабочая группа при председателе КПП по финансовым вопросам доработав принципы методики расчета взносов государств-членов в бюджет ОИЯИ с учетом всех предложений и замечаний, высказанных на сессии, представит итоги этой работы на ноябрьской сессии КПП. Еще одним пунктом в выступлении директора ОИЯИ была тема взаимоотношений Института с подрядными организациями и возможные пути решения накопившихся проблем.

Главный ученый секретарь ОИЯИ Н.А.Русакович проинформировал о результатах выборов нового состава Ученого совета ОИЯИ, а также об инициативах дирекции в отношении более широкой интеграции в европейское научное сообщество.

Председатель ОКП в ОИЯИ В.П.Николаев доложил участникам совещания о ходе выполнения «Коллективного договора Объединенного института ядерных исследований на 2011–2013 гг.». В последовавшем

обсуждении участвовали В.А.Матвеев, Д.В.Ширков, Н.А.Русакович, С.З.Пакуляк.

Директор ЛЯП А.Г.Ольшевский выступил с информацией о праздновании 100-летнего юбилея первого директора лаборатории члена-корреспондента РАН В.П.Джеллепова.

На совещании в ходе состоявшихся выборов председателем Научно-технического совета ОИЯИ единогласно избран главный научный сотрудник ЛТФ Р.В.Джолос, а научным секретарем — старший научный сотрудник ЛТФ Е.А.Колганова. В обсуждении предложенной почетным директором ЛТФ Д.В.Ширковым темы «НТС ОИЯИ в прошлом и будущем» вместе с инициатором дискуссии приняли участие Р.В.Джолос, В.А.Матвеев, М.Г.Иткис, С.Н.Дмитриев.

**5 апреля** ОИЯИ посетили заместитель генерального директора, директор блока международной деятельности госкорпорации «Росатом» Н.Н.Спасский и сопровождающие его лица. В дирекции Института делегацию «Росатома» приняли В.А.Матвеев, М.Г.Иткис, Г.Д.Ширков, Н.А.Русакович, Д.В.Каманин, А.В.Виноградов.

В ходе беседы обсуждались возможности расширения сотрудничества между двумя организациями, в том числе в неядерных приложениях, использования Учебно-научного центра ОИЯИ в образовательных программах «Росатома». Во время встречи рассматрива-

A regular extended meeting of the JINR Directorate was held **on 4 April**. It discussed the results of the March session of the JINR CP and issues of current activities at the JINR Directorate.

The Director of the Institute V.Matveev opened the meeting. He gave high appraisal of the session results and talked about issues in connection with comments of several Member States on the new approach in the membership fee charge for the JINR budget. The working group of the CP Chairman office on financial issues is to improve the approach methods to calculate the membership fees into the budget of JINR, with an account of all proposals and remarks expressed at the session. It should present the results of its work at the November session of CP. One more issue in the speech of the Director concerned the interrelations of JINR with contractors and possible ways to solve the problems that had accumulated during the period.

JINR Chief Scientific Secretary N.Russakovich informed the audience about the results of the elections of the new membership of the JINR Scientific Council and the initiatives of the Directorate to extend the integration into the European scientific community.

Chairman of the Trade Union Joint Committee at JINR V.Nikolaev reported to the participants of the meeting about the implementation of the "Collective Employment

Agreement of the Joint Institute for Nuclear Research for 2011–2013". V.Matveev, D.Shirkov, N.Russakovich, and S.Pakulyak took part in the discussion after the report.

DLNP Director A.Olshevski made a presentation about the celebration of the centenary of the birth of the first director of the Laboratory RAS Corresponding Member V.P.Dzheleпов.

Elections were held at the meeting. Chief researcher of BLTP R.Jolos was unanimously elected chairman of the JINR Scientific-Technical Council; senior researcher of BLTP E.Kolganova was elected scientific secretary of the Council. BLTP Honorary Director D.Shirkov suggested a topic for the discussion "JINR STC — Past and Future", and R.Jolos, V.Matveev, M.Itkis, and S.Dmitriev took part in the debates.

Rosatom state corporation Deputy Director General, Head of the international relations department N.Spasky and accompanying persons visited JINR **on 5 April**. At the JINR Directorate, V.Matveev, M.Itkis, G.Shirkov, N.Russakovich, D.Kamanin, and A.Vinogradov received the delegation from Rosatom.

The sides discussed opportunities to broaden cooperation between two organizations, including the sphere of non-nuclear applications, and use the UC of JINR in educational programmes of Rosatom. They also discussed

лись вопросы подготовки визита в ОИЯИ генерального директора МАГАТЭ Юкия Аmano. Гости посетили лаборатории физики высоких энергий и ядерных реакций.

**5 апреля** в ЛФВЭ ОИЯИ, в мемориальном кабинете академика А. М. Балдина состоялось торжественное вручение дипломов инженеров-физиков выпускникам базовой кафедры ОИЯИ «Электроника физических установок» (ЭФУ) в МИРЭА.

12 дипломов, в том числе четыре с отличием, в присутствии преподавателей кафедры вручили председатель Государственной аттестационной комиссии МИРЭА академик РАН В. Г. Кадышевский, заведующий

кафедрой ЭФУ МИРЭА профессор А. И. Малахов и директор Учебно-научного центра ОИЯИ С. З. Пакуляк.

**15 апреля** состоялось первое заседание НТС ОИЯИ в новом составе. В состав нового НТС вошли дирекция и научный руководитель ОИЯИ, директора, почетные директора и научные руководители лабораторий, директор УНЦ ОИЯИ и председатель совета молодых ученых и специалистов. По решению директора Института в состав НТС включены также его предыдущий председатель И. Н. Мешков и член Президентского совета по науке и образованию РФ Г. В. Трубников. Всего в состав НТС вошли 47 человек.

Дубна, 5 апреля. Представители госкорпорации «Росатом» на экскурсии в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова



Dubna, 5 April. Representatives of the Rosatom state corporation on the excursion at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions

issues of preparation of the visit of IAEA Director General Yukiya Amano to JINR. The guests had excursions to the Laboratory of High Energy Physics and the Laboratory of Nuclear Reactions.

Diplomas of engineers-physicists were ceremonially handed to the graduates of the basic chair of JINR “Electronics at Physics Facilities” (EPF) of MIREA in the memorial study of Academician A. Baldin at JINR LHEP **on 5 April**.

Twelve Diplomas, including four with honours, were handed by the Chairman of the State MIREA Attestation Board RAS Academician V. Kadyshevsky, head of the EPF MIREA chair Professor A. Malakhov and JINR UC Director S. Pakulyak.

**On 15 April** the first meeting of the newly elected JINR STC was held. The Council included the Directorate and JINR scientific leader, directors, honorary directors and scientific leaders of the laboratories, the JINR UC director and chairman of the Council of Young Scientists and Specialists. According to the decision of the Director of the Institute, STC includes the previous chairman I. Meshkov and member of the RF Presidential Council on Science and Education G. Trubnikov, in total 47 persons.

The Council Chairman R. Jolos made a report on the main trends of activities of JINR STC. JINR Vice-Director R. Lednický presented recommendations of the group on JINR staff policy. The UC Director S. Pakulyak spoke about preparation activities for the State accreditation of JINR post-graduate courses. R. Jolos also spoke on the recom-

Основным направлениям деятельности НТС ОИЯИ было посвящено выступление председателя совета Р.В.Джолоса. Вице-директор Р.Ледницки представил рекомендации группы по вопросам кадровой политики ОИЯИ. Директор УНЦ С.З.Пакуляк сообщил о подготовке к Государственной аккредитации аспирантуры ОИЯИ. Р.В.Джолос проинформировал НТС о рекомендациях комиссии по анализу ситуации в пансионате «Дубна», по изменению структуры управления ОИЯИ. Ученый секретарь НТС Е.А.Колганова представила предварительный план работы НТС ОИЯИ на ближайшее время.

#### Улица Алексея Сисакяна на карте Дубны

Учитывая выдающийся вклад академика РАН А.Н.Сисакяна, возглавлявшего Объединенный институт ядерных исследований, в отечественную науку и в развитие города Дубны, администрация города, рассмотрев направленные в ОАО ОЭЗ «Дубна» обращения, постановила присвоить улице, примыкающей к промышленному комплексу «Бета» в новой промышленной правобережной зоне Дубны, имя академика Алексея Сисакяна.

Алексей Норайрович — один из авторитетных российских ученых в области теоретической и математической физики, инициатор масштабных проектов в Дубне, в том числе мега-проекта по созданию колла-

дера NICA на базе нуклотрона ОИЯИ для исследования критических явлений в ядерной материи. Академик А.Н.Сисакян активно поддержал проект по созданию особой экономической зоны в Дубне, при его участии и поддержке статус резидента ОЭЗ «Дубна» получили около десятка инновационных компаний, реализующих разработки ученых ОИЯИ. А.Н.Сисакян был членом наблюдательного совета ОЭЗ и председателем научно-технического совета по ядерно-физическим и нанотехнологиям. В названии улицы продолжится жизнь человека, который много сделал и для науки, и для города, в котором жил.

**17 мая** в дирекции ОИЯИ состоялась рабочая встреча с представителями Еврокомиссии, которые накануне, 16 мая, участвовали в совещании в Москве в Минобрнауки РФ как члены исполнительного комитета Евросоюза по вопросам развития исследовательской инфраструктуры и координации совместных работ по проектам мега-сайенс, реализуемым в российских научных центрах и ОИЯИ, включенным в российскую государственную программу на 2013–2020 гг.

В переговорах в министерстве, а затем в Дубне принимали участие руководитель департамента развития приоритетных направлений науки и техники Минобрнауки РФ С.В.Салихов и его коллеги, руководитель подразделений по исследовательской инфраструктуре Еврокомиссии Анна Арано Антело, экс-

mendations by the board on the status of the “Dubna” holiday hotel and on the changes in the administration structure of JINR. STC Scientific Secretary E.Kolganova presented a draft of the Council activities in the nearest future.

#### Dubna's map has now a street named after Academician Alexei Sissakian

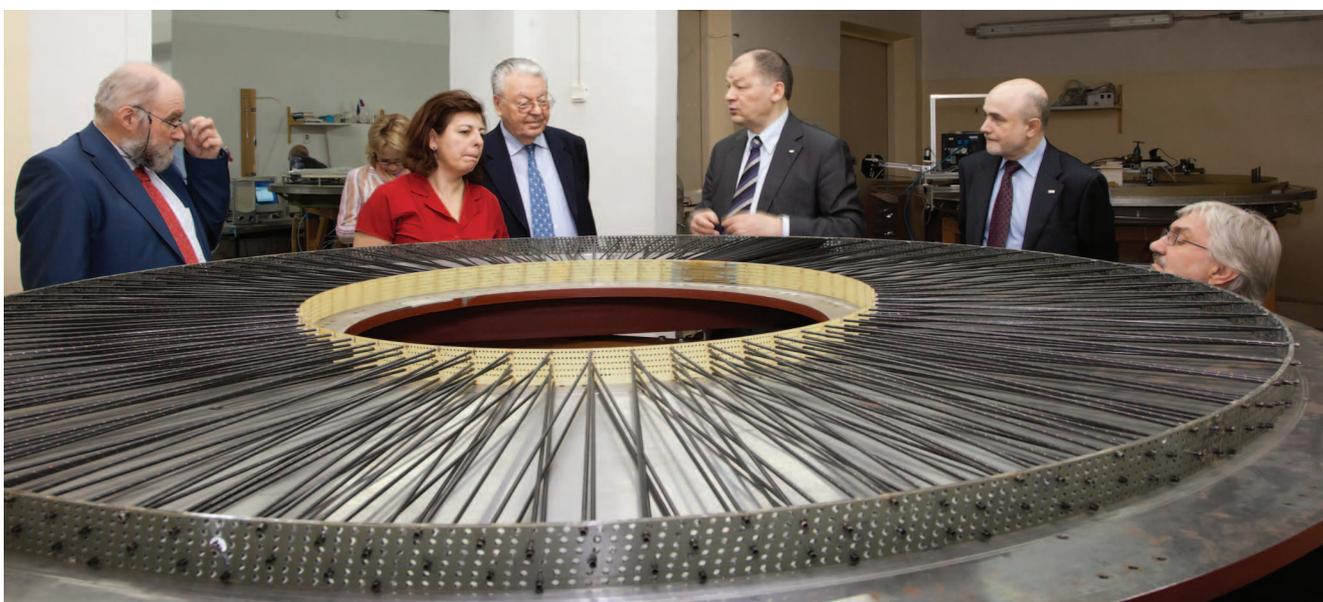
The administration of the city of Dubna decided to name a street after RAS Academician A.Sissakian who headed the Joint Institute for Nuclear Research (2006–2010) and made a considerable contribution to the Russian science and development of the city, taking into account his outstanding services and appeals sent to OJSC SEZ “Dubna”. A street in the industrial zone “Beta” in the right-bank part of Dubna will bear the name of the scientist.

Alexei Sissakian is one of the most well-known Russian scientists in the field of theoretical and mathematical physics. He initiated large-scale projects in Dubna, including the mega-science project to develop the NICA collider on the basis of the JINR Nuclotron for studies of critical phenomena in nuclear matter. Academician A.Sissakian eagerly supported the project to establish a special economic zone in Dubna; about a dozen of in-

novation companies that bring the elaborations of JINR scientists into life received the resident status at the Dubna SEZ under the support and vivid involvement of Academician A.Sissakian. He was member of the SEZ supervisory committee and chairman of the scientific-technical council on nuclear physics and nano technology. The life of this scientist, who did so much for science and the city he lived in, will continue in the name of this street.

**On 17 May** a working meeting with representatives of the European Commission was held at the JINR Directorate. The day before, on 16 May, the representatives of the European Commission took part in the meeting at the RF Ministry of Education and Science in Moscow. Their delegation consisted of the members of the executive committee of the European Union on issues of development of research infrastructure and coordination of joint work in mega-science projects that are implemented at Russian scientific centres and JINR and are included into the Russian state programme for 2013–2020.

The following persons took part in the negotiations at the Ministry and then in Dubna: Head of the Ministry department of development of priority trends in science and technology S.Salikhov and his colleagues, Head of the European Commission Research Infrastructures department Anna Arano Antelo, EU experts — ex-Director-



Дубна, 17 мая. Визит представителей Еврокомиссии  
в ОИЯИ

Dubna, 17 May. Representatives of the European Commission  
a visit to JINR

перты Евросоюза — бывший генеральный директор ЦЕРН Роберт Эймар, представитель СЕА Сюзанн Гота Голдман (Франция), член Форума европейской стратегии по научно-исследовательской инфраструктуре (ESFRI) Жан Муле, профессор Стив Майерс (ЦЕРН), директор GSI (Германия) Хорст Штокер, советник по науке и инновациям представительства ЕС в РФ Ричард Бургер, а также, со стороны ОИЯИ, заместитель директора ЛФВЭ А.С. Сорин, который проинформировал участников совещания о ходе работ по проекту NICA в Дубне.

17 мая в дирекции Института представителей Еврокомиссии приняли В.А. Матвеев, Р. Ледницки, Н.А. Русакович, В.Д. Кекелидзе, А.С. Сорин, Г.В. Трубников, Д.В. Каманин. Директор ОИЯИ и его коллеги представили программу научно-исследовательской деятельности Института, рассказали о международном сотрудничестве и участии стран-участниц и ассоциированных членов в проектах Семилетнего плана развития ОИЯИ, уделив особое внимание проекту NICA. Гости побывали в Лаборатории физики высоких энергий на основных научно-технологических участках, где ведутся работы по проекту NICA, встретились с ведущими специалистами.

Участники встречи, выразив заинтересованность Еврокомиссии участвовать в дубненском мега-сайенс-проекте и расширять международное сотрудничество в этом направлении, имеют возможность обсудить все

аспекты сотрудничества на заседании Еврокомиссии 19 июня в Брюсселе.

**18 мая** ОИЯИ посетили генеральный директор Международного агентства по атомной энергии Юкия Аmano и сопровождавшие его лица. Глава МАГАТЭ с большим интересом познакомился с исследованиями и проектами лабораторий физики высоких энергий и ядерных реакций. Многолетнее сотрудничество ОИЯИ с МАГАТЭ осуществляется в сфере подготовки молодых специалистов, проведении экспертных работ. На встрече в дирекции с участием директора Объединенного института В.А. Матвеева, вице-директоров Р. Ледницкого и М.Г. Иткиса, главного ученого секретаря Н.А. Русаковича, его заместителя Д.В. Каманина, главного инженера ЛНФ А.В. Виноградова обсуждались возможности дальнейшего расширения и укрепления сотрудничества.

**23 мая** на очередном расширенном совещании дирекции ОИЯИ обсуждались вопросы о готовности к программно-консультативным комитетам, о подготовке новой редакции Семилетнего плана развития ОИЯИ, об итогах кампании по повышению заработной платы сотрудникам Института.

По первому вопросу выступили вице-директора М.Г. Иткис и Р. Ледницки. Они отметили насыщенность программы всех трех июньских комитетов, включавшей доклады о ходе работ по реализации научных и техни-

---

General of CERN Robert Aymar, representative of CEA (Commissariat d'Énergie Atomique, France) Suzanne Gotha Goldman, member of the European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) Jean Moulin, Professor Steve Myers (CERN), GSI Director Horst Stocker (Germany), science and innovation Advisor at the EC office in RF Richard Burger (France), as well as official on the JINR side — LHEP Deputy Director A. Sorin who informed the participants on the status of the NICA project at Dubna.

On 17 May the delegation from the European Commission was received at the JINR Directorate. They were greeted by JINR Director V. Matveev, JINR Vice-Director R. Lednický, JINR Chief Scientific Secretary N. Russakovich, LHEP Director V. Kekelidze, LHEP Deputy Directors A. Sorin and G. Trubnikov, Deputy Head of the international relations department D. Kamanin. The Institute Director and his colleagues presented the programme of scientific research at the Institute, spoke about international cooperation and involvement of JINR Member States and Associate Members in the projects from the Seven-Year Plan of JINR Development, giving special attention to the project NICA. Then the guests were invited to the Laboratory of High Energy Physics to visit its main sites where the Project NICA is under way and meet the Laboratory leading researchers.

The participants of the meeting expressed the interest of the European Commission in taking part in the mega-project in Dubna and widening international cooperation in this direction. They discussed all the aspects of cooperation with JINR at the session of the European Commission on 19 June in Brussels.

Director General of the International Atomic Energy Agency Yukiya Amano and his accompanying persons visited JINR on **18 May**. Head of IAEA got acquainted with a great interest with research activities and projects of the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics and the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions. For many years JINR has been cooperating with IAEA in the sphere of training young specialists and organizing expert services. JINR Director V. Matveev, JINR Vice-Directors M. Itkis and R. Lednický, JINR Chief Scientific Secretary N. Russakovich, his Deputy D. Kamanin, FLNP Chief Engineer A. Vinogradov participated in a meeting at the JINR Directorate, where possibilities of enhancement of cooperation were discussed.

**On 23 May** a regular extended meeting of the JINR Directorate was held. It discussed issues of the status of preparation of the Programme Advisory Committees meetings, a new version of the Seven-Year Plan of JINR

ческих проектов, отчеты по проектам и темам, завершающимся в 2013 г., стендовые сессии докладов молодых ученых, выработку рекомендаций Ученому совету и дирекции ОИЯИ.

Говоря о корректировке Семилетнего плана, директор ОИЯИ В.А.Матвеев подчеркнул, что 10 секций рабочей комиссии продолжают работу по подготовке к

докладу на Ученом совете по всем направлениям деятельности Института.

Рассмотрены все проекты, требующие дополнительных капитальных вложений, проблемы энергетических затрат, социальная политика. Особое внимание уделено эффективности использования денежных средств и консолидации ресурсов на главных научных направлениях. В прениях выступили М.Г.Иткис, Р.Ледницки,

Дубна, 18 мая. Генеральный директор Международного агентства по атомной энергии Юкия Аmano (5-й справа), прибывший в Дубну для ознакомления с деятельностью ОИЯИ



Dubna, 18 May. Director General of the International Atomic Energy Agency Yukiya Amano (the 5th right) on a visit to Dubna to be acquainted with the activities at JINR

Development and results of the measures to raise the wages for the JINR personnel.

JINR Vice-Directors M.Itkis and R.lednický took the floor on the first issue. They marked busy programmes of all three committees in June that included reports on the status of work in the scientific and technical projects, information on the projects and topics that are to be concluded in 2013, poster presentations by young scientists, work-out efforts to issue recommendations to the Scientific Council and JINR Directorate.

Speaking on revision measures of the seven-year plan, JINR Director V.Matveev stressed that 10 sections of the working committee continued their preparation

work for the report to the Scientific Council in all research trends of the Institute.

All the projects that need additional funding, power consumption aspects and social policy were discussed. Special attention was paid to the efficiency of monetary funds' use and consolidation of resources in the main scientific directions. M.Itkis, R.Lednický, V.Kekelidze, V.Korenkov, D.Shirkov, N.Russakovich, and S.Dotsenko took part in the debates.

A.Ruzaev reported on the measures to raise the wages by average 19% of five categories of JINR staff. A mild deviation in the percentage occurred due to the personnel categories in different laboratories. The work

В. Д. Кекелидзе, В. В. Кореньков, Д. В. Ширков, Н. А. Русакович, С. Н. Доценко.

Об итогах повышения заработной платы сотрудникам ОИЯИ с 1 апреля этого года рассказал А. В. Рузаев. Среднее повышение по пяти категориям сотрудников составило 19 процентов. Небольшая разница в процентах была связана с кадровым составом лабораторий. Работа по упорядочению размеров окладов будет продолжена. В прениях выступили В. А. Матвеев, В. Г. Кадышевский, М. Г. Иткис, В. Д. Кекелидзе, Д. В. Ширков, С. Н. Дмитриев, Р. Ледницки.

По ряду других вопросов на совещании выступили Е. А. Колганова, С. З. Пакуляк, В. Г. Кадышевский, Е. А. Красавин.

**В начале июня** стартовал разработанный научно-информационным отделом ОИЯИ ТВ-канал на портале YouTube под названием JINRTV.

Предыстория события такова. 21 июня 2012 г. научно-информационным отделом при поддержке Лаборатории информационных технологий был разрабо-

тан и запущен видеопортал ОИЯИ. В период с 21 июня 2012 г. по 11 июня 2013 г. этот портал посетили более 15 тыс. человек из более чем 28 стран мира и России. Сейчас на видеопортале размещены более 150 информационных роликов, документальных фильмов и программ. В дальнейшем планируется запустить на базе портала сетевизор с он-лайн вещанием всех информационных и публицистических программ о деятельности ОИЯИ.

YouTube признан популярнейшим видеохостингом и третьим сайтом в мире по количеству посетителей. В январе 2012 г. ежедневное количество просмотров видео на сайте достигло 4 млрд. По данным «Российской газеты», два процента аудитории сервиса составляют россияне — это 51 млн человек. Сейчас канал JINRTV находится в стадии наполнения материалами и адаптации ко всемирной сети, он поможет пользователям социальных сетей оперативно находить и просматривать на мобильных устройствах фото- и видеoinформацию о деятельности Института.

to arrange the amount of wages will be continued. V. Matveev, V. Kadyshevsky, M. Itkis, V. Kekelidze, D. Shirkov, S. Dmitriev, and R. Lednický took part in the debates.

E. Kolganova, S. Pakulyak, V. Kadyshevsky, and E. Krasavin took the floor on other topics of the meeting.

A television channel called JINRTV was launched **in early June** on the web portal YouTube. It was designed by the scientific information department of JINR.

The following facts lie in the background of the event: on 21 June 2012 the scientific information department designed and started a video portal of JINR. The Laboratory of Information Technologies assisted to work. During the period from 21 June 2012 to 11 June 2013, more than 15 thousand users from above 28 countries and Russia vis-

ited the portal. Now there are more than 150 information video clips, documentaries and programmes on the video portal. It is planned to launch on-line TV broadcasting through the internet with all information and public programmes about the activities at JINR.

The YouTube portal has been acknowledged a most popular video hosting and the third in the world site in the number of visitors. In January 2012 daily visits to the site amounted to 4 billion. The Russian newspaper “Rossijskaya gazeta” states that 2% of the service audience is Russian users — it is 51 million people.

At the present moment the JINRTV channel is in the stage of accumulation of information and adjustment to the world internet. It will help social net users to find and look through photo and video information about JINR in their mobile devices.



### Н. А. Русаковичу — 60 лет

9 апреля главному ученому секретарю Объединенного института ядерных исследований **Николаю Артемьевичу Русаковичу** исполнилось 60 лет. Коллеги и друзья сердечно поздравили Николая Артемьевича с шестидесятилетним юбилеем, пожелав ему здоровья, удачи и успехов во всех его начинаниях.

### N. A. Russakovich is 60

On 9 April JINR Chief Scientific Secretary **Nikolai Artemievich Russakovich** celebrated his 60th birthday. Colleagues and friends heartily congratulated him on the jubilee and wished him health, luck and every success in all his undertakings.

### Ю. Ц. Оганесяну — 80 лет

14 апреля исполнилось 80 лет **Юрию Цолаковичу Оганесяну**, профессору, действительному члену Российской академии наук, научному руководителю Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова. Коллеги и друзья сердечно поздравили Юрия Цолаковича с юбилеем, пожелали доброго здоровья, новых блестящих научных результатов, счастья и благополучия в семье.

Юбилера поздравил Президент России В. В. Путин:

«Уважаемый Юрий Цолакович! Примите поздравления с 80-летним юбилеем. Талантливый, преданный интересам дела человек, Вы посвятили свою жизнь науке и на этом поприще достигли больших, значимых успехов. Ваша неустанная исследовательская деятельность, организаторский потенциал, весомый вклад в развитие передовых, востребованных областей физики заслуживают самого глубокого признания. Желаю Вам новых достижений в важном, истинно подвижническом труде, здоровья и всего самого доброго!»

В адрес Ю. Ц. Оганесяна поступили приветствия и поздравления от руководства РАН, руководителей и ведущих ученых научных центров России и мира, видных деятелей науки и культуры, правительства Московской области, руководителей города Дубны и градообразующих предприятий.



### Yu. Ts. Oganessian is 80

On 14 April Professor **Yuri Tsolakovich Oganessian**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Leader of the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, celebrated his 80th birthday. Colleagues and friends heartily congratulated him on the jubilee and wished him sound health, new bright scientific results, happiness and prosperity of his family.

Congratulatory Address by President of Russia V. Putin:

“Dear Yuri Tsolakovich,

Please accept my congratulations on the 80th jubilee. As a talented scientist faithful to his cause, you dedicated all your life to science and achieved in this sphere significant success. Your untiring research activities, your talent of an organizer, your great contribution to the development of advanced urgent fields of physics deserve deepest acknowledgement. Let me wish you new achievements in your important, really selfless work, health and all the best!”

Yu. Ts. Oganessian also received greetings and congratulations from the RAS leaders, heads and leading scientists of scientific centres of Russia and worldwide, outstanding scientists and celebrities, the government of the Moscow Region, leaders of the city of Dubna and heads of the local industrial enterprises.

**50 лет факультету естественных наук Университета им. П. Й. Шафарика в Кошице**

В 2013 г. исполнилось 50 лет факультету естественных наук Университета им. П. Й. Шафарика в Кошице (Словацкая Республика). 20 мая в здании городской филармонии в Кошице состоялось торжественное заседание Ученого совета факультета, на котором присутствовали представители большого числа учебных заведений Словакии и ряда иностранных университетов. От ОИЯИ в заседании принял участие профессор А. И. Малахов, приглашенный руководством университета и удостоенный бронзовой юбилейной медали факультета за заслуги в подготовке студентов в области релятивистской ядерной физики. Медали были вручены также ряду сотрудников университета и представителям других университетов Словакии.

По поручению дирекции ОИЯИ А. И. Малахов выступил на заседании с приветственным словом и вручил декану факультета профессору Габриэлю Семанишину поздравительный адрес, подписанный директором ОИЯИ академиком В. А. Матвеевым. В адресе дана высокая оценка успешному долголетнему сотрудничеству между Университетом им. П. Й. Шафарика в Кошице и ОИЯИ, а также отмечено, что сотрудничество продолжает эффективно развиваться. После официальной церемонии профессор А. И. Малахов встретился с коллегами из Университета им. П. Й. Шафарика и обсудил планы дальнейшего сотрудничества.



**The 50th anniversary of the Faculty of Science of P. J. Šafárik University in Košice**

In 2013 the Faculty of Science of the P. J. Šafárik University in Košice (Slovak Republic) celebrated its 50th anniversary. A ceremonial meeting of the Faculty scientific council was held on 20 May in the building of the city Philharmonic Hall in Košice. It was attended by representatives of various educational institutions of

Slovakia and foreign universities. Professor A. Malakhov took part in the event on the JINR side, as he was invited by the leaders of the University. He was awarded the Bronze Jubilee Medal of the Faculty for his contribution to training students in the field of relativistic nuclear physics. A number of the University staff members and guests from other universities of Slovakia were also awarded with Medals.

On behalf of the JINR Directorate A. Malakhov spoke at the meeting with greetings and presented a congratulatory address, signed by JINR Director Academician V. Matveev, to the Dean of the Faculty Professor Gabriel Semanišin.

The address highly evaluates the long standing successful cooperation between the P. J. Šafárik University in Košice and JINR and marks that the contacts continue to develop efficiently. After the official ceremony Professor A. Malakhov met with his colleagues from the University and discussed plans for further cooperation.

Кошице (Словакия), май.  
Обсуждение планов сотрудничества со словацкими коллегами:

1-й ряд — профессора  
Г. Мартинска и Й. Урбан;  
2-й ряд — профессора С. Вокал,  
А. И. Малахов, А. Дирнер

Košice (Slovakia), May.  
Discussing plans with Slovak  
colleagues: first row — Professors  
G. Martinská and J. Urban;  
second row — Professors S. Vokal,  
A. Malakhov, and A. Dirner







Дубна, 24 мая. Торжественное собрание, посвященное 100-летию основателя и первого директора ЛЯР ОИЯИ академика Г. Н. Флерова. Возложение цветов к памятнику ученого

Dubna, 24 May. The ceremonial meeting dedicated to the centenary of the founder and first director of JINR LNR Academician G. Flerov. Flower-laying ceremony at the monument to the scientist

## Празднование 100-летия Г. Н. Флерова

24 мая в Доме культуры «Мир» состоялось торжественное собрание, посвященное 100-летию основателя и первого директора Лаборатории ядерных реакций, выдающегося ученого, академика Георгия Николаевича Флерова.

Собрание открыл директор ЛЯР профессор С. Н. Дмитриев. С приветствием к собравшимся обратился директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев. Воспоминаниями о жизни Георгия Николаевича в науке поделились научный руководитель ЛЯР академик Ю. Ц. Оганесян, заместитель научного руководителя РФЯЦ-ВНИИЭФ (Саров) профессор Н. В. Завьялов.

На собрании выступили представители РАН и зарубежных научных центров, активно развивающих сотрудничество с Лабораторией ядерных реакций: академик Б. Ф. Мясоедов — руководитель секции химических наук РАН, заместитель председателя Национального комитета российских химиков, научный руководитель РФЯЦ-ВНИИЭФ академик Р. И. Илькаев, профессор З. Хофман (GSI, Дармштадт), профессор Х. Геггелер (Институт им. П. Шеррера, Швейцария), писатель и журналист В. С. Губарев.

Состоялось торжественное вручение дипломов лауреатам научной премии имени Г. Н. Флерова 2013 г. — за выдающийся вклад в развитие прецизионной спектроскопии с использованием пеннинг-ловушек. Премии удостоены профессор Х.-Й. Клюге (GSI, Дармштадт), К. Блаум (Институт Макса Планка, Гейдельберг), доктор М. Блок (GSI, Дармштадт), профессор Ю. Новиков (Институт ядерной физики, Гатчина).

На собрании были вручены дипломы и премии победителям конкурса, проведенного в дубненском лицее № 6, посвященного 100-летию со дня рождения Г. Н. Флерова, — выпускникам 11-го класса Алексею Логвинову и Ксении Сайфулиной.

Участники юбилейного собрания возложили цветы к памятнику Г. Н. Флерова на улице, названной его именем. Собрание завершила концертная программа фонда «Таланты мира» под руководством Давида Гвинианидзе.

## Celebration of G. Flerov's Centenary

On 24 May a ceremonial meeting on the centenary of the founder and first director of the Laboratory of Nuclear Reactions, outstanding scientist Academician Georgy Nikolaevich Flerov was held at the Culture Centre "Mir".

LNR Director Professor S. Dmitriev opened the meeting. JINR Director Academician V. Matveev greeted the audience. LNR Scientific Leader Academician Yu. Oganessian, Deputy Scientific Leader of RFNC-ARSRIEP (Sarov) Professor N. Zavialov shared their reminiscences about Flerov.

Representatives of RAS and foreign scientific centres that actively cooperate with the Laboratory of Nuclear Reactions took the floor: head of RAS section of chemical sciences Academician B. Myasoedov, Vice Chairman of the National Committee of Russian chemists and Scientific Leader of RFNC-ARSRIEP Academician R. Ilkaev, Professor Z. Hofman (GSI, Darmstadt), Professor H. Geggeler (P. Scherrer Institute, Switzerland), and a writer V. Gubarev.

Ceremonial presentation of Diplomas to the Laureates of the 2013 G. Flerov Prize was held — for the outstanding

contribution to the development of precision spectroscopy with Penning traps. The Prize was awarded to Professors H.-J. Kluge (GSI, Darmstadt), K. Blaum (Max Planck Institute, Heidelberg), Doctor M. Blok (GSI, Darmstadt), and Professor Yu. Novikov (Nuclear Physics Institute, Gatchina).

Besides, diplomas and awards were handed to the winners of the competition dedicated to the centenary of G. Flerov, held at Lyceum 6 of Dubna. They were 11-year students Aleksei Logvinov and Kseniya Saifulina.

The participants of the jubilee event laid flowers to the monument to G. Flerov in the street named after him. The meeting was concluded with a performance organized by the Foundation "Talents of the World" under the guidance of David Gvinianidze.

### Премия имени академика М. А. Маркова

Ученый совет Института ядерных исследований РАН присудил премию имени академика М. А. Маркова 2013 г. Юрию Григорьевичу Куденко — профессору, доктору физико-математических наук, заведующему Отделом физики высоких энергий ИЯИ РАН, и Александру Григорьевичу Ольшевскому — доктору физико-математических наук, директору Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ — за вклад в исследование нейтринных осцилляций в экспериментах с нейтрино от ускорителей и реакторов и измерение угла смешивания  $\theta_{13}$ .

14 мая состоялось вручение лауреатам дипломов на проходивших в ИЯИ РАН Марковских чтениях и выступление лауреатов — А. Г. Ольшевского с докладом «Поиск осцилляций нейтрино в реакторных экспериментах» и Ю. Г. Куденко с докладом «Обнаружение осцилляций мюонных нейтрино в электронные нейтрино в эксперименте T2K».

С 22 по 24 апреля директор ОИЯИ В. А. Матвеев посетил с официальным визитом Национальную ускорительную лабораторию им. Э. Ферми (FNAL, США) по приглашению ее дирекции. Директора ОИЯИ встречали и приветствовали директор FNAL П. Оддоне, заместитель директора Янг-Ки Ким, ассоциативный директор — руководитель ускорительного сектора С. Хендерсон, руководитель офиса Департамента энергетики США во FNAL М. Вайс и его заместитель М. Болингер, ассоциативный директор — руководитель сектора по физике частиц Г. Бок, помощник директора Р. Рубинштейн.

22 апреля был подписан меморандум о взаимопонимании между ОИЯИ и FNAL, который предусматривает научную кооперацию между двумя научными центрами по перспективному «Проекту X» FNAL — источник высокоинтенсивных пучков протонов и новые эксперименты по физике редких процессов с участием легких адронов, лептонов и ядер, а также по нейтринной физике с долгосрочной программой на длинной базе пролета нейтрино. Меморандум подразумевает также сотрудничество ОИЯИ–FNAL в реализации

### Academician M. A. Markov Prize

The Scientific Council of the Institute for Nuclear Research of RAS has awarded the 2013 Markov Prize to Professor Yury Grigorievich Kudenko, Doctor of Physics and Mathematics, Head of the Department of High Energy Physics of the INR RAS, and to Aleksandr Grigorievich Olshevsky, Doctor of Physics and Mathematics, Director of the Laboratory of Nuclear Problems of JINR. The Prize has been given for the contribution to the study of neutrino oscillations in the experiments with accelerator and reactor neutrinos and to the measurement of the mixing angle  $\theta_{13}$ .

On 14 May, diplomas were handed to the prize winners at Markov's readings held in the INR RAS, after which the winners presented their reports: "A search for neutrino oscillations in reactor experiments" by A. G. Olshevsky and "Observation of muon neutrino oscillations into electron neutrinos in the T2K experiment" by Yu. G. Kudenko.

An official visit of JINR Director V. A. Matveev to the Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab, USA) at the invitation of the Fermilab Directorate was held on 22–24 April. The JINR Director was welcomed by Fermilab Director P. Odonne, Fermilab Deputy Director Young-Kee Kim, Associate Laboratory Director for Accelerators S. Henderson, DOE's Fermilab Site Office manager M. Weis and deputy manager of DOE's Fermilab Site Office M. Bollinger, Associate Laboratory Director for Particle Physics G. Bock and Assistant Fermilab Director R. Rubinstein.

On 22 April a Memorandum of Understanding between JINR and Fermilab, which provides scientific cooperation of the two scientific centres in implementation of the perspective Fermilab's Project X was signed. The Memorandum also provides JINR–Fermilab cooperation in implementation of the NICA project and joint participation in a programme concerned with a project of the International Linear Collider (ILC).

V. Matveev held fruitful and mutually beneficial negotiations with spokespersons of experiments and

проекта NICA и участие в программе, связанной с международным линейным коллайдером ILC.

В. А. Матвеев провел плодотворные и взаимовыгодные встречи с руководителями экспериментов и проектов, в которых ОИЯИ уже принимал и планирует принять активное участие, с руководителями научно-структурных подразделений и ведущими учеными. Собеседниками директора ОИЯИ были руководитель «Проекта X» С. Холмс, руководитель проекта LBNE (исследования по нейтринной физике) Дж. Стрейт, заместитель руководителя «Проекта X» по ускорительной физике и технике С. Нагайцев, директор Центра по физике ускорителей FNAL В. Шильцев, руководитель эксперимента ORKA (редкие распады положительно заряженных  $K$ -мезонов) Р. Тширхарт, соруководитель эксперимента Mu2e (редкие конверсионные переходы мюонов в электроны) Р. Бернштейн, руководитель нейтринного эксперимента NOvA (мюон-электронные осцилляции нейтрино) Дж. Купер, руководитель эксперимента CDF Р. Розер, ведущий теоретик в теоретическом отделе FNAL У. Бардин и др.

Академик В. А. Матвеев встретился с учеными и специалистами из России, ныне работающими

во FNAL, а также с группой сотрудников ОИЯИ, задействованных в работах и исследованиях по совместным проектам. Директор ОИЯИ имел возможность ознакомиться с экспериментальным оборудованием, готовящимся для «Проекта X», комплекса коллайдера ILC и эксперимента Mu2e.

24 апреля по итогам всех встреч, переговоров, обсуждений состоялся обмен мнениями между В. А. Матвеевым и П. Оддоне, которые оценили этот трехдневный визит как весьма успешный и плодотворный, повышающий уровень научного сотрудничества между ОИЯИ и FNAL. Во встречах принимал участие советник директора ОИЯИ Г. А. Козлов.

13–19 мая в Дубне работало 3-е координационное совещание по исследовательскому проекту МАГАТЭ «Разработка, характеристика и испытания материалов, используемых в ядерной энергетике, на нейтронных пучках». Главная задача проекта — исследования конструкционных материалов (в основном сталей и сплавов на основе циркония), используемых в ядерной энергетике, а также развитие некоторых новых экспериментальных методик, в частности нейтронной томографии.

projects where JINR was involved or planned to take an active part, with leaders of departments and scientists: “Project X” leader S. Holmes, LBNE (neutrino physics research) leader J. Strait, deputy leader of the “Project X” in accelerator physics and technology S. Nagaitsev, Director of the FNAL centre on accelerator physics V. Shitsev, ORKA (rare decays of positively charged  $K$ -mesons) leader R. Tschirhart, co-leader of the Mu-2e experiment (rare conversion transitions of muons into electron) R. Bernstein, leader of the neutrino experiment NOvA (muon–electron oscillations of neutrino) J. Cooper, CDF leader R. Roser, leading theorist of FNAL U. Bardin and others.

During his visit, the JINR Director met with scientists and experts from Russia, now working in Fermilab, as well as with a JINR group, which is performing work and research on joint plans with Fermilab. The JINR Director had an opportunity to get acquainted with an experimental facility in the framework of its preparation for the Project X, the ILC collider complex and the experiment Mu-2e.

Following the results of all the meetings, negotiations and discussions, an exchange of opinions between P. Odonne and V. A. Matveev was held on 24 April; the sides appreciated this three-day round in the Fermi National Accelerator Laboratory as highly successful and fruitful, facilitating a new level of scientific cooperation between JINR and Fermilab. JINR Director Advisor G. A. Kozlov attended the meetings in Fermilab.

The 3rd Research Coordinated Meeting (RCM-3) related to the IAEA “Development, Characterization and Testing of Materials of Relevance to Nuclear Energy Sector Using Neutron Beams” was held on 13–19 May in the International Conference Hall. The overall objective of this event is to study structural materials (mainly, steel and alloys based on zirconium) that are used in nuclear energy industry and to develop new experimental methods, e.g., neutron tomography.

The present meeting continued the cycle of meetings in the framework of the IAEA project CRP-1575 (2009–2013) and has been organized by the International Atomic Energy Agency (IAEA), the Frank

Совещание продолжило серию встреч специалистов в рамках проекта МАГАТЭ CRP-1575 (2009–2013) и было организовано МАГАТЭ, АНФ ОИЯИ и госкорпорацией «Росатом». Совещания призваны использовать передовую технику нейтронных пучков для решения актуальных проблем исследования материалов в области ядерной энергетики, стандартизовать подходящие экспериментальную технику и методы моделирования, способствовать возникновению коллабораций между участниками проекта. В совещании приняли участие представители 18 стран-участниц МАГАТЭ из Европы, Азии, Северной и Южной Америки, Австралии.

За пять дней работы совещания его участники не только отчитались о проведенных исследованиях, но и посетили импульсный реактор ИБР-2 и познакомились с Дубной. По итогам совещания были намечены основные научные направления, по которым продолжится сотрудничество этих исследовательских групп.

22 мая в МИРЭА и ЛИТ ОИЯИ побывали профессор Туринского классического университета и Туринского политехнического университета (Италия) — ведущие специалисты в области информационных технологий в своих университетах: заместитель директора департамента информационных технологий Туринского университета Л. Лезмо, проректор Туринского политехнического университета Э. Маччи, профессор коммуникаций и информационных технологий Туринского политехнического университета М. Марсан.

В ЛИТ гостей приветствовали директор лаборатории В. В. Кореньков, его заместители Г. Адам и Т. А. Стриж, которые познакомили их с направлениями деятельности ЛИТ, рассказали о работе УНЦ ОИЯИ. Итальянские профессора, в свою очередь, представили свои университеты и поделились планами по обмену студентами и организации совместных исследовательских программ.

Гости познакомились с размещенными в ЛИТ постоянными фотовыставками, посвященными М. Г. Мещерякову и Д. И. Блохинцеву.

Дубна, 13 мая. 3-е координационное совещание по исследовательскому проекту МАГАТЭ «Разработка, характеристика и испытания материалов, используемых в ядерной энергетике, на нейтронных пучках»



Dubna, 13 May. The 3rd Research Coordinated Meeting on the IAEA project “Development, Characterization and Testing of Materials of Relevance to Nuclear Energy Sector Using Neutron Beams”

Laboratory of Neutron Physics of the Joint Institute for Nuclear Research (FLNP, JINR) and ROSATOM State Nuclear Energy Corporation.

These meetings promote the use of advanced technique of neutron beams in materials studies to solve most urgent tasks in nuclear energy industry; they are to standardize experimental technology and methods of modeling and encourage new collaborations among the project participants.

Representatives of 18 IAEA member states from Europe, Asia, North and South Americas, and Australia took part in the current meeting. The participants made reports on the research they conducted, had an excursion to the pulsed reactor IBR-2 and saw sights of Dubna.

The meeting concluded in formulating main scientific trends to be continued in collaboration of research groups.

29 мая Лабораторию нейтронной физики им. И. М. Франка посетила делегация китайских ученых во главе вице-директором Северо-западного института ядерных технологий (г. Сиань) профессором Хей Донгвеем. В состав делегации входили сотрудники института: секретарь-референт директора Дин Бин, профессор Ву Енчан, старшие научные сотрудники Чжан Жианфу и Сун Чжаохуэй, ранее проходивший стажировку в ЛНФ. Они представили свои планы по созданию и применению высокоинтенсивного источника гамма-излучения на основе инверсного комптоновского рассеяния. Руководство лаборатории познакомило членов делегации с основными направлениями деятельности ЛНФ. Специалисты лаборатории поделились опытом создания импульсного нейтронного источника на базе линейного ускорителя электронов. Китайские ученые посетили установки ИРЕН и РЕГАТА, реактор ИБР-2.

По итогам визита гости выразили желание расширить сотрудничество с ЛНФ в исследованиях с использованием методов нейтронной спектроскопии и намерение обсудить возможность приема китайских сотрудников в ЛНФ на длительный срок для участия в совместных работах.

18 июня ЛНФ ОИЯИ посетили ректор Университета г. Нова-Горица (Словения) Д. Завртаник и проректоры Г. Братина и М. Франко с целью ознакомления с передовыми исследованиями в области физики твердого тела.

О научной программе ЛНФ и возможностях реактора ИБР-2 гостям рассказали директор лаборатории В. Н. Швецов, руководители отделов А. В. Белушкин и Д. П. Козленко. Руководство словенского университета также заинтересовала образовательная программа Учебно-научного центра ОИЯИ и возможность участвовать в международных студенческих практиках.



Дубна, май. Профессора Туринского университета и Туринского политехнического университета (Италия) на экскурсии в Лаборатории информационных технологий

Dubna, May. Professors of the University of Turin and the Polytechnic University of Turin (Italy) on an excursion at the Laboratory of Information Technologies



Дубна, 18 июня. Визит в ОИЯИ делегации  
Университета г. Нова-Горица (Словения)

Dubna, 18 June. A delegation from Nova Gorica University  
(Slovenia) on a visit to JINR

Leading scientists of the University of Turin and the Polytechnic University of Turin (Italy) — Deputy Director of the Department of Information Technology of the University of Turin Professor L. Lesmo, Vice Rector for Research and Technology Transfer of the Polytechnic University of Turin Professor E. Macii and Professor of Communication and Information of the Polytechnic University of Turin M. Marsan visited MIREA and JINR's LIT on **22 May**.

LIT Director V. V. Korenkov, his Deputies G. Adam and T. A. Strizh welcomed the guests in the Laboratory of Information Technologies. Leaders of the Laboratory acquainted the guests with LIT activities, spoke about activities of the JINR University Centre; in their turn, the guests presented their universities and shared plans to establish an exchange of students and organize joint research programmes.

The guests got acquainted with the LIT permanent displays — photo exhibitions dedicated to M. G. Mescheryakov and D. I. Blokhintsev.

**On 29 May** a delegation of Chinese scientists headed by Vice-Director of the Northwest Institute of Nuclear Technology (Xi'an, China) Professor Dongwei Hei visited the Frank Laboratory of Neutron Physics (FLNP). The delegation included staff members of the Institute: Director Executive Assistant Din Bin, Professor Wu Enchang, senior researchers Djan Djianfu and Sun Djaohuwei. The latter had a trainee

course at the JINR Laboratory of Theoretical Physics. They presented their projects on the development and application of a highly intense source of gamma radiation on the basis of the inverse Compton scattering. The leaders of FLNP acquainted the guests with the main trends of research at the Laboratory. The Laboratory specialists shared their experience with the Chinese colleagues in developing a pulsed neutron source on the basis of the linear accelerator of electrons. The Chinese scientists visited the facilities IREN and REGATA, and the IBR-2 reactor.

At the end of the visit the guests expressed wishes to broaden their cooperation with FLNP in the studies of application of the neutron spectrometry methods and intentions to discuss an opportunity for Chinese scientists to come to FLNP for a long term and take part in joint research.

A delegation from the University of Nova Gorica (Slovenia) consisting of Rector D. Zavrtanik and Prorectors G. Bratina and M. Franko visited the Frank Laboratory of Neutron Physics of JINR on **18 June**.

FLNP Director V. N. Shvetsov, Heads of departments A. V. Belushkin and D. P. Kozlenko acquainted the guests with research at the Laboratory. Leaders of the University of Nova Gorica were interested in the educational programme of the JINR University Centre and opportunities to participate in international student practice courses.

С 1 по 30 апреля в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова прошло 17-е рабочее совещание «*Теория нуклеации и ее применения*». В его работе участвовали около 60 ученых из России, Англии, Белоруссии, Болгарии, Германии, Нидерландов, Украины, Японии и ОИЯИ.

В течение недели участники совещания заслушали и обсудили около 50 обзорных докладов, посвященных исследованиям, выполненным после окончания предыдущего совещания, а также результатам, полученным по совместным проектам. На совещании продолжилось обсуждение применения теории фазовых переходов в физике атмосферы и геологии, а также технологии получения специальных стекол.

Три недели совещания были отведены продолжению работы по совместным проектам и планированию новых проектов. По результатам работы в Дубне опубликован первый выпуск специального приложения к трудам совещания, посвященный применению теории нуклеации к атмосферным явлениям.

Совещание проводилось при финансовой поддержке РФФИ, немецких фондов DAAD, DFG, QSIL и программы «Гейзенберг–Ландау». Планируется продолжать такую эффективную форму сотрудничества и в дальнейшем.

Традиционное двухдневное *рабочее совещание по компьютерной алгебре* проходило в ЛИТ ОИЯИ 21–22 мая 2013 г. В нем приняли участие более 30 ученых из университетов и научных центров Бухареста (Румыния), Москвы, Санкт-Петербурга, Иванова и Дубны. Было представлено 28 докладов.

Это рабочее совещание — шестнадцатое из серии совместных совещаний, проводимых с 1997 г. ОИЯИ, факультетом ВМК МГУ и НИИЯФ им. Д. В. Скобельцына МГУ (а в настоящее время — ОИЯИ и ВМК МГУ). Основная цель совещаний — обеспечить форум для обсуждения современных методов, алгоритмов и систем компьютерной алгебры как специалистами в области информатики, так и математиками и физиками, успешно применяющими компьютерно-алгебраические методы в своих исследованиях. В этом году на совещании был представлен ряд новых многообещающих результатов по развитию алгоритмов исследования и решения систем алгебраических, дифференциальных и разностных уравнений; по применению символьных вычислений в квантовой информатике; по распараллеливанию процедуры вычисления канонических полиномиальных базисов; по применению вычислительной теории групп в конечной квантовой механике; по символьно-численному моделированию квантово-механических

The 17th Research Workshop on *Nucleation Theory and Applications* was held successfully at the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics in the period from 1–30 April. The Workshop was attended by 60 scientists from Russia, Belarus, Bulgaria, Germany, the Netherlands, the UK, Ukraine, Japan, and JINR.

At the Workshop, in the course of the first week the participants heard and discussed about 50 survey reports devoted to investigations carried out after the previous workshop as well as to results obtained in joint projects. The application of the theory of phase transitions in the physics of atmosphere and geology, and technology of producing special glasses were continued to be discussed.

The other three weeks of the Workshop were assigned for further work on the joint projects and planning new ones. On completion, the first volume of special editions of the proceedings of the workshop devoted to nucleation and growth processes in the atmosphere was published in Dubna.

The Workshop was supported by the Russian Foundation for Basic Research and German foundations DAAD, DFG, QSIL, as well as by the Heisenberg–Landau pro-

gramme (BMBF). It is envisaged to continue this fruitful cooperation.

A traditional two-day *Workshop on Computer Algebra* was held at the Laboratory of Information Technologies (JINR) on 21–22 May. More than 30 scientists from universities and scientific institutes of Bucharest (Romania), Moscow, St. Petersburg, Ivanovo and Dubna took part in this Workshop. Twenty-eight reports were presented.

This Workshop was the 16th in a series of workshops started in 1997 by the Joint Institute for Nuclear Research, the Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics and the Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of Moscow State University (nowadays by JINR and the CMC MSU). The main goal of these workshops is to provide a forum for researchers on computer algebra methods, algorithms and software, and for computer specialists, mathematicians and physicists who successfully use computer-algebra methods in their research. This year the workshop attendees presented a number of new promising results on the developments of algorithms for investigating and solving systems of algebraic, differential and difference equations; application of symbolic computation to quantum informatics; paralle-

систем и по вычислению многопетлевых фейнмановских интегралов методами компьютерной алгебры.

Наибольший интерес вызвали доклады С. А. Абрамова (ВЦ РАН, МГУ, Москва) и М. Баркату (Лиможский университет, Франция) — о размерности пространств решений линейных дифференциальных систем полного ранга, С. А. Гутника (МФТИ, Москва) — о символьно-численных методах исследования динамики спутника-гиростата; М. Д. Малых (РУДН, Москва) — об интегрировании дифференциальных уравнений в абелевых функциях, О. В. Тарасова (ОИЯИ) — о Maple-пакете для построения обобщенных рекуррентных соотношений для фейнмановских интегралов, А. М. Хведелидзе (МИ, Тбилиси и ОИЯИ) — о пространстве перепутанности двух кубитов, а также три доклада, объединенные общей тематикой: А. И. Зобнина (МГУ, Москва) — о сигнатурных

алгоритмах вычисления базисов Гребнера, В. П. Гердта (ОИЯИ), А. Хашеми, Б. М. Ализаде (ИТУ, Исфахан, Иран) — о сигнатурной версии инволютивного алгоритма и В. В. Галкина — об остановке алгоритма F5.

*А. А. Боголюбская, В. П. Гердт*

В начале июня в Улан-Баторе проходила *5-я Международная конференция по современной физике* (ICCP-V), посвященная 90-летию со дня рождения известного монгольского ученого — академика Намсарайна Соднома, члена Ученого совета ОИЯИ, вице-директора Института, полномочного представителя Правительства Монголии в ОИЯИ, который внес заметный вклад в развитие Объединенного института практически со дня его основания. Конференция была организована Агентством по ядерной энергии

Дубна, 26 марта 1981 г.  
Академики Н. Содном и Н. Н. Боголюбов  
на торжественном собрании,  
посвященном 25-летию ОИЯИ

Dubna, 26 March 1981.  
Academicians N. Sodnom and N. Bogoliubov  
at the ceremonial meeting dedicated  
to the 25th anniversary of JINR establishment



lization of constructing canonical polynomial bases; application of computational group theory to finite quantum mechanics; symbolic-numeric simulation of quantum-mechanical systems; and computation of multiloop Feynman integrals by computer algebra methods.

The greatest interest was attracted by the talks delivered by S. A. Abramov (CC RAS, MSU, Moscow) and M. Barkatou (Limoges University, France) on the dimension of solution spaces of full rank linear differential systems, by S. Gutnik (MIPT, Moscow) on the symbolic-numeric methods of investigation of dynamics of a gyrostatt satellite, by M. Malykh (PFUR, Moscow) on the integration of the differential equations in Abelian functions, by O. Tarasov (JINR) dedicated to a Maple package for constructing generalized recurrence relations for Feynman integrals, by A. Khvedelidze (JINR & MI, Tbilisi) on the entangle-

ment space of 2-qubits, and by three talks on the same topic presented by A. Zobnin (MSU, Moscow) on the signature-based algorithms for computing Groebner bases; V. P. Gerdt (JINR), A. Hashemi and B. Alizadeh (ITU, Isfahan, Iran) on a signature-based version of the involutive algorithm; and V. Galkin (MSU, Moscow) on the termination of original F5.

*A. Bogolyubskaya and V. P. Gerdt*

The *5th International Conference on Contemporary Physics* (ICCP-V) was held in Ulaanbaatar in early June. It was dedicated to the 90th birthday of the eminent Mongolian scientist Academician Namsarain Sodnom, a member of the JINR Scientific Council, JINR Vice-Director and Plenipotentiary of the Government of Mongolia to JINR, who has made a noticeable contribution to the develop-

правительства Монголии, Монгольским национальным университетом, Монгольской академией наук и Объединенным институтом ядерных исследований. Программа конференции охватывала широкий спектр научных исследований в области ядерной физики и технологии, физики высоких энергий, конденсированных сред, теоретической физики.

В работе конференции приняла участие делегация ученых ОИЯИ под руководством главного ученого секретаря Института профессора Н. А. Русаковича. В состав делегации входили директор ЛНФ В. Н. Швецов, начальник сектора ЛЯП Ю. А. Горнушкин, ведущий научный сотрудник ЛНФ Ю. М. Гледенов, начальник сектора ЛИТ О. Чулуунбаатар, старший научный сотрудник ЛИТ А. А. Гусев и главный научный сотрудник ЛТФ Г. В. Ефимов. Профессору Г. В. Ефимову на конференции был вручен диплом почетного доктора Университета Улан-Батора.

Эта серия конференций в Монголии очень популярна и имеет большое значение для информирования широких кругов научной общественности о самых актуальных проблемах современной физики и воспитания научной смены. Международный статус конференции привлекает к участию в ней коллег из Японии, Южной Кореи, российских ученых из Иркутска. В чис-

ле участников конференции активно проявляет себя на заседаниях молодежь — студенты и аспиранты.

В рамках конференции состоялись рабочие встречи Н. А. Русаковича с полномочным представителем Правительства Монголии академиком Сурэном Даваа, руководителем государственной программы Монголии по атомной энергетике академиком Баатарыном Чадраа, с руководителями Государственного агентства по атомной энергии Монголии. В ходе встреч обсуждалось участие монгольских специалистов в крупнейших проектах Института, готовность увеличивать численность монгольской национальной группы ученых в Дубне, сотрудничество в подготовке кадров для исследований в области ядерной физики. В заключительной дискуссии на конференции представители ОИЯИ и их монгольские коллеги обсудили возможности более интенсивного обмена студентами и аспирантами, в частности возможность организации летних практик для монгольских студентов по опыту практик для молодежи ЮАР и Египта.

Кроме официальных встреч члены дубненской делегации встретились с друзьями и коллегами, обсудили ход совместных работ, планы новых исследований.

ment of the Joint Institute almost since its foundation. The conference was organized by the Nuclear Energy Agency of the Government of Mongolia, National University of Mongolia, Mongolian Academy of Sciences, and the Joint Institute for Nuclear Research. The conference programme covered a broad range of investigations in nuclear physics and technology, physics of high energies and condensed matter, and theoretical physics.

A delegation of JINR scientists headed by the Institute's Chief Scientific Secretary Professor N. A. Russakovich took part in the work of the conference. The delegation also included FLNP Director V. N. Shvetsov, head of a DLNP sector Yu. A. Gornushkin, FLNP leading researcher Yu. M. Gledenov, head of a LIT sector O. Chuluunbaatar, LIT senior researcher A. A. Gusev, and BLTP chief researcher G. V. Efimov. At the conference, Professor G. V. Efimov was awarded a diploma of honorary doctorate of Ulaanbaatar University.

This series of conferences has grown highly popular in Mongolia, being most important for informing a broad scientific community of the actual problems in contemporary physics as well as for training young scientific staff. The international status of the conference attracts colleagues

from Japan, South Korea, Russian scientists from Irkutsk to participate in it. Among the conference attendees are young people — students and post-graduates — who take an active part in the sessions.

In the framework of the conference, N. A. Russakovich held working meetings with Plenipotentiary of the Government of Mongolia Academician Suren Davaa, leader of the atomic energy programme of Mongolia Baatarын Chadraa, and heads of Mongolia's Nuclear Energy Agency. At the meetings the sides discussed the involvement of Mongolian specialists in the Institute's large-scale projects, readiness to enlarge the Mongolian group of scientists at Dubna, and cooperation in staff training for nuclear physics research. In a closing discussion, the JINR representatives, together with their Mongolian colleagues, considered various possibilities for a more intensive exchange of students and post-graduates, particularly, the possibility of organizing summer practices for Mongolian students based on the experience of arranging practices for young students from the RSA and Egypt.

On 26–27 June, the International Meeting “*Neurophysiological Aspects of Radiation Risk in the Context of*

26–27 июня в ДМС ОИЯИ проходила конференция «*Нейрофизиологические аспекты радиационного риска. К проблеме безопасности межпланетных полетов*», организованная ОИЯИ, ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН, Отделением физиологии и фундаментальной медицины РАН, Научным советом РАН по физике тяжелых ионов.

Среди участников совещания — члены Президиума РАН, известные ученые и эксперты в различных областях физиологии, медицины, космических исследований, радиобиологии и физики.

Конференция включала обсуждение широкого круга вопросов в рамках следующих основных тем: тяжелые ионы в космосе и на ускорителях, оценка радиационного риска межпланетных пилотируемых полетов, нейрофизиология высшей нервной деятельности, механизмы действия тяжелых заряженных частиц на структуры и функции центральной нервной системы, математическое моделирование молекулярных механизмов синаптической передачи. Научные доклады участников конференции, прозвучавшие на заседаниях секций, обсуждались затем в формате круглого стола.

Дубна, 26 июня. Конференция «Нейрофизиологические аспекты радиационного риска. К проблеме безопасности межпланетных полетов»



Dubna, 26 June. The conference “Neurophysiological Aspects of Radiation Risk in the Context of Interplanetary Flight Safety”

*Interplanetary Flight Safety*” took place at the International Conference Hall of JINR. The conference was organized by JINR, the RF SSC Institute of Medical and Biological Problems of the RAS, Department of Physiology and Fundamental Medicine of the RAS, and Scientific Council on Heavy Ion Physics of the RAS.

Among the meeting’s participants were members of the Presidium of the RAS, well-known scientists and experts in various fields of physiology, medicine, space research, radiobiology, and physics.

At the meeting, a wide range of issues were considered in the framework of the following major topics: heavy ions in space and at accelerators, assessment of the radiation risk in manned interplanetary flights, neurophysiology of higher nervous activity, mechanisms of action of heavy charged particles on the structures and functions of the central nervous systems, mathematical modeling of molecular mechanisms of synaptic transmission. The scientific reports made by the participants at the sittings of the sections were further discussed at the round tables.

11 апреля в конференц-зале Лаборатории информационных технологий состоялся семинар, главным событием которого стала *презентация второго издания книги «Николай Николаевич Говоруна»*, посвященной члену-корреспонденту Академии наук СССР, заместителю директора (1966–1988) и директору (1988–1989) Лаборатории вычислительной техники и автоматизации (ныне Лаборатория информационных технологий) ОИЯИ.

Идея переиздания этой книги, принадлежащая бывшему директору ОИЯИ академику А. Н. Сисакяну, была высказана им в 2010 г. на открытии международной конференции «Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании», посвященной 80-летию со дня рождения Н. Н. Говоруна.

Семинар открыли заместитель директора ЛИТ Т. А. Стриж, научный руководитель ОИЯИ В. Г. Кадышевский и вдова ученого Р. Д. Говорун. На семинаре присутствовали дети и внуки Николая Николаевича Говоруна. С воспоминаниями о жизни, работе и личности выдающегося ученого выступили друзья, ученики и коллеги Н. Н. Говоруна — Н. Ю. и В. П. Шириковы, А. Н. Томилин, А. А. Карлов, В. В. Галактионов, Е. Ю. Мазепа, В. Б. Злоказов. Сотрудникам и гостям лаборатории была

представлена недавно открывшаяся в ЛИТ мемориальная комната семинаров имени Н. Н. Говоруна.

При поддержке Объединенного института ядерных исследований и Европейской организации ядерных исследований с 22 по 26 апреля в ОИЯИ прошла 4-я школа по информационным технологиям «*Грид и административно-управленческие системы ЦЕРН*». Организаторами являлись Лаборатория информационных технологий и группа разработки современных информационных систем департамента основной инфраструктуры ЦЕРН.

Цель школы — передача знаний, накопленных и развиваемых в ОИЯИ и ЦЕРН в области современных информационных технологий для подготовки кадров.

Школа была посвящена вопросам управления сложными научными комплексами и информационными системами на примере разрабатываемых технологий в ОИЯИ и ЦЕРН. В школе по традиции приняли участие более 50 студентов ведущих высших учебных заведений Москвы и Московской области: МИФИ, МФТИ, МЭИ, МГТУ им. Н. Э. Баумана, МУПОиЧ «Дубна», а также польские студенты из Университета науки и технологии (Краков).

On 11 April, a seminar was held at the conference hall of the Laboratory of Information Technologies, where the major event was the presentation of a second edition of the book “Nikolay Nikolaevich Govorun” dedicated to a corresponding member of the Academy of Sciences of the USSR, deputy director (1966–1988) and director (1988–1989) of the Laboratory of Computing Techniques and Automation (nowadays, the Laboratory of Information Technologies) of JINR.

The idea of republishing the book belongs to the former JINR Director Academician A. N. Sissakian who voiced it in 2010 at the opening of the international conference “Distributed Computing and Grid-Technologies in Science and Education” devoted to the 80th birthday of N. N. Govorun.

The seminar was opened by LIT Deputy Director T. A. Strizh, JINR Scientific Leader V. G. Kadyshesky, and the scientist’s widow R. D. Govorun. Attending were the children and grandchildren of Nikolay Nikolaevich Govorun. Govorun’s friends, disciples and colleagues — N. Yu. and V. P. Shirikovs, A. N. Tomilin, A. A. Karlov, V. V. Galaktionov, E. Yu. Mazepa, V. B. Zlokazov — shared their reminiscences about the life, work and personality of this

outstanding scientist. A memorial seminar room which was recently opened in honour of N. N. Govorun at LIT was demonstrated to the staff members and guests of the Laboratory.

On 22–26 April, a 4th School on information technologies “*Grid and Advanced Information Systems*” was held at JINR under the auspices of the Joint Institute for Nuclear Research and the European Organization for Nuclear Research. The organizers were the JINR Laboratory of Information Technologies and the Advanced Information Systems Group at the CERN General Infrastructure Services Department.

The goal of the School is to share the knowledge gained and expanded at JINR and at CERN in the field of modern information technologies thus attracting and preparing students to work in this field.

The Fourth School “Grid and Advanced Information Systems” was devoted to the management of scientific complexes and information systems using an example of the technologies developed at JINR and CERN. By tradition, more than 50 students from the leading universities of Moscow and Moscow Region attended the event: MEPH, MIPT, MPEI, the Bauman State Technical University,

На открытии школы выступили вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис, директор ЛИТ В. В. Кореньков, президент МИФИ Б. Н. Оныкий, сопредседатель и один из основателей школы — Дж. Фергюсон. Для участников школы были прочитаны лекции по базам данных, «облачным» вычислениям, электронным библиотекам, грид-технологиям, разработке программного обеспечения, ускорительному комплексу NICA, созданию центра Tier-1 в ОИЯИ, экспериментам на Большом адронном коллайдере: CMS, ATLAS и т. д. В роли преподавателей школы выступили ведущие специалисты ОИЯИ и ЦЕРН.

Наибольший интерес вызвали доклады Ж. Виджена «Лучшая практика распространения научных работ» и «Несколько важных пунктов, которые необходимо учитывать при создании цифровой библиотеки», Р. Титова «Написание хорошего резюме», В. В. Коренькова «Создание Tier-1-центра в Дубне: планы и перспективы развития», В. П. Гердта «Квантовое программирование», М. И. Поликарпова «Моделирование КХД-столкновений тяжелых ионов, физики конденсированных сред и проблемы сворачивания белков на многопроцессорных системах», Т. А. Стриж «Планы и перспективы развития Лаборатории информационных технологий».

Организаторами школы со стороны ЦЕРН было проведено соревнование среди участников. В первый день занятий студентам было выдано задание, которое они могли решать и реализовывать в течение всей недели. Участникам, лучше всех справившимся с заданием, по окончании школы были вручены призы.

В середине мая в Институте теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова Национальной академии наук Украины прошел *двухдневный семинар «Цвет кварков»*, посвященный памяти Б. В. Струминского (14.08.1939–18.01.2003). Семинар открыл директор Института, вице-президент НАН Украины академик А. Г. Загородний.

Борис Владимирович Струминский был известен в мире как крупный специалист в области физики и теории элементарных частиц еще со своих ранних работ, выполненных в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ, и впоследствии, будучи сотрудником Института теоретической физики в Киеве, куда он переехал после создания этого нового научного центра.

Одна из работ Б. В. Струминского, выполненная им в ЛТФ ОИЯИ по предложению его учителя академика Н. Н. Боголюбова, была опубликована в начале 1965 г. под названием «Магнитные моменты барионов в квар-

Dubna University as well as students from the University of Science and Technology in Krakow, Poland. At the opening of the School the participants heard Vice-Director of JINR M. G. Itkis, LIT Director V. V. Korenkov, President of MEPHI B. N. Onykii, and co-chair and one of the founders of the School J. Ferguson. The School participants heard lectures on databases, cloud computing, digital libraries, grid technologies and software development as well as accelerator complex NICA, Tier-1 in JINR and experiments at the LHC: CMS, ATLAS, etc. The presentations were delivered by leading specialists of JINR and CERN.

The greatest interest was attracted by the reports presented by J. Vigen “Best practices for disseminating your scientific works” and “A few items to be considered when building a digital library”, R. Titov “Writing a good CV” and by V. V. Korenkov “Tier-1 in Dubna: plans and prospects”, as well as by V. P. Gerdt “Introduction to quantum computing”, M. I. Polikarpov “Modelling of QCD, heavy ion collisions, condensed matter physics and protein folding on multiprocessor systems”, and T. A. Strizh “Laboratory of Information Technologies: plans and prospects”.

The CERN organizers held a competition among the School attendees. On the first day of the School a task was

assigned to the students which they performed and implemented through the week. Upon completion of the School the participants who had coped with the task best of all received prizes.

A two-day seminar “*The Colour of Quarks*” dedicated to the memory of B. V. Struminsky (14.08.1939–18.01.2003) was held in mid-May at the Bogolyubov Institute of Theoretical Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine. The seminar was opened by Academician A. G. Zagorodny, Director of the Institute and Vice-President of NAS of Ukraine.

Boris Vladimirovich Struminsky received worldwide recognition as a prominent specialist in physics and theory of elementary particles, starting with his early studies carried out at the Laboratory of Theoretical Physics of JINR and later while being a researcher at the Institute of Theoretical Physics in Kiev where he moved after the opening of this new scientific centre.

One of the works performed by Struminsky at the JINR LTP on the proposal of his tutor Academician N. N. Bogolyubov was published at the beginning of 1965 under the title “Magnetic Moments of Baryons in the Quark Model”.

ковой модели». Эта работа Бориса Владимировича стала широко известной, поскольку в ней была высказана необходимость наделять кварки дополнительными числами или дополнительными степенями свободы калибровочной группы  $SU(3)$ , впоследствии названными «цветовыми зарядами». Суть состоит в том, что кварки могут иметь любой из трех цветов, но в реальных частицах эти цвета сочетаются в таких «цветовых» состояниях, что в итоге получается нейтральный, или «белый», цвет. В том же году результаты работы Н. Н. Боголюбова, Б. В. Струминского и А. Н. Тавхелидзе по этой тематике были представлены на Международной конференции по теоретической физике в Триесте.

Участники майского семинара в Киеве вспоминали и отмечали большой вклад Б. В. Струминского в совместные работы Дубны и Киева, его энергию, настойчивость и преданность науке. От ОИЯИ в семинаре приняли участие академик Д. В. Ширков с докладом «Расходимость асимптотического разложения КХД в области ниже 1 ГэВ» и Г. А. Козлов с докладом «Конфайнмент кварков как следствие нарушения конформной симметрии».

Коллеги Б. В. Струминского Б. А. Арбузов, Р. Н. Фаустов из Москвы и академик Л. Н. Липатов из Санкт-Петербурга выступили не только с научными до-

кладами по теории сильных взаимодействий и теории связанных кварковых состояний, где талант Б. В. Струминского раскрылся наиболее ярко, но и с воспоминаниями о нем, о совместных встречах, беседах, обсуждениях. Киевские коллеги в своих научных докладах и в воспоминаниях дополнили яркий образ ученого-теоретика Б. В. Струминского.

С 14 по 16 мая в рамках проведения Дней ОИЯИ в Болгарии в г. Благоевграде состоялась **6-я студенческая школа по ядерной физике**, организованная Агентством ядерного регулирования Болгарии, Институтом ядерных исследований и ядерной энергетики БАН в сотрудничестве с Юго-Западным университетом им. Неофита Рильского. Ведущие ученые из ОИЯИ представили курс лекций по основным направлениям деятельности Института и современному развитию соответствующих областей науки. Слушателями школы были 40 студентов старших курсов университетов из Болгарии, Румынии, Македонии и Греции, а также учителя физики старших классов болгарских школ.

Курсы лекций, представленных на школе ведущими учеными ОИЯИ, были построены по следующему принципу: на доступном для студентов уровне представить и современное состояние науки в некоторой обла-

This work became widely known as it stated the necessity for endowing quarks with additional quantum numbers or additional degrees of freedom of the  $SU(3)$  gauge group called later “colour charges”. The gist of it is quarks may have any of the three colours, but the colours are combined in a real particle in such “colour” states that it ultimately yields a neutral or “white” colour. In the same year, the results of research conducted by N. N. Bogolyubov, B. V. Struminsky and A. N. Tavkhelidze in this direction were reported at the International Conference of Theoretical Physics in Trieste.

The attendees of the May event in Kiev recalled and noted the large contribution made by Struminsky to the joint Dubna–Kiev studies, the scientist’s energy, persistence, and dedication to science. JINR was represented at the seminar by Academician D. V. Shirkov who delivered a report “Divergence of QCD Asymptotic Expansion in the Region above 1 GeV”, and by G. A. Kozlov with the report “Quark Confinement due to the Conformal Symmetry Violation”.

Struminsky’s colleagues B. A. Arbuzov and R. N. Faustov from Moscow and Academician L. N. Lipatov from St. Petersburg not only made scientific reports on the theory of strong interactions and theory of quark bound states, where Struminsky’s talent showed its brightest, but also

shared their recollections of him, of the joint meetings, talks, and discussions. The colleagues from Kiev added in their talks and reminiscences to the bright image of this remarkable scientist-theorist.

From 14 to 16 May, the **6th Student School on Nuclear Physics**, which was timed to the JINR Days in Bulgaria, was held in Blagoevgrad. The School was organized by the Bulgarian Nuclear Regulatory Agency, Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy of the BAS in cooperation with the South-West University “Neofit Rilski”. Leading scientists from JINR presented a course of lectures on the major areas of activities at the Institute and current progress in relevant areas of science. Among the School hearers were 40 senior students from universities of Bulgaria, Romania, Macedonia and Greece, as well as high school teachers of physics from Bulgarian schools.

The lecture courses delivered at the School by leading scientists of JINR were built following the principle — to present, in a way comprehensible for students, the contemporary state of science in a certain field and to tell about the possibilities of experimental research which are available at JINR. The programme of the training course was opened

сти, и рассказать о возможностях экспериментальных исследований, имеющихся в ОИЯИ. Программу учебного курса открыл директор ЛФВЭ профессор В. Д. Кекелидзе с лекцией об истории создания и современном облике ОИЯИ, содержащей описание тех задач релятивистской ядерной физики, для решения которых в ЛФВЭ создается ускорительно-коллайдерный комплекс NICA и многоцелевой детектор. Физика конденсированных сред была темой лекции профессора А. В. Белушкина. О проблематике и состоянии работ в ЛЯР слушателям школы рассказали А. С. Деникин и С. И. Сидорчук. Конденсат Бозе–Эйнштейна был темой лекции В. О. Нестеренко (ЛТФ). Современные достижения биофизики ожили в мультипликациях, представленных И. В. Кошланем. Ускорительной физике с акцентом на проект NICA были посвящены лекции А. О. Сидорина и В. А. Михайлова. О состоянии дел в физике спина и возможностях экспериментальных исследований в этой области на ускорительном комплексе ЛФВЭ рассказал Д. В. Пешехонов. На школе были отмечены хорошая посещаемость занятий и обилие вопросов к лекторам, что является показателем интереса болгарской молодежи к ОИЯИ.

После завершения работы школы преподаватели побывали с экскурсией в основанном более 1000 лет

назад Рильском монастыре — удивительном по красоте и духовной атмосфере уголке горной Болгарии.

*XXI Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN-XXI)* проходил 20–25 мая в конгресс-центре пансионата «Дубна» (Алушта, Украина). В нем участвовали около 90 специалистов из Бельгии, Венгрии, Германии, Норвегии, Польши, России, Румынии, Словакии, США, Украины и почти всех лабораторий ОИЯИ. Россия была представлена учеными из ведущих нейтронных центров — НИЦ «Курчатовский институт», ПИЯФ, ФЭИ, ИЯИ РАН.

Пленарная сессия в день открытия совещания была посвящена 50-летию сектора нейтронно-активационного анализа (НАА) Лаборатории нейтронной физики, основанного В. М. Назаровым на базе реактора ИБР по инициативе И. М. Франка и Г. Н. Флерова. В представленных на сессии докладах была не только освещена история исследований, но и продемонстрированы впечатляющие результаты по экологии природы и человека, полученные, в частности, за последние годы с помощью реактора ИБР-2. Заинтересованность стран-участниц ОИЯИ, а также международного сообщества в лице МАГАТЭ выражается в конкретной поддержке

by LHEP Director Professor V.D. Kekelidze who gave a lecture about the history of JINR foundation and JINR today where certain problems of relativistic nuclear physics were outlined; in order to solve such problems, an accelerator-collider complex NICA and a multipurpose detector are constructed at LHEP. Condensed matter physics was the subject of a lecture made by Professor A. V. Belushkin. A. S. Denikin and S. I. Sidorchuk told the students about the range of problems and current state of research at the LNR. V. O. Nesterenko (LTP) spoke about the Bose–Einstein condensate. The contemporary achievements in biophysics came alive in computer animation presented by I. V. Koshlan. The lectures given by A. O. Sidorin and V. A. Mikhailov were devoted to accelerator physics with an accent on the NICA project. D. V. Peshekhonov told the school hearers about the current status in spin physics and possibilities of experimental research in this field at the accelerator complex of LHEP. At the School, good attendance and abundance of questions put to the lecturers was noted, which is an indicator of interest of the Bulgarian youth to JINR.

Upon completion of the School, the lecturers made a tour of the Rila Monastery which was founded more than a

thousand years ago — a marvelous, by its beauty and spiritual atmosphere, corner of highland Bulgaria.

On 20–25 May, in the JINR Conference Centre situated in Alushta (Crimea) a regular *21st International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei* (ISINN-XXI) was held. About 90 specialists from Belgium, Germany, Hungary, Norway, Poland, Russia, Romania, Slovakia, the USA, Ukraine, and almost all of the JINR Laboratories participated in the event. Russia was represented by scientists from the leading neutron centres — the RSC “Kurchatov Institute”, PINP, IPPE, and INR RAS.

The opening plenary session of the meeting was devoted to the 50th anniversary of the Neutron Activation Analysis (NAA) Sector of the Laboratory of Neutron Physics established by V. M. Nazarov on the basis of the IBR reactor on the initiative of I. M. Frank and G. N. Flerov. In the reports presented at the session not only the research history was highlighted, but impressive results in the ecology of nature and man obtained particularly in recent years at the IBR-2 reactor were demonstrated. The interest of the JINR Member States, as well as of the international community represented by the IAEA, is expressed by the spe-

этих работ грантами и направлением в ОИЯИ молодых сотрудников, активно участвующих в исследованиях.

Традиционная для семинаров тематика включала обсуждение вопросов нарушения фундаментальных симметрий в реакциях, вызванных нейтронами, тонких эффектов, обнаруженных в последние годы в ядерном делении. Развитие экспериментальной методики в национальных исследовательских центрах США — NIST и LANL, позволило выйти на новый уровень точности в измерениях нарушающих пространственную четность эффектов вращения спина нейтрона и в ( $np \rightarrow d\gamma$ )-эксперименте. Специалисты из ПИЯФ (Гатчина) продемонстрировали новые возможности изучения нарушения фундаментальных симметрий ядерных взаимодействий с использованием протяженных монокристаллов. Необычный, но эффективный синтез нейтронной радиографии и фундаментальных исследований, проводимых на базе мощного линейного ускорителя протонов, был представлен в докладе из LANL.

Физика ядерного деления обсуждалась на двух пленарных сессиях. Новые и во многом неожиданные результаты были доложены исследователями из Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, столетие со дня рождения которого торжественно отмечалось в Дубне во время проведения ISINN-XXI. Изучение кла-

стерного коллинеарного тройного деления продолжает приносить сюрпризы. В докладе группы из ПИЯФ, проводящей измерения на самом интенсивном в мире пучке тепловых поляризованных нейтронов реактора Института Лауэ–Ланжевена (Гренобль, Франция), был «закрыт» недавний сенсационный, нарушающий законы квантовой механики эффект в тройном делении  $^{241}\text{Pu}$ . Оживленное обсуждение вызвали доклады, представленные румынскими и гатчинскими физиками по давно исследуемой проблеме испускания нейтронов в момент разрыва делящейся системы. Новые методические разработки, доложенные на семинаре сотрудниками ЛНФ, должны помочь сделать выбор между различными теоретическими подходами.

Необычная ситуация возникла на сессии по ядерным данным, где были представлены результаты, полученные независимо группой ФЭИ и объединенной командой ЛНФ и Пекинского университета для одного и того же изотопа и в перекрывающейся области энергии нейтронов. К удовлетворению авторов и аудитории, результаты практически совпали.

Большой интерес вызвал доклад директора ЛНФ В. Н. Швецова об исследованиях распределения воды на поверхности Марса с помощью нейтронных детекторов, разработанных в лаборатории. Впечатляющий

cific support of these works by grants and by sending young employees actively involved in the research to JINR.

Traditional Seminar topics included discussion of the issues of fundamental symmetries violations in the reactions caused by neutrons and subtle effects recently observed in nuclear fission. The development of experimental techniques in the national research centres of the USA — NIST and LANL — allowed reaching a new level of accuracy in the measurements of the spatial parity violating effects of neutron spin rotation and in the ( $np \rightarrow d\gamma$ ) experiment. The specialists from the Petersburg Nuclear Physics Institute (Gatchina) demonstrated new possibilities for studying the violation of fundamental symmetries of nuclear interactions using extended monocrystals. An unusual but efficient synthesis of neutron radiography and fundamental research conducted on the basis of a powerful linear proton accelerator was presented in the report from LANL.

Physics of nuclear fission was discussed at two plenary sessions. New and largely unexpected results were reported by the researchers from the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions (the centenary of G. N. Flerov's birth was celebrated in Dubna during ISINN-XXI). The study of cluster collinear ternary fission continues to surprise. In the report

of the PINP group conducting measurements on the world's most intense polarized thermal neutron beam at the reactor of the Laue–Langevin Institute, a recent sensational, quantum mechanics laws violating effect in the ternary fission of  $^{241}\text{Pu}$  was “closed”. A lively discussion was caused by the reports on a long-studied issue of neutron emission at the burst of a fissioning system submitted by the Romanian and Gatchina physicists. New methodological developments reported at the Seminar by the FLNP representatives should help to make a choice among various theoretical approaches.

An unusual situation arose at the meeting on nuclear data, when the results obtained independently by the IPPE group and the joint team of FLNP and Peking University for the same isotope and in the overlapping neutron energy range were presented. To the satisfaction of the authors and the audience, the results substantially coincided.

A great interest was aroused by the report of the Director of FLNP V. N. Shvetsov on the research of water distribution on the surface of Mars using neutron detectors developed at the Laboratory. The impressive progress in the development and wide application of the technique of pixel,

прогресс в развитии и широком применении методики пиксельных, позиционно-чувствительных детекторов ядерных излучений был продемонстрирован в докладах чешских коллег.

На заключительной сессии совещания было рассмотрено состояние работ по европейскому проекту MYRRHA, реализуемому в Бельгии. В течение ближайших 10 лет должен быть создан многоцелевой ядерный реактор нового поколения в сочетании с мегаваттным ускорителем протонов. Этот амбициозный проект прототипа реальной ADS испытывает в настоящее время проблемы лицензирования. Частично помочь в их решении могут результаты, которые были получены за последние годы по проекту «Энергия и трансмутация радиоактивных отходов», выполняемому в ОИЯИ, и доложены на данной сессии.

Всего на совещании было представлено 56 устных и более 30 постерных докладов. Специальный распорядок дня с продолжительным обеденным перерывом, отличная погода и прекрасная природа Крыма способствовали успеху семинара и установлению новых научных контактов между его участниками.

С 3 по 8 июня на базе пансионата «Дубна» в Алуште (Украина) проходила *2-я ежегодная школа-конференция*

*молодых ученых и специалистов*, проводимая ОМУС ОИЯИ. В школе участвуют студенты, аспиранты, молодые ученые и специалисты. Председатель программного комитета школы — член-корреспондент РАН Г.Д. Ширков, заместитель председателя — член-корреспондент РАН Г.В. Трубников, ученый секретарь — А.С. Айриян.

Школа-конференция посвящена прикладным исследованиям в следующих областях: радиобиология и медицина, использование пучков тяжелых ионов в прикладных целях, информационные технологии, использование электронных пучков в прикладных целях, нейтронные технологии. В числе лекторов школы — ведущие ученые и специалисты ОИЯИ Е.А. Красавин, Г.Д. Ширков, Г.В. Трубников, А.В. Тамонов, И.С. Кадочников, Б.Н. Гикал, А.Н. Нечаев.

В рамках школы участники представили доклады по теме их научных исследований. Были организованы стендовые секции и дискуссии, а также круглый стол по вопросам молодежной политики ОИЯИ. Все участники были разделены на команды и имели возможность продемонстрировать активное участие как в научной, так и в разнообразной культурной программе школы. При подведении итогов на заключительном заседании школы состоялось торжественное награждение лучших.

position-sensitive nuclear radiation detectors was demonstrated in the reports of Czech colleagues.

At the final session of the meeting the status of works on the European project MYRRHA being implemented in Belgium was discussed. Over the next 10 years a multipurpose new-generation nuclear reactor in combination with a megawatt proton accelerator should be constructed. This ambitious project of the prototype of a real Accelerator Driven System is currently experiencing licensing problems. The results obtained in recent years in the project “Energy and Transmutation of Radioactive Wastes” implemented at JINR and reported at the session can partially help to solve these problems.

In total, over 56 oral and 30 poster presentations were given at the meeting. A well-organized event schedule with a long lunch break, fine weather and beautiful scenery of the Crimea contributed to the success of the Seminar and to the establishment of new scientific contacts between its members.

From 3 to 8 June, a *2nd School-Conference for Young Scientists and Specialists* organized on an annual basis by the AYSS of JINR was held at the boarding-house “Dubna”

in Alushta (Ukraine). Attending the School were students, post-graduates, young scientists and specialists. The chairman of the School’s programme committee is corresponding member of RAS G.D. Shirkov; corresponding member of RAS G.V. Trubnikov is its deputy chairman; and A.S. Ayryan its scientific secretary.

The School-Conference was devoted to applied research in the following fields: radiobiology and medicine, the use of heavy ion beams for applied purposes, information technologies, the use of electron beams for applied purposes, and neutron technologies.

Among the lecturers of the School were leading scientists and specialists of JINR: E.A. Krasavin, G.D. Shirkov, G.V. Trubnikov, A.V. Tamonov, I.S. Kadochnikov, B.N. Gikal, and A.N. Nechaev.

At the School the participants presented reports on the topics of their research. Poster sections and discussions were arranged, and a round table was held on the issues of JINR’s youth policy. All the attendees were split into teams and had an opportunity to demonstrate their active participation in both the scientific and diverse cultural school programmes. At the closing session, the ceremony of awarding the best participants took place.

- Actual Problems of Microworld Physics: Proceedings of the International School-Seminar, Gomel, Belarus, Aug. 1–12, 2011. — Dubna: JINR, 2013. — 303 p.: ill. — (JINR; E1,2-2013-23). — Bibliogr.: end of papers.
- Relativistic Nuclear Physics: From Hundreds of MeV to TeV: Proceedings of the 11th International Workshop, Stara Lesna, Slovak Republic, June 17–23, 2012. — Dubna: JINR, 2013. — 161 p.: ill. — (JINR; E1,2-2013-24). — Bibliogr.: end of papers.
- Джолос Р. В.* Модели атомного ядра: учебно-метод. пособие. — Дубна: ОИЯИ, 2012. — 107, [2] с. — (Учебно-методические пособия Учебно-научного центра ОИЯИ. УНЦ; 2012-53). — Библиогр. в конце книги. *Jolos R.V.* Atomic Nucleus Models: Study manual. — Dubna: JINR, 2012. — 107, [2] p. — (Study guides of UC JINR. UC; 2-12-53). — Bibliogr.: end of papers.
- The International Linear Collider: Technical Design Report. — Batavia [etc.]: ILC, 2013. — V. 1: Executive Summary. — Batavia [etc.]: ILC. — Dubna: JINR. — Geneva: CERN, 2013. — VI, 46 p.: ill. + CD (Vol. 1–5). — (ILC-Report; 2013-040) (JINR; E9-2013-35) (CERN-ATS; 2013-037).
- Mathematical Modeling and Computational Physics (MMCP'2013): Book of Abstracts of the International Conference, Dubna, July 8–12, 2013. — Dubna: JINR, 2013. — 204 p.: ill. — (JINR; D11-2013-55). — Bibliogr.: end of papers.
- Первушин В. Н., Павлов А. Е.* Принципы квантовой Вселенной. — Saarbrücken: Lambert Acad. Publ., 2013. — 411 с.: ил. — Библиогр. в конце глав. *Pervushin V.N., Pavlov A.E.* Foundations of the Quantum Universe. — Saarbrücken: Lambert Acad. Publ., 2013. — 411 pp.: ill. — Bibliogr.: end of chapters.
- Россия в ЦЕРН: участие научных организаций и промышленных предприятий Российской Федерации в создании Большого адронного коллайдера / Пред. науч.-ред. совета: В. А. Матвеев; Отв. науч. ред.: Г. А. Козлов. — Дубна: ОИЯИ, 2013. — 159, [2] с.: цв. ил. — (ОИЯИ; 2013-30).  
Russia at CERN: Involvement of scientific organizations and industrial enterprises of the Russian Federation in the development of the Large Hadron Collider / Chairman of edit. board: V.A. Matveev; editor-in-chief: G.A. Kozlov. — Dubna: JINR, 2013. — 159, [2] pp.: colour ill. — (JINR; 2013-30).
- Didyk A. Yu., Wisniewski R.* Properties of Hydrogen and Its Isotopes under High Pressure, and Technological Applications. — Dubna: JINR, 2013. — 320 p.: ill. — (JINR; 2013-51). — Bibliogr.: end of chap. and addition. — Dedicated to the 60th anniversary of the scientific activity of Prof. R. Wisniewski and a decade of the authors' joint work on the study of the behavior of hydrogen and its isotopes in materials.
- XVII Научная конференция молодых ученых и специалистов к 100-летию В. П. Дзелепова (ОМУС-2013), Дубна, 8–12 апреля 2013 г.: труды конференции. — Дубна: ОИЯИ, 2013. — 306, [1] с.: ил. — (ОИЯИ; D5,9,18-2013-62). — Библиогр. в конце работ. — В надзаг.: Объединение молодых ученых и специалистов ОИЯИ при поддержке Объединенного ин-та ядерных исслед. и Рос. фонда фундаментальных исслед.  
XVII Scientific Conference of Young Scientists and Specialists to the centenary of the birth of V. P. Dzheleпов (AYSS-2012), Dubna, 8–12 April 2013: Proceedings. — Dubna: JINR, 2013. — 306, [1] pp.: ill. — (JINR; D5, 9, 18-2013-62). — Bibliogr.: end of papers. — Heading: the Association of Young Scientists and Specialists of JINR with the support of the Joint Institute for Nuclear Research and the Russian Foundation for Basic Research.
- Korogodina V. L., Florko B. V., Osipova L. P.* Radiation-Induced Processes of Adaptation: Research by Statistical Modelling. Dordrecht: Springer, 2013. — XVII, 183 p.: ill. Bibliogr.: end of chap.
- XXIV International Symposium on Nuclear Electronics & Computing (NEC'2013), Varna, Bulgaria, Sept. 9–16, 2013: Book of Abstracts. — Dubna: JINR, 2013. — 48 p. — (JINR; E10,11-2013-71).
- Библиографический указатель работ сотрудников Объединенного института ядерных исследований / Объединенный институт ядерных исследований. ИТБ. — Дубна: ОИЯИ, 1966–2012.  
Ч. 1–41 см. также на CD-ROM: Bibliographic Index of Papers Published by JINR Staff Members. 1956–2001. Ч. 52: 2012 / Сост.: В. В. Лицитис и И. В. Комарова. — Дубна: ОИЯИ, 2013. — 218 с. — (ОИЯИ; 2013-69).  
Bibliographic Index of Papers by Staff Members of the Joint Institute for Nuclear Research / The Joint Institute for Nuclear Research. STL. — Dubna: JINR, 1966–2012.  
P. 1–41 see also on CD-ROM: Bibliographic Index of Papers Published by JINR Staff Members. 1956–2001. P. 52: 2012 / Com.: V. V. Litsitis and I. V. Komarova. — Dubna: JINR, 2013. — 218 pp. — (JINR; 2013-69).