

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

Из микроскопического гамильтониана полной системы аналитически получена и решена система нелинейных уравнений Ланжевена для затухающего гармонического осциллятора в пределах общей связи между коллективной и внутренней подсистемами. Показано, что уравнения движения для коллективной подсистемы удовлетворяют квантовому флуктуационно-диссипационному соотношению. Для первого и второго моментов получены локальные по времени уравнения, но с транспортными коэффициентами, зависящими явно от времени. Показано, что связь по импульсу между коллективной и внутренней подсистемами приводит к появлению трения и диффузии по координате, тогда как связь по координате ответственна за трение и диффузию по импульсу. Для немарковской динамики получены наборы диффузионных коэффициентов, которые сохраняют состояние системы чистым. Показано, что уравнения для корреляций не идентичны уравнениям для средних и гипотеза Онзагера, строго говоря, не верна для немарковского затухающего гармонического осциллятора. Гипотеза Онзагера справедлива лишь при определенных условиях. Развитый подход полезен при описании

времен жизни метастабильных систем, переходных процессов и декогерентности в квантовых системах.

*Канокон З., Саргсян В. В., Адамян Г. Г., Антоненко Н. В.*  
Направлено в журнал «ТМФ».

Показано, что спектр масс легких псевдоскалярных  $(\pi, K, \eta, \eta')$  и векторных  $(\rho, K^*, \omega, \phi)$  мезонов может быть объяснен на основе следующих предположений: 1) имеет место аналитический конфайнмент (пропагаторы кварков и глюонов являются целыми аналитическими функциями гауссовского типа), 2) мезоны возникают как связанные состояния кварков и глюонов (используется уравнение Бете–Солпитера в приближении одноглюонного обмена) и 3) константа связи КХД как функция от массы связанного состояния  $M$  монотонно убывает. Вычислены постоянные  $f_\pi$  и  $f_K$ .

*Ефимов Г. В.* Направлено в журнал «Ядерная физика».

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

В 2004 г. на нуклотроне были начаты работы по систематическому изучению эффекта резонансного уси-

**Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics**

Starting with the Hamiltonian of a complete system, the system of nonlinear Langevin equations was analytically derived and solved for the damped harmonic oscillator generally coupled with heat bath. The equations of motion for the collective subsystem satisfy the quantum fluctuation–dissipation relation. The equations for the first and second moments of distribution function seem to be locally in time but with time-dependent friction and diffusion coefficients. While the coupling in momentum between the collective and internal subsystems leads to the friction and diffusion in coordinate, the coupling in coordinate leads to the friction and diffusion in the momentum. For the non-Markovian dynamics, the sets of diffusion coefficients were found to preserve the purity of the states at any time. The equations for correlations are not identical to the equations for averages in general case. For non-Markovian damped oscillator, Onsager’s regression hypothesis is true only for certain conditions. The suggested approach is useful for the description of metastable states, transient nuclear processes and decoherence in quantum systems.

*Kanokov Z., Sargsyan V. V., Adamian G. G., Antonenko N. V.*  
Submitted to «Teor. Mat. Fiz.».

It was shown that the masses of light pseudoscalar  $(\pi, K, \eta, \eta')$  and vector  $(\rho, K^*, \omega, \phi)$  mesons can be explained on the basis of the following assumptions: (1) analytical confinement (propagators of quark and gluons are entire analytical functions of the Gaussian type), (2) mesons are bound states of quark and gluons (the Bethe–Salpeter equation in the one-gluon exchange approximation), and (3) the QCD coupling constant  $\alpha_s(M)$  is a monotonic decreasing function of the bound state mass  $M$ . The decay constants  $f_\pi$  and  $f_K$  are calculated.

*Efimov G. V.* Submitted to «Yad. Fiz.».

**Veksler and Baldin Laboratory  
of High Energies**

In 2004 a systematic study of the effect of pion yield resonance enhancement in proton- and deuteron-nuclear re-

ления выхода пионов в протон- и дейтрон-ядерных реакциях при энергиях пучка в области 350 МэВ. Этот эффект был впервые обнаружен в эксперименте на фазотроне ЛЯП ОИЯИ и затем подтвержден в работах на ускорителях Сакле (Франция) и Троицка. Для выполнения этой задачи была изготовлена и установлена внутри вакуумной камеры ускорителя новая станция внутренних мишеней (см. фото).

Станция внутренних мишеней состоит из сферического корпуса, вакуумпровода и цилиндрической части, в которой размещается устройство крепления шести мишеней. Размеры станции, ее конструкция и толщина оболочки выбраны исходя из оптимальных

Общий вид механизма внутренней мишени перед установкой в вакуумную камеру ускорителя



The general view of the internal target mechanism before the installation into the Nuclotron vacuum chamber

actions at beam energy near 350 MeV was started at the Nuclotron. This effect was detected for the first time at the Dubna Phasotron [1, 2], then was confirmed at the accelerators in Saclay and Troitsk. For realization of this search, a new station of Nuclotron internal targets was manufactured and installed inside an accelerator vacuum chamber (see photo).

The internal target station intended for physics experiments with the Nuclotron is composed of a spherical hull, i.e., an ion tube and a cylinder where the target holder carrying six targets is located. The dimensions of the station, its construction and the thickness of the hull shell are optimized for registration of secondary particles using external detectors with the maximum achievable spatial angle and minimum losses.

The first experiments with the new station were carried out in March and June 2004 with the aim to measure a yield

условий регистрации вылетающих из мишени вторичных частиц с минимумом потерь при максимальном телесном угле.

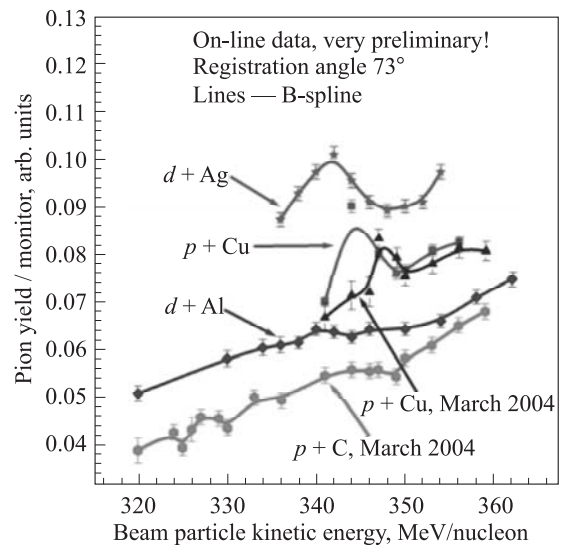
В 2004 г. на новой станции были проведены первые эксперименты по измерению выхода пионов на пучках протонов и дейтронов от углеродной, алюминиевой, медной и серебряной мишеней с целью обнаружения аномалии в функции возбуждения этой реакции.

Основной частью установки «Дельта-2» на внутренней мишени нуклотрона является сцинтилляционный пробегный спектрометр ST для идентификации и точного измерения энергии заряженных частиц. Предварительно подтверждено наличие эффекта (см. рисунок) на мишенях из меди и серебра. Первые предварительные результаты были доложены на XVII Балдинском Международном семинаре по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика» (27 сентября – 2 октября 2004 г.) и будут опубликованы.

1. *Krasnov V. A. et al. // Phys. Lett. B. 1982. V. 108. P. 11.*

2. *Akimov Yu. K. et al. // JINR Rapid Comm. 1989. No. 2[35]-89.*

Предварительные результаты по поиску резонансного усиления выхода пионов



The preliminary results of the March and June 2004 Nuclotron runs for the search of pion yield resonance enhancement

of pions on proton and deuteron beams from carbon, aluminum, copper and silver targets and search for singularities in excitation function of this reaction.

The main part of the DELTA-2 set-up on the Nuclotron internal target is a scintillation range spectrometer ST for

### Лаборатория физики частиц

10 августа на семинаре ЦЕРН были представлены новые предварительные результаты эксперимента NA-48 (участие ОИЯИ в котором весьма значительно), представляющие большой интерес для международного научного сообщества. Установка NA-48, созданная для точного измерения прямого нарушения CP-симметрии в распадах нейтральных каонов, успешно выполнила свою первоначальную задачу в 2001 г. На этот раз она была использована для решения другой проблемы, затрагивающей фундаментальные основы сегодняшних представлений о динамике слабых взаимодействий. Речь идет об экспериментальной проверке унитарности матрицы Кабиббо–Кобаяши–Маскавы (СКМ), которая описывает смешивание кварков, участвующих в слабых взаимодействиях. Поскольку никто не сомневается в ее унитарности в математическом смысле, имеется в виду проверка полноты стандартной модели. Например, существование дополнительных поколений кварков могло бы означать, что матрица их смешивания на самом деле имеет другую размерность, и ее  $(3 \times 3)$ -сегмент, который мы наблюдаем с известными поколениями, может вполне оказаться неунитарным.

С точки зрения современного состояния этой проблемы, интрига заключается в том, что до самого последнего времени среднемировые данные давали указание на нарушение унитарности СКМ-матрицы. В частности, сумма квадратов модулей ее элементов, связывающих  $u$ -кварк со всеми другими, отличалась от единицы на величину  $(4,3 \pm 1,9) \cdot 10^{-3}$ . В эксперименте NA-48 на основе полученной рекордной статистики по распадам каонов и нейтральных гиперонов был измерен модуль элемента СКМ-матрицы  $|V_{us}|$ , который должен быть равен  $0,2274 \pm 0,0021$ , если принять за основу значение  $|V_{ud}|$ , полученное в работе [1], пренебречь заведомо малой величиной  $|V_{ub}|$  и потребовать выполнения унитарности матрицы СКМ. Для этого были с высокой точностью измерены вероятности распадов нейтральных и заряженных каонов на пион, электрон и нейтрино ( $K_{e3}$ -распады), а также распада нейтрального кси-гиперона на сигма-гиперон, электрон и нейтрино. Результат NA-48, полученный из данных по распаду нейтральных каонов,  $|V_{us}| = 0,2187 \pm 0,0028$ , несколько выше известных измерений этой величины, но остается ниже того значения, которое необходимо для выполнения условия унитарности. Однако этот результат содержит неточно-

identification and energy gauging of charged particles. The presence of the effect on copper and silver nuclei (see figure) is previously endorsed. The first preliminary results are submitted to the XVII International Baldin Seminar on High Energy Physics Problems «Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics», September 27 – October 2, 2004, and will be published.

1. Krasnov V. A. et al. // Phys. Lett. B. 1982. V. 108. P. 11.
2. Akimov Yu. K. et al. // JINR Rapid Comm. 1989. No. 2[35]-89.

### Laboratory of Particle Physics

The NA48 collaboration, in which the JINR participation is quite considerable, presented at a CERN seminar on 10 August its new preliminary results that might be a matter of large interest to the international scientific community.

The NA48 set-up was originally designed for the precise measurement of the direct CP violation in neutral kaon decays and successfully reached its primary goal in 2001. This time it was used to solve another problem related to the fundamental ideas about the dynamics of weak interactions.

Namely, the new experimental check for the unitarity of the quark mixing matrix introduced by Cabibbo, Kobayashi and Maskawa (CKM) has been carried out. As nobody thinks this matrix could be a nonunitarian in the mathematical sense, such checks in fact concern the completeness of the Standard Model. For example, the existence of additional quark generations would mean that CKM matrix has another dimension and its visible segment  $(3 \times 3)$  may be nonunitarian.

The current experimental status of this problem is intriguing, as up to the latest time the world data led to hint of the CKM unitarity violation. In particular, the sum of CKM matrix elements squared norms, connecting the  $u$  quark with all other ones, deviated from unit by  $(4.3 \pm 1.9) \cdot 10^{-3}$ . In the NA48 experiment the norm of the matrix element CKM  $|V_{us}|$  has been measured using the largest data sample of kaon and neutral hyperon decays. Its value has to be equal to  $0.2274 \pm 0.0021$ , if one accepts the well measured  $|V_{ud}|$  [1], ignores the negligibly small  $|V_{ub}|$  and assumes the unitarity of the CKM matrix. To do so, a high-precision rate measurement was made for the decay of charged and neutral kaons into pion, electron and neutrino ( $K_{e3}$  decays), and for the

сти, вносимые плохим знанием формфактора распада. А вот измерение вероятности заряженных каонов по каналу  $K_{e3}$  дало величину  $|V_{us}| = 0,2241 \pm 0,0026$ , которая расходится с имевшимися до недавнего времени мировыми данными [2, 3], но согласуется как с унитарностью СКМ-матрицы, так и с самым последним измерением, выполненным в BNL (США) [4]. Анализ данных о распаде нейтрального гиперона приводит к значению  $|V_{us}| = 0,214 \pm 0,03$ , которое в пределах своей большой неопределенности согласуется и с новыми, и со старыми измерениями.

Все эти новые результаты были представлены на 32-й Международной конференции по физике высоких энергий (Пекин, 16–22 августа 2004 г.) [5] участником коллаборации NA-48 из Дубны Л. Литовым. Новая информация о матричном элементе  $|V_{us}|$  от NA-48 была включена в пленарный доклад, сделанный В. Патера (KLOE), и даже в заключительный доклад конференции, сделанный Д. Эллисом (ЦЕРН). Вместе с последними результатами экспериментов KLOE, KTeV и E865 результат NA-48 внес существенный вклад в вывод конференции о том, что «сага  $|V_{us}|$  завершена».

1. Savard G. et al. // Phys. Rev. Lett. 1995. V. 74. P. 1521.

2. Donoghue J. F., Holstein B. R., Klimt S. W. // Phys. Rev. D. 1987. V. 35. P. 934.

3. Bourquin M. et al. // Z. Physik C. 1983. V. 21. P. 27.

4. Poblaguev A. A. for the collaboration BNL-E865. hep-ex/0405036. 2004.

5. <http://ic hep04.ihep.ac.cn>.

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

В Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Дзелепова на фазотроне ОИЯИ проводится широкая программа исследований по проблеме мюонного катализа в dt-смеси. Для широкого спектра значений температур (20–800 К), плотностей (0:2–1:2 LHD) и концентраций трития (15–86 %) коллаборацией из Дубны, России и Голландии измерены параметры dt-цикла.

Bom V. R. et al. Принято к опубликованию в «ЖЭТФ».

Для низкофоновых германиевых детекторов большого объема, работающих при достаточно низкой нагрузке в ЛЯП, предложен новый двухуровневый им-

decay of neutral ksi hyperon into sigma hyperon, electron and neutrino. The result of NA48, based on the analysis of neutral kaon decays, leads to the value  $|V_{us}| = 0.2187 \pm 0.0028$ , which is still lower than it is necessary for CKM-matrix unitarity, though it is somewhat higher than that given before by all known measurements. But this result suffers from the uncertainties related to the poor knowledge of the decay form factor, taken from the published sources. On the other hand, the new measured decay rate of the  $K_{e3}$  charged kaon decays yields  $|V_{us}| = 0.2241 \pm 0.0026$ , which contradicts to the old established data [2, 3], but is completely compatible with the CKM matrix unitarity as well as with the last BNL measurement [4]. The measurement of this value based on the neutral hyperon decay rate leads to  $|V_{us}| = 0.214 \pm 0.03$ , which is in accordance with both old and new data due to its large uncertainty.

These new NA48 results have been reported at the 32nd International Conference on High Energy Physics (August 16–22, 2004, Beijing, China) [5] by the JINR participant of the NA48 collaboration L. Litov. New information on the  $|V_{us}|$  from NA48 was included into the plenary report by V. Patera (KLOE) and even into the final «Conference Sum-

mary», made by J. Ellis (CERN). Together with the last results from KLOE, KTeV and E865, the NA48 experiment has contributed considerably to the final conclusion of the conference that the « $|V_{us}|$  saga is over».

1. Savard G. et al. // Phys. Rev. Lett. 1995. V. 74. P. 1521.

2. Donoghue J. F., Holstein B. R., Klimt S. W. // Phys. Rev. D. 1987. V. 35. P. 934.

3. Bourquin M. et al. // Z. Physik C. 1983. V. 21. P. 27.

4. Poblaguev A. A. for the collaboration BNL-E865. hep-ex/0405036. 2004.

5. <http://ic hep04.ihep.ac.cn>.

### Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems

At the Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems a vast program of the experimental investigation of the muon-catalyzed D–T fusion was performed on the JINR Phasotron by JINR–Russia–the Netherlands collaboration. Parameters of the D–T cycle were obtained in a wide range of deuterium–tritium mixture conditions (temperatures of 20–800 K, densities of 0:2–1:2 LHD and tritium concentrations of 15–86%).

Bom V. R. et al. // JETP (in press).

пульс формирования, в котором верхняя часть стандартного остроконечного (cusp) импульса заменена параболой. Сохранение в нижней части импульса стандартной остроконечной формы обеспечивает оптимальное подавление шума, а параболическая форма верхушки импульса позволяет достаточно хорошо компенсировать баллистический дефицит. В результате фактор подавления шума улучшается на 10–12 % по сравнению со стандартной квазигауссовской формой импульса формирования.

*Калинин А. И., Бедняков В. А.* Препринт ОИЯИ E13-2004-34. Дубна, 2004; принято к опубликованию в «NIM A».

Предложена и описана ячейка для одноосного сжатия кристаллов до 5 кбар, используемая в  $\mu$ SR-экспериментах по исследованию взаимодействия акцепторной примеси алюминия в кремнии. Размеры исследуемых образцов  $9,5 \times 9,5 \times 20$  мм. Контроль давления осуществлялся калиброванными тензорезисторами.

*Андрейка Д. и др.* Препринт ОИЯИ P14-2004-111. Дубна, 2004; направлено в журнал «ПТЭ».

Дан обзор методов и результатов вычисления спиновых ядерных матричных элементов, которые необходимы для расчета вероятностей взаимодействия мас-

Дубна, 9 сентября. Открытие мемориальной доски профессору В. П. Дмитриевскому на фасаде здания отдела новых ускорителей Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Дзержелова



Dubna, 9 September. Opening of the memorial plaque to Professor V. Dmitrievsky on the front wall of the building of the New Accelerator Department at the Dzheleпов Laboratory of Nuclear Problems

For large-volume high-purity Ge detectors, working at low counting rates, a new two-level shaping optimized for ballistic deficit and electronic noise is proposed at the Dzheleпов Laboratory of Nuclear Problems. The shaping is based on a cusp-like form of the bottom part of the shaping and a parabolic-like form of the top shaping part. Due to the side wings of the cusp the well noise characteristics of the shaping are conserved. On the other hand, the parabolic part of the pulse shape allows rather satisfactory compensation of the ballistic deficit. Calculation shows that the noise factor can be improved within 10–12% as compared with standard quasi-Gaussian shaping.

*Kalinin A. I., Bednyakov V. A.* JINR Preprint E13-2004-34. Dubna, 2004; Nucl. Instr. Meth. A (in press).

A cell for uniaxial stress of crystals up to 5 kbar, which is used in the  $\mu$ SR experiments on investigation of the aluminium acceptor impurity in silicon, is proposed and described. Dimensions of the samples to be investigated are  $9.5 \times 9.5 \times 20$  mm. The pressure control is performed with the calibrated tensor resistors.

*Andreica D. et al.* JINR Preprint P14-2004-111. Dubna, 2004; submitted to «Instr. Exp. Tech.».

сивных слабозаимодействующих частиц темной материи с ядрами мишени детектора. Приведен максимально полный набор ядерных вакуумных средних протонного и нейтронного спинов, рассчитанных в различных моделях. Эти значения позволяют вычислять ожидаемую скорость счета событий прямого детектирования частиц темной материи (реликтовых нейтралино) за счет спинового взаимодействия этих частиц с ядрами.

*Бедняков В.А., Шимковиц Ф. hep-ph/0406218; направлено в журнал «ЭЧАЯ».*

В отделе новых ускорителей Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Дзелепова совместно с Институтом ядерной физики Кракова (Польша) создана реляционная база данных параметров контроля и управления работой изохронного циклотрона (Isochronous Cyclotron Data Base — ICDB). Эта база данных написана на языке Transact SQL для СУБД MS SQL Server 2000 с помощью MS Enterprise Manager и MS Query Analyzer и установлена на сервере изохронного циклотрона АИС-144 в Кракове, работающем под управлением операционной системы MS Windows Server 2003 (Standard Edition). Интерфейс базы данных написан на C++ с помощью MS

Visual C++.NET и встроен в программу помощи оператору (Cyclotron Operator Help Program — СОHP), которая используется для моделирования режимов работы изохронного циклотрона. Связь программы помощи оператору с реляционной базой данных осуществляется на основе протокола открытой межсвязи баз данных. Реляционная база данных параметров контроля и управления работой изохронного циклотрона предназначена, во-первых, для систематизации всех карт измеренных и смоделированных магнитных полей с целью их автоматического использования в процессе моделирования режимов работы, во-вторых, для упорядочения сохраняемых режимов работы с целью удобного доступа к ним, в-третьих, для упрощения работы оператора изохронного циклотрона. Реляционная база данных параметров контроля и управления работой изохронного циклотрона отражает его физическую структуру и логику работы его оператора.

*Киян И. Н., Ворожцов С. Б., Тарашкевич Р. Сообщение ОИЯИ Р9-2004-123. Дубна, 2004.*

В отделе физики промежуточных энергий ЛЯП проведена работа по систематизации методов выработки триггера в экспериментах среднего масштаба на

A review of the calculation of spin-dependent matrix elements relevant to scattering of weakly interacting massive dark matter particles on nuclei is provided. A comprehensive list of the proton and neutron total spin expectation values calculated within different nuclear models is presented and analyzed. These values allow a conclusion about the event rate expected in direct dark matter search experiments due to spin-dependent neutralino–nucleon interaction, provided neutralino is a dark matter particle.

*Bednyakov V. A., Simkovic F. hep-ph/0406218; Particles and Nuclei (in press).*

At the New Accelerator Department of the Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, together with the Institute of Nuclear Physics (Krakow, Poland), a relational data base of control parameter of isochronous cyclotron (Isochronous Cyclotron Data Base — ICDB) is created. The data is written in Transact SQL for the MS SQL Server 2000 with the use of MS Enterprise Manager and MS Query Analyzer and was installed on the server of the АИС144 isochronous cyclotron in Krakow, which operates under the control of operating system MS Windows Server 2003 (Standard Edi-

tion). The interface of the data base under consideration is written in C++ with the use of Visual C++.NET and is built in the Cyclotron Operator Help Program (COHP), which is used for model of operational modes of isochronous cyclotron. Communication between the COHP and the relational data base is realized on the basis of Open Data Base Connectivity protocol. The relational data base of the control parameter of the isochronous cyclotron is intended: firstly, for systematization and automatic using of all measured and modeled magnetic field maps in process of modeling of operational modes; secondly, for ordering of stored operational modes and comfortable access to them; thirdly, for simplifying of isochronous cyclotron operator work. The relational data base of the control parameter of the isochronous cyclotron reflects its physical structure and logic of work of its operator.

*Kian I. N., Vorojtsov S. B., Tarashkevich R. JINR Commun. P9-2004-123. Dubna, 2004.*

The triggering in medium-scale experiments at high- and intermediate-energy accelerators is systematically investigated at the Intermediate Energy Department of DNLР.

ускорителях высоких и промежуточных энергий. Рассмотрены общие требования к триггерным системам, а также особенности таких систем в конкретных экспериментах, позволяющие выполнять эффективный отбор событий изучаемого процесса. Изучены методы отбора событий, основанные на использовании энерговыделения, множественности, времени пролета, ионизационных потерь, информации с трековых детекторов и других данных, доступных в реальном времени. Приведены примеры реализации многоуровневого триггера. Подчеркнута необходимость оперативного контроля за отбором событий, поскольку нарушения в ее работе могут приводить к невосполнимой потере данных.

*Куликов А. В.* Направлено в журнал «ЭЧАЯ».

В Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Дзелепова ведется сооружение новой экспериментальной установки — накопителя позитронов низкой энергии LEPTA (Low Energy Particle Toroidal Accumulator). В августе была завершена сборка установки и начато тестирование ее фокусирующей системы электронным пучком. 10 сентября был осуществлен захват инжектированного электронного пучка и получена его устойчивая циркуляция в накопительном кольце.

Эта установка предназначена для генерации атомов позитрония, возникающих в результате рекомбинации позитронов и охлаждающих электронов в секции электронного охлаждения накопителя. Позитроний формируется в виде интенсивного, до  $10^4 \text{ с}^{-1}$ , потока атомов, который имеет малый, порядка 1 мрад, угловой разброс и менее чем  $10^{-4}$  относительный разброс частиц по скорости.

Благодаря применению электронного охлаждения на этой установке будут получены уникальные параметры пучков ортопозитрония, которые позволят провести в принципиально новой постановке широкий круг экспериментов в области физики частиц. Среди них — поиск CPT- и CP-нарушений, проверка закона сохранения электрического заряда в  $e^+e^-$ -аннигиляции, прецизионные измерения времени жизни ортопозитрония, включая проверку гипотезы существования короткоживущего бозона и гипотезы «зеркальной Вселенной».

Кроме того, установка является прототипом системы электронного охлаждения адронов высокой энергии циркулирующим электронным пучком, что представляет большой интерес в физике высоких энергий. Одним из возможных применений накопителей типа LEPTA

General requirements to trigger systems are discussed and the features of such systems in concrete experiments allowing for effective event selection of the process in study are also presented. The event selection methods based on energy deposit, multiplicity, time of flight, ionization losses, tracking information and other available in real time data are considered. Examples of using the multilevel trigger are given. The necessity of permanent control for the event selection process is stressed because its imperfections may result in irreplaceable loss of data.

*Kulikov A. V.* Submitted to «Particles and Nuclei».

A new experimental set-up, Low Energy Particle Toroidal Accumulator (LEPTA), is being constructed at the Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems. The assembling of the set-up was finished in August and its focusing system was tested with an electron beam. On 10 September the injected electron beam was trapped and its stable circulation in the storage ring was obtained.

This set-up is meant for the generation of positronium atoms, which appear in the recombination of positrons and electrons in the storage electron cooling section. Positronium

um appears in the form of an intensive, up to  $10^4 \text{ s}^{-1}$ , flux which has a small, about 1 mrad, angle spread and less than  $10^{-4}$  relative spread of particles in velocity.

Due to electron cooling, unique parameters of the orthopositronium beams will be obtained that will allow a wide range of experiments in particle physics in principally new conditions. Among them are search for CTP and CP violations, check of the electric charge conservation law in  $e^+e^-$  annihilation, precision measurements of the orthopositronium lifetime including the test of the hypotheses of the short-lived boson existence and the «mirror universe».

In addition, the set-up is a prototype of the electron cooling system of high-energy hadrons with a circulating electron beam, which is of much interest in high-energy physics. One of possible applications of the LEPTA-type accumulators will be also generation of pointed antihydrogen fluxes with an intensity of up to several thousands of antiatoms per second. A project of such a «generator» is discussed in the programme of the future GSI accelerator complex.

станет также генерация направленных потоков антиводорода с интенсивностью до нескольких тысяч антиатомов в секунду. Проект такого «генератора» обсуждается в программе будущего ускорительного комплекса GSI.

На потоке позитронов инжектора накопителя LEPTA планируется выполнить программу исследований прикладного характера — по физике полупроводников.

Немаловажно, что новая установка, разработанная в рамках темы «Физика и техника ускорителей», была сооружена в значительной мере за счет внебюджетных средств, полученных в результате выполнения работ по заказам ускорительных центров мира (FNAL, BNL, RIKEN, FZJ и др.).

Установка LEPTA является также прекрасным «полигоном» для подготовки научных кадров, так как «камерный» характер экспериментов, проводимых на ней, позволяет активно вовлекать научную молодежь в выполнение разнообразных работ с довольно быстрым достижением результатов. Это, в свою очередь, делает установку привлекательной для научных и учебных центров стран-участниц ОИЯИ.

*И. Н. Мешков*

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

В Лаборатории нейтронной физики продолжают систематические исследования влияния внешнего высокого давления на атомную и магнитную структуру манганитов  $R_{1-x}A_xMnO_3$  (R — редкоземельный, A — щелочноземельный элементы). Открытие эффекта колоссального магнетосопротивления (КМС) и разнообразие магнитных и электронных свойств манганитов вызвало значительный, не ослабевающий уже на протяжении ряда лет интерес к исследованиям этих соединений. Однако влияние высокого давления на структуру и свойства манганитов недостаточно хорошо изучено.

Атомная и магнитная структура манганитов  $Pr_{1-x}Sr_xMnO_3$  ( $x = 0,5, 0,56$ ) исследовалась методом нейтронной дифракции в диапазоне внешних высоких давлений 0–4,8 ГПа и температур 15–300 К на спектрометре ДН-12 импульсного высокопоточного реактора ИБР-2. При нормальном давлении оба соединения в области достаточно низких температур имеют антиферромагнитное (АФМ) состояние А-типа. В  $Pr_{0,5}Sr_{0,5}MnO_3$  также наблюдается промежуточное ферромагнитное (ФМ) состояние. При высоком давлении

An application program on semiconductor physics is planned to be implemented at the positron flux of the LEPTA injector.

It is very important that this new set-up worked out in the framework of the topic «Physics and Technology of Accelerators» was developed to a large extent with nonbudget means obtained through execution of orders from accelerator centres such as FNAL, BNL, RIKEN, FZJ.

The LEPTA set-up is a perfect «ground» to train scientific personnel, as the «chamber» character of the experiments makes it possible to involve young scientists into different tasks obtaining rapidly results. In its turn, this makes the set-up attractive for scientific and educational centres in JINR Member States.

*I. Meshkov*

### Frank Laboratory of Neutron Physics

At the Frank Laboratory of Neutron Physics the systematic studies of the effect of external high pressures on the atomic and magnetic structure of manganites

$R_{1-x}A_xMnO_3$  (R — rare-earth, A — alkaline-earth elements) are continued. The discovery of colossal magnetoresistance (CMR) effect and a variety of magnetic and electron properties of manganites have attracted considerable interest in the studies of these compounds, which has not waned in recent years. However, the effect of high pressures on the structure and properties of manganites has not been adequately investigated yet.

The atomic and magnetic structure of manganites  $Pr_{1-x}Sr_xMnO_3$  ( $x = 0.5, 0.56$ ) has been studied by the neutron diffraction method at external high pressures of up to 4.8 GPa in the temperature range 15–300 K at the DN-12 spectrometer of the IBR-2 pulsed high-flux reactor. At normal pressure, both compounds in the range of rather low temperatures are in antiferromagnetic (AFM) state of A-type. In  $Pr_{0,5}Sr_{0,5}MnO_3$  the intermediate ferromagnetic (FM) state is observed as well. At a high pressure  $P = 1.9$  GPa in  $Pr_{0,44}Sr_{0,56}MnO_3$  a new AFM state of C-type, which coexists with the initial AFM state of A-type in the range of low temperatures, has been observed. In  $Pr_{0,5}Sr_{0,5}MnO_3$  the effect of high pressure results in a significant increase in temperature of phase transition from in-



$P = 1,9$  ГПа в  $\text{Pr}_{0,44}\text{Sr}_{0,56}\text{MnO}_3$  наблюдалось появление нового АФМ-состояния С-типа, которое сосуществует с исходным АФМ-состоянием А-типа в области низких температур. В  $\text{Pr}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{MnO}_3$  воздействие высокого давления приводит к значительному возрастанию температуры фазового перехода из промежуточного ФМ-состояния в АФМ-состояние А-типа. При  $P = 2$  ГПа в области низких температур наблюдается сосуществование исходного АФМ-состояния с фазой, не проявляющей признаков наличия дальнего магнитного порядка [1]. Наблюдаемые магнитные фазовые переходы удалось успешно объяснить на основе рассмотрения модельного гамильтониана системы.

1. *Kozlenko D. P., Glazkov V. P., Jiráček Z., Savenko B. N.* // J. Phys.: Condens. Matter. 2004. V. 16. P. 2381.

В период с 16 июня по 23 июля 2004 г. были выполнены работы по пуску ИБР-2 и исследованиям основных характеристик реактора с новым модулятором реактивности ПО-3. Работы проводились как в стационарном режиме (без вращения ПО-3), так и в импульсном режиме на мощности до 1,5 МВт. Кроме того, была проведена догрузка активной зоны одной топливной кассе-

termediate FM state to AFM state of A-type. At  $P = 2$  GPa in the range of low temperatures the coexistence of initial AFM state with a phase without any evidence of long-range magnetic order has been observed [1]. It has become possible to successfully explain the observed magnetic phase transitions on the basis of consideration of model Hamiltonian of the system.

1. *Kozlenko D. P., Glazkov V. P., Jiráček Z., Savenko B. N.* // J. Phys.: Condens. Matter. 2004. V. 16. P. 2381.

During a period from 16 June to 23 July, work was performed to start up the IBR-2 reactor and to study the basic characteristics of the reactor with a new modulator of reactivity MR-3. The work was carried out both in a steady-state mode (without rotation of MR-3) and in a pulsed mode at a power of up to 1.5 MW. Moreover, one fuel cell to ensure reactivity margin for the future operation of IBR-2 was additionally loaded to the active zone.

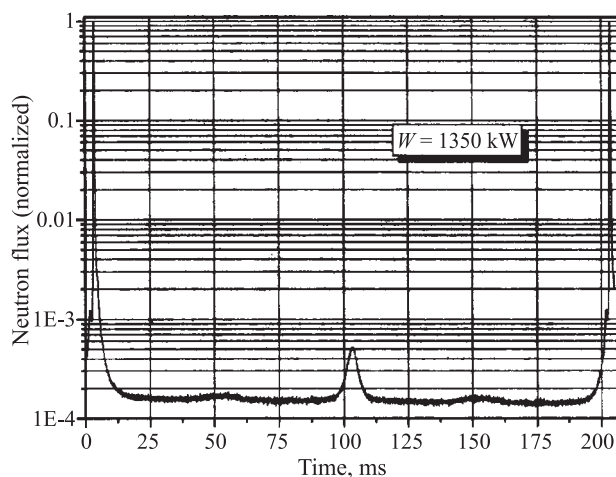
The obtained results proved to be close to the expected ones: neutron pulse duration (halfwidth) is  $245 \mu\text{s}$ . It is achieved by means of the modulator of reactivity MR-3, whose speed is only 600 rpm, instead of 1500 rpm for the

той для обеспечения запаса реактивности на последующие годы эксплуатации ИБР-2.

Полученные результаты близки к ожидаемым: длительность нейтронного импульса (полуширина) — 245 мкс. Это достигается модулятором реактивности ПО-3, скорость которого всего 600 об./мин вместо 1500 об./мин на предыдущих машинах. Распределение мощности между двумя последовательными импульсами видно на рисунке.

13 сентября возобновлена плановая работа ИБР-2 на физический эксперимент.

Распределение мощности между двумя последовательными вспышками. Данные нормированы на максимум вспышки



Distribution of power between two consecutive pulses. The data are normalized to the pulse maximum

previous machines. Distribution of power between two consecutive pulses can be seen in figure.

On 13 September the scheduled operation of IBR-2 for physical experiments was renewed.

### Laboratory of Information Technologies

In cooperation with the International Solvay Institute for Physics and Chemistry (Brussels, Belgium), the Department of Mathematics of the Aristotle University (Thessaloniki, Greece) and the Moscow Engineering and Physics Institute (Russia), the efficient resource distribution in economics based on entropy has been investigated. The approach developed in previous work on the efficient resource

### Лаборатория информационных технологий

Совместно с Международным Сольвеевским институтом физики и химии (Брюссель, Бельгия), факультетом математики Университета им. Аристотеля (Салоники, Греция) и Московским инженерно-физическим институтом (Россия) проведены исследования по эффективному распределению ресурсов в экономике на основе энтропии.

Было получено обобщение подхода, разработанного ранее по эффективному распределению ресурсов в экономических системах с маленьким набором элементов на основе энтропии. Для учета асимметричного распределения ресурсов был введен новый набор функций интерполяции с двумя параметрами. Показано, что максимальное значение энтропии достигается только в случае асимметричного распределения ресурсов.

Первые результаты использования такого обобщенного подхода для анализа распределения доходов населения Швеции и России показали, что новая схема позволяет давать эффективную оценку состояния анализируемой системы и контролировать процесс распределения ресурсов.

*Антониу Я., Иванов В. В., Крянев А. В., Матохин В. В., Шаповалов М. В. // Physica A. 2004. V. 336. P. 549–562.*

В связи с экспериментами на установках «Энергия + трансмутация» и SAD методом монте-карловского моделирования изучается зависимость выхода нейтронов и тепловыделения в мишенях электроядерных установок, облучаемых высокоэнергетическими протонами, от материала, размеров и конфигурации мишени. Рассмотрен один из вариантов мишени для создаваемой в Дубне установки SAD на протонном пучке с энергией 660 МэВ. Показано, что в пределах 5–10 % выход нейтронов в висмутовой, свинцовой и вольфрамовой мишенях оказывается практически одинаковым и не зависит от глубины окна, через которое вводится пучок протонов, зависимость становится существенной лишь для очень глубоких окон. Свинцовая и висмутовая мишени диаметром 8 см, а вольфрамовая мишень диаметром 5–6 см аккумулируют на длине  $\Delta Z \cong 20$  см не менее 80 % тепловыделения, обусловленного ионизационными потерями энергии протонов. При этом около 95 % этих потерь происходит в центральной области радиусом  $R = 1,5$  см.

*Барашенков В. С., Кумават Х., Лобанова В. А., Стеценко С. Г. Направлено в журнал «Письма в ЭЧАЯ».*

distribution in economic systems with a small number of elements based on entropy was generalized. To take into account the asymmetric resource distribution, a new set of two-parameter interpolating functions was introduced. It demonstrates that the maximal value of entropy is reached only in case of asymmetric distribution of resources. First results on application of the generalized approach to the analysis of income distribution for Sweden and Russia population have shown that the new scheme allows efficient estimation of the state of the analyzed system and control over the resource distribution process.

*Antoniou I., Ivanov V. V., Kryanev A. V., Matokhin V. V., Shapovalov M. V. // Physica A. 2004. V. 336. P. 549–562.*

A dependence of the neutron yield and the heat production in the targets of the installations «Energy + Transmutation» and SAD on their material, dimensions and configuration of the target is investigated. As an example, one of the variants of the target for the 660-MeV proton beam SAD produced in Dubna is considered. It is shown that within the limit of 5–10% the neutron yield in Bi, Pb and W targets is practically independent of the material of the target and the

depth of the entrance window. The dependence becomes significant only for enormous depths. The bismuth and lead targets of diameter 8 cm and the tungsten target of diameter 5–6 cm accumulate on the length  $\Delta Z \cong 20$  cm about 80% of the heat release due ionization losses of the proton beam. Approximately 95% of these losses occur in the central region with the radius  $R = 1.5$  cm.

*Barashenkov V. S., Kumawat H., Lobanova V. A., Stecenko S. G. Submitted to «Part. Nucl., Lett.».*

A numerical temperature effect investigation of materials exposed to high-energy heavy ions by using systems of temperature conductivity equations for electrons and lattice has been performed by LIT and FLNR researchers. The system of equations for the electron gas and lattice around and along the trajectory of heavy uranium ion with the energy 700 MeV in nickel at the constant of heat capacity and heat conductivity taken at room temperature is solved numerically in a cylindrical axial-symmetrical coordinate system. On the basis of the obtained temperature dependence of the lattice upon the radius (coordinate  $r$ ) and the depth (coordinate  $z$ ) around the ion trajectory, a conclusion was made that the

Сотрудниками Лаборатории информационных технологий и Лаборатории ядерных реакций проведено численное исследование температурных эффектов в материалах при облучении их тяжелыми ионами высоких энергий в рамках уравнений теплопроводности для электронов и решетки.

Система уравнений для температуры электронного газа и решетки вокруг и вдоль траектории тяжелого иона урана с энергией 700 МэВ в никеле при постоянных значениях теплоемкости и теплопроводности, взятых при комнатной температуре, решена численно в аксиально-симметрической цилиндрической системе координат. На основе полученных зависимостей температуры решетки от радиуса вокруг траектории иона (координата  $r$ ) и глубины (координата  $z$ ) показано, что ионизационные потери энергии иона урана в никеле достаточны для плавления и испарения материала с поверхности.

Сделаны оценки размера областей с максимальным радиусом  $R_{\max}$  и глубиной в мишени  $Z_{\max}$ , где происходят процессы плавления и испарения материала мишени.

*Амирханов И. В., Дидык А. Ю. и др.* Направлено в журнал «Письма в ЭЧАЯ».

Аналитически и численно найдены решения различных краевых задач для уравнения высокого порядка с малым параметром при старших производных. Дан анализ этих решений. Установлено, что для некоторых вариантов симметричных граничных условий решения краевой задачи для уравнений 4-го, 6-го и т. д. порядков переходят в решение уравнения Шредингера при  $\varepsilon \rightarrow 0$  ( $\varepsilon$  — малый параметр). Найденные решения с различными узлами ортогональны между собой. Приведены результаты численных расчетов.

*Амирханов И. В., Жидков Е. П., Саркар Н. Р., Сархадов И.* Сообщение ОИЯИ Р11-2004-147. Дубна, 2004.

### Отделение радиационных и радиобиологических исследований

Продолжаются исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц на нуклотроне. Одной из специфических особенностей действия высокоэнергетических тяжелых ядер на генетический аппарат клеток является индукция повреждений ДНК кластерного типа. Такие повреждения являются следствием локального выделения значительного количества энергии,

ionization energy loss was enough for melt and evaporation of the material from the surface. The characteristic sizes of maximum radius  $R_{\max}$  and depth  $Z_{\max}$  in the target where the melting and evaporation processes take place were estimated.

*Amirkhanov I. V., Didyk A. Yu. et al.* Submitted to «Part. Nucl., Lett.».

Solutions to various boundary-value problems for a high-order equation with a small parameter at higher derivatives have been found in the work «Investigation of Boundary-Value Problems for a High-Order Equation with a small Parameter at Higher Derivatives». An analysis of the solutions is presented. It has been found that for some variants of symmetric boundary conditions the solutions to the boundary-value problem for equations of the 4th, 6th, etc. orders turn to the solution of Schrödinger equation for  $\varepsilon \rightarrow 0$  ( $\varepsilon$  is a small parameter). The solutions with different knots are orthogonal with each other. The results of numerical calculations are given.

*Amirkhanov I. V., Zhidkov E. P., Sarker N. R., Sarhadov I.* JINR Commun. P11-2004-147. Dubna, 2004.

### Division of Radiation and Radiobiological Research

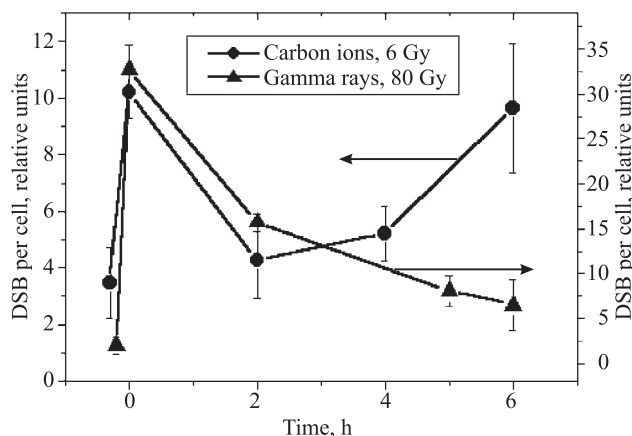
The investigations of biological effects of heavy charged particles at the Nuclotron are continued. One of the specific characteristics of genetic effects of accelerated heavy charged particles is the induction of clustered DNA damages. Such lesions are the result of significant energy deposition in genetic structures. In this case the repair of single- and double-strand breaks (DSB) of DNA may be strongly suppressed, which reflects on different radiation-induced genetic effects. It was established that DNA damages by the physical factors and different chemical mutagens induce two kinds of cell response. The first kind is the repair of DNA damages and the second is the apoptotic cell inactivation. The specific character of DNA damages due to heavy charged particle irradiation can reflect on the damage repair kinetics and influence the frequency of apoptotic cell inactivation.

In order to study the regularities of DSB repair in human cells after heavy ion irradiation, the DNA comet analysis method was developed. This method allows determining

в результате чего одновременно повреждается большое количество химических связей, составляющих фрагмент ДНК. Репарация кластерных одно- и двуниевых разрывов (ДР) ДНК может быть резко подавлена, и это будет оказывать существенное влияние на характер индуцируемых тяжелыми заряженными частицами генетических эффектов. Установлено, что повреждение ДНК факторами физической природы и ДНК-тропными химическими агентами вызывает в клетке два типа ответных реакций — репарацию индуцированных повреждений и апоптотическую гибель клеток. Специфика повреждений ДНК, обусловленная воздействием ускоренных тяжелых ионов, может отражаться на кинетике репарации повреждений и влиять на частоту развития апоптоза в популяции облученных клеток.

С целью изучения закономерностей индукции ДР ДНК и их репарации при действии различных ускоренных тяжелых ядер в Отделении радиационных и радиобиологических исследований был развит метод ДНК-комет, позволяющий оценить состояние генома индиви-

Зависимость относительного количества двуниевых разрывов ДНК в лимфоцитах человека и их репарации от времени облучения ионами углерода с энергией 0,5 ГэВ/нуклон и гамма-квантами



The dependence of the relative amount of the double-strand breaks of DNA in human lymphocytes and their repair on the time of irradiation with 0.5 GeV/nucleon carbon ions and gamma rays

the level of DNA damages in individual cells. It was shown that efficiency of DSB induction by carbon ions with energy of 0.5 GeV/nucleon is much higher in comparison with gamma rays (see figure). After 6-hour cell incubation (at carbon ion irradiation) the relative amount of DSB increases again. This is evidence of the growth of cell population with damages induced by the apoptosis.

дуальных клеток. Было установлено, что ускоренные ионы углерода с энергией 0,5 ГэВ/нуклон обладают более высокой эффективностью в индукции ДР ДНК и кинетика репарации ДР ДНК при действии ионов углерода отличается от таковой при гамма-облучении (см. рисунок). После 6 ч инкубации клеток, облученных тяжелыми заряженными частицами, вновь отмечается подъем относительного количества индуцируемых ДР, что может свидетельствовать о возрастании фракции клеток с развивающимися апоптотическими изменениями.

### Учебно-научный центр

Студенты МИФИ, МФТИ, а также вузов России и других стран-участниц ОИЯИ продолжают в Учебно-научном центре обучение на двух последних курсах. Учебные планы подготовки студентов составляются совместно с кафедрами вузов и дополняются в соответствии с направлениями научных исследований лабораторий ОИЯИ.

В осеннем семестре 2004–2005 гг. для студентов старших курсов читаются следующие курсы лекций: С. П. Иванова и Н. В. Антоненко «Теория ядерных ре-

### University Centre

At the JINR University Centre (the UC), students of the Moscow Engineering Physics Institute, the Moscow Institute of Physics and Technology, and other higher education institutions of JINR Member States study throughout two final years of their graduate education. The curricula are prepared jointly with the departments of their home institutions and are expanded to reflect research carried out at JINR Laboratories.

In the autumn semester of 2004–2005 the following lecture courses will be given to the graduate students: S. P. Ivanova and N. V. Antonenko, «Theory of Nuclear Reactions»; A. V. Kulikov, «Experimental Nuclear Physics»; M. G. Sapozhnikov, «Elementary Particle Physics»; G. V. Trubnikov, «Introduction to the Theory of Accelerators»; G. A. Shelkov, «Introduction to the Specialty»; A. V. Efremov, «Standard Model»; V. V. Korenkov, «Database Management System»; T. A. Strizh, «Internet Technologies»; and E. G. Nikonov, «Object-Oriented Programming in C++». Courses of English are provided for graduate and postgraduate students.

акций»; А. В. Куликов «Экспериментальная ядерная физика»; М. Г. Сапожников «Физика элементарных частиц»; Г. В. Трубников «Введение в теорию ускорителей»; Г. А. Шелков «Введение в специальность»; А. В. Ефремов «Стандартная модель»; В. В. Кореньков «Система управления базой данных»; Т. А. Стриж «Интернет-технологии»; Э. Г. Никонов «Объектно-ориентированное программирование на C++». Для студентов и аспирантов ведутся занятия по английскому языку.

Для поддержки традиционных связей в области образования и подготовки кадров, а также в соответствии с планом международного сотрудничества продолжается обмен студентами между Учебно-научным центром и университетами стран Восточной Европы. Стало традицией принимать студенческие группы и отдельных студентов, приезжающих в Дубну с ознакомительными визитами.

В сентябре для группы польских студентов из Познани Учебно-научным центром и Лабораторией нейтронной физики ОИЯИ была организована научно-производственная практика по теме «Использование рассеяния нейтронов и синхротронного излучения».

To maintain the UC's well-established ties in education and staff training, and in accordance with the JINR Topical Plan for Research and Cooperation, student exchanges are continued between the UC and a number of universities of Eastern Europe. It has become a tradition to receive student groups and individual students coming to Dubna for visits of acquaintance.

In September, for a group of students from Poznan, Poland, the UC and the Laboratory of Neutron Physics jointly organized a practice in neutron scattering and synchrotron radiation applications. The practice has become possible thanks to the support from the educational part of the Bogoliubov–Infeld Programme, which promotes the development and broadening of student exchanges.

During 2–23 September, a group of students from Bucharest University (Romania) and their instructor had a practice at the UC and JINR Laboratories. Excursions were organized for them to the Laboratories of Neutron Physics, Nuclear Reactions, Nuclear Problems, High Energies, and Information Technologies. They were introduced to re-

Практика состоялась благодаря поддержке образовательной части программы «Боголюбов–Инфельд», способствующей развитию и расширению студенческих обменов.

Студенты Бухарестского университета (Румыния) и их преподаватель со 2 по 23 сентября находились на практике в Учебно-научном центре и лабораториях ОИЯИ. Для студентов были организованы экскурсии в ЛНФ, ЛЯР, ЛЯП, ЛВЭ, ЛИТ, они познакомились с исследованиями на медицинском пучке ЛЯП. Основную часть времени практиканты проводили в лабораториях, где под руководством кураторов — специалистов Института участвовали в текущих исследованиях. При выборе места проведения практики учитывались личные пожелания и научные интересы студентов. Для практикантов были организованы лекции, они принимали участие в институтских семинарах. Один из студентов, Иван Кристиан, выступил на семинаре в ЛТФ. По окончании практики все студенты представили отчеты о проделанной работе. Студенты и их преподаватель выразили благодарность организаторам поездки со стороны Института, и в частности Учебно-научного центра, а

search carried out at the medical beams facility. They spent most of the time at the Laboratories, where under supervision by the Institute's scientists they participated in current research. The places where the students had their practice were chosen so as to meet their personal preferences and scientific interests. The students were given a number of lectures; they attended the Institute's seminars. One of them, Ivan Cristian, himself gave a seminar at the Laboratory of Theoretical Physics. At the end of the practice, all the students presented their practice reports. The students and their instructor expressed gratitude to the organizers of the visit on the part of the Institute — in particular, to the UC, and to the Romanian Ministry of Education and Research and Bucharest University. The visit was realized thanks to a grant from the Plenipotentiary of Romania to JINR.

On 12–20 September, four students of the Czech Technical University in Prague and their instructor visited the UC. Although their stay in Dubna was short, the programme of the visit was very diverse. They learned about the UC activities and had an excursion over the Laboratory of Infor-

также организаторам от Министерства образования и науки Румынии и Бухарестского университета. Визит был осуществлен благодаря гранту полномочного представителя правительства Румынии в ОИЯИ.

С 12 по 20 сентября четверо студентов Чешского технического университета (Прага) и их преподаватель были гостями Учебно-научного центра. Несмотря на короткий срок пребывания в Дубне, программа была очень насыщенной. Студенты познакомились с работой Учебно-научного центра, совершили экскурсию по ЛИТ, в ЛВЭ осмотрели синхрофазотрон, нуклотрон, криогенные и охлаждающие установки, экспериментальный зал, в ЛЯП — фазотрон и медицинские пучки,

в ЛЯР — циклотрон У-400М, в ЛНФ — ИБР-2, ознакомились с нейтронно-активационным анализом. В своих отчетах-анкетах студенты делились впечатлениями о научных экскурсиях, подчеркивали доброжелательное отношение к ним сотрудников Института и высказывали пожелания приехать в Дубну на более долгий срок для стажировок и участия в летних студенческих школах.

Для каждой группы студентов были организованы экскурсии в Москву и Сергиев Посад.

Сотрудниками и аспирантами УНЦ совместно с научными сотрудниками ЛТФ (сектор Р. В. Джолоса) и

Университет «Дубна», 1 сентября. Встреча профессорско-преподавательского состава кафедр теоретической и ядерной физики со студентами-первокурсниками кафедр



University «Dubna», 1 September. Professors and scholars of the chairs of theoretical and nuclear physics meet the first-year students

mation Technologies; at the Laboratory of High Energies they saw the Synchrophasotron, Nuclotron, cryogenic and cooling installations, and the experimental hall; at the Laboratory of Nuclear Problems, the Phasotron and medical beams facility; at the Laboratory of Nuclear Reactions, the U-400M cyclotron; at the Laboratory of Neutron Physics they saw the IBR-2 pulsed reactor and were introduced to neutron activation analysis. In their reports, the students ex-

pressed their impressions of the excursions to JINR Laboratories, noted that JINR staff had always received them friendly, and stated an intention to come to the Institute for a longer time for practical experience and to attend summer student schools.

Excursions to Moscow and Sergiyev Possad were provided for each student group.

Университета Гиссена (Германия) в течение многих лет ведутся исследования взаимодействия тяжелых ионов с ядрами. В этом году были выполнены расчеты выживаемостей сверхтяжелых ядер [1] в рамках статистической модели и с учетом последних теоретических предсказаний ядерных свойств [2]. Для определения плотности уровней использовалась модель ферми-газа и модель, учитывающая коллективное усиление плотности уровней. Выживаемости ядер с  $Z = 102-109$ , полученные на основе теоретических предсказаний [2], оказались близкими к выживаемостям, полученным на основе теоретических предсказаний работы [3]. Рассчитаны сечения образования испарительных остатков сверхтяжелых ядер в реакциях холодного и горячего слияния. Предсказаны сечения  $\sigma_{(2-3)n}$  для ядер с  $Z = 103, 107-109$ . Результаты, полученные на основе модели с коллективным усилением уровней, оказались более чувствительными к четно-нечетным эффектам, чем результаты на основе модели ферми-газа.

Впервые изучена возможность получения изотопов сверхтяжелых ядер с  $Z = 101-108$  в реакциях неполного слияния [4]. Величины предсказанных сечений находятся выше существующего экспериментального предела.

Результаты, полученные в работах [1, 4], были доложены на международных конференциях «NUCLEUS-2004» и «EXON-2004».

1. Zubov A. S. *et al.* Submitted to «Eur. Phys. J. A».
2. Parkhomenko O. *et al.* // Acta Phys. Pol. B. 2003. V. 34. P. 2153;  
Muntian I. *et al.* // Ibid. P. 2073;  
Muntian I. *et al.* // Ibid. P. 2141;  
Muntian I. *et al.* // Acta Phys. Pol. B. 2001. V. 32. P. 691.
3. Möller P., Nix R. // At. Data Nucl. Data Tables. 1988. V. 39. P. 213.
4. Adamian G. G. *et al.* Submitted to «Phys. Rev. C».

Scientists and postgraduates of the UC, jointly with scientists of the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics (a Sector headed by R. V. Jolos) and Giessen University (Germany), have been studying for many years the interactions between heavy ions and nuclei. This year, by using the statistical model and recent theoretical predictions of nuclear properties [1], survival probabilities of superheavy nuclei have been calculated [2]. Level densities of the Fermi-gas model and of a model with collective enhancement are used. The survival probabilities obtained for isotopes with  $Z = 102-109$  using the predictions of [1] are close to those obtained with the predictions of [3]. The evaporation residue cross sections of superheavy nuclei in cold- and hot-fusion reactions have been calculated. The cross sections  $\sigma_{(2-3)n}$  for the nuclei with  $Z = 103, 107-109$  have been predicted. The results obtained with the collective en-

hancement model are more sensitive to even-odd effects than those obtained with the Fermi-gas model.

A possibility of producing new isotopes of the superheavy nuclei with  $Z = 101-108$  in incomplete fusion reactions has been studied for the first time [4]. The predicted cross sections are beyond the present experimental limit.

The results of [1, 4] were reported to the International Conferences NUCLEUS-2004 and EXON-2004.

1. Parkhomenko O. *et al.* // Acta Phys. Pol. B. 2003. V. 34. P. 2153;  
Muntian I. *et al.* // Ibid. P. 2073;  
Muntian I. *et al.* // Ibid. V. 34. P. 2141;  
Muntian I. *et al.* // Acta Phys. Pol. B. 2001. V. 32. P. 691.
2. Zubov A. S. *et al.* // Submitted to «Eur. Phys. J. A».
3. Möller P., Nix R. // At. Data Nucl. Data Tables. 1988. V. 39. P. 213.
4. Adamian G. G. *et al.* Submitted to «Phys. Rev. C».

*В. В. Нестеренко, А. С. Сорин*

## Асимптотическая свобода — триумф квантовой теории поля

В этом году Нобелевская премия по физике присуждена трем американским физикам-теоретикам — Дэвиду Гроссу, Дэвиду Политцеру и Франку Вильчеку — «за открытие асимптотической свободы в теории сильных взаимодействий» (из пресс-релиза Нобелевского комитета).

Это открытие базируется на локальной перенормируемой квантовой теории поля, кварк-партонной картине адронов и ренормгруппе. Чтобы правильно оценить значение данного открытия для современной физики высоких энергий, имеет смысл проследить, хотя бы кратко, путь научного поиска, который предшествовал этому успеху. Конечно, здесь следует начать с того, как создавалась современная теория сильных взаимодействий — квантовая хромодинамика (КХД).

Объединение квантовой механики с теорией относительности привело в послевоенные годы к заверше-

нию построения аппарата квантовой теории поля, основной задачей которой было описание взаимодействия элементарных частиц. Вершиной этого подхода явилась квантовая электродинамика (КЭД), которая была сформулирована еще в 1930-е годы в работах Дирака, Паули, Ферми и других выдающихся физиков. Однако только в 1950-х годах теоретики научились «избавляться» от расходимостей, неизбежно присутствующих в любой локальной квантовой теории поля.

Все попытки прямого распространения формализма КЭД на сильные взаимодействия оказались безуспешными. Шок, вызванный этим фактом среди теоретиков, был настолько силен, что на некоторое время интерес к квантовой теории поля был потерян. Здесь уместно вспомнить следующий исторический казус: выдающийся физик-теоретик, ученик Л. Д. Ландау И. Я. Померанчук даже закрыл в то время (1955 г.) свой

*V. V. Nesterenko, A. S. Sorin*

## Asymptotic Freedom — Triumph of Quantum Field Theory

The Nobel Prize in Physics for 2004 has been awarded for «the discovery of asymptotic freedom in the theory of the strong interaction» (from the Nobel Prize Committee's press release) jointly to David J. Gross, H. David Politzer, and Frank Wilczek.

This discovery is based on the local renormalizable quantum field theory, the quark-parton picture of hadrons, and the renormalization group. In order to evaluate correctly the importance of this discovery for present-day high-energy physics, it is worthwhile, though briefly, to trace the line of the quest that preceded this success. It is good to begin with the creation of the modern theory of strong interactions, Quantum Chromodynamics (QCD).

In the post-war years the unification of quantum mechanics with the theory of relativity led to the construction

of an apparatus of quantum field theory aimed mainly at describing interactions of elementary particles. This approach culminated in Quantum Electrodynamics (QED), which was formulated by Dirac, Pauli, Fermi, and other outstanding physicists as early as the 1930s. However, only in the 1950s theoreticians learnt how to get rid of divergences that are inevitably present in any local quantum field theory.

All attempts to extend the QED formalism to strong interactions were unsuccessful. Theoreticians were so shocked by this fact that interest in quantum theory faded for some time. It is pertinent to note the following historical casus: an outstanding theoretical physicist I. Ya. Pomeranchuk, a disciple of L. D. Landau, even cancelled his seminar on quantum field theory at that time (1955). However, a worthy candidate to replace quantum field theory was not



семинар по квантовой теории поля. Однако достойного кандидата на замену квантовой теории поля найти не удалось, хотя претендентов было немало: это и  $S$ -матричный подход, и реджистика, и дуальные модели. Кстати, в этом потоке исследований теоретики впервые рассмотрели струнные модели — так называемые адронные струны.

«Спас» квантовую теорию поля переход к неабелевым калибровочным симметриям, впервые рассмотренным Ч. Янгом и Р. Миллсом в 1954 г. Непосредственно применить неабелеву калибровочную теорию поля к описанию наблюдаемых сильно взаимодействующих частиц — протонов, нейтронов, пи-мезонов и т. д. — нельзя, так как калибровочные поля — безмассовые (что приводит к дальнему действию), а ядерные силы — короткодействующие. Надо было перейти на другой уровень описания этих частиц. Здесь очень пригодилась трактовка адронов как составных частиц. Дело в том, что экспериментаторами был накоплен огромный материал по свойствам адронов, который позволил приписать им целый ряд квантовых чисел: барионный заряд, изотопический спин, странность и т. д. Физическими носителями всех этих квантовых чисел считались элементарные блоки, из которых построены адроны — кварки, введенные М. Гелл-Манном и Г. Цвейгом в

1964 г. Но ключевым для дальнейшего развития теории оказалось квантовое число у кварков, впервые введенное в 1965 г. для согласования спина и статистики в работах дубненских ученых Н. Н. Боголюбова, Б. В. Струминского и А. Н. Тавхелидзе и независимо М. Хана и Й. Намбу, получившее впоследствии название цвета. Далее построение неабелевой калибровочной теории поля осуществляется достаточно просто: берем квантовую электродинамику и заменяем в ней электроны на цветные кварки, а электромагнитное поле (фотоны) — на неабелево калибровочное поле (глюоны). Именно это безмассовое поле и переносит взаимодействие между кварками. Однако, в отличие от поля Максвелла, не имеющего заряда, глюонное поле несет заряд — цвет, и уравнения, описывающие это поле, нелинейны. Новая теория получила название квантовой хромодинамики, т. е. квантовой динамики цветовых степеней свободы.

Конечно, обобщив электродинамику Максвелла–Дирака на неабелев случай, нельзя было считать новую теорию построенной; ее надо было еще проквантовать. И это оказалось далеко не тривиальной задачей. Ричард Фейнман в 1963 г. первым показал, что правила квантования электродинамики не работают в случае неабелевой калибровочной группы, а именно: они приводят к

found, though there were many contenders: an  $S$ -matrix approach, and Regge and dual models. By the way, in this stream of investigations theoreticians considered for the first time string models, the so-called hadron strings.

Quantum field theory was «rescued» by passing to non-Abelian symmetries that were first considered by Yang and Mills in 1954. The non-Abelian gauge field theory cannot be directly applied to describe observable strongly interacting particles — protons, neutrons, pi-mesons, etc., as gauge fields are massless (which results in a long-range interaction) and nuclear forces are short-range. A different level of describing these particles was needed. In this case, the treatment of hadrons as compound particles was of great use. The fact is that experimenters accumulated vast material on hadron properties which made it possible to ascribe to them a great variety of quantum numbers such as baryon charge, isotopic spin, strangeness. Elementary blocks constituting hadrons — quarks introduced by Gell-Mann and Zweig in 1964, were thought to be physical carriers of all these quantum numbers. However, the key moment for further development of the theory was the quark quantum number first introduced in 1965 to interface the spin with

the statistics by the Dubna physicists N. N. Bogoliubov, B. V. Struminsky, and A. N. Tavkhelidze, and independently by Hahn and Nambu, which was later called the color. Then the construction of the non-Abelian gauge field theory is carried out in a rather simple way: take quantum electrodynamics and replace in it electrons by colored quarks and an electromagnetic field (photons) by a non-Abelian gauge field (gluons). Just this massless field carries an interaction between quarks. However, in contrast with the Maxwell field having no charge, the gluon field carries a charge, the color, and equations describing this field are nonlinear. A new theory received the name of quantum chromodynamics, i.e., quantum dynamics of color degrees of freedom.

By generalizing the Maxwell–Dirac electrodynamics to the non-Abelian case, one could not of course consider the new theory to be constructed; it had to be quantized. This turned out to be rather a nontrivial problem. In 1963, Richard Feynman was the first to show that the rules of quantization of electrodynamics were not valid in the case of the non-Abelian gauge group; namely, they lead to violation of unitarity. A brilliant solution of this problem was suggested by L. D. Faddeev and V. N. Popov — they intro-

нарушению унитарности. Блестящее решение данной проблемы было предложено Л. Д. Фаддеевым и В. Н. Поповым — они ввели «духи» в квантовую теорию неабелева калибровочного поля и тем самым восстановили унитарность. Следствия неабелевости калибровочной симметрии на квантовом уровне были исследованы в работах А. А. Славнова и независимо Дж. Тэйлора — они получили тождества, которые играют центральную роль в доказательстве перенормируемости новой теории. Только после этих фундаментальных работ теоретики смогли использовать диаграммы Фейнмана и в неабелевых теориях, т. е. приступить к исследованию этой теории.

И здесь, конечно, вновь возник тот же самый вопрос, что и в 1950-х годах: как работать с теорией, которая описывает сильные взаимодействия, где нелинейности не малы и, как следствие, нельзя использовать теорию возмущений по исходной большой константе взаимодействия. К этому времени теоретики уже научились исследовать поведение вклада нелинейностей в наблюдаемые процессы при различных значениях энергии. Основным математическим аппаратом здесь является формализм ренормгруппы. Оригинальные идеи в этой области были предложены Э. Штюкельбергом и А. Петерманом, а также М. Гелл-Манном и Ф. Лоу еще в 1950-х годах, но окончательно метод ренормгруппы

был сформулирован и развит в работах Н. Н. Боголюбова и Д. В. Ширкова. Здесь центральную роль играет понятие эффективного заряда, зависимость которого от энергии возникает в результате учета взаимодействия полей. Метод ренормгруппы дает простой способ вычисления ультрафиолетовых и инфракрасных асимптотик, эффективно суммируя лидирующие вклады бесконечного класса диаграмм Фейнмана.

Теперь мы уже вплотную подошли к открытию асимптотической свободы, все необходимое для этого было создано к началу 1970-х годов: сформулирована неабелева калибровочная теория, эта теория была проквантована, доказана ее перенормируемость (Г. т'Хоофт, 1971 г.), можно было развивать теорию возмущений и строить диаграммы Фейнмана. Осталось только задаться целью исследовать поведение инвариантного заряда в этой теории. Вот это и было сделано Д. Гроссом, Ф. Вильчеком и независимо Д. Политцером в 1973 г. Какой метод использовать при решении этой задачи, было почти очевидно — конечно же, метод ренормгруппы. Технически потребовалось рассчитать несколько диаграмм Фейнмана, точнее, найти их асимптотику и решить ренормгрупповое уравнение (это дифференциальное уравнение в обычных производных). Заслуга же Д. Гросса, Ф. Вильчека и Д. Политцера заключается не только и не столько в этом, сколько в правильной интер-

duced ghosts in quantum theory of the non-Abelian gauge field, thus restoring unitarity. Consequences of the non-Abelian nature of gauge symmetry at the quantum level were studied by A. A. Slavnov and independently by J. Taylor — they derived identities that play a central role in the proof of the new theory being renormalizable. Only after these fundamental works theoreticians could use the Feynman diagrams in non-Abelian theories as well, i.e., undertake research into this theory.

There arose the same question as in the 1950s as to how to work with a theory that describes strong interactions, where nonlinearities are not small and, as a result, one cannot use the perturbation theory in the initial large interaction constant. By that time theoreticians had learned to investigate the behavior of the contribution of nonlinearities to the observed processes at different energy values. The main mathematical apparatus here is the renormalization group formalism. Unconventional ideas in this domain were put forward by E. C. G. Stueckelberg and A. Petermann, and M. Gell-Mann and F. E. Low as early as the 1950s; however, the renormgroup method was conclusively formulated

and developed by N. N. Bogoliubov and D. V. Shirkov. The key role here is played by the notion of effective charge the dependence of which on energy arises as a result of taking field interactions into account. The renormgroup method provides a simple way of calculating ultraviolet and infrared asymptotics, effectively summing leading contributions of an infinite class of Feynman diagrams.

We came now close to the discovery of asymptotic freedom, everything necessary had been established by the beginning of the 1970s: the non-Abelian gauge theory was formulated, it was quantized, its renormalizability was proved ('t Hooft, 1971), so one could develop the perturbation theory and construct the Feynman diagrams. It remained only to study the behavior of the invariant charge in this theory. This is just what D. Gross, F. Wilczek, and independently D. Politzer did in 1973. It was almost evident which method had to be used in solving this problem — the renormalization group method, of course. Technically, a few Feynman diagrams had to be calculated; more exactly, one had to find their asymptotics and solve a renormgroup equation (a differential equation in ordinary derivatives). The credit of

претации обнаруженного ими весьма необычного с точки зрения обычной электродинамики поведения инвариантного заряда. Суть их открытия состоит в том, что инвариантный заряд (эффективная константа взаимодействия) в КХД, в отличие от КЭД, убывает с ростом энергии (т. е. на малых расстояниях). Теперь это вошло в учебники по квантовой теории неабелевых калибровочных полей и хорошо известно студентам. Однако в то время от авторов потребовалась незаурядная научная смелость и преодоление значительного психологического барьера, чтобы заявить об «исчезновении» взаимодействия в физике адронов.

Теоретическое доказательство существования асимптотической свободы в КХД вызвало в свое время большой резонанс. Дело в том, что к этому времени накопился значительный экспериментальный материал по адронным взаимодействиям, который нельзя было согласовать с представлением о том, что эти взаимодействия являются сильными. Так, во второй половине 1960-х годов была выполнена целая серия экспериментов по глубоконеупругому лептон-адронному рассеянию на линейном ускорителе электронов в Стэнфорде (США). Угловое поведение сечения рассеяния удавалось объяснить, только предположив, что рассеяние виртуального высокоэнергетического фотона происхо-

дит на точечных составляющих адрона, которые практически не взаимодействуют друг с другом, т. е. являются свободными. Такую картину высокоэнергетических адронных процессов предложил в 1969 г. Р. Фейнман. Он назвал не взаимодействующие составляющие адронов партонами, а сама модель получила название партонной модели. Открытие асимптотической свободы объясняло, почему партоны (т. е. те же кварки) ведут себя как квазисвободные частицы на малых расстояниях (при высоких энергиях) и сильно взаимодействуют на больших расстояниях. Благодаря своей физичности и наглядности партонная модель прочно вошла в современный аппарат КХД.

Асимптотическая свобода чрезвычайно важна для практического применения КХД, а именно для расчета процессов сильных взаимодействий и соответствующих теоретических предсказаний, так как она позволяет использовать теорию возмущений благодаря возможности отделения вкладов малых и больших расстояний в адронные процессы (так называемая факторизация, доказанная, в частности, дубненскими теоретиками А. В. Ефремовым и А. В. Радюшкиным в 1978 г.). Если бы КХД не обладала асимптотической свободой, то область применимости теоретических расчетов в этой теории практически была бы равна нулю. Поэтому в

D. Gross, F. Wilczek, and D. Politzer is not only this, but rather a correct interpretation of a very unusual, from the viewpoint of ordinary electrodynamics, behavior of the invariant charge. The main idea of their discovery lies in the fact that the invariant charge (effective interaction constant) in QCD, in contrast to QED, decreases with increasing energy (i.e., at small distances). Now this is well known to students from text-books on quantum theory of non-Abelian gauge fields. However, at that time the authors needed outstanding scientific courage to overcome a great psychological barrier to advocate that interactions in hadron physics «disappear».

Theoretical justification of the existence of asymptotic freedom in QCD touched off a great resonance. The fact is that by the time considerable experimental material on hadron interactions had been accumulated which could not fit to the notions that these interactions were strong. Thus, in the second part of the 1960s a series of experiments on deep inelastic lepton-hadron scattering was carried out at the linear accelerator of electrons at Stanford (USA). The angular behavior of the scattering cross section could be explained

only under the assumption that scattering of a virtual high-energy photon proceeds at point constituents of hadron which almost do not interact with each other, i.e., are free. This picture of high-energy hadron processes was suggested by R. Feynman in 1969. He called noninteracting constituents of hadrons partons and the model was called the parton model. The discovery of asymptotic freedom explains why partons (i.e., quarks) behave as quasifree particles at small distances and strongly interact at large distances. Being physical and simple, the parton model forms a strong part of the modern QCD apparatus.

Asymptotic freedom is very important for practical application of QCD, namely, for calculation of strong interaction processes and the corresponding theoretical predictions, as it allows the use of perturbation theory due to a possible separation of contributions at small and large distances to hadron processes (the so-called factorization, proved by the Dubna theoreticians A. V. Efremov and A. V. Radyushkin in 1978). If QCD did not have asymptotic freedom, the range of applicability of theoretical calculations in this theory would be zero. Therefore, this discovery could be evalu-

полной мере значение данного открытия можно адекватно оценить только спустя десятилетия, в течение которых КХД стала работоспособной теорией сильных взаимодействий.

Предсказания, базирующиеся на асимптотической свободе, прекрасно подтверждаются практически всеми экспериментами, имеющими дело с сильными взаимодействиями. В этом плане Нобелевский комитет присудил премию за открытие важного явления в окружающем нас физическом мире, решив сложную задачу выбора лауреатов среди несомненно достойных номинантов.

Наш небольшой исторический экскурс показал, в частности, существенный вклад российских (в том числе дубненских) ученых в мировую науку. Высокая оценка фундаментальных физических исследований таким авторитетным органом, как Нобелевский комитет, несомненно, важна для всех физиков-теоретиков, работающих в данной области.

*П. И. Зарубин*

## «Белые звезды» в релятивистской фрагментации легких ядер

### Фрагментация стабильных ядер

**Слабосвязанные кластерные системы.** Цель экспериментов по проекту BECQUEREL состоит в изучении картины фазового перехода ядерной материи из состояния квантовой жидкости в состояние квантового газа, состоящего из большого числа нуклонов и легчайших ядер вблизи энергетических порогов таких реакций. Термин «легчайшие ядра» включает дейтроны, тритоны, ядра  $^3\text{He}$  и  $^4\text{He}$ , т. е. стабильные системы, не имеющие возбужденных состояний ниже порога распада на нуклоны.

Современный интерес к исследованию данных фазовых переходов мотивирован предсказанием свойств таких состояний, как слабосвязанные кластерные системы. Эти системы могут иметь простран-

ated in full measure only after decades during which QCD became a workable theory of strong interactions.

Predictions based on asymptotic freedom are well justified by almost all strong interactions experiments. In this respect, the Nobel Prize was awarded for the discovery of an important phenomenon in the physical world surrounding us. The Nobel Prize Committee solved a very complicated problem of choosing laureates among undeniably best nominees.

Our short excursus to the history shows in fact a considerable contribution of Russian (including Dubna) scientists to the world science. Such a high appraisal of fundamental physics research by such a prestigious body as the Nobel Prize Committee is undoubtedly very important for all theoretical physicists working in this field.

*P. I. Zarubin*

## «White» Stars in Relativistic Fragmentation of Light Nuclei

### Fragmentation of Stable Nuclei

**Loosely Bound Cluster Systems.** The goal of our experiments on the BECQUEREL project is the study of the picture of the phase transition of nuclear matter from the state of a quantum liquid to that of a quantum gas consisting of a large number of nucleons and the lightest nuclei that occur near the energy thresholds. The term «lightest nuclei» implies deuterons and tritons, as well as  $^3\text{He}$  and  $^4\text{He}$  nuclei, that is, stable systems having no excited states below nucleon decay thresholds.

The present-day interest in the study of such phase transitions is motivated by the prediction of the properties of such states as loosely bound cluster systems. The spatial extension of these systems can essentially exceed the sizes of the fragments (Efimov's states near the threshold of the decay of three-body systems, light nuclei having the structure of a molecular

ственную протяженность, существенно превышающую размер фрагментов (состояния Ефимова вблизи порога распада систем из трех тел, легкие ядра со структурой молекулярного типа, бозе-конденсат разреженного газа  $\alpha$ -частиц в  $N\alpha$ -ядрах). Процесс мультифрагментации, протекающий с адиабатической передачей возбуждения и без обмена нуклонами, может интерпретироваться как исчезновение кулоновского барьера вследствие одновременного увеличения расстояния между заряженными кластерами.

Изучение таких состояний в масштабах, характерных для нуклонной и кластерной структуры ядра, представляет интерес для ядерной астрофизики. Например, благодаря существенному уменьшению кулоновского отталкивания в таких протяженных системах, они могут играть роль промежуточных состояний в процессах ядерного синтеза в звездах. Установленные топологии могут оказаться полезными для прояснения вариантов синтеза ядер как процессов, обратных процессам их фрагментации.

**Релятивистская фрагментация.** Зарядовая топология фрагментов при периферических взаимодействиях легких ядер с начальной энергией выше 1А ГэВ мо-

жет служить эффективной характеристикой явления мультифрагментации ядер. В этой области энергий достигается режим предельной фрагментации ядер, т. е. неизменность спектра фрагментов при изменении энергии соударения и состава ядер мишени.

Возможности наблюдения и спектроскопии конечных состояний из заряженных фрагментов при исследовании мультифрагментации в релятивистской области энергий определяются точностью угловых измерений. Благодаря наилучшему пространственному разрешению (0,5 мкм) в ядерной эмульсии достигается угловое разрешение следов релятивистских фрагментов около  $10^{-5}$  рад. Это обеспечивает полную наблюдаемость всех возможных распадов возбужденных состояний ядер на фрагменты. Например, на длине 1 мм уверенно различается процесс  ${}^8\text{Be} \rightarrow 2\alpha$ , проявляющийся при импульсе 4,5А ГэВ/с как пара следов в угловом конусе около  $2 \cdot 10^{-3}$  рад. Такие узкие распады достаточно часто наблюдаются при фрагментации релятивистских ядер кислорода и более тяжелых ядер.

Для иллюстрации критериев отбора событий на рис. 1 представлено событие мультифрагментации ядра кремния с импульсом 4,5А ГэВ/с. Основным интерес

type, the Bose condensate of dilute  $\alpha$ -particle gas in  $N\alpha$  nuclei). A multifragmentation process going with an adiabatic transfer of excitation and without nucleon exchange may be interpreted as a disappearance of the Coulomb barrier because of a simultaneous increase in distances between charged clusters.

The study of such states on the scale typical of the nucleon and cluster structure of the nucleus is of interest for nuclear astrophysics. For example, thanks to an essential decrease in the Coulomb repulsion in such extended systems, the latter can play the role of intermediate states in nucleosynthesis processes in stars. The topologies established can turn out to be useful for clearing up the variants of the nuclear synthesis as processes inverse to those of their fragmentation.

**Relativistic Fragmentation.** The charge topology of fragments in peripheral interactions of light nuclei of an initial energy above 1 GeV per nucleon may be considered as an effective characteristic of the nuclear multifragmentation phenomenon. In this energy range, a regime of limiting fragmentation of nuclei sets in; that is, the fragment spectrum is

invariable with respect to the collision energy and the target-nucleus composition.

In the investigation of the multifragmentation at relativistic energies, the possibilities of observing the final states consisting of charged fragments and their spectroscopy are defined by the accuracy of angular measurements. Owing to the best spatial resolution (0.5  $\mu\text{m}$ ), the nuclear emulsion ensures the angular resolution of the tracks of relativistic fragments of about  $10^{-5}$  rad. This enables one to observe completely all the possible decays of nuclear excited states to fragments. For example, over a track length of 1 mm, one can surely distinguish a process  ${}^8\text{Be} \rightarrow 2\alpha$ , which is revealed for a momentum of 4.5 GeV/c per nucleon as a pair of tracks within an angular cone of about  $2 \cdot 10^{-3}$  rad. Such narrow decays are rather frequently observed in the fragmentation of relativistic oxygen nuclei, as well as heavier ones.

For the sake of illustration of the selection criteria, Fig. 1 presents an event of the multifragmentation of a  ${}^{28}\text{Si}$  nucleus of momentum 4.5 GeV/c per nucleon. Of particular interest is a group of projectile fragments with total charge

представляет группа фрагментов налетающего ядра в узком конусе углов порядка нескольких градусов с суммарным зарядом  $Z = 13$ . Величина конуса определяется отношением поперечного импульса Ферми к импульсу на нуклон первичного ядра. Следы релятивистских фрагментов долго остаются в одном эмульсионном слое, что достаточно для реконструкции непрерывного 3-мерного образа этой группы треков. В эмульсии возможна идентификация релятивистских изотопов водо-

рода и гелия по массе через определение среднего угла рассеяния следов и связанного с ним полного импульса. Величины продольных импульсов фрагментов на нуклон с точностью нескольких процентов равны импульсам нуклонов первичного ядра. Энергия возбуждения системы фрагментов определяется их множественностью и углами разлета. Она может быть определена как разность между инвариантной массой фрагментирующей системы и массой первичного ядра и составляет ве-

Рис. 1. Событие фрагментации ядра  $^{28}\text{Si}$  с энергией 3,65А ГэВ в периферическом взаимодействии на ядре эмульсии. На верхнем фото видна вершина взаимодействия и струя фрагментов в узком угловом конусе вместе с четырьмя сопровождающими однозарядными частицами в широком конусе и тремя осколками ядра мишени. При смещении по направлению струи фрагментов (нижнее фото) можно различить три фрагмента Н и пять фрагментов He. Интенсивный след на нижней фотографии (третий сверху) идентифицирован как очень узкая пара фрагментов с  $Z = 2$ , соответствующая распаду ядра  $^8\text{Be}$ . Трехмерный образ события реконструирован как плоская проекция с помощью автоматического микроскопа ФИАН комплекса ПАВИКОМ

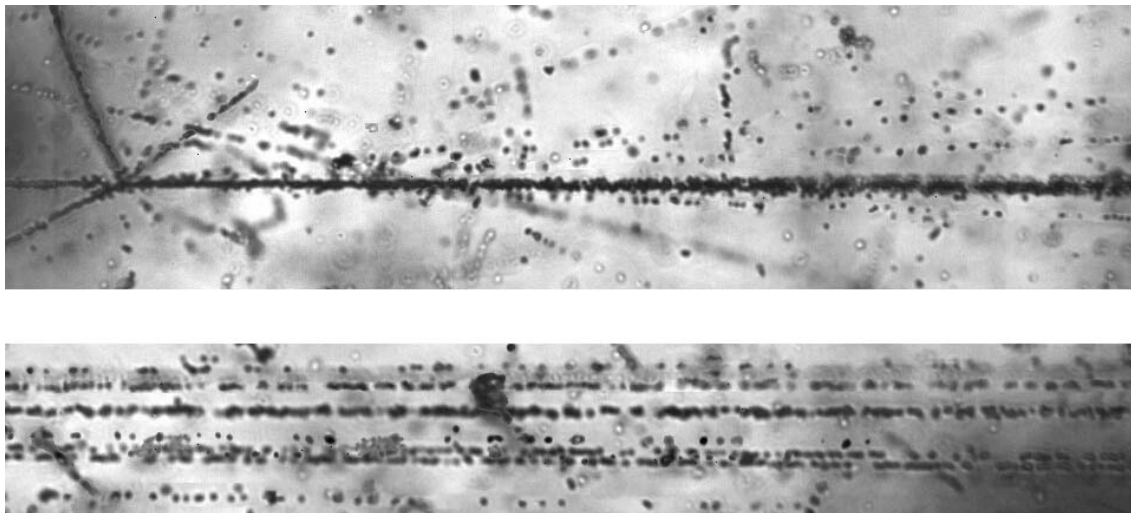


Fig. 1. Event of the fragmentation of a  $^{28}\text{Si}$  nucleus of an energy of 3.65 GeV per nucleon in a peripheral interaction on an emulsion nucleus. On the upper photograph one can see the interaction peak and the jet of fragments in a narrow angular cone along with four accompanying single-charged particles in a wide cone and three fragments of the target nucleus. Moving toward the fragment jet direction (upper photograph) it is possible to distinguish three fragments of hydrogen and five fragments of helium. An intensive track on the upper photograph (the third one from above) is identified as a very narrow pair of  $Z = 2$  fragments corresponding to the  $^8\text{Be}$  decay. A three-dimensional image of the event was reconstructed as a plane projection by means of an automated microscope (Lebedev Institute of Physics, Moscow) of the PAVIKOM complex

$Z = 13$  within a narrow cone of angles of the order of a few degrees. The magnitude of the cone is defined by the ratio of the transverse Fermi momentum to the momentum per nucleon of the primary nucleus. The tracks of relativistic fragments remain in one emulsion layer for a long time, sufficient for reconstructing a continuous three-dimensional image of this group of tracks. The mass identification of relativistic H and He isotopes in emulsion is possible via the

determination of the mean angle of track scattering and the total momentum connected with it.

The longitudinal momenta of fragments per nucleon are equal, within a few percent, to the momenta of the nucleons of the primary nucleus. The excitation energy of a system of fragments is defined by their multiplicity and the emission angles. It can be estimated as the difference between the invariant mass of the fragmenting system and the mass of the primary nucleus and amounts to a few MeV per

личину порядка нескольких МэВ на нуклон фрагмента. Угловые корреляции фрагментов отражают угловой момент образовавшейся системы. На рис. 1 в более широком конусе видны следы с минимальной ионизацией от рожденных мезонов. Кроме того, в вершине взаимодействия присутствуют следы от сильноионизирующих осколков ядра мишени с энергией порядка нескольких десятков МэВ. Таким образом, во взаимодействии отчетливо проявляется разделение кинематических областей фрагментации сталкивающихся ядер.

**Мультифрагментация в «белых звездах».** При наборе статистики по мультифрагментации ядер отбираются события без следов от заряженных частиц между областями фрагментации налетающего ядра и ядра мишени. Как правило, в таких событиях происходит полная передача заряда первичного ядра в узкий угловой конус фрагментации. Наиболее ясная интерпретация обеспечивается для событий, которые не содержат следов и от фрагментов ядер мишени. Они образуются в случае минимальной передачи энергии к фрагментирующему ядру. События такого типа из-за их вида называются «белыми звездами». Их доля от общего числа неупругих событий составляет несколько процентов. На-

звание отражает не только внешний вид события, но и резкое уменьшение потерь на ионизацию (в предельном случае в  $Z$  раз) при переходе от следа первичного ядра к узкому конусу вторичных следов. Образование «белых звезд» происходит при электромагнитных взаимодействиях с виртуальными фотонами ядер мишени и при дифракционном рассеянии на периферических нейтронах мишени.

Важным практическим удобством при поиске событий такого типа является требование сохранения заряда, что позволяет исключить вклад от примеси в пучке более легких ядер с близким отношением заряда к массе. Это существенно при облучении эмульсии во вторичных пучках радиоактивных ядер, имеющих достаточно сложный состав. Отметим, что описанные критерии отбора «белых звезд» совместно с условием сохранения потока энергии в конусе фрагментации могут быть использованы в будущем эксперименте по исследованию глобальных особенностей фрагментации тяжелых ядер в процессах периферической диссоциации.

**Зарядовая топология.** Топологические характеристики событий в диссоциации легких ядер в перифери-

nucleon of the fragment. The angular correlations of fragments reflect the angular momentum of the produced system. In Fig.1, one can see, in a broader cone, tracks with minimal ionization from produced mesons. In addition, in the interaction peak, there are tracks from strongly ionizing target-nucleus fragments of energy of the order of several tens of MeV. Thus, the separation of the kinematic regions of the fragmentation of colliding nuclei is clearly revealed in the interaction.

**Multifragmentation in «White» Stars.** When accumulating data on nuclear multifragmentation, events without tracks from charged particles are selected between the areas of the fragmentation of a projectile and the target nucleus. As a rule, in such events the primary nucleus charge is totally transferred into a narrow angular cone of fragmentation. The most obvious interpretation is provided for the events that contain no tracks also from the target-nucleus fragments. They are produced when a minimal energy is transferred to the fragmenting nucleus. Events of this type are called «white» stars because of their appearance. Their fraction constitutes a few percent of the total number of inelastic events. Their name reflects not only the outward look of the

event, but also a sharp decrease in ionization losses (in a limiting case, by a factor of  $Z$ ) in the transition from the primary nucleus track to the narrow cone of secondary tracks. The formation of «white» stars is induced by the electromagnetic interactions of the target nucleus with virtual photons and by the diffraction scattering on peripheral target neutrons.

In the search for events of this type, of important practical advantage is the requirement of charge conservation, which makes it possible to exclude in the beam admixtures from lighter nuclei with a close charge-to-mass ratio. This condition is essential when emulsion is exposed to the secondary beams of radioactive nuclei having a rather complicated composition. We note that the above-mentioned criteria of selection of «white» stars, along with the requirement of conservation of the energy flux in the fragmentation cone, can be used in a future experiment dealing with the study of global features of the fragmentation of heavy nuclei in peripheral dissociation processes.

**Charge Topology.** The topologic characteristics of the events in the dissociation of light nuclei in peripheral interactions were investigated by the emulsion technique for the

ческих взаимодействиях были исследованы в эмульсии для ядер  $^{12}\text{C}$ ,  $^{22}\text{Ne}$ ,  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^6\text{Li}$  и  $^{10}\text{B}$  при энергиях порядка нескольких ГэВ на нуклон. При энергии 200А ГэВ были исследованы процессы диссоциации ядер  $^{16}\text{O}$  и  $^{32}\text{S}$ . Все эти результаты имеют уникальную полноту и достоверность и могут оказаться полезными при планировании исследований по мультифрагментации ядер с высокой статистической обеспеченностью. Экспериментальные данные о соотношениях наблюдаемых каналов диссоциации ядер дают представление как об общих закономерностях процесса фрагментации ядер, так и об особенностях фрагментации, связанных со структурой отдельных ядер.

Характерная особенность зарядовой топологии при фрагментации ядер Ne, Mg, Si и S состоит в практически полном подавлении парных расщеплений ядер на фрагменты с зарядом больше 2. Доминируют процессы с отделением одиночных фрагментов, протекающие при минимальных энергиях возбуждения. Возрастание степени фрагментации ядер проявляется в росте множественности фрагментов с зарядом 1 и 2 при уменьшении заряда основной невозбужденной части фрагментирующего ядра.

В процессах мультифрагментации стабильных изотопов Li, Be, B, C, N и O установлены особенности образования систем из легчайших ядер  $\alpha$ ,  $d$  и  $t$ . Так, в дополнение к  $\alpha$ -кластеризации определена кластеризация нуклонов в виде дейтронов в распадах  $^6\text{Li}$  и  $^{10}\text{B}$ , а также тритонов в распадах  $^7\text{Li}$ . Кроме того, для этих ядер установлена важная роль многочастичных диссоциаций.

**Мультифрагментация ядра  $^{10}\text{B}$ .** Продолжением исследований мультифрагментации легких четно-четных ядер с диссоциацией только на  $\alpha$ -частицы является изучение вклада дейтронов в распады нечетно-нечетных ядер  $^6\text{Li}$ ,  $^{10}\text{B}$  и  $^{14}\text{N}$ . Роль дейтронов как кластера наиболее ярко проявилась в «белых звездах» ядер  $^6\text{Li}$  при энергии 3,65А ГэВ ( $^6\text{Li}^* \rightarrow d\alpha$  — 74 %,  $^6\text{Li}^* \rightarrow ^3\text{He}t^*$  — 13 %,  $^6\text{Li}^* \rightarrow dtp$  — 13 %).

Топология «белых звезд» была исследована для ядер  $^{10}\text{B}$  при энергии 1,0А ГэВ. Доля распадов  $^{10}\text{B}^* \rightarrow d\alpha\alpha$  среди событий с зарядовой топологией  $2+2+1$  составила 40 %. Вклад канала  $^{10}\text{B}^* \rightarrow d^8\text{Be}^{(*)} \rightarrow d\alpha\alpha$  оценен на уровне  $18 \pm 3$  %. Рас-

nuclei  $^{12}\text{C}$ ,  $^{22}\text{Ne}$ ,  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^6\text{Li}$ , and  $^{10}\text{B}$  at energies of the order of a few GeV per nucleon. The dissociation of the  $^{16}\text{O}$  and  $^{32}\text{S}$  nuclei at an energy of 200 GeV per nucleon was studied. All these results are notable for their exceptional completeness and reliability. They may turn out to be useful for planning investigations on nuclear multifragmentation with a high statistical provision. The experimental data on the relations between the nuclear dissociation channels being observed give an idea both of the general features of nuclear fragmentation processes and of the special ones associated with the structure of individual nuclei.

The characteristic feature of the charge topology in the fragmentation of Ne, Mg, Si, and S nuclei implies an almost total suppression of pairing splitting of nuclei to fragments with charges larger than 2. Processes with separation of individual fragments occurring at minimal excitation energies are predominant. The growth of the nucleus fragmentation degree is revealed in an increase in the multiplicity of  $Z = 1.2$  fragments with decreasing charge of the non-excited part of the fragmenting nucleus.

In multifragmentation processes of stable Li, Be, B, C, N, and O isotopes, special features of the formation of sys-

tems involving the lightest  $\alpha$ ,  $d$  and  $t$  nuclei have been determined. In addition to the alpha clustering, a clustering of nucleons in the form of deuterons in  $^6\text{Li}$  and  $^{10}\text{B}$  decays, as well as of tritons in  $^7\text{Li}$  decays has been revealed. Besides, the multiparticle dissociation is found to be important for these nuclei. Emulsions exposed to relativistic  $^{14}\text{N}$  and  $^{11}\text{B}$  isotopes are being analyzed with the aim to study clustering of these types.

**Multifragmentation of  $^{10}\text{B}$  Nucleus.** The study of the contribution from deuterons to the decays of odd-odd  $^6\text{Li}$ ,  $^{10}\text{B}$ , and  $^{14}\text{N}$  nuclei pursues the investigation of the multifragmentation of light even-even nuclei with dissociation only to  $\alpha$  particles. The role of the deuteron as a cluster is especially pronounced in the «white» stars of  $^6\text{Li}$  nuclei at an energy of 3.65 GeV per nucleon ( $^6\text{Li}^* \rightarrow d\alpha$  — 74%,  $^6\text{Li}^* \rightarrow ^3\text{He}t^*$  — 13%,  $^6\text{Li}^* \rightarrow dtp$  — 13%).

The topology of «white» stars was investigated for  $^{10}\text{B}$  nuclei at an energy of 1.0 GeV per nucleon. The fraction of the  $^{10}\text{B}^* \rightarrow d\alpha\alpha$  decays is 40% of the events with a charge topology  $2+2+1$ . The contribution of the  $^{10}\text{B}^* \rightarrow d^8\text{Be}^{(*)} \rightarrow d\alpha\alpha$  channel is estimated to be



пад нестабильного ядра  ${}^9\text{B}$  не является основным источником событий с такой топологией. На это указывает малая вероятность топологии  $4 + 1$  в распаде  ${}^{10}\text{B}^* \rightarrow p{}^9\text{Be}$ , а также небольшой вклад  ${}^8\text{Be}$  в  ${}^{10}\text{B} \rightarrow p{}^8\text{Be}$ . Можно сделать вывод о решающей роли прямых трехтельных распадов с конфигурацией «белых звезд»  $2 + 2 + 1$ . Таким образом, топология распада  ${}^{10}\text{B}^* \rightarrow d\alpha\alpha$  проявляет аналогию с распадом  ${}^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$ .

Для расширения представлений о соотношении между прямым трехчастичным распадом и распадами через  ${}^8\text{Be}$  было проведено облучение эмульсии релятивистскими ядрами  ${}^9\text{Be}$ . Пучок ядер  ${}^9\text{Be}$  с импульсом  $2\text{A}$  ГэВ/с был сформирован на нуклотроне ОИЯИ при фрагментации  ${}^{10}\text{B} \rightarrow {}^9\text{Be}$ . Процесс образования «белых звезд» с двумя  $\alpha$ -частицами инициируется во фрагментации со срывом одного нейтрона. Анализ данных позволит судить о кластеризации в ядре  ${}^9\text{Be}$  и вероятности образования ядра  ${}^8\text{Be}$ . Это должно отразиться на выходе пар  $\alpha$ -частиц через возбуждения  $n - {}^8\text{Be}$  и  $\alpha - n - \alpha$ .

**Мультифрагментация ядра  ${}^{14}\text{N}$ .** Представляется интересным выявить роль трехчастичных распадов,

установленную для  ${}^{10}\text{B}^* \rightarrow d\alpha\alpha$ ,  ${}^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$  и  ${}^{16}\text{O}^* \rightarrow 4\alpha$ , и расширить представления о кластеризации в ядрах с участием дейтронов. Для этого было выполнено облучение эмульсии ядрами  ${}^{14}\text{N}$  с энергией  $2,1\text{A}$  ГэВ. Основная цель состоит в изучении «белых звезд»  ${}^{14}\text{N}^* \rightarrow d\alpha\alpha\alpha$  в переднем конусе до  $8^\circ$ . Имеется указание на важную роль зарядовой конфигурации  $2 + 2 + 2 + 1$ , связанной с распадом  ${}^{14}\text{N}^* \rightarrow d\alpha\alpha\alpha$ . Проявляется заметная роль конфигурации  $6 + 1$ , имеющая аналогию с событиями с отщеплением фрагментов с  $Z = 1$  при диссоциации более тяжелых симметричных ядер.

**Кластеризация с участием тритонов.** Изучение «белых звезд» легких нечетно-четных стабильных ядер ( ${}^7\text{Li}$ ,  ${}^{11}\text{B}$ ,  ${}^{15}\text{N}$  и  ${}^{19}\text{F}$ ) может дать основу для включения в общую картину и тритонов. Установлено, что в «белых звездах» от релятивистских ядер  ${}^7\text{Li}$  канал  ${}^7\text{Li}^* \rightarrow \alpha t$  составляет 50%,  ${}^7\text{Li}^* \rightarrow \alpha dp$  — 30% и  ${}^7\text{Li}^* \rightarrow \alpha pnn$  — 20%. В качестве следующего шага выполнено облучение и ведется анализ диссоциации

( $18 \pm 3$ )%. The decay of an unstable  ${}^9\text{B}$  nucleus is not a basic source of the events with such a topology. This is suggested by the fact that the probability of observing a  $4 + 1$  topology in the  ${}^{10}\text{B}^* \rightarrow p{}^9\text{Be}$  decay is small, as well as the contribution of  ${}^8\text{Be}$  to  ${}^{10}\text{B} \rightarrow p{}^8\text{Be}$  is also not large. It may be concluded that the direct three-body decays with «white» stars  $2 + 2 + 1$  configuration play a crucial role. Thus, the decay topology  ${}^{10}\text{B}^* \rightarrow d\alpha\alpha$  is indicative of an analogy with the  ${}^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$  decay.

In order to gain extended knowledge about the relation between the direct three-body decay and the decays via  ${}^8\text{Be}$  nucleus, emulsion was exposed to relativistic  ${}^9\text{Be}$  nuclei. A beam of  ${}^9\text{Be}$  nuclei with a momentum of  $2\text{ GeV}/c$  per nucleon was formed in  ${}^{10}\text{B}$  fragmentation after acceleration at the JINR Nuclotron. The process of production of «white» stars with two  $\alpha$  particles is initiated in the fragmentation with a breakup of one neutron. An analysis of the data will allow one to have an idea about clustering in the  ${}^9\text{Be}$  nucleus and the probability of formation of  ${}^8\text{Be}$  nucleus. This is expected to affect the yield of  $\alpha$ -particle pairs through  $n - {}^8\text{Be}$  and  $\alpha - n - \alpha$  excitations.

**Multifragmentation of  ${}^{14}\text{N}$  Nucleus.** It is interesting to find out the role of the three-body decays which has been defined for  ${}^{10}\text{B}^* \rightarrow d\alpha\alpha$ ,  ${}^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$ , and  ${}^{16}\text{O}^* \rightarrow 4\alpha$ , as well as to develop ideas of clustering in nuclei involving deuterons. To this end, emulsion was exposed to  ${}^{14}\text{N}$  nuclei of an energy of  $2.1\text{ GeV}$  per nucleon. The major goal is the study of the  ${}^{14}\text{N}^* \rightarrow d\alpha\alpha\alpha$  «white» stars within the forward cone to  $8^\circ$ . There is evidence for an important role of the  $2 + 2 + 2 + 1$  charge configuration, which is related to  ${}^{14}\text{N}$  decay. The noticeable role of the  $6 + 1$  configuration is seen to have analogy to the events with a  $Z = 1$  fragment splitting in the dissociation of heavier symmetric nuclei.

**Clustering That Involves Tritons.** The study of the «white» stars of light odd-even stable nuclei ( ${}^7\text{Li}$ ,  ${}^{11}\text{B}$ ,  ${}^{15}\text{N}$ , and  ${}^{19}\text{F}$ ) can provide a basis for including tritons into the general picture. It is established that in the «white» stars originating from relativistic  ${}^7\text{Li}$  nuclei, the  ${}^7\text{Li}^* \rightarrow \alpha t$  channel constitutes 50%,  ${}^7\text{Li}^* \rightarrow \alpha dp$  — 30%, and  ${}^7\text{Li}^* \rightarrow \alpha pnn$  — 20%. As a next step, an exposure has been performed and the dissociation of  ${}^{11}\text{B}$  nuclei of an energy of

ядер  $^{11}\text{B}$  с энергией 1,2А ГэВ. Основная задача эксперимента состоит в изучении «белых звезд»  $^{11}\text{B}^* \rightarrow t\alpha\alpha$ .

### Перспективы изучения нейтронодефицитных изотопов Be, B, C, N

**Поиск «3He-процесса» в распадах  $^{11}\text{C}$ ,  $^{10}\text{C}$  и  $^9\text{C}$ .**  $^{11}\text{B}$  является дочерним ядром в  $\beta$ -распаде зеркального ядра  $^{11}\text{C}$ . Поэтому вслед за изучением «белых звезд»  $^{11}\text{B}^* \rightarrow t\alpha\alpha$  и  $^{11}\text{B}^* \rightarrow ^7\text{Li}\alpha$  представляет интерес изучение роли  $^3\text{He}$  в распадах  $^{11}\text{C}$ . Распады по каналам  $^{11}\text{C}^* \rightarrow ^3\text{He}\alpha\alpha$  и  $^{11}\text{C}^* \rightarrow ^7\text{Be}\alpha$  могут иметь аналогию с каналами  $^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$  и  $^{12}\text{C}^* \rightarrow (^8\text{Be})\alpha$ . Кластеризация в распадах  $^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$  отражает известный «3 $\alpha$ -процесс» в звездах. Наблюдение кластерных распадов  $^{11}\text{C}^* \rightarrow ^3\text{He}\alpha\alpha$  дало бы основу для изучения возможной роли «3He-процесса» в нуклеосинтезе в звездах в слиянии  $^3\text{He}\alpha\alpha$ , т. е. в гелиевых средах со смешанным составом изотопов гелия.

Ядро  $^{10}\text{C}$  образуется из ядра  $^9\text{C}$  присоединением одного нейтрона. Однако добавление нейтрона, по-видимому, не приводит к образованию в основном состоянии  $^{10}\text{C}$  кластеров в виде дейтрона или в виде ядра  $^3\text{He}$ . Образование двухкластерных структур в виде ядер  $^7\text{Be}$  и  $^3\text{He}$  или в виде ядра  $^8\text{B}$  и дейтрона маловероятно из-за большой энергии связи таких кластеров в ядре  $^{10}\text{C}$ . В случае одного внешнего протона центральной частью ядра может служить нестабильное ядро  $^9\text{B}$ . В другой возможной структуре с двумя внешними протонами центральная часть ядра представляет другое, тоже нестабильное ядро  $^8\text{Be}$ . Такие структуры, по-видимому, должны быть сходны с бороминовскими структурами нейтроноизбыточных ядер. В данном случае один или два внешних протона удерживают ядро  $^{10}\text{C}$  от распада на ядерные резонансы.

Представляет интерес получить экспериментальные сведения о каналах  $^{10}\text{C}^* \rightarrow ^3\text{He}^3\text{He}\alpha$  и  $^{10}\text{C}^* \rightarrow ^7\text{Be}^3\text{He}$ , что позволит сделать обобщение «3He-процесса». В описанном выше облучении эмульсии ядрами  $^{10}\text{B}$  нами уже наблюдались две «белые звезды» его диссоциации без возбуждения ядер мишени,

1.2 GeV is being analyzed. The major task of the experiment is the study of the «white» stars of the  $^{11}\text{B}^* \rightarrow t\alpha\alpha$  channel.

### Prospects of the Study of Neutron-Deficient Be, B, C, and N Isotopes

**Search for a «3He process» in  $^{11}\text{C}$ ,  $^{10}\text{C}$ , and  $^9\text{C}$  Decays.** The  $^{11}\text{B}$  nucleus is a daughter one in the  $\beta$  decay of a mirror  $^{11}\text{C}$  nucleus. Therefore, following the study of the «white» stars of the  $^{11}\text{B}^* \rightarrow t\alpha\alpha$  and  $^{11}\text{B}^* \rightarrow ^7\text{Li}\alpha$  channels, it is interesting to explore the  $^3\text{He}$  role in  $^{11}\text{C}$  decays. The decays via the  $^{11}\text{C}^* \rightarrow ^3\text{He}\alpha\alpha$  and  $^{11}\text{C}^* \rightarrow ^7\text{Be}\alpha$  channels may be analogous to those via the  $^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$  and  $^{12}\text{C}^* \rightarrow (^8\text{Be})\alpha$  channels. Clustering in  $^{12}\text{C}^* \rightarrow 3\alpha$  decays reflects the well-known «3 $\alpha$  process» in stars. Observation of the cluster  $^{11}\text{C}^* \rightarrow ^3\text{He}\alpha\alpha$  decays would serve as a basis for studying the possible role of the «3He process» in nucleosynthesis in stars occurring by means of  $^{11}\text{C}^* \rightarrow ^3\text{He}\alpha\alpha$  fusion, that is, in helium media with a mixed composition of helium isotopes.

The  $^{10}\text{C}$  nucleus is produced out of a  $^9\text{C}$  nucleus by adding one neutron. However, it appears that the addition of a neutron does not result in the formation in the ground state of  $^{10}\text{C}$  clusters in the form of deuterons or  $^3\text{He}$  nuclei. It is unlikely that the two-cluster structures will be produced in the form of  $^7\text{Be}$  and  $^3\text{He}$  nuclei, or in the form of a  $^8\text{B}$  and a deuteron because of a high binding energy of such clusters in the  $^{10}\text{C}$  nucleus. In the case of one external proton, an unstable  $^9\text{B}$  can serve as the central part of the nucleus. In the structure with two external protons, the central part is represented by another, but also unstable,  $^8\text{Be}$  nucleus. Such structures must apparently be similar to the Boromean structures of neutron-rich nuclei. In the present case, one or two external protons keep the  $^{10}\text{C}$  nucleus from being decayed to nuclear resonant states.

It is of interest to get experimental information about the channels  $^{10}\text{C}^* \rightarrow ^3\text{He}^3\text{He}\alpha$  and  $^{10}\text{C}^* \rightarrow ^7\text{Be}^3\text{He}$ , which permits one to make a generalization of the «3He process». In the above-mentioned irradiation of emulsion by the  $^{10}\text{B}$  nuclei, we have already observed two «white» stars from a dissociation without target-nucleus excitation that are interpreted as  $^{10}\text{B}^* \rightarrow \alpha t^3\text{He} \rightarrow (^{10}\text{C}^*)\pi^- \rightarrow$

интерпретируемые как  $^{10}\text{B}^* \rightarrow \alpha t^3\text{He} \rightarrow (^{10}\text{C}^*)\pi^- \rightarrow \alpha^3\text{He}^3\text{He}\pi^-$ . Они указывают на существование моды трехкластерного возбуждения  $^{10}\text{C}$ . Отметим как пример, что при изучении процесса перезарядки  $t \rightarrow ^3\text{He}$  на ядрах эмульсии была установлена высокая надежность его наблюдения.

Распад ядра  $^{10}\text{C}$  может происходить путем каскадных распадов с образованием в промежуточном состоянии нестабильных промежуточных ядер  $^9\text{B}$ ,  $^8\text{Be}$  и  $^6\text{Be}$ . В таких распадах в конечном состоянии образуются по четыре заряженных фрагмента. Таким образом, возможно изучение распадов нестабильных ядер  $^9\text{B}$ ,  $^8\text{Be}$  и  $^6\text{Be}$ .

Процессы  $\beta$ -распада  $^{11}\text{C} \rightarrow ^{11}\text{B}$  и  $^{10}\text{C} \rightarrow ^{10}\text{B}$  ведут к образованию стабильных изотопов бора. Тем самым участие расширенного «3He-процесса» может сказываться на распространенности изотопов этого элемента в космических лучах и веществе. В настоящее время принят вариант возникновения бора путем расщепления более тяжелых ядер.

На нуклотроне ОИЯИ планируется формирование пучков  $^{11}\text{C}$  и  $^{10}\text{C}$  и облучение ими эмульсии. Для их ге-

нерации выбраны процессы перезарядки  $^{11}\text{B} \rightarrow ^{11}\text{C}$  и  $^{10}\text{B} \rightarrow ^{10}\text{C}$ , а не фрагментация более тяжелых ядер, с тем чтобы подавить вклад от близких по ионизации ядер.

Из всех рассматриваемых ядер ядро  $^9\text{C}$  имеет наибольшее отношение числа протонов к числу нейтронов. Это ядро имеет один дополнительный протон относительно ядра  $^8\text{B}$ . Энергия связи этого протона значительно больше энергии связи внешнего протона в ядре  $^8\text{B}$ . Это может быть проявлением взаимодействия двух протонов, аналогичного взаимодействию внешних нейтронов в ядре  $^6\text{He}$ . Особенно интересным и актуальным является исследование вероятности распадов  $^9\text{C}^* \rightarrow 3^3\text{He}$  по отношению к  $^9\text{C}^* \rightarrow p^8\text{B}$ ,  $pp^7\text{Be}$ ,  $^3\text{He}^3\text{He}^3\text{He}$  и другим каналам распада. Следует отметить, что преимущества эмульсионной методики для изучения «белых звезд» проявляются тем полнее, чем больше отношение  $Z/N$  в исследуемом ядре, благодаря более полной наблюдаемости нуклонов от фрагментирующего ядра.

Слияние  $^3\text{He}^3\text{He}^3\text{He} \rightarrow ^6\text{Be}^3\text{He} \rightarrow ^9\text{C}$  является еще одним вариантом «3He-процесса». Его  $\beta$ -распад в зеркальное ядро  $^9\text{B}$ , не являющееся связанным, приводит к

$\rightarrow \alpha^3\text{He}^3\text{He}\pi^-$ . They give an indication of the fact that there exists a  $^{10}\text{C}$  three-cluster excitation mode. As an example, we note that the study of the  $t \rightarrow ^3\text{He}$  charge-exchange process on emulsion nuclei has shown a high reliability of its observation.

The  $^{10}\text{C}$  nucleus breakup can proceed in a cascade manner with the production in the intermediate state of  $^9\text{B}$ ,  $^8\text{Be}$ , and  $^6\text{Be}$  unstable nuclei with four charged fragments produced in the final state. Thus, it is possible to study the decays of these nuclei.

It is suggested to form at the JINR Nuclotron  $^{11}\text{C}$  and  $^{10}\text{C}$  beams and expose to them emulsions. For the beam generation, one preferred the  $^{11}\text{B} \rightarrow ^{11}\text{C}$  and  $^{10}\text{B} \rightarrow ^{10}\text{C}$  charge-exchange processes to the fragmentation of heavier nuclei, so as to suppress the contribution from nuclei having close ionization.

Of all the nuclei being considered, the  $^9\text{C}$  nucleus has the largest ratio of the number of protons to that of neutrons. This nucleus has an additional proton with respect to the  $^8\text{B}$  nucleus. The binding energy of this proton is much higher than that of the external proton in  $^8\text{B}$ . Perhaps, this is an effect of the interaction of two protons, which is analogous to

the interaction of external neutrons in  $^6\text{He}$ . Of special interest and urgency is the investigation of the probability of  $^9\text{C}^* \rightarrow 3^3\text{He}$  decays with respect to  $^9\text{C}^* \rightarrow p^8\text{B}$ ,  $pp^7\text{Be}$ , and to some other decay channels. It should be noted that the larger the ratio  $Z/N$  in the nucleus being investigated thanks to more complete probability of observing nucleons from the fragmenting nucleus, the wider the manifestation of the advantages of the emulsion technique in the study of the «white» stars.

The fusion  $^3\text{He}^3\text{He}^3\text{He} \rightarrow ^6\text{Be}^3\text{He} \rightarrow ^9\text{C}$  is one more option of the «3He process». Its  $\beta$  decay to a mirror  $^9\text{B}$  nucleus, which is not a bound one, results in the  $^9\text{B} \rightarrow p\alpha\alpha$  decay. Thus, in a star medium, initially involving only  $^3\text{He}$ , a workout of  $^4\text{He}$  can proceed. The  $^9\text{C}$  produced can take part in a further  $^4\text{He}^9\text{C} \rightarrow ^{13}\text{N}(\beta^+) \rightarrow ^{13}\text{C}$  fusion under definite astrophysical conditions.

In the  $^9\text{C} \rightarrow ^8\text{C}$  fragmentation, a crossing of the boundary of proton stability takes place. In this case, there arises a possibility of studying nuclear resonances by means of multiple  $^8\text{C} \rightarrow pp^3\text{He}^3\text{He}$  and  $pppp^4\text{He}$  decay channels, which possess a striking signature. It is quite possible that

немедленному распаду  ${}^9\text{B} \rightarrow p\alpha\alpha$ . Таким образом, в звездной среде, содержащей изначально только  ${}^3\text{He}$ , может происходить наработка  ${}^4\text{He}$ . Образующееся ядро  ${}^9\text{C}$  может в определенных астрофизических условиях участвовать в дальнейшем слиянии  ${}^4\text{He}{}^9\text{C} \rightarrow {}^{13}\text{N}(\beta^+) \rightarrow {}^{13}\text{C}$ .

При фрагментации ядра  ${}^9\text{C} \rightarrow {}^8\text{C}$  происходит пересечение границы протонной стабильности. При этом появляется возможность исследования ядерных резонансных состояний по множественным каналам распада  ${}^8\text{C} \rightarrow pp{}^3\text{He}{}^3\text{He}$ ,  $pppp{}^4\text{He}$ , которые обладают яркой сигнатурой. Не исключено, что их изучение может дать новое развитие физике слабо связанных ядерных систем.

На нуклотроне ОИЯИ при ускорении ядер  ${}^{12}\text{C}$  с импульсом 2,0А ГэВ/с и интенсивностью около  $10^9$  ядер в цикл был сформирован пучок вторичных ядер с магнитной жесткостью, соответствующей отношению  $Z/A = 6/9$ . Получен материал для анализа взаимодействий ядер  ${}^9\text{C}$  в эмульсии.

**Кластеризация в распадах ядра  ${}^8\text{B}$ .** Особенностью ядра  ${}^8\text{B}$  является рекордно малая энергия связи од-

ного из протонов. Поэтому наиболее вероятно, что у ядра  ${}^8\text{B}$  имеется остов в виде ядра  ${}^7\text{Be}$  и слабо связанный протон, пространственное распределение которого во многом определяет значение радиуса ядра  ${}^8\text{B}$ .

Особенности структуры легких нейтронодефицитных ядер могут лежать в основе так называемых быстрых  $rp$ -процессов захвата протонов. Например, наличие состояния типа протонного гало (сильно удаленного от остова ядра протона) может положительно сказываться на скорости синтеза легких радиоактивных ядер вдоль границы протонной стабильности, которые распадаются на стабильные изотопы. В частности, гало  ${}^8\text{B}$  снижает кулоновское отталкивание при слиянии ядер  $p{}^3\text{He}\alpha$  в смесях стабильных изотопов водорода и гелия в астрофизических системах. Образующееся ядро  ${}^8\text{B}$  может или «дождаться»  $\beta^+$ -распада, или, в определенных астрофизических сценариях, участвовать в слияниях  $\alpha{}^8\text{B} \rightarrow {}^{12}\text{N}(\beta^+) \rightarrow {}^{12}\text{C}$ . Особенность этого процесса по сравнению с вариантом синтеза  ${}^{12}\text{C}$  через ядро  ${}^8\text{Be}$  состоит во много большем времени жизни  ${}^8\text{B}$ .

При ускорении на нуклотроне ОИЯИ ядер  ${}^{10}\text{B}$  с импульсом 2,0А ГэВ/с и интенсивностью около  $10^8$  ядер в

the study of these resonances would promote further development of the physics of loosely bound nuclear systems.

The  ${}^{12}\text{C}$  nuclei with a momentum of 2.0 GeV/c per nucleon and an intensity of about  $10^9$  nuclei per cycle were accelerated at the JINR Nuclotron and a beam of secondary nuclei with a magnetic rigidity corresponding to the ratio  $Z/A = 6/9$  was formed. The information obtained was used to analyze  ${}^9\text{C}$  nucleus interactions in emulsion.

**Clustering in  ${}^8\text{B}$  Nucleus Decays.** The particular feature of the  ${}^8\text{B}$  nucleus is a record low binding energy of one of the protons. Therefore, the  ${}^8\text{B}$  nucleus is most likely to have the core in the form of a  ${}^7\text{Be}$  nucleus and a loosely bound proton the spatial distribution of which mostly determines the value of the  ${}^8\text{B}$  nucleus radius.

The special features of the structure of light neutron-deficient nuclei may underlie the so-called  $rp$  processes. For example, the presence of a state of the proton-halo type can positively affect the velocity of synthesis of light radioactive nuclei along the boundary of proton stability which decay to stable isotopes. In particular,  ${}^8\text{B}$  halo reduces the Coulomb repulsion when  $p{}^3\text{He}\alpha$  nuclei undergo a fusion in mixtures of the stable H and He isotopes in astrophysical

systems. The  ${}^8\text{B}$  nucleus being produced can either «wait for» the  $\beta$  decay or, in definite astrophysical scenarios, take part in fusion reactions  $\alpha{}^8\text{B} \rightarrow {}^{12}\text{N}(\beta^+) \rightarrow {}^{12}\text{C}$ . As compared with the  ${}^{12}\text{C}$  synthesis via the  ${}^8\text{Be}$  nucleus, this process features much longer lifetime of the  ${}^8\text{B}$  nucleus.

The  ${}^{10}\text{B}$  nuclei with a momentum of 2.0 GeV/c per nucleon and an intensity of about  $10^8$  nuclei per cycle were accelerated at the JINR Nuclotron and a beam of secondary nuclei of a magnetic rigidity corresponding to  $Z/A = 5/8$  was formed. Information on the  ${}^8\text{B}$  interactions in emulsion had been obtained. We plan to determine the probabilities of forming «white» stars in  ${}^8\text{B} \rightarrow {}^7\text{Be}p$ ,  $\alpha{}^3\text{He}p$ ,  ${}^6\text{Li}pp$ , and  $\alpha dpp$ . In the  ${}^8\text{B} \rightarrow {}^7\text{B}$  fragmentation, a crossing of the limits of proton stability also takes place. Thus, there arises a possibility of studying the decay channels  ${}^7\text{B} \rightarrow p{}^3\text{He}{}^3\text{He}$  (an analog to  ${}^9\text{B}$ ) and  $ppp{}^4\text{He}$ . In order to investigate the  ${}^{12}\text{N}$  structure and clear up the role played by  ${}^8\text{B}$  in this nucleus, we intend to expose emulsion to the  ${}^{12}\text{N}$  beam produced in the charge-exchange reaction  ${}^{12}\text{C} \rightarrow {}^{12}\text{N}$ . It is also possible

цикл был сформирован пучок вторичных ядер с магнитной жесткостью, соответствующей отношению  $Z/A = 5/8$ . Получен облученный материал по взаимодействиям  $^8\text{B}$  в эмульсии. Планируется определить вероятности образования «белых звезд»  $^8\text{B} \rightarrow ^7\text{Be}p$ ,  $\alpha ^3\text{He}p$ ,  $^6\text{Li}pp$ ,  $\alpha dpp$ . При фрагментации ядра  $^8\text{B} \rightarrow ^7\text{B}$  также происходит пересечение границы протонной стабильности. При этом появляется возможность исследо-

вания каналов распада  $^7\text{B} \rightarrow p^3\text{He}^3\text{He}$  (аналог  $^9\text{B}$ ),  $ppp^4\text{He}$ . Для изучения структуры  $^{12}\text{N}$  и прояснения роли  $^8\text{B}$  предполагается выполнить облучение пучком этих ядер, образованных в реакции перезарядки  $^{12}\text{C} \rightarrow ^{12}\text{N}$ . В свою очередь, в процессе фрагментации  $^{12}\text{N} \rightarrow ^{11}\text{N}$  можно исследовать распады еще одного ядра за границей протонной стабильности.

Рис. 2. Примеры событий периферической диссоциации ядра  $^7\text{Be}$  в эмульсии. На верхнем фото — расщепление на два фрагмента He с образованием двух осколков ядра мишени. Ниже — «белые звезды» с расщеплением на два фрагмента He, на один He и два H, на один Li и один H и на четыре фрагмента H

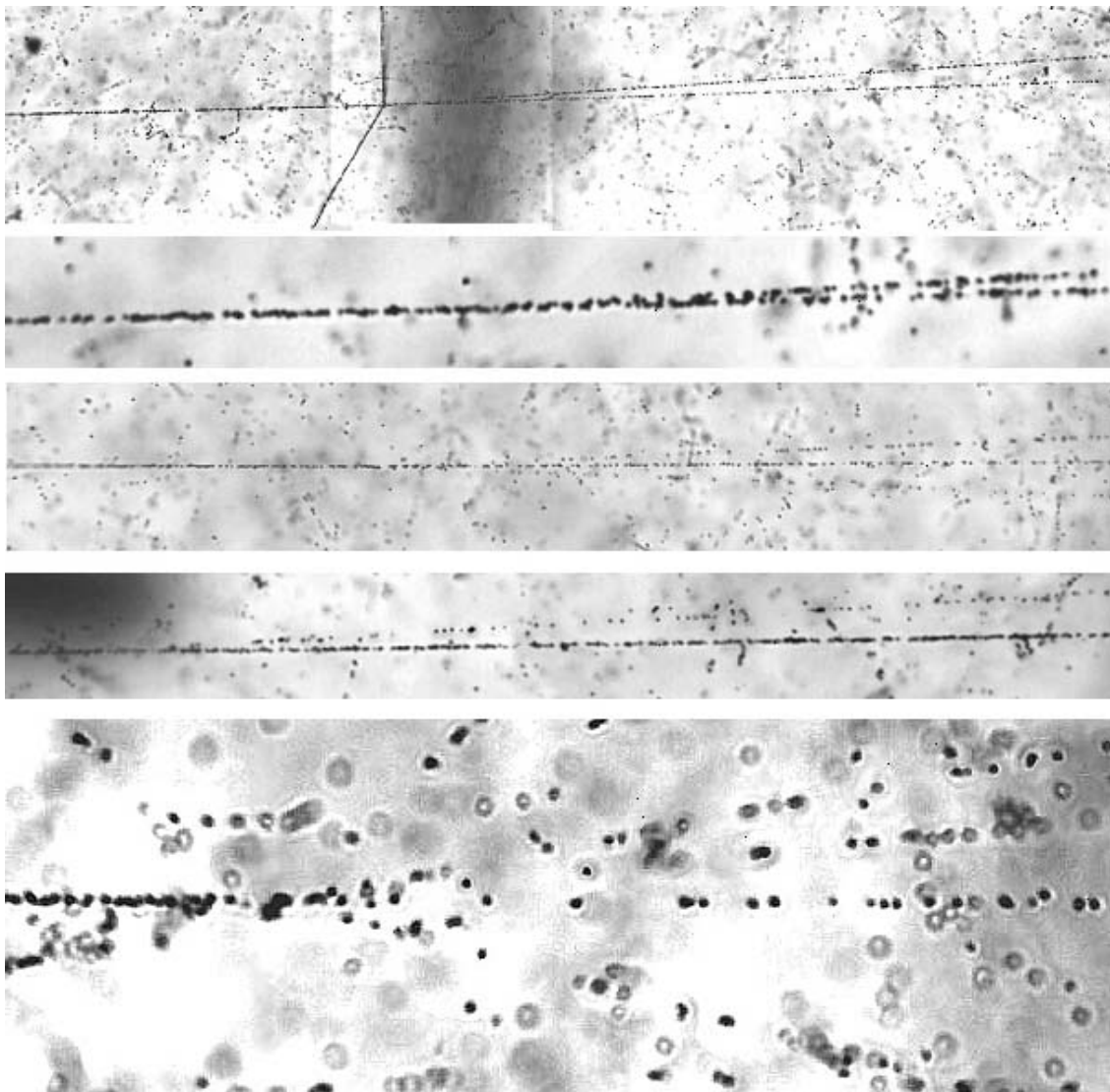


Fig. 2. Examples of the events from the peripheral  $^7\text{Be}$  dissociation in emulsion. The upper photograph is a splitting to two He fragments with production of two target-nucleus fragments. Below there are «white» stars with splitting to two He, one He and two H, one Li and one H and four H fragments

**Кластеризация в распадах ядра  ${}^7\text{Be}$ .** Исследование фрагментации ядра  ${}^7\text{Be}$  представляет интерес, так как это ядро может являться остовом в ядре  ${}^8\text{B}$ . Имеет смысл сравнить в едином подходе кластерную структуру этого ядра с близкими по структуре ядрами  ${}^6\text{Li}$  и  ${}^7\text{Li}$  по вероятностям образования «белых звезд» в каналах  $\alpha$   ${}^3\text{He}$  и  $p$   ${}^6\text{Li}$ .

Эмульсия была облучена ядрами  ${}^7\text{Be}$  с энергией 1,23А ГэВ, пучок которых был сформирован на нуклотроне ОИЯИ на основе реакции перезарядки  ${}^7\text{Li} \rightarrow {}^7\text{Be}$ . При прослеживании по всем первичным следам было найдено 75 «белых звезд» с суммарным зарядом вторичных следов, равным 4 в конусе до  $15^\circ$ . Примеры таких звезд для топологий  $2 + 2$  с возбуждением мишени и без, а также для топологий  $3 + 1$  и  $1 + 1 + 1 + 1$  приведены на рис. 2. В 22 событиях с топологией  $2 + 2$  доминирует распад  ${}^7\text{Be}^* \rightarrow \alpha$   ${}^3\text{He}$ , идущий при минимальном

возбуждении над порогом распада по сравнению с другими каналами. В этой топологии пять событий идентифицированы как распад  ${}^7\text{Be}^* \rightarrow (n)$   ${}^3\text{He}$   ${}^3\text{He}$ . Таким образом, в «белых звездах» ядра  ${}^7\text{Be}$  отчетливо проявляется кластеризация с образованием ядра  ${}^3\text{He}$ , что позволяет поставить вопрос о проявлении кластеризации в соседних нейтронодефицитных ядрах.

Итак, можно сделать вывод, что эмульсии продолжают обеспечивать уникальную основу для реконструкции релятивистских многочастичных систем. Некоторые из таких систем могут играть роль начальных или промежуточных слабосвязанных состояний при слиянии более чем двух ядер в нуклеосинтезе в звездах. Описанная в статье наблюдательная основа может быть использована для поиска таких состояний. Статьи, изображения и видеоматериалы по нашему проекту размещены на веб-сайте <http://becquerel.lhe.jinr.ru>.

to use the  ${}^{12}\text{N} \rightarrow {}^{11}\text{N}$  fragmentation to study decays of one more nucleus being away from the valley of proton stability.

**Clustering in  ${}^7\text{Be}$  Nucleus Decays.** The study of the  ${}^7\text{Be}$  nucleus fragmentation is of interest as far as this nucleus may be a core in the  ${}^8\text{B}$  nucleus. By using one and the same approach, it will be possible to compare the cluster structure of this nucleus with the  ${}^6\text{Li}$  and  ${}^7\text{Li}$  nuclei through the probabilities of forming «white» stars in the  $\alpha$   ${}^3\text{He}$  and  $p$   ${}^6\text{Li}$  channels.

Emulsion was exposed to  ${}^7\text{Be}$  nuclei of an energy of 1.23 GeV per nucleon, the beam of which was formed at the JINR Nuclotron on the basis of the charge-exchange reaction  ${}^7\text{Li} \rightarrow {}^7\text{Be}$ . As a result of viewing over all the primary tracks, 75 «white» stars with the total secondary track charge equal to 4 were found in a cone up to  $15^\circ$ . The examples of such stars for  $2 + 2$  topologies with and without target excitation, as well as for  $3 + 1$  and  $1 + 1 + 1 + 1$  topolo-

gies, are given in Fig. 2. The  ${}^7\text{Be}^* \rightarrow \alpha$   ${}^3\text{He}$  decay, which occurs for a minimal excitation above the decay threshold as compared with other channels, is dominant in 22 events with  $2 + 2$  topology. In the latter, five events are identified as the  ${}^7\text{Be}^* \rightarrow (n)$   ${}^3\text{He}$   ${}^3\text{He}$  decay. Thus, a clustering with  ${}^3\text{He}$  formation is clearly demonstrated in the «white» stars of the  ${}^7\text{Be}$  nucleus, which makes it possible to put the question as to whether this clustering is revealed in neighboring neutron-deficient nuclei.

Thus, one could conclude that emulsions continue to provide a unique basis for reconstructing relativistic multi-particle systems. Some of these systems are expected to play the role of the initial or intermediate loosely bound states in a fusion of more than two nuclei in nucleosynthesis in stars. The observation basis described in the article can be employed in the search for such states. Papers, images, and videos on our project can be found on the web-site <http://becquerel.lhe.jinr.ru>.

*О. А. Займидорога, О. Ю. Смирнов*

## Поиск явлений вне стандартной модели на прототипе детектора «Борексино»

Дубненские ученые участвуют в работах по созданию детектора «Борексино» с начальной стадии проекта: как в создании прототипа детектора «Борексино» — Counting Test Facility (CTF), так и в обработке данных с него.

Основной целью CTF являлась проверка возможности глубокой очистки жидкого сцинтиллятора и воды, защиты от естественных радиоактивных изотопов. Был достигнут рекордный уровень очистки порядка  $5 \cdot 10^{-6}$  г/г U/Th в сцинтилляторе, что сделало CTF самым большим (около 4 тонн жидкого сцинтиллятора) сверхчистым детектором [1].

Данные, полученные на модифицированной установке CTF-II, анализировались группой Лаборатории физики частиц с целью поиска редких физических явлений за рамками стандартной физики. CTF продолжает

набор данных, на сегодня накоплено более 8 тонно-лет данных.

Стандартная модель (СМ) электрослабых взаимодействий имеет ряд внутренних проблем, среди которых отметим большое количество свободных параметров, отсутствие экспериментального подтверждения существования хиггсовых частиц, неясную ситуацию с происхождением темной материи и, наконец, открытие осцилляций нейтрино. Перечисленные факты побуждают физиков к поиску явлений вне рамок СМ. Поиск редких процессов при низких энергиях, обычно называемый «неускорительной физикой», является методом, позволяющим, хотя и не прямым образом, достичь энергий, при которых осуществляется объединение частиц и полей и которые недоступны ни современным, ни будущим ускорителям частиц.

*О. А. Zaimidoroga, O. Yu. Smirnov*

## Search for the Phenomena beyond the Standard Model with the Prototype of the Borexino Detector

Dubna scientists have been working in the Borexino collaboration starting from the initial stage of the project. The LPP group participated in the construction of a prototype of the Borexino detector, the so-called Counting Test Facility (CTF), and its further exploitation.

The primary goal of the CTF was to test a possibility of the deep purification of the liquid scintillator (LS) and shielding water from the natural radioactive isotopes. After achieving the record purification of the liquid scintillator at a level of  $5 \cdot 10^{-6}$  g/g of U/Th, the CTF became the world's biggest (about 4 tons of LS) ultra pure detector [1]. The data collected with a second version of the CTF were analyzed by the LPP group in order to search for a number of possible

manifestations of the nonstandard physics. The CTF is still acquiring data, at the moment 8 ton-year of the data are collected.

The Standard Model (SM) of the electroweak interactions has a number of intrinsic problems, among which are big number of free parameters, lack of experimental observation of the Higgs particles, vague situation with the cold dark matter origin, and, finally, the discovery of neutrino oscillations. All these facts are challenging experimentalists to search for the phenomena beyond the SM frames. The search for rare processes in the low-energy region, usually called «nonaccelerator physics», is a method for reaching, perhaps in an indirect way, the energies at which the unifica-

Ниже мы приводим краткий обзор основных результатов по физике редких процессов, полученных из данных CTF.

**Магнитный момент нейтрино и поток солнечных антинейтрино.** Интерес к поиску огромного по меркам СМ (порядка  $10^{-11} \mu_B$ ) магнитного момента (ММ) нейтрино был вызван проблемой солнечных нейтрино. До эксперимента KamLand модель спинфлэйворной прецессии имела лучшее согласие с экспериментальными данными, чем осцилляционное решение. Тем не менее осцилляционное решение (LMA MSW) не исключает возможности наблюдения более слабых эффектов, вызванных наличием магнитного момента у нейтрино. Аномально большой ММ нейтрино приводит к электромагнитному рассеянию нейтрино на электроны, а также к радиационному распаду нейтрино  $\nu_H \rightarrow \nu_L + \gamma$ . Нижний предел на время жизни солнечных  $pp$ - и  ${}^7\text{Be}$ -нейтрино по отношению к радиационному распаду, полученный из данных CTF, составил  $\tau_{\text{с.м}}(\nu_H \rightarrow \nu_L + \gamma) / m_\nu \geq 4,2 \cdot 10^3 \text{ с} \cdot \text{эВ}^{-1}$  ( $\alpha = 0$ ) [2], что более чем на порядок величины превосходит предыдущий экспериментальный предел, полученный на

ядерных реакторах и ускорителях. Предел на ММ, полученный из данных CTF, для солнечных нейтрино в приложении к нейтринным потокам, описываемым стандартной моделью Солнца, составил  $\mu_\nu \leq 5,5 \cdot 10^{-10} \mu_B$  (90 % CL) [3], что всего в три раза слабее пределов, полученных на реакторах и для солнечных  ${}^8\text{B}$ -нейтрино.

Другим проявлением большого ММ нейтрино может быть присутствие антинейтрино в спектре нейтрино от Солнца. Для оценки потока солнечных антинейтрино в интервале энергий начиная от порога реакции обратного  $\beta$ -захвата  $E > 1,81$  МэВ использовались 2 тонно-года данных CTF. После дискриминации фона, наведенного космическими мюонами, не осталось ни одного события-кандидата при фактически нулевом ожидаемом фоне. Данный факт позволил наложить ограничение на поток солнечных антинейтрино на уровне 5 % от нейтринного потока, предсказываемого стандартной моделью Солнца [4]. Полученный предел, хотя и слабый в сравнении с результатами более массивных детекторов, является первым в области низких энергий.

tion of particles and fields occurs, and which are nonreachable for the modern and future particle accelerators. Below we give a brief review of the main results on the rare physics obtained recently using the CTF data.

**Neutrino Magnetic Moment and Solar Antineutrino Flux.** The interest in the hige (of the order of  $10^{-11} \mu_B$ ) for the SM neutrino magnetic moment was inspired by the solar neutrino problem. The model of spin-flavour precession has had better agreement with experimental data than the oscillation solution, favoured by the KamLand experiment. At the same time, the oscillation (LMA MSW) solution of the problem does not exclude the possibility of observing weaker effects caused by the neutrino magnetic moment. Anomalous big electromagnetic neutrino moments should lead to the neutrino scattering on the electron and to the radiative neutrino decay  $\nu_H \rightarrow \nu_L + \gamma$ . The lower limit on the mean lifetime of the  $pp$  and  ${}^7\text{Be}$  neutrinos relative to the radioactive decay obtained from the CTF data is  $\tau_{\text{с.м}}(\nu_H \rightarrow \nu_L + \gamma) / m_\nu \geq 4,2 \cdot 10^3 \text{ s} \cdot \text{eV}^{-1}$  ( $\alpha = 0$ ) [2]. It is more than one order of magnitude stronger than that obtained in the previous experiments using nuclear reactors and accelerators. A new upper limit on the neutrino magnetic moment from the CTF data for the  $pp$  and  ${}^7\text{Be}$  solar neu-

trinos is  $\mu_\nu \leq 5,5 \cdot 10^{-10} \mu_B$  (90% CL) in the assumption of SSM neutrino fluxes [3]. This upper limit is only three times weaker than that obtained using reactor neutrinos and  ${}^8\text{B}$  solar neutrinos.

Another possible manifestation of a large neutrino magnetic moment would be the presence of the antineutrino in the solar neutrino spectrum. The 2 ton-year of the exposure of the CTF has been used to limit the antineutrino flux in the low region starting at the inverse beta-decay threshold  $E > 1.81$  MeV. After the rejection of the muon-induced background, no candidate events have been observed at practically zero expected background. This fact limits the antineutrino production on the Sun by no more than 5% of the Standard Solar Model  ${}^8\text{B}$  flux [4]. The limit, being weaker than that of other experiments, is the first one valid in the low-energy region.

**Electric and Baryon Charge Conservation.** Many extensions of the SM include interaction violating the baryon and lepton charges  $B$  and  $L$ , and predict processes with  $\Delta B = 1.2$  and  $\Delta(B - L) = 0.2$  resulting in the decay of protons and neutrons in nuclei. The main direction of the searches is the attempts to observe the nucleon decay into strongly interacting or charged particles. At the same time, for the processes with nucleon disappearance or decay into



**Нарушение электрического и барионного зарядов.** Многие расширения СМ включают взаимодействия, нарушающие барионный и лептонный заряды  $B$  и  $L$ , и предсказывают процессы с  $\Delta(B-L) = 1,2$  и  $\Delta(B-L)(B-L) = 0,2$ , приводящие к распаду протонов и нейтрино в ядрах. Главным направлением поисков подобных процессов являются попытки наблюдения распада нуклонов на сильно взаимодействующие заряженные частицы. В то же время для процессов с исчезновением нуклонов либо с их распадом на слабо взаимодействующие частицы (нейтрино, майороны и т. п.) существующие пределы слабее на 5–6 порядков величины. Сохранение электрического заряда на жидкосцинтилляционном детекторе может быть проверено на процессе распада электрона по каналу  $e \rightarrow \nu + \gamma$ . Для барионного числа та же проверка может быть выполнена при наблюдении процессов распада нуклонов и динуклонов в «невидимый» канал:  $N \rightarrow 3\nu$ ,  $NN \rightarrow 2\nu$ . Новый предел на время жизни электрона по отношению к распаду  $e \rightarrow \gamma + \nu$ , полученный из данных СТФ, составил  $\tau \geq 4,6 \cdot 10^{26}$  лет (90 % CL) [5]. Новые пределы на время жизни  $N$  и  $NN$  относительно распада в «невидимый ка-

нал» (исчезновение, распад в нейтрино, майороны и т. п.), полученные из данных СТФ для  $nn$  и  $pp$ ,  $\tau(nn \rightarrow \text{inv}) > 4,9 \cdot 10^{25}$  лет,  $\tau(pp \rightarrow \text{inv}) > 5,0 \cdot 10^{25}$  лет (90 % CL) [6], являются наиболее сильными из существующих, включая полученные радиохимическими и геохимическими методами.

**Принцип Паули.** Эксперименты по проверке принципа Паули (ПП) заключаются либо в поиске аномальных атомов или ядер в состояниях, не подчиняющихся ПП, либо в поиске излучения, сопровождающего переходы с нарушением ПП, либо в поиске  $\beta^-$ - или  $\beta^+$ -распадов, протекающих с нарушением ПП. Данные СТФ служили для проверки ПП для нуклонов ( $n, p$ ) в ядрах  $^{12}\text{C}$  и  $^{16}\text{O}$ . Использовался подход, заключающийся в поиске  $\gamma$ -,  $n$ -,  $p$ - и/или  $\alpha$ -частиц, излученных в непаулиевских переходах нуклонов с  $1P$ -оболочки на заполненную  $1S_{1/2}$ -оболочку. Подобным же образом производился поиск запрещенных ПП процессов  $\beta^\pm$ -распада. Благодаря чрезвычайно низкому уровню фона и большой массе сцинтиллятора в СТФ (4,2 тонны) удалось установить следующие экспериментальные пределы на нарушение принципа Паули:

weakly interacting particle (neutrinos, majorons, etc.), the experimental limits are 5 or 6 orders of magnitude lower. A check on the electric and baryonic charge conservation can be performed by looking for the electron decay into the channel  $e \rightarrow \nu + \gamma$ , and by looking for the decay of nucleons and dinucleons into the «invisible» channel  $N \rightarrow 3\nu$ ,  $NN \rightarrow 2\nu$ . A new lower limit on the mean lifetime for the decay  $e \rightarrow \gamma + \nu$  established using the CTF data is  $\tau \geq 4.6 \cdot 10^{26}$  y (90% CL) [5]. New limits on the  $N$  and  $NN$  decays into the invisible channels (disappearance, decays to neutrinos, majorons, etc.) established using the CTF data for the  $nn$  and  $pp$  decays ( $\tau(nn \rightarrow \text{inv}) > 4.9 \cdot 10^{25}$  y,  $\tau(pp \rightarrow \text{inv}) > 5.0 \cdot 10^{25}$  y with 90% CL) are the best up-to-date limits set by any method, including radiochemical and geochemical experiments [6].

**Pauli Exclusion Principle (PEP).** Experiments on the PEP test are either looking for the anomalous atoms or nuclei in a non-Paulian state, or by searching for the radiation accompanying the non-Paulian transitions. One of the ways of the PEP checking is the search for the emission of  $\gamma, p, n$ , and  $\alpha$  particles, following the transitions violating the Pauli principle in nuclei, or the search for the non-Paulian  $\beta^-$  and  $\beta^+$  decays. The PEP was tested for nucleons ( $n, p$ ) in  $^{12}\text{C}$

and  $^{16}\text{O}$  nuclei, using the results of background measurements with the CTF. The approach consisted of a search for  $\gamma, n, p$  and/or  $\alpha$ 's emitted in a non-Paulian transition of  $1P$ -shell nucleons to the filled  $1S_{1/2}$  shell in nuclei. Similarly, the Pauli-forbidden  $\beta^\pm$ -decay processes were searched for too. Due to extremely low background and large mass (4.2 tons) of the CTF detector, the following most stringent up-to-date experimental bounds on PEP violating transitions of nucleons were established:

$$\begin{aligned} \tau(^{12}\text{C} \rightarrow ^{12}\tilde{\text{C}} + \gamma) &> 2.1 \cdot 10^{27} \text{ y}, \\ \tau(^{12}\text{C} \rightarrow ^{11}\tilde{\text{B}} + p) &> 5.0 \cdot 10^{26} \text{ y}, \\ \tau(^{12}\text{C}(^{16}\text{O}) \rightarrow ^{11}\tilde{\text{C}}(^{15}\tilde{\text{O}}) + n) &> 3.7 \cdot 10^{26} \text{ y}, \\ \tau(^{12}\text{C} \rightarrow ^8\tilde{\text{B}} + \alpha) &> 6.1 \cdot 10^{23} \text{ y}, \\ \tau(^{12}\text{C} \rightarrow ^{12}\tilde{\text{N}} + e^- + \tilde{\nu}_e) &> 7.6 \cdot 10^{27} \text{ y}, \\ \tau(^{12}\text{C} \rightarrow ^{12}\tilde{\text{B}} + e^+ \nu_e) &> 7.7 \cdot 10^{27} \text{ y}, \end{aligned}$$

all at 90% CL [7].

**Heavy Neutrino.** Before the discovery of the neutrino oscillations with the mixing parameters  $\Delta m_{12} \approx 6 \cdot 10^{-5}$  eV and  $\Delta m_{23} \approx 3 \cdot 10^{-3}$  eV, the search for the mass eigenstates of  $m_2$  and  $m_3$  in the mass range from a few keV up to some

$$\begin{aligned}\tau(^{12}\text{C} \rightarrow ^{12}\tilde{\text{C}} + \gamma) &> 2,1 \cdot 10^{27} \text{ лет}, \\ \tau(^{12}\text{C} \rightarrow ^{11}\tilde{\text{B}} + p) &> 5,0 \cdot 10^{26} \text{ лет}, \\ \tau(^{12}\text{C}(^{16}\text{O}) \rightarrow ^{11}\tilde{\text{C}}(^{15}\tilde{\text{O}}) + n) &> 3,7 \cdot 10^{26} \text{ лет}, \\ \tau(^{12}\text{C} \rightarrow ^8\tilde{\text{B}} + \alpha) &> 6,1 \cdot 10^{23} \text{ лет}, \\ \tau(^{12}\text{C} \rightarrow ^{12}\tilde{\text{N}} + e^- + \tilde{\nu}_e) &> 7,6 \cdot 10^{27} \text{ лет}, \\ \tau(^{12}\text{C} \rightarrow ^{12}\tilde{\text{B}} + e^+ \nu_e) &> 7,7 \cdot 10^{27} \text{ лет}\end{aligned}$$

(все для 90 % CL) [7], являющиеся самыми сильными из существующих.

**Тяжелое нейтрино.** До открытия осцилляций нейтрино с параметрами смешивания  $\Delta m_{12} \approx 6 \cdot 10^{-5}$  и  $\Delta m_{23} \approx 3 \cdot 10^{-3}$  эВ поиск массовых состояний нейтрино  $m_2$  и  $m_3$  в диапазоне масс от нескольких кэВ до нескольких МэВ являлся актуальной задачей, так как экспериментально установленные верхние пределы на массы  $\nu_\mu$  и  $\nu_\tau$  составляли 170 кэВ и 18 МэВ соответственно. В настоящее время возможность существования новых массовых состояний поддерживается моделями со стерильным нейтрино. Последнее в общем случае может иметь произвольную массу и быть смешанным с тремя активными нейтрино. Если тяжелое нейтрино с массой

$m_{\nu H} \geq 2m_e$  испускается в распаде  $^8\text{B}$  на Солнце, то должен наблюдаться распад  $\nu_H \rightarrow \nu_L + e^+ + e^-$ . Данные STF использовались для поиска новых массовых состояний нейтрино с массой, превышающей  $2m_e$ . Предел, полученный для параметра смешивания  $|U_{eH}|^2 \leq 10^{-3} - 10^{-5}$  в диапазоне масс  $1,1 \div 12$  МэВ [8], является более сильным, чем пределы, полученные в реакторных и ускорительных экспериментах.

Приведенные результаты демонстрируют уровень чувствительности современного низкофонового жидкоцинтилляционного детектора в области малых энергий. В течение ближайших лет мы ожидаем значительного улучшения этих результатов с использованием данных полномасштабного 300-тонного детектора «Борексина» [9] вплоть до значений, представляющих огромный теоретический интерес для некоторых из названных явлений.

#### Список литературы / References

1. *Alimonti G. et al.* // Nucl. Instrum. Meth. A. 1998. V. 406. P. 441; Astropart. Phys. 1998. V. 8. P. 141; Phys. Lett. B. 1998. V. 422. P. 349;
2. *Derbin A. V., Smirnov O. Yu.* // JETP Lett. 2002. V. 76. P. 483;
3. *Derbin A. V., Muratova V. N., Smirnov O. Yu., Zaimidoro-ga O. A.* Preprint PNPI-2003, N2504. 2003.
3. *Back H. O. et al.* // Phys. Lett. B. 2003. V. 563. P. 35.
4. *Derbin A. V., Ianni A., Smirnov O. Yu.* Poster presented at the Neutrino-2004 Conference, June 14–19, 2004, Paris.
5. *Back H. O. et al.* // Phys. Lett. B. 2002. V. 525. P. 29.
6. *Back H. O. et al.* // Phys. Lett. B. 2003. V. 563. P. 23.
7. *Back H. O. et al.* // Eur. Phys. J. C. 2004 (in press).
8. *Back H. O. et al.* // JETP Lett. 2003. V. 78. P. 261.
9. *Alimonti G. et al.* // Astropart. Phys. 2002. V. 16. P. 205.

MeV was an actual problem, because the upper limits on the masses of  $\nu_\mu$  and  $\nu_\tau$ , obtained in the direct experiments, are 170 keV and 18 MeV, respectively. At present, the possibility of the existence of new mass eigenstates is supported by the models with a sterile neutrino. This latter in the common case can have an arbitrary mass and can be mixed with three active neutrinos.

If heavy neutrinos with mass  $m_{\nu H} \geq 2m_e$  are emitted in the decays of  $^8\text{B}$  on the Sun, then decays  $\nu_H \rightarrow \nu_L + e^+ + e^-$  should be observed. The search for new mass eigenstates of neutrino was performed using the CTF data looking for the neutrino decay with a mass bigger than  $2m_e$ . The obtained limits on the mixing parameter  $|U_{eH}|^2 \leq 10^{-3} - 10^{-5}$  in the mass range  $1.1 \div 12$  MeV [8] are stronger than ones obtained in previous experiments using nuclear reactors and accelerators.

These results demonstrate the sensitivity level of the modern low-background low-threshold liquid scintillator detector. Within the next few years we expect to improve significantly the presented limits with the data of the full-scale 300 tons Borexino detector [9], approaching the limits of great theoretical importance for some of the cited processes.

С 26 июля по 2 августа ОИЯИ принимал делегацию Румынии во главе с госсекретарем по научно-исследовательской деятельности, полномочным представителем правительства этой страны в ОИЯИ Г. Попа. 28 июля с однодневным визитом Дубну также посетили Чрезвычайный и Полномочный Посол Румынии в России Д. Прунариу и советник посольства Л. Ницэ. В тот же день состоялась встреча с дирекцией ОИЯИ, в которой приняли участие директора всех лабораторий Института. С сообщением о развитии сотрудничества ученых Румынии и Объединенного института, о большом вкладе румынских специалистов в деятельность ОИЯИ выступил директор Ин-

ститута академик В. Г. Кадышевский. В ответном слове Г. Попа отметил выдающуюся роль Института в мировой науке и дал высокую оценку сотрудничеству ОИЯИ с научными центрами Румынии.

Гости посетили Лабораторию ядерных реакций, медико-биологический комплекс ЛЯП, Лабораторию информационных технологий, реактор ИБР-2 в Лаборатории нейтронной физики, побывали на экспериментальных установках в Лаборатории высоких энергий. Состоялась встреча гостей с румынскими сотрудниками ОИЯИ.



Дубна, 26 июля. Визит в ОИЯИ делегации Румынии



Dubna, 26 July. A visit of a Romanian delegation to JINR

A delegation from Romania headed by State Secretary on scientific research, Plenipotentiary of the Government of Romania to JINR G. Popa visited JINR on 26 July – 2 August. Also, Extraordinary and Plenipotentiary Ambassador of Romania in Russia D. Prunariu and the Embassy Advisor L. Nice arrived in Dubna on 28 July. They had a meeting at the JINR Directorate, where all laboratory leaders were present. JINR Director Academician V. Kadyshevsky informed the guests on the development of the cooperation between Romanian and JINR scientists, and on the considerable contribution of Romanian specialists to JINR activities. In his

turn, G. Popa marked the outstanding role of JINR in the world science and highly evaluated JINR—Romanian scientific centres cooperation.

The guests visited the Laboratory of Nuclear Reactions, the medical biological complex of the Laboratory of Nuclear Problems, the Laboratory of Information Technologies, the IBR-2 reactor at the Laboratory of Neutron Physics and experimental facilities at the Laboratory of High Energies. They also met Romanian scientists who work at JINR.



В начале августа в Дубну для подписания новой редакции Устава и Финансового протокола Объединенного института ядерных исследований прибыли представители Республики Беларусь — полномочный представитель Совета министров Республики Беларусь в ОИЯИ, председатель КПП ОИЯИ В. И. Недилько, член Ученого совета ОИЯИ Н. М. Шумейко, член координационного совета по сотрудничеству с ОИЯИ В. И. Прокошин.

10 августа в дирекции ОИЯИ состоялось подписание новой редакции документов, регламентирующих деятельность Института. В церемонии подписания со стороны ОИЯИ участвовали директор В. Г. Кадышевский, вице-директор А. Н. Сисакян и начальник планово-производственного отдела А. В. Рузаев.



Дубна, 10 августа.

Подписание председателем КПП ОИЯИ полномочным представителем Республики Беларусь В. И. Недилько новой редакции документов, регламентирующих деятельность Института

Dubna, 10 August.

JINR CP Chairman, Plenipotentiary of Belarus to JINR V. Nediiko signs a new edition of the documents that regulate the activities at the Institute

In the first days of August, representatives of the Republic of Belarus — Plenipotentiary of the Council of Ministers of Belarus to JINR, JINR CP Chairman V. Nediiko, JINR Scientific Council member N. Shumeiko and JINR Cooperation Steering Committee member V. Prokoshin — arrived in Dubna to sign a new version of the JINR Charter and the JINR Financial Protocol.

On 10 August the new version of documents, which regulate the Institute activities, was signed at the JINR Directorate. On the Institute's side, JINR Director V. G. Kadyshevsky, JINR Vice-Director A. Sissakian and Head of the JINR Budget and Financial Planning Department A. Ruzaev took part in the ceremony.



16 августа в Пекине (Китай), где проходила 32-я Международная (Рочестерская) конференция по физике высоких энергий, представители делегации ОИЯИ — директор В. Г. Кадышевский, вице-директор А. Н. Сисакян и полномочный представитель правительства Грузии в ОИЯИ, президент АН Грузии А. Н. Тавхелидзе — были приняты заместителем председателя Всекитайского собрания народных представителей, председателем ассоциации научных обществ КНР профессором Чжоу Гуанчжао. В продолжительном разговоре, посвященном проблемам развития сотрудничества между ОИЯИ и научными центрами Китая, особое внимание было уделено необходимости вовлечения в сотрудничество молодых ученых и специалистов.

18 августа прошло заседание комиссии по частицам и полям Международного комитета по чистой и прикладной физике (IUPAP). На нем шла речь о мероприятиях, проводимых IUPAP, а также о правах по

During the 32nd International (Rochester) Conference on High Energy Physics in Beijing (China), the members of the JINR delegation — JINR Director V. Kadyshevsky, JINR Vice-Director A. Sissakian and Plenipotentiary of the Government of Georgia to JINR, President of the Academy of Sciences of Georgia A. Tavkhelidze — were received on 16 August by Deputy Chairman of the All-Chinese Assembly of people's representatives, Chairman of the Association of Scientific Societies of China Professor Zhou Guanzhao. In the long discussion of the development of the JINR—Chinese scientific centres contacts, special attention was paid to the necessity of involving young scientists and specialists into the cooperation.

On 18 August a meeting of the Particles and Fields Board (International Union of Pure and Applied

авторству в коллаборациях физических экспериментов. Был заслушан доклад профессора А. Н. Сисакяна, члена комиссии от Российской Федерации, о ходе подготовки к 33-й Рочестерской конференции, которая будет проходить в июле-августе 2006 г. в Москве.

19 августа директор ОИЯИ академик В. Г. Кадышевский и директор пекинского Института физики высоких энергий профессор Чен Хешенг подписали соглашение о сотрудничестве между ОИЯИ и ИФВЭ (Пекин). После подписания документа представители делегации ОИЯИ осмотрели лаборатории института. В заключение встречи состоялась дискуссия по вопросам развития дальнейшего сотрудничества.



С 13 по 17 сентября делегация ученых ОИЯИ во главе с директором Института академиком В. Г. Ка-

дышевским принимала участие в проходившей в Киеве международной конференции «Современные проблемы математики и теоретической физики», посвященной 95-летию со дня рождения академика Н. Н. Боголюбова и организованной Международной ассоциацией академий наук (МАН), НАН Украины, Институтом математики и Институтом теоретической физики (ИТФ) им. Н. Н. Боголюбова.

Во время пребывания в Киеве директор ОИЯИ академик В. Г. Кадышевский и помощник директора П. Н. Боголюбов приняли участие в торжествах по случаю 170-летия Киевского национального университета им. Т. Г. Шевченко. 15 сентября состоялась встреча В. Г. Кадышевского и П. Н. Боголюбова с ректором университета академиком НАН Украины В. В. Скопенко и деканом физического факультета членом-корреспондентом НАН Украины Л. А. Булавиным, на которой были обсуждены перспективы сотрудничества в развитии исследовательских и обра-

Пекин (Китай), 19 августа.

Директор ОИЯИ академик В. Г. Кадышевский и директор пекинского Института физики высоких энергий профессор Чен Хешенг при подписании соглашения о сотрудничестве между ОИЯИ и ИФВЭ



Beijing (China), 19 August.

JINR Director Academician V. Kadyshesky and Director of the Institute of High Energy Physics (Beijing) Professor Chen Hesheng during the signing of the Agreement on JINR-IHEP cooperation

Physics) was held. Activities by IUPAP and copyright aspects in experimental physics collaborations were discussed. Professor A. Sissakian, member of the Board from the Russian Federation, made a report on preparations for the 33rd Rochester Conference, which will be held in July–August 2006 in Moscow.

On 19 August JINR Director Academician V. Kadyshesky and Director of the Institute of High Energy Physics (Beijing) Chen Hesheng signed an agreement on JINR–IHEP (Beijing) cooperation. After the ceremony the JINR delegation were shown around the laboratories of the Institute. In conclusion, a discussion was held on further development of contacts.



On 13–17 September a delegation of JINR scientists headed by JINR Director Academician V. Kadyshesky took part in the international conference «Modern Problems in Mathematics and Theoretical Physics» in Kiev, dedicated to the 95th anniversary of Academician N. Bogolyubov. It was organized by the International Association of Academies of Sciences (IAAS), NAS of Ukraine, the Institute of Mathematics and the Bogolyubov Institute of Theoretical Physics (ITP).

During the visit, JINR Director Academician V. Kadyshesky and JINR Assistant Director P. Bogolyubov took part in the celebration of the 170th anniversary of Kiev National University named after T. Shevchenko. On 15 September they had a meeting with the University rector, Academician of the Ukrainian National Academy of Sciences V. Skopenko and the

зовательных программ ОИЯИ и Киевского университета.

В 2004 г. решением Ученого совета университета В. Г. Кадышевский был избран его почетным доктором. В торжественной обстановке празднования 170-летия Киевского университета директору ОИЯИ были вручены диплом и мантия почетного доктора университета.



14 сентября Дубну посетила делегация китайских ученых и специалистов, приглашенных в Россию Российским ядерным обществом. В состав делегации, которую возглавлял президент Ядерного общества Китая, вице-президент Всекитайского фонда естественных наук академик Ванг Найян, входили руководители ядерной корпорации Китая Жу Цзанхуа и Сун Хуапу, а также руководители институтов, связанных с ядерной инженерией, строительством и информацией, — Хоу Хикун, Ли Сяомин и Ванг Кайхуа.

До приезда в Дубну китайская делегация посетила филиал Российского ядерного общества и Центр общественной информации в Санкт-Петербурге, побывала на Ленинградской атомной электростанции в Сосновом Бору. В Москве китайские специалисты были приняты в Федеральном агентстве по атомной энергетике, «Курчатовском институте», МИФИ, в Обнинске — в Физико-энергетическом институте и на первой в мире АЭС.

На приеме в дирекции ОИЯИ вице-директор Института профессор А. Н. Сисакян рассказал об истории создания ОИЯИ, международном сотрудничестве, уделив особое внимание развитию плодотворных научных контактов с институтами и университетами Китая, а также встречам руководителей ОИЯИ с ведущими китайскими учеными во время проходившей в августе в Пекине Международной Рочестерской конференции. Затем китайская делегация посетила лаборатории ядерных реакций и нейтронной физики.



Киев, 13 сентября.  
Боголюбовская конференция «Современные проблемы математики и теоретической физики». Участники конференции приветствуют президент НАН Украины академик Б. Е. Патон

Kiev, 13 September.  
Bogolyubov conference «Modern Problems in Mathematics and Theoretical Physics». President of NAS of Ukraine Academician B. Paton greets the participants of the conference

dean of the Physics Faculty, Corresponding Member of the Ukrainian National Academy of Sciences L. Bulavin. They discussed prospects of cooperation in research and educational programmes at JINR and Kiev University.

In 2004 the University Scientific Council made a decision to elect V. Kadyshevsky Honorary Doctor of the University. Ceremonially, in the atmosphere of the 170th anniversary celebration, the JINR Director received a Diploma and a gown of the University Honorary Doctor.



On 14 September a delegation of Chinese scientists and specialists visited Dubna. They were invited to

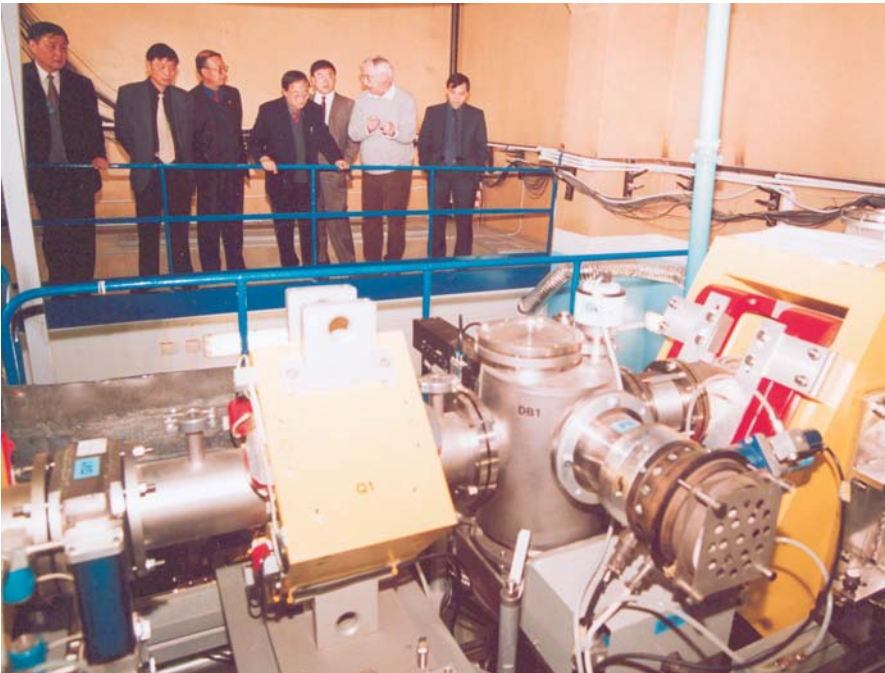
Russia by the Russian Nuclear Society. The delegation was headed by President of the Nuclear Society of China, Vice-President of the All-Chinese Foundation for Natural Sciences Academician Wang Naiyan. It also included the leaders of the China National Nuclear Corporation Zhu Jianhua and Sun Huapu, together with the leaders of the institutes for nuclear engineering, construction and information Hou Huiquin, Li Xiaoming and Wang Kaihua.

Before arriving in Dubna, the Chinese guests visited the bureau of the Russian Nuclear Society and the Public Information Centre in St. Petersburg, the Leningrad atomic power station in Sosnovy Bor. In Moscow the Chinese specialists were received at the Federal Agency of Atomic Energy, the Kurchatov Institute, MEPI. In Obninsk they visited the Institute of



Дубна, 14 сентября.  
Визит в ОИЯИ делегации  
Китайского ядерного общества

Dubna, 14 September.  
A visit to JINR of a delegation  
of the Chinese Nuclear Society



Physics and Energy and the world's first atomic power station.

During the reception at the JINR Directorate the Institute Vice-Director A. Sissakian informed the guests about the history of establishing JINR and international cooperation. He especially stressed in this context the importance of the development of fruitful scientific contacts with institutes and universities of China and meetings of JINR leaders with Chinese scientists during the International Rochester Conference in Beijing. After the reception at the JINR Directorate, the delegation



visited the Laboratories of Nuclear Reactions and Neutron Physics of JINR.

Head of the Chinese delegation, Academician Wang Naiyan worked at the Laboratory of Neutron Physics in 1956–1965. He remembered that time and his colleagues from Dubna with the following warm words, «Many years ago, when the Institute was organized, the level of cooperation in nuclear physics between scientific centres of China and JINR was very high. A lot of Chinese scientists and specialists worked here. I hope today there are all possibilities to further develop this cooperation, which is important to both

Глава делегации академик Ванг Найян с 1956 по 1965 г. являлся сотрудником Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ. С теплотой отзываясь о том времени и вспоминая своих дубненских друзей и коллег, Ванг Найян сказал: «Много лет назад, когда Институт был основан, уровень сотрудничества по ядерной физике между научными центрами Китая и Дубной был очень высоким, здесь работало много китайских ученых и специалистов. Надеюсь, сегодня есть все условия для дальнейшего развития этого сотрудничества, в котором заинтересованы обе стороны. Лично я храню очень глубокие чувства к России, к русским людям».

На заключительной встрече в дирекции, в которой со стороны ОИЯИ участвовали А. Н. Сисакян, М. Г. Иткис, А. В. Белушкин, А. Г. Ольшевский, Е. А. Красавин и др., были обсуждены конкретные шаги по развитию сотрудничества между ОИЯИ и китайскими научными центрами, в частности, китайской стороной было высказано предложение подготовить соглашение о сотрудничестве между ОИЯИ и Всекитайским фондом естественных наук.

sides. My personal feelings to Russia and Russian people are very deep.»

At the closing meeting at the Directorate, where JINR was represented by A. Sissakian, M. Itkis, A. Belushkin, A. Olchevski, E. Krasavin, and other JINR leaders, specific measures to develop cooperation between JINR and Chinese scientific centres were discussed. In particular, the Chinese side suggested that an agreement should be prepared on the cooperation between JINR and the All-Chinese Foundation of Natural Sciences.



*23 ноября 2004 г. Президиум Российской академии наук присудил Золотую медаль им. Н. Н. Боголюбова 2004 г. академику **Дмитрию Васильевичу Ширкову**, почетному директору ЛТФ ОИЯИ, за выдающиеся работы в области математики, теоретической физики и механики.*

*Дирекция ОИЯИ, дирекция Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, друзья и коллеги сердечно поздравили ученого с высокой заслуженной наградой.*

*On 23 November 2004 the Presidium of the Russian Academy of Sciences conferred a Golden Medal in memory of N. N. Bogoliubov for the year of 2004 on Academician **Dmitri Vasilievich Shirkov**, Honorary Director of JINR's BLTP, for his outstanding activities in mathematics, theoretical physics and mechanics. The JINR Directorate, the Directorate of the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics, friends and colleagues heartily congratulated D. Shirkov on receiving the well-deserved outstanding prize.*





14 октября исполнилось 60 лет вице-директору Объединенного института ядерных исследований доктору физико-математических наук, профессору **Алексею Норайровичу Сисакяну**.

В день своего юбилея Алексей Норайрович принимал сердечные поздравления и пожелания от своих друзей, коллег и учеников. В его адрес пришло много поздравлений из научных центров стран-участниц ОИЯИ и других стран, от государственных и общественных деятелей, от руководителей города и области.

On 14 October Vice-Director of the Joint Institute for Nuclear Research Doctor of Physics and Mathematics, Professor **Alexei Sissakian** celebrated his 60th anniversary.

Friends, colleagues and students congratulated him warmly and wished many happy returns of the day. On the jubilee day A. Sissakian received numerous greetings with congratulations from scientific centres in JINR Member States, from other countries, state and public figures, leaders of the town of Dubna and the Moscow Region.

12 августа в Астане (Казахстан) прошла символическая акция, посвященная началу строительства Междисциплинарного научно-исследовательского комплекса в Евразийском национальном университете им. Л. Н. Гумилева (ЕНУ), — торжественная закладка так называемого краеугольного камня фундаментальной науки. Основным элементом нового комплекса станет уникальный ускоритель тяжелых ионов (DC-60), разработанный в ОИЯИ группой специалистов во главе с профессорами М. Г. Иткисом и С. Н. Дмитриевым. Помимо работ по созданию ускорителя ведется подготовка научной и образовательной программ для реализации на базе этого лабораторного комплекса.

Во время торжественной церемонии выступили министр энергетики и природных ресурсов Казахстана профессор В. С. Школьник, вице-директор ОИЯИ профессор А. Н. Сисакян, глава Астаны У. Шукеев, ректор ЕНУ профессор С. Абдыманакон. В церемонии закладки камня также участвовали первый заместитель министра науки и образования профессор Н. Бектурганов, представители государственных и научных институтов республики.



Делегация ученых Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова приняла участие в работе Международной конференции по теоретической физике, прохо-

дившей с 26 по 29 августа в Констанце (Румыния). С обзорными докладами на конференции выступили В. В. Вороннов, С. Н. Ершов, С. Б. Герасимов и В. А. Осипов.

Эта конференция проводилась под эгидой программы «Цицейка–Марков», открытой недавно на основе соглашения между дирекцией ОИЯИ и полномочным представителем Румынии. Целью программы является усиление сотрудничества в области теоретической физики. Открытие программы позволило заметно активизировать контакты между теоретиками Дубны и Румынии и наметить новые перспективные направления сотрудничества.



С 10 по 18 сентября проходил визит в Монголию директора Лаборатории высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина профессора А. И. Малахова и начальника сектора лаборатории доктора Г. Л. Мелкумова. Во время визита состоялся ряд официальных и дружеских встреч с руководителями, организаторами науки и учеными Монголии.

14 сентября ученые ОИЯИ встретились с членом парламента, президентом Академии наук Монголии академиком Б. Чадраа и обсудили вопросы сотрудничества монгольских научных центров с ОИЯИ, детально рассмотрев вопрос участия молодежи в совместных работах. В беседе принял участие директор Института физики и технологии Академии наук Монголии академик Ц. Баатар.

On 12 August a symbolic event took place in Astana (Kazakhstan) dedicated to the start of the construction of the Multidisciplinary Research Centre at the Gumilev Eurasian National University (ENU) — the ceremonial laying of the so-called corner stone of the fundamental science. The main component of the new centre will be a unique heavy-ion accelerator (DC-60) developed at JINR by a group of specialists headed by Professors M. Itkis and S. Dmitriev. Besides the development of the accelerator, scientific and educational programmes are being prepared to be realized on the basis of this centre.

The ceremonial event included speeches by Minister of Energy and Natural Resources of Kazakhstan Professor V. Shkolnik, JINR Vice-Director Professor A. Sissakian, Astana Mayor U. Shukeev and ENU rector Professor S. Abdymanakov. Also, First Deputy Minister of Science and Education Professor N. Bekturganov and other representatives of state and scientific institutions of the republic took part in the ceremony of the corner stone laying.



The delegation of theoretical physicists from the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics participated in an International Conference on Theoretical Physics which was held on 26–29 August in Constance, Romania. Review talks were

presented by V. V. Voronov, S. N. Ershov, S. B. Gerasimov, and V. A. Osipov. This conference was organized under the auspices of the Ciceika–Markov programme that was recently opened on the basis of the agreement between the JINR Directorate and the Plenipotentiary of the Government of Romania to JINR. The programme is aimed at strengthening the collaboration in theoretical physics. It considerably enriched the contacts between theorists in Dubna and Romania, and outlined new perspective directions of collaboration.



Professor A. I. Malakhov, director of the Veksler and Baldin Laboratory of High Energies (VBLHE), and Dr G. L. Melkuinov, group leader at VBLHE, visited Mongolia in a period from 10 to 18 September. They had official and informal meetings with leaders, science organizers and scientists of Mongolia during the visit.

On 14 September a meeting with member of the Parliament of Mongolia, President of the Academy of Sciences of Mongolia Academician B. Chadraa took place. During the meeting, problems of collaboration of Mongolian scientific centres with JINR were discussed. Special attention was paid to participation of young scientists in joint research. Director of the Institute of Physics and Technology of the Academy of Sci-

15 сентября на встрече с полномочным представителем правительства Монголии в ОИЯИ ректором Монгольского государственного университета профессором Ц. Ганцогом также обсуждалась проблема участия молодежи в совместных проектах, пути возможного финансирования этих проектов и ряд других вопросов. Профессор Ц. Ганцог сообщил о том, что в 2005 г. планируется направить несколько молодых сотрудников на работу в ОИЯИ и что вопрос о переводе долевого взноса Монголии в ОИЯИ за 2004 г. уже решен. На встрече присутствовали директор Центра ядерных исследований Монгольского государственного университета профессор С. Даваа и академик Ц. Баатар.

В дирекции Института физики и технологии Академии наук Монголии состоялось обсуждение результатов совместных работ и перспективных планов с ведущими научными сотрудниками этого института. Наибольший интерес вызвали результаты, полученные в группе доктора Р. Тогоо по наблюдению многокварковых состояний при анализе полученных ранее данных с двухметровой пропановой пузырьковой камеры лабора-

ences of Mongolia Academician Ts. Baatar also took part in the discussion.

The problems of participation of young scientists in joint projects, possible ways of financial support of these projects and a number of other issues were discussed in detail during the meeting with Plenipotentiary of Mongolia to JINR, Head of the Mongolian State University Professor Ts. Gantsog on 15 September. Professor Ts. Gantsog spoke about the plans of sending a number of young researchers to work at JINR in 2005. The Plenipotentiary also mentioned that the problem of transfer of the financial contribution of Mongolia to JINR for the year 2004 had been solved. Director of the Centre of Nuclear Research of the Mongolian State University Professor S. Davaa and Academician Ts. Baatar took part in the meeting.

The results of the joint work and plans for the future were discussed at the Directorate of the Institute of Physics and Technology of the Academy of Sciences of Mongolia. Leading scientists of the Institute took part in the discussion. The results obtained by the group of Dr R. Togoo on observation of multi-

quark states aroused the biggest interest. These results were obtained while analyzing the data taken previously with the 2-m propane bubble chamber at the Laboratory of High Energies. On the same day A. I. Malakhov and G. L. Melkumov gave talks at a seminar at the Institute of Physics and Technology of the Mongolian State University. A. I. Malakhov made a presentation on the LHE research programme at the Nuclotron. G. L. Melkumov reported on the latest results of the NA49 experiment at CERN. The talks were listened to with great attention, a fruitful discussion followed. The Mongolian scientists showed their interest in participation in the JINR research programme.

Улан-Батор, сентябрь. Визит делегации ОИЯИ в Монголию. Слева направо: директор Центра ядерных исследований Монгольского государственного университета профессор С. Даваа, ректор Монгольского государственного университета, полномочный представитель Монголии в ОИЯИ профессор Ц. Ганцог, директор ЛВЭ ОИЯИ профессор А. И. Малахов, начальник сектора ЛВЭ доктор Г. Л. Мелкумов, директор Института физики и технологии Академии наук Монголии академик Ц. Баатар



Ulaanbaatar, September. JINR delegation on a visit to Mongolia. From left to right: Director of the Centre of Nuclear Research of the Mongolian State University Professor S. Davaa, Rector of the Mongolian State University, Plenipotentiary of Mongolia to JINR Professor Ts. Gantsog, Director of LHE (JINR) Professor A. Malakhov, chief of an LHE department Dr G. Melkumov, Director of the Institute of Physics and Technology of the Mongolian Academy of Sciences Academician Ts. Baatar

quark states aroused the biggest interest. These results were obtained while analyzing the data taken previously with the 2-m propane bubble chamber at the Laboratory of High Energies. On the same day A. I. Malakhov and G. L. Melkumov gave talks at a seminar at the Institute of Physics and Technology of the Mongolian State University. A. I. Malakhov made a presentation on the LHE research programme at the Nuclotron. G. L. Melkumov reported on the latest results of the NA49 experiment at CERN. The talks were listened to with great attention, a fruitful discussion followed. The Mongolian scientists showed their interest in participation in the JINR research programme.

6–7 СЕНТЯБРЯ в Будапеште прошел семинар, посвященный сотрудничеству в рамках Соглашения между Венгерской академией наук и Объединенным институтом ядерных исследований на 2001–2004 гг. Цель семинара — обсудить полученные за эти годы результаты и обозначить основные направления дальнейшего развития сотрудничества Венгрия–ОИЯИ.

Три семинарские сессии были посвящены совместным работам по физике конденсированного состояния, физике тяжелых ионов и теоретической физике. В рамках нейтронных исследований конденсированных сред

на импульсном реакторе ИБР-2 ЛНФ ОИЯИ и исследовательском реакторе Будапештского нейтронного центра были представлены результаты исследований наносистем: магнитных жидкостей с помощью малоуглового рассеяния нейтронов (М. В. Авдеев, ЛНФ ОИЯИ, совместно с Институтом физики твердого тела и оптики, Центральным институтом физических исследований Венгерской академии наук (ЦИФИ)) и многослойных магнитных пленок с помощью рефлектометрии поляризованных нейтронов (Д. Надь, М. Майор, Институт физики частиц и ядерной физики и ЦИФИ;

Дубна, Дом международных совещаний, 10 августа. Юбилейный семинар профессора И. А. Голутвина (на фото крайний слева)



Dubna, the International Conference Hall, 10 August. The jubilee seminar of Professor I. Golutvin (extreme left)

A seminar devoted to the collaboration within the framework of the Agreement for 2001–2004 between the Hungarian Academy of Sciences and the Joint Institute for Nuclear Research was held on 6–7 September in Budapest. The purpose of the seminar was to discuss the results obtained in these years and to mark out the main directions of further development of the Hungary–JINR collaboration.

Three seminar sessions were devoted to joint projects in condensed matter physics, heavy ion physics and theoretical physics. Within the framework of neutron investigations of condensed matter at the IBR-2 pulsed reactor

(FLNP, JINR) and the research reactor of the Budapest Neutron Centre, the results of the studies of nanosystems were presented: magnetic fluids by small-angle neutron scattering (M. V. Avdeev, FLNP, JINR, in cooperation with the KFKI (Central Institute of Physics Research of the Hungarian Academy of Sciences) Research Institute for Solid State Physics and Optics) and multilayer magnetic films by polarized neutron reflectometry (D. Nagy, M. Major, KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics; Yu. N. Khaidukov, FLNP, JINR). In addition, possible lines of cooperation in creating new detectors of thermal neutrons

Ю. Н. Хайдуков, ЛНФ ОИЯИ). Также обсуждались возможные пути сотрудничества по созданию новых детекторов тепловых нейтронов (А. В. Белушкин, ЛНФ ОИЯИ) и модернизации экспериментальной базы для рефлектометрии поляризованных нейтронов (А. В. Петренко, ЛНФ ОИЯИ; Л. Ботьян, Институт физики частиц и ядерной физики, ЦИФИ).

Сессия по физике тяжелых ионов была посвящена работам по модификации поверхностей различных материалов с помощью тяжелых ионов на ускорителе У-400 ЛЯР ОИЯИ (Ж. Дюлаи, Институт технической физики и материаловедения ВАН; К. Хаванчак, Ш. Штихлойтнер, Д. Сенеш, Университет Этвеша; З. Кайчош, Институт физики частиц и ядерной физики, ЦИФИ; В. А. Скурагов, ЛЯР ОИЯИ).

Доклады по теоретической физике представляли следующие направления: ядерная физика, а именно кулоновские системы нескольких тел при низких энергиях (Я. Реваи, Институт физики частиц и ядерной физики, ЦИФИ; В. Б. Беляев, ЛТФ ОИЯИ); теория столкновений релятивистских тяжелых ионов (П. Леваи, Институт физики частиц и ядерной физики, ЦИФИ; В. Д. Тонеев, ЛТФ ОИЯИ); квантовая хромодинамика

(В. Гогохия, Институт физики частиц и ядерной физики, ЦИФИ).

Представители Венгерской академии наук (академики З. Хорват, Ж. Дюлаи, Д. Михай; члены-корреспонденты Д. Файгел, А. Паткош, доктор Б. Кардон), участвовавшие в работе семинара, высоко оценили статус совместных работ, выполняемых в ОИЯИ в рамках двустороннего соглашения, и выразили поддержку расширению дальнейших научных контактов. Отмечено значительное количество молодых ученых, принявших участие в семинаре, и высокий уровень представленных ими работ. Все участники семинара, как со стороны Венгрии, так и со стороны ОИЯИ, выразили надежду на то, что этот семинар станет традиционным.

### Международный семинар, посвященный 30-летию сотрудничества ОИЯИ–IN2P3

С 30 сентября по 1 октября в ОИЯИ проходили мероприятия, посвященные 30-летию сотрудничества Объединенного института ядерных исследований и французского Национального института физики ядра и

(A. V. Belushkin, FLNP, JINR) and modernization of experimental base for polarized neutron reflectometry (A. V. Petrenko, FLNP, JINR; L. Bottyán, KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics) were discussed.

The session on heavy ion physics was devoted to works on modification of surfaces of various materials by heavy ions at the U-400 accelerator, FLNR, JINR (J. Gyulai, Research Institute for Technical Physics and Materials, HAS; K. Havancsák, S. Stichleutner, Gy. Szenes, Eötvös University; Zs. Kajcsos, KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics; V. A. Skuratov, FLNR, JINR).

Reports on theoretical physics represented the following directions: nuclear physics, namely the Coulomb systems of several bodies at low energies (J. Révai, KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics; V. B. Belyaev, BLTP, JINR); theory of relativistic heavy ion collisions (P. Lévai, KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics; V. D. Toneev, BLTP, JINR); quantum chromodynamics (V. Gogohia, KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics).

The representatives of the Hungarian Academy of Sciences (Academics Z. Horvath, J. Gyulai, Gy. Mihaly;

Corresponding Members Gy. Faigel, A. Patkos, Dr B. Kardon), who participated in the seminar, expressed a high opinion of the status of the joint projects carried out at JINR within the framework of the bilateral Agreement and supported the broadening of further scientific contacts. Noteworthy also was a significant number of young scientists who took part in the seminar and a high level of their works. All participants of the seminar, both on the part of Hungary and on the part of JINR, expressed hope that this seminar would become traditional in the future.

### Joint Scientific Seminar «JINR–IN2P3: 30 Years of Collaboration»

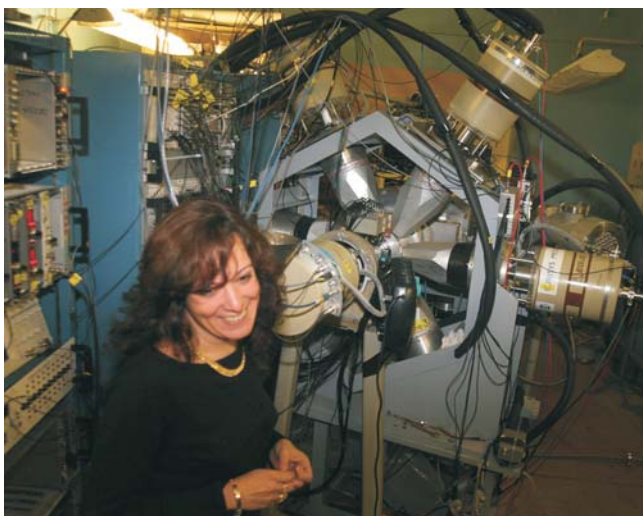
An event dedicated to the 30 years' collaboration between the Joint Institute for Nuclear Research and the National Institute for Nuclear Physics and Particle Physics of France (IN2P3) was held from 30 September to 1 October at JINR.

On 31 August 1972 a Protocol was signed in Dubna on the collaboration between JINR and IN2P3. In 1974 the first joint experiment was carried out. Today, about 15 scientific



Дубна, 30 сентября.  
Международный семинар  
«ОИЯИ–IN2P3 (Франция) —  
30 лет плодотворного  
сотрудничества»

Dubna, 30 September.  
International seminar  
«JINR–IN2P3: 30 Years of  
Collaboration»



СЕМИНАРЫ  
SEMINARS



элементарных частиц (IN2P3). 31 августа 1972 г. в Дубне был подписан протокол о сотрудничестве между ОИЯИ и Национальным институтом физики ядра и элементарных частиц, а в 1974 г. проведен первый совместный эксперимент. В настоящее время около 15 научных центров и университетов Франции осуществляют совместные исследования с ОИЯИ по физике ядра и физике высоких энергий, в области техники ускорителей и по физике тяжелых ионов.

Для участия в научном семинаре по итогам 30-летнего сотрудничества ОИЯИ–IN2P3 в Дубну приехала представительная делегация французских ученых. 30 сентября прошли переговоры между руководством ОИЯИ и IN2P3, были подведены итоги совместных работ ученых в коллаборациях и намечены планы на будущее. Французские ученые посетили Лабораторию ядерных реакций им. Г. Н. Флерова и другие лаборатории ОИЯИ. В тот же день в Доме международных совещаний состоялось торжественное заседание, посвященное 30-летию сотрудничества, на котором с докладами выступили директор IN2P3 М. Спиро, директор ОИЯИ В. Г. Кадышевский и советник по науке, технологиям и космосу посольства Франции в России Б. Флетье. Затем для журналистов города была устроена пресс-конфе-

ренция, которую вел вице-директор ОИЯИ профессор А. Н. Сисакян, отметивший эффективность сотрудничества ученых Дубны и Франции, прочность исторических корней, связывающих наши народы и позволяющих найти общий язык не только в науке, но и в жизни.

1 октября в ДМС ОИЯИ прошел научный семинар, где прозвучали доклады дубненских ученых и их французских коллег, посвященные ходу и результатам совместных исследований, а также новым проектам, предполагающим дальнейшее научное сотрудничество.

По итогам визита делегации Франции в ОИЯИ М. Спиро и В. Г. Кадышевским было подписано соглашение о новом этапе сотрудничества. В нем, в частности, говорится:

- ОИЯИ будет участвовать в программе дальнейших исследований в центре GANIL (большой национальный ускоритель тяжелых ионов) в Кане (Франция), а также войдет в европейский научный консорциум, который будет создан вокруг установки SPIRAL2 в GANIL для получения и изучения свойств экзотических ядер;
- IN2P3 будет участвовать в научных программах ОИЯИ, связанных с экспериментами по синтезу тяжелых и сверхтяжелых элементов и изучению их

centres and universities of France conduct, jointly with JINR, research in nuclear physics and high energy physics, accelerator technology and heavy ion physics.

A representative delegation of French scientists arrived in Dubna to take part in the seminar on the results of 30 years of the JINR–IN2P3 collaboration. Negotiations between the leaders of the two organizations were held on 30 September. Also, on that day the joint activities of scientists in collaborations were summarized and plans for the future were discussed. The French scientists visited the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions and other JINR Laboratories. On that day a ceremonial meeting dedicated to the 30th anniversary of the collaboration was held at the International Conference Hall, where IN2P3 Director M. Spiro, JINR Director V. Kadyshevsky and Counsellor on Science, Technology and Space of the Embassy of France in Moscow B. Fleutiaux made reports. Then a press conference for journalists was organized. It was conducted by JINR Vice-Director Professor A. Sissakian, who noted the efficiency of the collaboration between scientists of Dubna and France, solidity of historical bonds between our nations that facili-

tate mutual contacts not only in science but in general life aspects.

A scientific seminar was held on 1 October at the JINR International Conference Hall, where Dubna and French scientists spoke about the activities and results of the joint studies and new projects of further cooperation.

As a result of the visit of the French delegation, M. Spiro and V. Kadyshevsky signed an agreement on a new stage of collaboration. In particular, it says:

- JINR will take part in the programme of further research at GANIL (Grand Accelérateur National d'Ions Lourds) in Caen (France) and will enter the European scientific consortium which will be established for the SPIRAL2 set-up at GANIL to obtain and study the properties of exotic nuclei;
- IN2P3 will take part in JINR scientific programmes related to the experiments on the heavy and superheavy elements' synthesis and their properties, and will also participate in the international collaboration of scientists who work at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions in Dubna;



свойств, а также будет входить в международное сообщество ученых, работающих в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова в Дубне;

- продолжится участие ОИЯИ в работах, проводимых в подземной лаборатории в Модане (Французские Альпы), по изучению свойств нейтрино, темной материи и сверхтяжелых элементов.

Представители сторон выразили уверенность, что в дальнейшем все это позволит расширить обмен учеными и инженерами, особенно молодыми специалистами, обмен научно-техническим оборудованием для развития и укрепления сотрудничества между ОИЯИ и научными центрами Франции.



XVII Балдинский международный семинар по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика» проходил в Дубне с 27 сентября по 2 октября. Это уже второй международный семинар, проводимый без Александра Михайловича Балдина — организатора и научного руководителя семинара.

Первый семинар проводился Отделением ядерной физики Академии наук СССР в 1969 г. как один из серии так называемых Марковских семинаров, целью которых было обсуждение последних достижений и наиболее актуальных задач по конкретно выбранной тематике достаточно узким, но авторитетным научным коллективом. Основу семинаров составляли обзорные доклады ведущих физиков — теоретиков и экспериментаторов, в том числе приглашенных из-за рубежа.

Именно с одного из таких семинаров 34 года назад начала свой отсчет серия дубненских конференций (с неофициальным названием «Балдинская осень»), которые проводятся с тех пор регулярно с двухлетней периодичностью. Нынешняя конференция — уже 17-я по счету. За свою историю она приобрела известность как авторитетная конференция по физике сильных взаимодействий, прежде всего по актуальным проблемам квантовой хромодинамики и взаимодействия ядер при релятивистских энергиях.

На этот раз конференция проходила в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова. Было представлено около 120 докладов на пленарных и параллельных сессиях в двух конференц-залах ЛТФ.

- JINR will continue its participation in the research at the underground laboratory in Modane (the French Alps) in the studies of neutrino, dark matter and superheavy elements.

The representatives of both sides expressed their confidence that in the future all these issues will facilitate the exchange of scientists and engineers, especially, young specialists, as well as scientific equipment to develop and strengthen the cooperation between JINR and scientific centres of France.



The XVII International Baldin Seminar on High Energy Physics Problems «Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics» was held in Dubna on 27 September – 2 October. It is the second seminar without Aleksandr Mikhailovich Baldin, the scientific advisor and leader of the seminar.

The first seminar was held in 1969 as one of a series of meetings at the Nuclear Physics Department of the USSR AS initiated by Academician M. A. Markov. The purpose of these meetings, known as Markov's seminars, was a discus-

sion of the latest achievements and the most urgent problems on a selected topic by a small team of prominent scientists. Review reports of leading physicists — theoreticians and experimentalists, both Russian and foreign, formed the basis of the seminars.

The seminar with the informal title «Baldin Autumn» in Dubna dates back to one of such seminars held 34 years ago. Since then it has been held once every two years. The present seminar is the 17th one. It has become world-wide known and gained reputation as a prestigious conference on physics of strong interactions, first of all on topical problems of quantum chromodynamics and nuclear interactions at relativistic energies.

The present seminar was held at the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics. About 120 reports were presented at plenary and parallel sessions in two conference halls at BLTP.

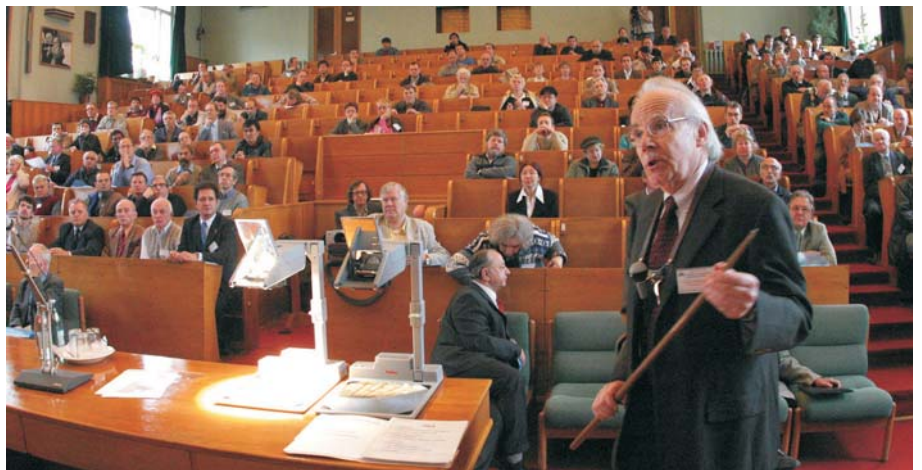
The main topics of the international seminar were:

- Quantum chromodynamics at large distances
- Relativistic heavy-ion collisions
- Hadron spectroscopy and multi-quark states
- Structure functions of hadrons and nuclei



Лаборатория теоретической физики  
им. Н. Н. Боголюбова.  
XVII Балдинский международный  
семинар по проблемам физики  
высоких энергий «Релятивистская  
ядерная физика и квантовая  
хромодинамика»

Bogoliubov Laboratory  
of Theoretical Physics.  
XVII International Baldin Seminar on  
High Energy Physics Problems  
«Relativistic Nuclear Physics and  
Quantum Chromodynamics»



Можно выделить основные темы международного семинара:

- КХД на больших расстояниях,
- физика релятивистских тяжелых ионов,
- спектроскопия адронов и многокварковые состояния,
- структурные функции адронов и ядер,
- многочастичная динамика,
- спиновая физика и поляризационные исследования,
- изучение экзотических ядер в релятивистских пучках,
- использование релятивистских пучков для прикладных исследований,
- достижения в экспериментальных исследованиях на ускорителях высоких энергий,
- ускорительные комплексы: настоящее и будущее.

Кроме сотрудников ОИЯИ в семинаре приняли участие специалисты из Болгарии, Белоруссии, Германии, Ирана, Индии, Монголии, Польши, России, Словакии, США, Франции, Греции, Египта, Чехии, Узбекистана, Украины и из бывшей Югославии (Сербия и Черногория).

С 29 июня по 2 июля в Лаборатории информационных технологий проходила международная конференция «*Распределенные вычисления и Grid-технологии в науке и образовании*». Это была первая конференция в России, посвященная обсуждению вопросов, связанных с использованием современных Grid-технологий и распределенных вычислений во всех сферах деятельности.

В настоящее время Grid становится доминирующей концепцией распределенных вычислений. Эта технология рассматривается мировым сообществом как наиболее перспективная стратегия глобальных вычислений, использующая географически распределенные ресурсы и предусматривающая применение открытых стандартов, объединение разнородных систем, совместное использование данных и динамическое выделение вычислительных мощностей.

На открытии конференции председатель оргкомитета вице-директор ОИЯИ профессор А. Н. Сисакян подчеркнул важность создания вычислительной сети на основе Grid-технологий: «Физики, особенно физики, работающие в области микромира, наверное, окажутся первыми пользователями и инициаторами создания такой сети. Так же как современный Интернет является в какой-то мере детищем физики высоких энергий, так и Grid-технологии через физику высоких энергий начинают свое проникновение во все области науки,

- Multiparticle dynamics
- Polarization phenomena and spin physics
- Studies of exotic nuclei in relativistic beams
- Applied use of relativistic beams
- Progress in experimental studies at the high-energy accelerators
- Accelerator facilities: status and perspectives.

The scientists from such countries as Bulgaria, Belarus, Germany, Iran, India, Mongolia, Poland, Russia, Slovakia, the USA, France, Greece, Egypt, the Czech Republic, Uzbekistan, Ukraine and former Yugoslavia (Serbia and Montenegro) took part in the conference.

From 29 June to 2 July, an international conference «*Distributed Computing and Grid Technologies in Science and Education*» was held at the Laboratory of Information Technologies. The conference was the first one dedicated to the issues of the implementation of advanced Grid technologies and distributed computing in all fields of human activities.

The Grid is getting a dominating concept of distributed computing. The Grid technologies are considered worldwide as the most promising strategy of global computations that uses geographically distributed resources and provides use of open standards, integration of heterogeneous systems, joint use of data and dynamic allocation of computing resources.

In the opening address JINR Vice-Director A. N. Sissakian took note of the importance of creating a computing network based on Grid technologies, «The physicists, especially those involved in microcosm research, are likely to become first users and pioneers of such a network. Just as the present-day Internet was to some extent a brainchild of high energy physics, the Grid begins penetrating through high energy physics into all areas of science and education and, finally, into the civilized process of the 21st century.» D. L. Penyaz, a representative of Hewlett Packard, one of the world's largest computer companies and a long-standing

образования и, в конечном итоге, в тот цивилизационный процесс, который происходит в XXI веке». Представитель HP (Hewlett Packard), одной из крупнейших компьютерных компаний мира, многолетнего партнера ОИЯИ и спонсора конференции, Д. Л. Пенязь рассказал о стратегии компании, связанной с Grid: «Компания считает, что в течение ближайших двух-пяти лет Grid-вычисления будут оказывать огромное влияние на индустрию. Если вспомнить бурный скачок развития Интернета, то можно предположить, что Grid для ресурсов сделает то же, что Интернет сделал для информации».

В конференции участвовало более 200 человек. Было заслушано 79 докладов, касающихся как вопросов организации Grid-инфраструктур, так и разработки средств для функционирования таких систем, а также вопросов решения прикладных задач на создаваемых структурах. Во вступительном докладе В. А. Ильина (НИИ ядерной физики им. Д. В. Скобельцына МГУ) и В. В. Коренькова (ЛИТ ОИЯИ) основное внимание было уделено уже существующим проектам российских научных центров и ОИЯИ по созданию инфраструктуры, которая могла бы обслуживать конкретные прикладные задачи. Так, благодаря участию в проекте EDG — European DataGrid — российские центры и

ОИЯИ получили опыт работы с новейшим программным обеспечением Grid, российский сегмент был включен в европейскую инфраструктуру. С 2003 г. российские центры и ОИЯИ принимают участие в проекте LCG — LHC Computing Grid — создании глобальной инфраструктуры региональных центров для обработки, хранения и анализа данных экспериментов на LHC. Новый проект EGEE — Enabling Grids for E-science in Europe, который стартовал в апреле этого года, объединяет 70 институтов из 28 стран мира. Его цель — создание инфраструктуры Grid, доступной 24 часа в сутки. В рамках проекта EGEE накануне конференции для участников были впервые в России проведены однодневные обучающие курсы.

Вопросам создания Grid-структур в странах-участницах ОИЯИ были посвящены доклады А. Григоряна (Армения), А. Дирнера (Словакия), М. Локайчика (Чехия). Большое внимание привлекли доклады о Grid-центрах Германии, сделанные М. Кунце (Карлсруэ) и В. Линденштрутом (Гейдельберг). Большой интерес участников конференции вызвали доклады Т. Соломонидеса (Великобритания) и А. Жучкова (Россия), которые касались вопросов применения Grid-технологий в проектах HelthGrid и MammoGrid в мире и в России.

JINR partner, spoke about the strategy of the company connected to Grid developments, «We believe that within the nearest two-five years the Grid computing will have an even greater impact on industry. If we take a look at the rapid growth of the Internet, we can suppose that Grid will do the same for resources as the Internet has done for information.»

More than 200 scientists attended the conference. The participants heard 79 reports dedicated to the implementation of Grid infrastructures and development of tools for functioning of such systems, as well as to the issues of solving applied tasks with the help of the created structures. The introductory report delivered by V. A. Ilyin (SRINP, MSU) and V. V. Korenkov (LIT, JINR) focussed basic attention on the available projects of Russian research centres and JINR aimed at creating an infrastructure that could serve specific applied tasks. For example, due to the participation in the EDG (European DataGrid) project the Russian centres and JINR have gained experience of work with the newest Grid software, and the Russian segment has been included in the European infrastructure. Since 2003, the Russian research centres and JINR have been participating in the LCG (LHC

Computing Grid) project devoted to the creation of a global infrastructure of regional centres for processing, storage and analysis of data from LHC experiments. The new project — EGEE (Enabling Grids for E-science in Europe) that started in April 2004, joins 70 institutes from 28 countries worldwide. Its purpose is to develop a Grid infrastructure accessible 24 hours a day. Before the conference, for the first time in Russia, one-day training courses were organized for the conference participants in the framework of the EGEE project.

The issues of creating Grid structures in the JINR Member States were discussed in the reports delivered by A. Grigoryan (Armenia), A. Diner (Slovakia), A. Lokajicek (Czechia). Particular attention was attracted by the reports on Grid centres in Germany presented by M. Kunze (Karlsruhe) and V. Lindenstruth (Heidelberg).

The contributions of T. Solomonides (Great Britain) and A. Zhuchkov (Russia) devoted to the application of the Grid technologies in the projects HealthGrid and MammoGrid in Russia generated great interest of the conference attendees.

Применению Grid-технологий для создания систем обработки данных экспериментов на LHC и связанных с этим Grid-систем были посвящены доклады Ю. Смирнова (ОИЯИ, США), О. Смирновой (ЛЯП ОИЯИ, Швеция), В. Литвина (США), Ю. Харлова (Протвино), С. Шматова (ОИЯИ).

Участникам конференции были представлены доклады о состоянии и перспективах развития Центрального информационно-вычислительного комплекса ОИЯИ (В. В. Мицын, ОИЯИ), о проекте «Дубна–Grid» (Ю. А. Крюков), об исследованиях технологий распределенной обработки данных на гигабитном сетевом полигоне Московского университета (Вл. В. Воеводин, МГУ), об экспериментальном Grid-сегменте на базе ССКЦ СО РАН (С. В. Бредихин, ССКЦ СО РАН), о создании российского сегмента Grid в области квантово-химических расчетов (В. М. Волохов, ИПХФ РАН), об особенностях системной интеграции крупных распределенных суперкомпьютерных центров (А. В. Богданов, ИВВиБД).

Большое число сообщений, представленных участниками из Института прикладной математики (Москва), Российского университета дружбы народов (Москва), Института проблем информатики (Москва), Ин-

ститута органической химии (Москва), Санкт-Петербургского государственного университета, Воронежского университета, Нижегородского государственного университета, Самарского государственного аэрокосмического университета, НИИЯФ МГУ, ИФВЭ, ПИЯФ РАН, НИВЦ МГУ, ЛИТ ОИЯИ, было посвящено конкретным вопросам разработки программного обеспечения в Grid-системах, анализу работы таких систем, применению в различных исследованиях.

По общему мнению участников, конференция явилась знаковым событием для всех, кто заинтересован в расширении своих вычислительных мощностей и готов представить свои ресурсы для общих задач, и ее необходимо сделать ежегодной. Успешное проведение конференции стало возможным благодаря финансовой поддержке ОИЯИ, Российского фонда фундаментальных исследований и Российского представительства фирмы «Hewlett Packard».



В Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова в рамках научно-образовательного проекта «Дубненская международная школа современной тео-

The presentations of Yu. Smirnov (Grid2003++ and Atlas Applications), O. Smirnova (NordGrid's Advanced Resource Connector), V. Litvin (Long-term Massive Production Runs on Alliance Resources), Yu. Kharlov (Experience in Data Challenge Runs of the ALICE Experiment in the Distributed Environment of Russian Computer Centres) and S. Shmatov (RDMS CMS Computing Model) were dedicated to application of the Grid technologies for creation of experimental data processing systems on LHC and related Grid systems.

The conference participants heard reports on the status and perspectives of the JINR Central Information Computing Complex (V. V. Mitsyn, JINR), the Dubna–Grid project (Yu. A. Kryukov), research in the technologies of distributed data processing on the Gigabit network testbed of Moscow State University (V. V. Voyevodin, MSU), experimental Grid segment on the basis of SSCC of the Siberian Branch of RAS (S.V. Bredikhin, SSCC, Siberian Branch of RAS), creation of a Russian Grid segment in the field of quantum chemical calculations (V. M. Volokhov, RAS), peculiar features of system integration of large distributed su-

percomputer centres (A. V. Bogdanov, IHPCIS, St. Petersburg).

A lot of reports delivered by the conference attendees from the Institute of Applied Mathematics (Moscow), Russian University of Peoples' Friendship (Moscow), Institute of Problems of Informatics (Moscow), Institute of Organic Chemistry (Moscow), St. Petersburg State University, Voronezh University, Nizhnii Novgorod State University, SRINP MSU, IHEP, St. Petersburg Institute for Nuclear Physics of RAS, SRCC MSU, LIT JINR, were devoted to specific problems arising in Grid-systems software development, analysis of operation of such systems, application in various research fields.

In the general opinion of the participants, the conference was a key event for those concerned in expansion of their computing resources and ready to offer these resources for solving common tasks, and such meetings should be organized annually. The successful work of the conference also became possible due to the financial support provided by JINR, the Russian Foundation for Basic Research and the Russian Agency of the Hewlett Packard company.

ретической физики» с 20 по 29 июля проведена первая **Школа по избранным вопросам теории ядра**. Она была посвящена обсуждению результатов новейших исследований ядерной структуры и ядерных реакций, теоретических методов, а также их применению в астрофизических задачах и для описания мезоскопических систем. В качестве лекторов были приглашены известные ученые из ОИЯИ, России, Украины, Чехии и Германии. Состав слушателей был интернациональным: в работе школы приняли участие 60 студентов и аспирантов из ОИЯИ, Белоруссии, Болгарии, Германии, Казахстана, России, Румынии, Польши, Словакии, Украины и Чехии. Обсуждались такие вопросы, как современные методы описания структуры ядра и ядерных реакций на границе стабильности, связь ядерной физики с астрофизическими задачами, двойной бета-распад и проблема массы нейтрино, гиперядра. Большое внимание было уделено также исследованиям свойств радиоактивных ядер и механизмов реакций, с помощью которых они получают. Международная школа открылась лекцией академика Ю. Ц. Оганесяна «Сверхтяжелые элементы».

Лекции школы записаны на цифровую видеокамеру и доступны к просмотру на сайте ЛТФ в Интернет. Там

же можно найти материалы школы, предоставленные лекторами в электронном виде.

Во время пребывания в Дубне у студентов была возможность ознакомиться и с программой экспериментальных исследований в ОИЯИ. Помимо лекций были организованы экскурсии в те экспериментальные лаборатории Института, с которыми ЛТФ сотрудничает по совместным проектам. Слушатели школы имели возможность работать в компьютерных классах Учебно-научного центра ОИЯИ. Многие участники выразили желание приехать в Дубну для продолжения научной работы в ОИЯИ.

Проведение школы было бы невозможным без поддержки ОИЯИ, Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, Учебно-научного центра, РФФИ, программ «Боголюбов–Инфельд», «Гейзенберг–Ландау», «Блохинцев–Вотруба».



2–13 августа в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова проходила международная школа-семинар «**Актуальные проблемы астрофизики и космологии**». Ее слушателями были около 60 молодых



On 20–29 July the first **School on Selected Topics in Nuclear Theory**, organized in the framework of the research-educational project «Dubna International Advanced School of Theoretical Physics», was held at the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics. It was devoted to the discussion of the results of the recent research into nuclear structure and nuclear reactions, theoretical methods as well as their application to astrophysical problems and description of mesoscopic systems. Prominent scientists from JINR, Russia, Ukraine, Czechia, and Germany were invited as lecturers. The composition of the school was international: 60 students and postgraduates from JINR, Belarus, Germany, Kazakhstan, Poland, Russia, Romania, Slovakia, Ukraine, and Czechia attended the school.

The main topics discussed were present-day methods of describing nuclear structure and nuclear reactions at the border of stability, astrophysical aspects of nuclear structure, double beta decay, neutrino mass problem, and hypernuclei. Much attention was paid to the studies of properties of radioactive beams and reaction mechanisms to obtain

them. This school was opened by a lecture «Superheavy Elements» by Yu.Ts. Oganessian.

The lectures of the school were recorded on video and are available in the MPEG4 format at the BLTP Web site. The electronic versions of the materials provided by the lecturers are also available there.

While in Dubna, the students had an opportunity to become acquainted with the programme of experimental research at JINR. The participants of the school were shown round the JINR experimental laboratories. They also had an opportunity to work in the computer classes of the JINR University Centre. Many students expressed their wish to continue their research work at JINR.

The school was supported by JINR, BLTP, University Centre, RFBR, and the Bogoliubov–Infeld, Heisenberg–Landau and Blokhintsev–Votruba Programmes.



On 2–13 August the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics hosted an international school-seminar «**Hot Points in Astrophysics and Cosmology**». It was attended by about 60 young scientists and postgraduates from Armenia,

ученых и аспирантов из научных центров и университетов Армении, Белоруссии, Болгарии, Германии, Италии, Польши, России, Хорватии, Японии. Школа по этой тематике впервые проходила в ОИЯИ в 2000 г. В этом году она проводилась в рамках проекта DIAS-TH при поддержке Общества Гельмгольца (Германия), РФФИ и программ «Гейзенберг–Ландау» и «Боголюбов–Инфельд».

Астрофизика — это бурно развивающееся сегодня направление физики, и наиболее впечатляющие открытия делаются именно там. С другой стороны, астрофизика и космология тесно связаны с другими разделами физики — физикой частиц, ядерной физикой, атомной физикой и физикой плазмы. Поэтому на школу специально были приглашены молодые люди, специализирующиеся в других областях физики, чтобы познакомить их с наиболее интересными и быстро развивающимися

направлениями в астрофизике и космологии. Лекторами школы были ученые из ведущих в этой области центров и университетов России, Германии, Италии, Польши, США, Кореи, Японии.



С 8 по 11 сентября в Доме международных совещаний ОИЯИ прошло 1-е Международное совещание «*Молекулярное моделирование в науках о веществе и биологии*». По сути это одно из первых узконаправленных совещаний в России, посвященных компьютерному молекулярно-динамическому моделированию в физико-химических и биофизических задачах. В нем приняли участие специалисты по различным областям знаний — компьютерному моделированию, биофизике и физической химии, физике наноструктур и т. п., из ве-

Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова.  
Школа для молодых ученых и аспирантов «Актуальные проблемы астрофизики и космологии»



Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics.  
School for young scientists and postgraduates «Hot Points in Astrophysics and Cosmology»

Belarus, Bulgaria, Germany, Italy, Poland, Russia, Croatia, and Japan. The first school on this subject was held at JINR in 2000. This year it was organized in the framework of the DIAS-TH project with the support of the Helmholtz Association (Germany), RFBR, and the Heisenberg–Landau and Bogoliubov–Infeld Programmes.

Astrophysics is a rapidly developing trend of physics and most dramatic discoveries are made there. On the other hand, astrophysics and cosmology are interrelated with other divisions of physics — particle physics, nuclear physics, atomic physics, and plasma physics. Therefore, young scientists who specialize in other fields of physics were invited to the school to be introduced to the most interesting and

дущих научных центров Японии, США, Европы, российских академических институтов и университетов, ОИЯИ. Доклады, представленные на совещании, охватывали широкую тематику: моделирование ДНК и белков, нанокластеры, мембраны, квантовая биофизика, молекулярное моделирование физических и химических систем, параллельные вычисления в биомолекулярном моделировании. Несмотря на большое разнообразие и широкий спектр проблем, совещание имело четкую границу — все обсуждаемые вопросы были перенесены в плоскость молекулярного моделирования и высокопроизводительных компьютерных вычислений.

### Рочестерская конференция в Пекине

В течение недели, 16–22 августа, в Пекине проводилась 32-я Международная конференция по физике высоких энергий «ICHEP'04» из серии так называемых Рочестерских конференций, первая из которых состоялась в американском городе Рочестер в 1950 г.

Вначале несколько цифр, дающих представление о масштабе этого форума. В конференции приняли участие около 800 физиков, из которых почти 600 ученых

приехали из других стран. Наибольшая делегация была представлена странами Азии (42 %), что вполне естественно потому, что конференция проводилась в Китае. Европейский континент делегировал своих ученых, которые составляли заметную долю среди участников (34 %), и замыкали основную группу физики-делегаты США (23 %).

По установившейся уже традиции, формат конференции «ICHEP'04» содержал шесть рабочих дней, из которых первые три были наполнены оригинальными докладами по параллельным сессиям, а остальные три дня были посвящены пленарным заседаниям. На тридцати параллельных сессиях было представлено более 300 докладов по физике нейтрино, кварковой материи и столкновениям тяжелых ионов, астрофизике и космологии, электрослабым взаимодействиям, КХД в жестких и мягких процессах, проблемам CP-нарушения и редким распадам мезонов, адронной спектроскопии и экзотическим состояниям, проблемам стандартной модели и ее расширениям, теории струн и т. д. В 27 пленарных докладах были даны обзоры по современным проблемам физики и теории элементарных частиц, новым направлениям в теории квантовых полей, последним резуль-

rapidly developing trends in astrophysics and cosmology. Scientists from centres and universities of Russia, Germany, Italy, Poland, the USA, Korea, and Japan — leaders in this field — were invited as lecturers.



The 1st international workshop «*Molecular Simulation Studies in Material and Biological Sciences*», organized by the Division of Radiation and Radiobiological Research of JINR, was held from 8 to 11 September at the International Conference Hall. Actually, the workshop was among the first held in Russia to centre on the computer molecular dynamics simulations of the biological and chemical physics problems. The workshop was attended by leading research experts working in various branches of science — computer molecular simulations, biophysics and chemical physics, nanotechnology, etc., from Japan, the USA and European countries, Russian research institutes and universities, JINR. The research topics covered at the workshop included molecular dynamics simulations of DNA and proteins, nanoclusters, membranes and lipids,

quantum biophysics, parallel computing for biomolecular simulations.

### The Rochester Conference in Beijing

The 32nd International Conference on High Energy Physics (ICHEP'04) was held on 16–22 August in Beijing, China. These conferences are called Rochester conferences as the first of them was held in 1950 in Rochester, the USA.

A few figures illustrate the large-scale character of the event. About 800 physicists took part in the conference, among them 600 were from foreign countries. The largest delegation was from Asian states (42%) and it was quite natural as the conference was held in China. Europe was represented by 34% of participants. Physicists from the USA constituted 23% of the total number of the delegates.

Traditionally, the ICHEP'04 conference had a six-day agenda. The first three days included original reports at parallel sessions, plenary meetings were held on the other three days. At 13 parallel sessions more than 300 reports were presented on neutrino physics, quark matter and heavy-ion collisions, astrophysics and cosmology, electroweak inter-



татам, полученным в ускорительных лабораториях и в неускорительных экспериментах.

Делегация ученых ОИЯИ во главе с директором академиком В. Г. Кадышевским представила свои доклады на различных параллельных сессиях. Профессор А. Н. Сисакян выступил с докладом о проблемах термализованного состояния в соударениях, происходящих при высоких энергиях. Последним результатам экспериментов NA-48/2 по распадам заряженных  $K$ -мезонов, а также NA-48 и NA-48/1 по распадам нейтральных  $K$ -мезонов были посвящены доклады профессора В. Д. Кекелидзе и Л. Литова соответственно. В докладах профессора И. А. Савина представлены последние результаты по поляризованным кварковым и глюонным распределениям в эксперименте COMPASS. Исследованию бозе-эйнштейновских многочастичных корреляций и фазе деконфайнмента был посвящен доклад Г. А. Козлова, а в докладе М. Капишина были отражены результаты по инклюзивной дифракции в эксперименте HERA.

Сессию пленарных докладов на «ICHEP'04» открыл профессор И. Сакаи (Япония), который дал подробный анализ физики  $B$ -мезонов и их распадов. В частности, большое внимание было уделено наруше-

нию CP-симметрии в адронных распадах  $B$ -мезонов. Возможным проявлением эффектов новой физики (новых виртуальных промежуточных частиц) может быть объяснено значительное отклонение величины асимметрии в этих распадах по сравнению с известными результатами. Известный теоретик А. Али (DESY, Германия) сделал обзор современного состояния теории тяжелых кварков, адронов, состоящих из тяжелых ароматов, их распадов в рамках стандартной модели и за ее пределами. Анализ современного состояния и проблемы CP-нарушения в физике  $B$ - и  $K^-$ -мезонов был представлен в докладах М. Джоржи (Италия), В. Патера (Италия) и З. Лигети (США). Физика так называемых чармованных кварков была подробно изложена в докладе Я. Шипси (США). С. Хашимото (Япония) сделал обзор о прогрессе, достигнутом в вычислениях на решетках за последние 30 лет, начиная с работы Вильсона 1974 г. Адронная спектроскопия, включая пентакварки с точки зрения современных теоретических моделей, была изящно изложена в докладе Ф. Клоза (Великобритания).

Прогрессу в электрослабых взаимодействиях с акцентом на ограничение верхней границы массы бозона

Пекин (Китай), 16–22 августа.  
Открытие 32-й Международной  
(Рочестерской) конференции по  
физике высоких энергий

Beijing (China), 16–22 August.  
Opening of the 32nd International  
(Rochester) Conference on High  
Energy Physics



actions, QCD in hard and soft processes, problems of CP violation and meson rare decays, hadron spectroscopy and exotic states, problems of the Standard Model and its extension, string theory, etc. Twenty-seven plenary reports reviewed modern problems in physics and elementary particle theory, new trends in quantum field theory, latest results obtained in accelerator laboratories and nonaccelerator experiments.

The delegation from JINR was headed by JINR Director Academician V. Kadyshevsky. JINR scientists made reports at different parallel sessions. Professor A. Sissakian

presented a report on problems of the thermalized state in collisions at high energies. Latest results of the NA48/2 experiments on decays of charged  $K$  mesons and NA48 and NA48/1 studies of neutral  $K^-$ -meson decays were reported by Professor V. Kekelidze and L. Litov. Professor I. Savin made a report on recent results in polarized quark studies and gluon distributions in the COMPASS experiment. G. Kozlov, the author of these notes, spoke about the research in Bose–Einstein multiparticle correlations and the deconfinement phase. M. Kapishin reported on results in the inclusive diffraction in the HERA experiment.

Хиггса (менее 260 ГэВ) был посвящен доклад Ф. Тьюберта (ЦЕРН). Последние события, связанные с физикой топ-кварков и поиском хиггсовских бозонов на тэватроне, были изложены в докладе Д. Денисова (США). Коллаборации CDF и D0 (тэватрон) с оптимизмом оценивают поиск неуловимого пока бозона Хиггса. Р. Барбиери (Италия) в своем докладе представил участникам конференции горизонты новой экзотической физики, которая, как ожидается, сможет дать свое проявление в виде новых (суперсимметричных) частиц на будущих адронных и электрон-позитронных коллайдерах. Обзор по физике и теории нейтрино содержался в докладах К. Макгрю (Великобритания) (ускорительные эксперименты), Ю. Ванга (Китай) (неускорительные эксперименты) и П. Лангакера (США). Обзор новых методов ускорения и самих ускорителей представил К. Йокоя (Япония).

Замечательный исчерпывающий доклад по итогам 32-й Рочестерской конференции сделал Дж. Эллис (ЦЕРН), который в конце своего выступления призвал участников конференции вернуться в свои лаборатории, чтобы продолжать заниматься физикой.

*Г. А. Козлов*

### Боголюбовская конференция

С 2 по 6 сентября в Москве и Дубне проходила международная конференция «Проблемы теоретической и математической физики», посвященная 95-летию со дня рождения Николая Николаевича Боголюбова. Она была организована Объединенным институтом ядерных исследований и Российской академией наук при поддержке РФФИ и ЮНЕСКО (Регионального бюро по науке в Европе).

Конференция собрала более 120 участников из 15 стран мира, как представителей старшего поколения, известных физиков-теоретиков, являющихся учениками и соратниками академика Н. Н. Боголюбова, так и молодых людей, еще только вступивших на путь теоретической физики. Было представлено более 60 докладов, тематика которых связана с современными проблемами математики и нелинейной механики, квантовой теории поля и теории элементарных частиц, статистической физики и кинетики — именно с теми областями науки, в которые Н. Н. Боголюбов внес определяющий вклад.

Конференция открылась 2 сентября в Математическом институте им. В. А. Стеклова РАН, в котором

Professor Y. Sakai (Japan) opened the plenary session at ICHEP'04 with a report on the detailed analysis of  $B$ -meson physics and  $B$  mesons' decays. In particular, much attention was paid to the CP-symmetry violation in hadron decays of  $B$  mesons. Possible demonstration of the new physics effects (new virtual intermediate particles) may explain a considerable deviation of the asymmetry value in these decays in comparison to the known results. The famous theoretician A. Ali (DESY, Germany) made a review of the modern status of the heavy quark theory, hadrons which consist of heavy flavours, their decays in the framework of the Standard Model and beyond it. M. Giorgi (Italy), V. Patera (Italy) and Z. Ligeti (USA) analyzed modern aspects of CP violation in  $B$ - and  $K$ -meson physics. Charmed quark physics was discussed in detail in the report by I. Shipsey (USA). S. Hashimoto (Japan) made a review on the progress in lattice calculations in the last 30 years starting from the studies by Wilson in 1974. F. Close (Great Britain) made an elegant report on hadron spectroscopy, including pentaquarks in modern theoretical representations.

Progress in electroweak interactions with an accent to the limit of the Higgs boson mass upper boundary (less than 260 GeV) was discussed in the report by F. Teubert

(CERN). D. Denisov (USA) dwelt on the latest events in top quark physics and the search for Higgs bosons at the Tevatron. The CDF and D0 collaborations optimistically estimate the search for yet elusive Higgs boson. R. Barbieri (Italy) presented in his report horizons of the new exotic physics which, as is expected, will reveal itself in new (supersymmetric) particles at future hadron and electron-positron colliders. Physics and theory of neutrino were reviewed in the reports by C. McGrew (Great Britain) (accelerator-based experiments), Y. Wang (China) (nonaccelerator experiments) and P. Langacker (USA). K. Yokoya (Japan) spoke on new accelerator methods and future accelerators.

An outstanding complete report on the results of the 32nd Rochester Conference was presented by J. Ellis (CERN). In his concluding words he addressed the participants, advising them to continue their physics studies when they return to their laboratories.

*G. Kozlov*

Н. Н. Боголюбов работал с 1948 по 1992 г., со слов приветствия от президента РАН академика Ю. С. Осипова в адрес конференции и ее участников. С докладами о математической физике и нелинейной механике и роли в развитии этих наук Н. Н. Боголюбова выступили академики В. С. Владимиров и Ю. А. Митропольский. Теории квантовых систем на торе и законам сохранения был посвящен совместный доклад академика В. В. Козлова и Д. В. Трещева. Утренняя сессия завершилась выступлением профессора Й. Девриза (Бельгия), который представил обзор своих исследований по теории поля и сверхпроводимости. В этот же день участники конференции посетили Новодевичье кладбище и возложили венки и цветы на могилу Николая Николаевича Боголюбова.

3 сентября Боголюбовская конференция продолжила работу в Дубне, в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ, носящей имя Н. Н. Боголюбова. Конференция в Дубне открылась выступлениями директора ОИЯИ академика В. Г. Кадышевского, академика В. С. Владимирова, члена-корреспондента РАН Н. Н. Боголюбова (мл.), вице-директора ОИЯИ профессора А. Н. Сисакяна, ректора университета «Дубна» профессора О. Л. Кузнецова и др. Обзорам по общим и

избранным проблемам современной квантовой теории поля и теории элементарных частиц были посвящены доклады академика Д. В. Ширкова (ОИЯИ) «Боголюбовская ренормгруппа, 50 лет спустя», члена-корреспондента РАН Л. Н. Липатова (Санкт-Петербург) «BFKL- и DGLAP-уравнения в  $N = 4$  суперсимметрии», профессора В. С. Фадына (Новосибирск) «BFKL-подход в последующих порядках», профессора Д. А. Славнова (Москва) «Концепция локальной реальности в квантовой теории».

На заседании секции «Квантовая теория поля» выступили профессор Ф. Иогерленер (Германия), С. Эйдельман (Новосибирск), Г. Скарпетта (Италия), Г. В. Ефимов (ОИЯИ), В. В. Белокуров (Москва), Д. Л. Беннет (Дания), Д. Поляков (Ливан), В. Н. Родионов (Москва), Л. В. Лаперашвили (Москва), Д. И. Казаков (ОИЯИ). В заключение первого дня конференции в Дубне профессор П. С. Исаев на специальном вечернем заседании выступил с докладом, подготовленным совместно с профессором П. Н. Боголюбовым, о жизни и творческой деятельности Н. Н. Боголюбова в дубненский период жизни.

Следующий день работы конференции был посвящен обсуждению современных проблем статистиче-

### The Bogolyubov Conference

The international conference «Problems of Theoretical and Mathematical Physics» dedicated to the 95th anniversary of Nikolai Nikolaevich Bogolyubov was held on 2–6 September in Moscow and Dubna. The conference was organized by JINR and the Russian Academy of Sciences with the support of RFBR and UNESCO Office in Venice — the Regional Bureau for Science in Europe.

The conference was attended by more than 120 participants from 15 countries. Among them were scientists of the older generation — renown theoretical physicists, disciples and colleagues of Academician N. N. Bogolyubov, as well as young people who were at the start of their theoretical physics career. More than 60 reports were presented at the conference. Their topics were related to modern problems of systematics and nonlinear mechanics, quantum field theory and elementary particle theory, statistical physics and kinetics — exactly those to which N. N. Bogolyubov made a decisive contribution.

The conference opened on 2 September at the Steklov Mathematical Institute of RAS, where from 1948 to 1992 N. N. Bogolyubov was its director, with the greeting ad-

dress of RAS President Yu. Osipov to the audience. Academicians V. Vladimirov and Yu. Mitropolsky made reports on mathematical physics and nonlinear mechanics and the role of N. N. Bogolyubov in the development of these branches of science. The joint report of Academician V. Kozlov and D. Treshchev was devoted to the theory of quantum systems on the torus and conservation laws. The morning session at the Steklov Institute closed up with the presentation by Professor J. Devreese (Belgium), who made a review of his research in the theory of polarons in superconductivity. On the same day the participants of the conference visited the Novodevichy cemetery and put flowers to the tomb of Nikolai Nikolaevich Bogolyubov.

On 3 September the conference moved to Dubna, where it continued its work at the Laboratory of Theoretical Physics named after N. Bogolyubov. The meetings in Dubna opened with the presentations by JINR Director Academician V. Kadyshevsky, Academician V. Vladimirov, RAS Corresponding Member N. Bogolyubov (jr.), JINR Vice-Director A. Sissakain, Rector of Dubna University O. Kuznetsov and others. General and selected problems of modern quantum field theory and elementary particle theory



Москва–Дубна, 2–6 сентября.  
Боголюбовская конференция «Проблемы теоретической  
и математической физики»

Moscow–Dubna, 2–6 September.  
The Bogolyubov conference «Problems of Theoretical  
and Mathematical Physics»



ской физики и кинетики. Было представлено более 15 докладов по этим разделам физики, среди них — пленарные доклады Н. М. Плакиды (ОИЯИ) «Теория сверхпроводимости в купратах», А. Г. Загороднего (Украина) «Диффузия в пространстве скоростей, вызванная сильными произвольными полями», П. Энтеля (Германия) «Магнетизм и эффекты корреляции в наночастицах», А. Авеллы (Италия) «Метод композитных операторов», Т. В. Тропина (ОИЯИ) «Кинематика возрастания кластеров в фуллеренных молекулярных решениях», В. А. Загребнова (Франция) «Метод боголюбовского аппроксимирующего гамильтониана для бозонных моделей», Н. Тончева (Болгария) «Поведение систем с взаимодействиями на больших расстояниях в ограниченной геометрии», Е. Е. Таревой (Москва) «Новые типы фазовых переходов: преобразования в разупорядоченных субстанциях».

6 сентября, в завершающий день работы конференции, участники Боголюбовского форума по теоретической физике обсудили новые направления в теории квантовых полей и теории элементарных частиц, представленные, в частности, в докладах академика А. А. Славнова (Москва) «Прогресс в некоммутативных полевых теориях», профессора А. Г. Сергеева (Мо-

сква) «О некоммутативных уравнениях Сайберга–Виттена», профессора В. Кувшинова (Белоруссия) «Вильсоновская петля в КХД и квантовые вычисления», профессора М. И. Поликарпова (Москва) «Качественное описание элементарных частиц с помощью суперкомпьютеров», профессора А. Андрианова (Санкт-Петербург) «О киральной динамике», профессора Б. А. Арбузова (Москва) «Метод боголюбовских квазисредних и динамические нарушения электрослабой симметрии», профессора И. А. Савина (ОИЯИ) «Последние результаты по спиновой структуре нуклона», С. Деркачова (Санкт-Петербург) «Квантовая интегрируемость в (супер)теории Янга–Миллса на световом конусе».

Итоги Боголюбовской конференции в своем заключительном слове подвел вице-директор ОИЯИ профессор А. Н. Сисакян и, вместе со словами благодарности, прежде чем попрощаться с участниками конференции, напомнил о том, что Боголюбовская конференция в Киеве пройдет с 13 по 17 сентября 2004 г.

*Г. А. Козлов*

were reviewed in the reports of Academician D. Shirkov (JINR) «Bogolyubov Renormgroup, 50 Years Later», RAS Corresponding Member L. Lipatov (St. Petersburg) «BFKL and DGLAP Equations in  $N = 4$  SUSY», Professor V. Fadin (Novosibirsk) «BEKL Approach at Next-to-leading Order», Professor D. Slavnov (Moscow) «Concept of the Objective Local Reality in Quantum Theory».

At the Quantum Field Theory section the following scientists made reports: Professor F. Jegerlehner (Germany), S. Eidelman (Novosibirsk), G. Scarpetta (Italy), G. Efimov (JINR), V. Belokurov (Moscow), D. Bennet (Denmark), D. Polyakov (Lebanon), V. Rodionov (Moscow), L. Laperashvili (Moscow), D. Kazakov (JINR). The first conference day in Dubna was closed at the special evening session with a report by Professor P. Isaev about the life and creative work of N. N. Bogolyubov in Dubna.

A day of the conference agenda was devoted to the discussions of modern problems of statistical physics and kinetics. More than 15 reports were delivered on this physics topic. Among them were plenary reports by N. Plakida (JINR) «The theory of Superconductivity in Cuprates», A. Zagorodny (Ukraine) «Diffusion in Velocity Space Caused by Strong Random Fields», P. Entel (Germany)

«Magnetism and Correlation Effects in Nanoparticles», A. Avella (Italy) «Composite Operator Method: History and Perspectives», T. Tropin (JINR) «Kinetics of the Cluster Growth in Fullerene Molecular Solutions», V. Zagrebnoy (France) «Bogolyubov Approximating Hamiltonian Method for Boson Models», N. Tonchev (Bulgaria) «Behaviour of Systems with Long-Range Interaction in Restricted Geometry», E. Tareeva (Moscow) «New Kinds of Phase Transitions: Transformations in Disordered Substances».

The last day of the conference, 6 September, was devoted to new trends in quantum field theory and elementary particle theory. The topics were presented in reports by Academician A. Slavnov (Moscow) «Progress in Noncommutative Field Theories», Professor A. Sergeev (Moscow) «On Noncommutative Seiberg–Witten Equations», Professor V. Kuvshinov (Belarus) «Fidelity and Wilson Loop in QCD and Quantum Computations», Professor M. Polikarpov (Moscow) «Qualitative Properties of Elementary Particles from Supercomputers», Professor A. Andrianov (St. Petersburg) «Stringification of Chiral Dynamics», Professor B. Arbuzyov (Moscow) «The Bogolyubov Quasiaverage Method and Dynamical Electroweak Symmetry Breaking»,

**XIX Российская конференция  
 по ускорителям заряженных частиц  
 (RUPAC-2004)**

С 4 по 8 октября в Объединенном институте ядерных исследований проходила XIX Российская конференция по ускорителям заряженных частиц (RUPAC-2004), которая состоялась при непосредственной поддержке ОИЯИ, РАН, Комитета РФ по атомной энергетике, Министерства науки и образования РФ, РФФИ. С приветственным словом на открытии конференции выступил председатель программного комитета академик А. Н. Скринский.

Всесоюзные (теперь всероссийские) конференции по ускорителям заряженных частиц имеют долгую историю. Открывая конференцию, председатель организационного комитета академик В. Г. Кадышевский рассказал об истории российских ускорительных форумов: флаг этих конференций поднял академик А. Л. Минц в 1968 г. в Москве. Начиная с 1976 г. они стали называться всесоюзными совещаниями и в течение нескольких лет проводились в Дубне. А затем местом их проведения стал Институт физики высоких энергий в Протвино. В 2002 г. ускорительный форум переехал в

Обнинск, в Физико-энергетический институт, где проходил как Всероссийская конференция по ускорителям заряженных частиц. Там же была утверждена аббревиатура, традиционная для всех ускорительных конференций мира, — RUPAC (по аналогии с европейской (EPAC), азиатской (APAC) и американской (PAC) конференциями).

Начиная с нынешней конференции, RUPAC интегрирован в международную систему, которая называется «Объединенный веб-сайт ускорительных конференций» (JACoW), — мировое ускорительное сообщество, которое существует формально под эгидой международных физических союзов, имеет сайт со свободным доступом к библиотеке, где собраны все труды ускорительных конференций. Это стало возможным благодаря усилиям научного совета РАН по проблемам ускорителей заряженных частиц.

Существенно большее, чем в последние годы, число участников конференции свидетельствует о том, что научный потенциал российских ускорительщиков находится на весьма высоком уровне, а интерес к конференции RUPAC постоянно возрастает. В Дубне собралось 268 официально зарегистрированных участников, кроме того, в работе конференции участвовали слушатели

Professor I. Savin (JINR) «Recent Results on the Nucleon Spin Structure», S. Derkachov (St. Petersburg) «Quantum Integrability in (Super) Yang–Mills Theory on the Light Cone».

JINR Vice-Director Professor A. Sissakian made a concluding report with words of gratitude. He reminded the conference participants that the Bogolyubov conference in Kiev would be held on 13–17 September 2004.

*G. Kozlov*

**The XIX Russian Particle Accelerator Conference  
 (RUPAC-2004)**

The XIX Russian Particle Accelerator Conference (RUPAC-2004) was held from 4 to 8 October at the Joint Institute for Nuclear Research. The conference was supported by JINR, the Russian Academy of Sciences, the RF Committee of Atomic Energy, the Ministry of Science and Education, and the Russian Foundation for Basic Research. Chairman of the Programme Committee Academician A. N. Skrinisky made a salutatory talk at the opening ceremony.

The All-Union (now the All-Russian) RUPAC conferences have a long history. Opening the conference, Chairman of the Organizing Committee Academician V. Kadyshesky spoke about the history of the Russian accelerator forums — Academician Alexander Mints raised the flag of these conferences in 1968 in Moscow. Since 1976 the conferences took the title of All-Union and were held in Dubna for a period of time. Later they were held in Protvino at the Institute for High Energy Physics. In 2002 the accelerator forum moved to Obninsk to the Institute of Physics and Energy and was held as the All-Russian particle accelerator conference. The abbreviation RUPAC was established there which is traditional for accelerator conferences in the world, like the European EPAC, Asian APAC and American PAC events.

The present conference RUPAC is integrated into the international system, which is called the joint web-site of accelerator conferences (JACoW), — a world accelerator community, which formally exists under the aegis of international physics unions, has a site with a free access to the library of proceedings of accelerator conferences. All this became possible due to efforts of the RAS Scientific Council on particle accelerators.

(как правило, студенты и аспиранты московских вузов), которые приезжали на конкретные пленарные заседания. Нельзя не отметить довольно большое количество молодежи — около трети участников.

В конференции приняли участие специалисты, работающие в области физики и техники ускорителей, из многих научных, образовательных и промышленных центров России: Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Протвино, Обнинска, Сарова, Троицка, Нижнего Новгорода, Дубны, а также из ведущих ускорительных лабораторий мира — DESY, Исследовательского центра в Юлихе, GSI (Германия), ЦЕРН (Швейцария), FNAL (США), ORNL (США), NIRS и KEK (Япония), Университета Саннио (Италия), Харьковского физико-технического института (Украина), Института ядерных исследований Национальной академии наук Украины (Киев, Украина), Физико-технического института Сухуми (Абхазия).

Всего на конференции было представлено 79 устных и 129 стендовых докладов, дающих достаточно полное представление о современном состоянии ускорительной науки и техники, охватывающих широкий спектр направлений научных исследований: от проблем создания новых ускорителей на сверхвысокие энергии,

усовершенствования и реконструкции уже действующих ускорителей до тенденций развития и широкого применения ускорителей в народном хозяйстве и медицине.

Основными темами конференции стали следующие:

- современные тенденции развития ускорителей, коллайдеры;
- динамика частиц в ускорителях и накопителях, методы охлаждения, новые методы ускорения;
- циклические и линейные ускорители большой интенсивности;
- ускорители тяжелых ионов;
- источники синхротронного излучения и лазеры на свободных электронах;
- магнитные системы, системы электропитания и вакуумные системы ускорителей;
- сверхпроводящие ускорители и криогенные системы;
- ускоряющие структуры и мощная радиотехника;
- системы управления и диагностики;
- ионные источники, электронные пушки;
- ускорители для медицины и прикладных целей;
- радиационные проблемы на ускорителях;
- инжекторы.

The fact that the number of the conference participants has grown much recently indicates that the scientific potential of the Russian accelerator physicists is on a high level, and the interest to the RUPAC conference increases. 268 officially registered participants attended the conference plenary sessions, and, besides, free listeners arrived (as a rule, students and graduate students from Moscow universities and institutes). It is a pleasure to note a considerable amount of young attendees — about one third of all participants.

Physicists and engineers, working in the field of physics and technology of accelerators, from many scientific, educational and industrial centres of Russia took part in the conference: they were from Moscow, Saint Petersburg, Novosibirsk, Protvino, Obninck, Sarov, Troitsk, Nizhnii Novgorod, Dubna, and also from the world leading accelerator laboratories such as DESY, Forschungszentrum Jülich, GSI (Germany), CERN (Switzerland), FNAL (USA), ORNL (USA), NIRS and KEK (Japan), University of Sannio (Italy), the Kharkov Physics and Technology Institute (Ukraine), the Institute for Nuclear Research of NAS (Kiev, Ukraine), the Physics and Technology Institute, Sukhumi (Abkhazia).

A total of 79 oral reports and 129 posters gave the full representation of the modern status of the accelerator science and technology at the conference. They covered a wide spectrum of the directions of the scientific studies: from problems of the development of new accelerators at ultra high energy, improvement and reconstruction of the already existing accelerators up to the trend of the development and wide use of the accelerators in industry and medicine. The main topics of the conference were:

- Modern trends in accelerator development, colliders
- Particle dynamics in accelerators and storage rings, cooling methods, new methods of acceleration
- High-intensity cyclic and linear accelerators
- Heavy-ion accelerators
- Synchrotron-radiation sources and free-electron lasers
- Magnetic systems, power supply and vacuum systems for accelerators
- Superconducting accelerators and technology of cryogenics
- Accelerating structures and powerful electronics
- Control and diagnostic systems
- Ion sources, electron guns
- Accelerators for medical and industrial purposes



Дубна, 4-9 октября.  
XIX Российская  
конференция по ускорителям  
заряженных частиц  
(RUPAC-2004)

Dubna, 4-9 October.  
The XIX Russian Particle  
Accelerator Conference  
(RUPAC-2004)



Несколько обзорных приглашенных докладов было сделано о крупнейших ускорительных центрах мира: LHC (ЦЕРН), тэватроне (FNAL, США), GSI (Дармштадт, Германия), COSY (Юлих, Германия), DESY (Гамбург, Германия), NIRS (Чиба, Япония). Возросла активность отечественных ускорительных центров: много достижений в изучении новых эффектов демонстрирует Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера (Новосибирск), регулярно работает синхротрон У-70 (ИФВЭ, Протвино), где достигнута интенсивность выводимого пучка до  $2 \cdot 10^{13}$  частиц, ОИЯИ (DRIBS, нуклотрон), ИТЭФ (проект ТВН), ИЯИ (линейный ускоритель).

В ходе конференции при поддержке лабораторий были организованы экскурсии на базовые установки ОИЯИ: циклотроны и ионные источники ЛЯР, медицинские пучки фазотрона ЛЯП, накопитель LEPTA ЛЯП, нуклотрон ЛВЭ, вызвавшие большой интерес у участников.

Закрывая конференцию, заместитель председателя оргкомитета И. Н. Мешков подчеркнул, что из докладов участников, представляющих российские ускорительные центры, мы узнали о новых разработанных концепциях, собственных новых сооруженных или реконструированных физических установках, участии в междуна-

родных проектах. «Сегодня, когда ни одна страна в мире не может себе позволить сооружать в одиночку крупные современные ускорители, место России — в международном сотрудничестве на основе оригинальных, развитых «дома» идей и технологий, а также в создании ускорителей «среднего калибра» для проведения уникальных экспериментов в различных областях физики».

Электронная версия всех представленных на конференции докладов, как постерных, так и устных, будет размещена в объединенной ускорительной библиотеке (JACoW), кроме того, устные доклады будут опубликованы в специально издаваемом печатном сборнике трудов, журнале «Атомная энергия».

Во время работы конференции состоялось заседание ускорительного совета РАН, в котором приняли участие представители всех ведущих ускорительных центров России и ХФТИ (Украина).

*Г. В. Трубников, И. Н. Мешков*

— Radiation problems in accelerators

— Injectors.

Several invited overview talks were dedicated to the current status of the world's largest accelerator centres: LHC (CERN), Tevatron (FNAL), Future Accelerator International Facility (GSI), COSY (FZJ, Jülich), DESY (Hamburg), NIRS (Japan). The national accelerator centres have also become more active: as always, a lot of new achievements and new effects are the result of research at the Budker Institute of Nuclear Physics (Novosibirsk), the U70 synchrotron (IHEP, Protvino) works regularly where the intensity of the extracted beam was achieved up to  $2 \cdot 10^{13}$  particles, JINR (Nuclotron, DRIBs), ITEP with the TWN project, the linear accelerator at INR, Troitsk.

During the conference, excursions were organized to JINR basic facilities: cyclotrons and ion sources of FLNR, medical beams of the Phasotron and LEPTA accumulator (DLNP), Nuclotron (VBLHE). The conference participants actively took part in the excursions, which were provided with the help of all the JINR Laboratories.

Closing the conference, Vice-Chairman of the Organizing Committee I. N. Meshkov said that from the talks of RUPAC'04 the participants, who represented different Russian accelerator centres, we learned a lot about new developed concepts, native recently constructed or modernized facilities and installations, collaboration in international projects. «Today, when no country in the world can afford an individual construction of a large modern accelerator, Russia is actively involved in the international collaboration on the basis of originally developed «home» ideas and technologies and «middle-size» accelerators for unique experiments in physics».

All the presented talks will be published as electronic versions at the joint accelerator web-library (JACoW), the invited and oral talks will be published in a special edition of the conference proceedings and in the journal «Atomnaya energia».

During the conference the meeting of the Accelerator Council of RAS was held, where all representatives of the leading Russian and Ukrainian accelerator centres took part.

*G. V. Trubnikov and I. N. Meshkov*

**Международный комитет по ускорителям будущего (ICFA)** выступил 20 августа с рекомендацией по выбору технологии работы будущего международного ускорителя частиц — электрон-позитронного коллайдера на энергию 0,5–1 ТэВ, разрабатываемого коллаборацией ученых из разных стран.

Внести предложения по выбору технологии работы будущего ускорителя было поручено международной рекомендательной комиссии по технологии, состоящей из 12 членов, под председательством Б. Бэриша из Калифорнийского института технологий, которая рекомендовала мировому сообществу по физике частиц остановить свой выбор на использовании не «X-band» резонаторов, работающих при комнатной температуре, а сверхпроводящих структур при температуре 2 К. Такое решение имеет большое значение для DESY и его партнеров, так как именно там разработана эта технология и успешно опробована на установке TESLA в Гамбурге.

Решение комиссии явилось результатом анализа ускорительных технологий, разрабатываемых в научных центрах Америки, Азии и Европы в последние 12 лет.

**Кеймбридж, Массачусетс, США.** 9 сентября ученые открытого научного консорциума Grid провели рабочее совещание в Гарвардском университете по случаю успешного завершения испытательной работы системы GRID США в экспериментах по физике частиц и других областях. Прототип Grid3 использует ресурсы 26 университетов и национальных лабораторий США в обработке

данных экспериментов в области физики частиц, астрофизики, биоинформатики и компьютерной науки.

По материалам сайта <http://www.interactions.org>

### Яркие огни празднования 50-летия ЦЕРН

29 сентября, ровно в 8 часов вечера территория, где расположено 27-километровое кольцо большого адронного коллайдера, осветилась лучами грандиозной иллюминации. Мишель Споери, глава женеvского департамента юстиции, полиции и безопасности, торжественно зажег цепь 24 мощных фейерверков, и небо над Женевой в районе Пеи-де-Ге осветилось фонтаном огней.

Мероприятия по празднованию юбилея ЦЕРН прошли в четырех странах-участницах. Местечко Крозе во Франции, расположенное недалеко от ЦЕРН, стало центром торжеств. Одновременно в прямом эфире к празднованию подключились швейцарский отель «Interlaken» (где проходила конференция по компьютеризации физики высоких энергий, в работе которой в это время принимал участие генеральный директор ЦЕРН Р. Эймар), Лондон и Рим. В прямом видеоэфире можно было услышать выступления бывших генеральных директоров ЦЕРН Криса Льювелина-Смита и Лучано Майани, а также подключиться к Бостону, откуда прислал свои поздравления создатель «всемирной паутины» Тим Бернерс Ли.

Праздничный пирог — главный атрибут любого дня рождения. Юбилей ЦЕРН в этом смысле не исключение. 50 свечей на торте задули собравшиеся в Крозе люди, ко-

**The International Committee for Future Accelerators (ICFA)**, meeting during the international physics conference in Beijing (20 August), endorsed the recommendation of a panel of physicists charged to recommend the technology choice for a proposed future international particle accelerator.

The 12-member International Technology Recommendation Panel, chaired by Barry Barish of the California Institute of Technology, recommended that the world particle physics community adopt superconducting accelerating structures that operate at 2 K, rather than «X-band» accelerating structures operating at room temperature, as the technology choice for the internationally federated design of a new electron-positron linear collider to operate at an energy between 0.5 and 1 TeV.

This decision is of great importance for DESY and its international partners, since they developed this technology together and successfully tested it at the TESLA Test Facility (TTF) in Hamburg. The decision of the Committee came as a result of the analysis of the accelerator technologies worked out in research centres of America, Asia and Europe during the last 12 years.

**Cambridge, Massachusetts, the USA.** Scientists of the Open Science Grid Consortium, meeting at a workshop at Harvard University (9 September), announced the success of a nine-month trial operation of a US data grid for particle

physics experiments and other scientific applications. The prototype grid, called Grid3, uses the Internet to combine the computational resources of 26 universities and national laboratories across the USA to serve the computing needs of more than 10 research groups in particle physics, astrophysics, bioinformatics and computer science.

### CERN's 50th Anniversary in Lights

To mark the 50th anniversary of CERN's creation, a spectacular illumination of the 27-kilometre ring of the Large Hadron Collider accelerator was launched at 20:00 sharp on 29 September. Micheline Spoerri, head of Geneva's Department of Justice, Police and Security, threw the switch for 24 powerful «skytracer» floodlights to light up the night sky of the Geneva-Pays de Gex region.

This illumination forms part of a larger celebration, with birthday events taking place in four of the Organization's Member States. Close to CERN itself, the village of Crozet in France was the centre of attraction. During an event starting at 18:30, the Crozet celebration was joined by live video link to Interlaken, Switzerland, where the Organization's Director General Robert Aymar was attending a conference on computing in high-energy physics (<http://www.chep2004.org>). Video links were made to London and Rome to hear from former Director Generals Chris Llewellyn-Smith and Luciano

торым в этом году исполнилось 50. 14 октября состоялась официальная презентация подарочной книги «У истоков ЦЕРН — 50 лет исследований в мемуарах».

Другие важные мероприятия празднования юбилея ЦЕРН прошли 16 октября. В этот день состоялся один из самых торжественных дней открытых дверей на 50 площадках центра. Гости посетили экспериментальные объекты, ускорители частиц; были проведены рабочие совещания, дискуссии; состоялись выступления научного театра, цирка, различные соревнования. Было предусмотрено, что посетители придут на день открытых дверей семьями, поэтому была подготовлена программа для детей с трехлетнего возраста.

Празднование завершилось 19 октября официальным VIP-приемом, на котором присутствовали руководители и представители 20 стран-участниц ЦЕРН и государств-наблюдателей. В этот день был торжественно открыт Павильон науки и инноваций — сетевой и рекламный центр, который Швейцарская конфедерация подарила ЦЕРН на юбилей. Подробную информацию о проведении празднования 50-летия создания ЦЕРН смотрите на сайте <http://www.cern.ch/CERN50>.

**Национальная ускорительная лаборатория им. Э. Ферми и Стенфордский ускорительный центр** приступили к выпуску нового журнала по физике частиц «Симметрия». В новом издании будут освещаться различные аспекты физики частиц и ее связи с другими областями наук, вопросы политики и культуры. Журнал будет выходить в печатной и электронной версии 10 раз в год. Все публикации журнала можно найти на сайте <http://www.symmetrymagazine.org>

Maiani, and to Boston for a message from the inventor of the World Wide Web, Tim Berners-Lee.

No birthday party would be complete without a cake, and CERN's is no exception. The 50 candles on the cake were blown out at Crozet by people sharing their 50th birthday year with CERN. As well as visits to experimental sites and particle accelerators, there were workshops, debates, scientific theatre, a circus and competitions. The day was planned as a family day out, and activities for children as young as three were prepared.

Other major 50th anniversary events at CERN include an Open Day on 16 October. With 50 sites to visit, this is the most ambitious Open Day in the history of the Organization.

Celebrations reach a conclusion three days later, on 19 October, with the official VIP celebration attended by Heads of State and representatives of the Organization's 20 Member States. This occasion also marked the inauguration of the Globe of Science and Innovation, CERN's new networking and visitor centre that is a 50th anniversary gift to the Organization from the Swiss Confederation. For details of all CERN's 50th anniversary events, see <http://www.cern.ch/CERN50>.

A new particle physics magazine, «Symmetry», is launched by the **Fermi National Accelerator Laboratory and Stanford Linear Accelerator Center**. «Symmetry» will explore the diverse dimensions of particle physics and its links with other aspects of science, policy and culture. The magazine will be published in print and electronic versions 10 times per year. All content is available online at <http://www.symmetrymagazine.org>

□ Nuclear Physics Methods and Accelerators in Biology and Medicine: Second International Student School, Poznan, Poland, June 19–30, 2003: Proc. — Dubna: JINR, 2004. — 93 p.: ill. — (JINR, E18-2004-63). — Bibliogr.: end of papers.

□ Very High Multiplicity Physics: Proc. of the Fourth International Workshop, Alushta, Ukraine, June 1–4, 2003. — Dubna: JINR, 2004. — 242 p.: ill. — (JINR, E1,2-2004-83). — Bibliogr.: end of papers.

□ Advanced Research Workshop on High Energy Spin Physics (NATO ARW DUBNA-SPIN-03) (10; 2003; Dubna): Proceedings, Dubna, Sept. 16–20, 2003 / Eds.: A. V. Efremov and O. V. Teryaev. — Dubna: JINR, 2004. — 500 p.: ill. — (JINR, E1,2-2004-80). — Bibliogr.: end of papers. — Cover title: Workshop on High Energy Spin Physics.

□ *Самойлов В. Н., Тюпикова Т. В.* Информационные системы в экономике. — Дубна: ОИЯИ, 2004. — 162 с.: ил. — (ОИЯИ, P10-2003-227). *Samoilov V. N. and Tyupikova T. V.* Information Systems in Economics. — Dubna: JINR, 2004. — 162 p.: ill. — (JINR, P10-2003-227).

□ Проблемы калибровочных полей: К 60-летию со дня рождения В. Н. Первушина / Под ред. Б. М. Барбашова и В. В. Нестеренко. — Дубна: ОИЯИ, 2004. — 138 с.: ил. — (ОИЯИ, D2-2004-66). — Библиогр. в конце ст. Problems of Calibration Fields: to the 60th Anniversary of V. Pervushin / Eds.: B. Barbashov and V. Nesterenko. — Dubna: JINR, 2004. — 138 p.: ill. — (JINR, D2-2004-66). — Bibliogr.: end of papers.

□ Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics: Proc. of the XVI International Baldin Seminar on High Energy Physics Problems (ISHEPP XVI), Dubna, June 10–15, 2002 / Eds.: A. N. Sissakian et al. — Dubna: JINR, 2004. — (JINR, E1,2-2004-76). — Bibliogr.: end of papers. V. 1. — 2004. — 320 p.: ill. V. 2. — 2004. — 305 p.: ill.

□ Actual Problems of Microworld Physics: Proc. of the International School-Seminar, Gomel, Belarus, July 28 – Aug. 8, 2003 / Ed.: P. Starovoitov. — Dubna: JINR, 2004. — (JINR, E1,2-2004-93). — Bibliogr.: end of papers. V. 1. — 2004. — 280 p.: ill. V. 2. — 2004. — 269 p.: ill.

□ Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics: Book of Abstracts of the XVII International Baldin Seminar on High Energy Physics Problems, Dubna, Russia, Sept. 27 – Oct. 2,

2004. — Dubna: JINR, 2004. — 154 p.: ill. — (JINR, E1,2-2004-144). — Bibliogr.: end of papers.

- Николай Николаевич Боголюбов: К 95-летию со дня рождения / Под общ. ред. Д. В. Ширкова и А. Н. Сисакяна. Сост.: П. Н. Боголюбов, Б. М. Старченко. — Дубна: ОИЯИ, 2004. — 82 с.: ил. — Библиогр.: с. 35–70.  
Nikolai Nikolaevich Bogoliubov: to the 95th Anniversary / Eds.: D. Shirkov and A. Sissakian; Comp. P. Bogolyubov and B. Starchenko. — Dubna: JINR, 2004. — 82 p.: ill. — Bibliogr.: P. 35–70.

- Библиографический указатель работ сотрудников Объединенного института ядерных исследований / Объединенный институт ядерных исследований, НТБ. — Дубна: ОИЯИ, 2004. — (ОИЯИ, 2004-134).  
Bibliographic Index of Papers Published by JINR Staff Members / The Joint Institute for Nuclear Research, STLib. — Dubna: JINR, 2004. — (JINR, 2004-134).
- Письма в ЭЧАЯ. 2004. Т. 1, №№ 3(120), 4(121).  
Particles and Nuclei, Letters. 2004. V. 1, Nos. 3(120), 4(121).

ЭЧАЯ

PARTICLES AND NUCLEI

Вышли в свет очередные выпуски журнала «Физика элементарных частиц и атомного ядра».

- Выпуск 4 (2004. Т. 35) включает следующие статьи:  
*Волков В. В.* Процесс полного слияния атомных ядер. Слияние ядер в рамках концепции двойной ядерной системы.  
*Варламов В. В., Ишханов Б. С.* Гигантский дипольный резонанс в фотоядерных экспериментах различного типа: расхождения, причины, способы устранения, следствия.  
*Еремин А. В., Попеко А. Г.* Сепарация и идентификация продуктов реакций полного слияния, дальнейшее развитие методов (определение массы тяжелых ядер).  
*Бондарченко Е. А., Пепельшев Ю. Н., Попов А. К.* Экспериментальное и модельное исследование особенностей динамики импульсного реактора периодического действия ИБР-2.  
*Антониу Я., Иванов В. В., Иванов Валерий В., Зрелов П. В.* Статистическая модель информационного трафика.
- Выпуск 5 (2004. Т. 35) содержит статьи:  
*Трошин С. М., Тюрин Н. Е.* Унитарность при энергиях LHC.  
*Сергеев С. М.* Квантовые интегрируемые модели в дискретном  $2+1$ -мерном пространстве-времени: вспомогательная линейная задача на решетке, представление нулевой кривизны, изоспектральная деформация модели Замолодчикова–Бажанова–Бакстера.  
*Ефимов Г. В.* Блохинцев и нелокальная квантовая теория поля.  
*Хвастовский Я., Фигель Я.* Фоторождение на установке HERA.  
*Манов С.* Распространение сигналов в пространствах с аффинными связностями и метриками, используемых в качестве моделей пространства-времени.  
*Кодолова О. Л.* Измерения в условиях очень большой множественности на установке CMS.

Regular issues of the journal «Physics of Elementary Particles and Atomic Nuclei» have been published.

- Issue 4 (2004. V. 35) includes:  
*Volkov V. V.* Process of Complete Fusion of Atomic Nuclei. Complete Fusion of Nuclei in the Framework of the Dinuclear System Concept.  
*Varlamov V. V., Ishkhanov B. S.* Giant Dipole Resonance in Photonuclear Experiments of Various Types: Discrepancies, Reasons, Methods of Overcoming, Consequences.  
*Yeremin A. V., Popeko A. G.* Separation and Identification of Complete Fusion Reaction Products, Further Development of the Methods (Mass Determination of Heavy Nuclei).  
*Bondarchenko E. A., Pepyolyshev Yu. N., Popov A. K.* Experimental and Model Investigations of Dynamics Peculiarities in Periodic Pulsed Reactor IBR-2.  
*Antoniou I., Ivanov V. V., Ivanov Valery V., Zrellov P. V.* Statistical Model of Network Traffic.
- Issue 5 (2004. V. 35) includes:  
*Troshin S. M., Tyurin N. E.* Unitarity at the LHC Energies.  
*Sergeev S. M.* Quantum Integrable Models in Discrete  $(2+1)$ -Dimensional Space-Time: Auxiliary Linear Problem on a Lattice, Zero Curvature Representation, Isospectral Deformation of the Zamolodchikov–Bazhanov–Baxter Model.  
*Efimov G. V.* Blokhintsev and Nonlocal Quantum Field Theory.  
*Chwastowski J., Figiel J.* Photoproduction at HERA.  
*Manoff S.* Propagation of Signals in Spaces with Affine Connections and Metrics as Models of Space-Time.  
*Kodolova O. L.* Measurements in Conditions of a Very High Multiplicity.

## 2005

5-е совещание «Сотрудничество между немецкими исследовательскими центрами и ОИЯИ»	17–19 января, Дубна
97-я сессия Ученого совета ОИЯИ	20–21 января, Дубна
Рабочее совещание по экспериментам ИФВЭ–ОИЯИ «Нейтринный детектор NOMAD-HARP»	Январь, Дубна
Совещание «Классические и квантовые интегрируемые системы»	24–28 января, Дубна
Рабочее совещание по дистанционному мониторингу систем УК ЯМ	24–28 января, Дубна
III Зимняя школа по теоретической физике	29 января – 6 февраля, Дубна
9-я конференция молодых ученых и специалистов	31 января – 6 февраля, Дубна
Заседание рабочей группы при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ	15 февраля, Дубна
Заседание Финансового комитета ОИЯИ	16–17 февраля, Дубна
Всемирный форум «Интеллектуальная Россия» (первая ассамблея)	18–19 февраля, Дубна
Заседание Комитета полномочных представителей правительств государств — членов ОИЯИ	17–18 марта, Дубна
Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	14–15 апреля, Дубна
Конференция операторов и пользователей сети спутниковой связи и вещания РФ	19–22 апреля, Дубна
Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	21–22 апреля, Дубна
Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	25–26 апреля, Дубна
Совещание «Исследования в гигантских импульсах тепловых нейтронов от импульсных реакторов и в ловушках больших ускорителей»	27–29 апреля, Дубна

## 2005

V workshop «Scientific Cooperation between German Research Centres and JINR»	17–19 January, Dubna
The 97th session of the JINR Scientific Council	20–21 January, Dubna
Workshop on IHEP–JINR Neutrino Detector NOMAD–HARP Experiments	January, Dubna
Meeting «Classical and Quantum Integrable Systems»	24–28 January, Dubna
Workshop on Distant Monitoring of Systems for Nuclear Materials Accounting Control	24–28 January, Dubna
III Winter School on Theoretical Physics	29 January – 6 February, Dubna
IX Conference of Young Scientists and Specialists	31 January – 6 February, Dubna
Meeting of the Working Group of the CP Chairman for Financial Issues at JINR	15 February, Dubna
Meeting of the JINR Finance Committee	16–17 February, Dubna
World forum «Intellectual Russia» (the 1st assembly)	18–19 February, Dubna
Meeting of the Committee of Plenipotentiaries of the Governments of JINR Member States	17–18 March, Dubna
Session of the Programme Advisory Committee for Particle Physics	14–15 April, Dubna
Conference of Operators and Users of the RF Satellite and Broadcasting Communication Net	19–22 April, Дубна
Session of the Programme Advisory Committee for Nuclear Physics	21–22 April, Dubna
Session of the Programme Advisory Committee for Condensed Matter Physics	25–26 April, Dubna
Meeting «Studies of Giant Pulses of Thermal Neutrons from Pulsed Reactors and in Traps in Large Accelerators»	27–29 April, Dubna
Meeting «Transition Radiation Detector-Tracker ATLAS LHC»	22–29 May, Dubna

ПЛАН СОВЕЩАНИЙ ОИЯИ  
SCHEDULE OF JINR MEETINGS

Совещание «Детектор переходного излучения — трекер ATLAS LHC»	22–29 мая, Дубна
«Релятивистская ядерная физика: от сотен МэВ до ТэВ»	23–28 мая, Дубна
XIII Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами	25–28 мая, Дубна
Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	30 мая – 3 июня, Дубна
98-я сессия Ученого совета ОИЯИ	2–3 июня, Дубна
Международная школа «Физика тяжелых кварков»	6–16 июня, Дубна
Совещание коллаборации HADES	7–12 июня, Дубна
4-е рабочее совещание по исследованиям на реакторе ИБР-2	15–17 июня, Дубна
V Международная конференция «Новая физика в неускорительных экспериментах»	20–26 июня, Дубна
Рабочее совещание по проекту ДВИН	23–24 июня, Дубна
Рабочее совещание «Теория нуклеации и ее применения»	25 июня – 3 июля, Дубна
Совещание «Суперинтегрируемые системы в классической и квантовой механике»	27 июня – 1 июля, Дубна
3-е международное рабочее совещание «Квантовая физика и информация»	30 июня – 3 июля, Дубна
III Международная летняя студенческая школа «Ядерные методы и ускорители в биологии и медицине»	30 июня – 11 июля, Дубна, Ратмино
Летняя студенческая практика по направлениям деятельности ОИЯИ	12 июля – 4 августа, Дубна
Международная летняя школа по современной математической физике	14–26 июля, Дубна
VIII Международная Гомельская школа-семинар «Актуальные проблемы физики микромира»	25 июля – 5 августа, Гомель, Белоруссия
Международная школа «Теория ядра и ее астрофизические приложения»	26 июля – 4 августа, Дубна
Совещание «Суперсимметрии и квантовые симметрии»	28–31 июля, Дубна
III Международная школа по современной физике	8–15 августа, Улан-Батор

International workshop «Relativistic Nuclear Physics: from Hundreds of MeV to TeV»	23–28 May, Dubna
XIII International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei	25–28 May, Dubna
Baikal Collaboration Workshop	30 May – 3 June, Dubna
The 98th session of the JINR Scientific Council	2–3 June, Dubna
International school «Heavy Quark Physics»	6–16 June, Dubna
HADES Collaboration Meeting	7–12 June, Dubna
The 4th Workshop on the Research at the IBR-2 Reactor	15–17 June, Dubna
The 5th International Conference on Non-Accelerator New Physics (NANP-2005)	20–26 June, Dubna
DVIN Workshop	23–24 June, Dubna
Research workshop «Nucleation Theory and Applications»	25 June – 3 July, Dubna
Workshop «Superintegrable Systems in Classical and Quantum Mechanics»	27 June – 1 July, Dubna
3rd international workshop «Quantum Physics and Communication»	30 June – 3 July, Dubna
III International Summer Student School on Nuclear Physics Methods and Accelerators in Biology and Medicine	30 June – 11 July, Dubna, Ratmino
Summer Student Practice in JINR Fields of Research	12 July – 4 August, Dubna
Advanced Summer School on Modern Mathematical Physics	14–26 July, Dubna
VIII international Gomel school-seminar «Modern Problems in the Physics of the Microworld»	25 July – 5 August, Gomel, Belarus
International school «Nuclear Theory and Its Applications in Astrophysics»	26 July – 4 August, Dubna
Workshop «Supersymmetries and Quantum Symmetries»	28–31 July, Dubna
III International School on Modern Physics	8 –15 August, Ulaanbatar
XIII European School on High Energy Physics	21 August – 3 September, Kitzbuhel, Austria

ПЛАН СОВЕЩАНИЙ ОИЯИ  
SCHEDULE OF JINR MEETINGS

XIII Европейская школа по физике высоких энергий	21 августа – 3 сентября, Кицбюэль, Австрия
VI Международная конференция «Ренормализационная группа–2005»	30 августа – 3 сентября, Хельсинки
XI Международное рабочее совещание по спиновой физике высоких энергий	1–5 сентября, Дубна
Международная конференция «Новые тенденции в физике высоких энергий»	10–17 сентября, Ялта, Украина
Заключительное рабочее совещание по экспериментам на установке ЭКСЧАРМ	14–21 сентября, Царево, Болгария
Совещание «Актуальные проблемы космической радиобиологии при длительных орбитальных и межпланетных пилотируемых полетах»	Сентябрь, Дубна
Совещание «Физика на будущих коллайдерах»	Сентябрь, Тбилиси
XX Международный симпозиум «Ядерная электроника и компьютеринг» (NEC'2005)	12–18 сентября, Варна, Болгария
Международная конференция «Цветные кварки»	19–23 сентября, Тбилиси
Рабочее совещание по проекту НИС	15–16 сентября, Дубна
Рабочее совещание коллаборации NEMO	22–29 сентября, Дубна
VI Научный семинар памяти В. П. Саранцева	23–25 сентября, Дубна
Конференция «Перспективы развития мультимедийной спутниковой связи и вещания в России и странах СНГ»	Октябрь, Дубна
Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Ноябрь, Дубна
Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Ноябрь, Дубна
Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Ноябрь, Дубна
Рабочее совещание коллаборации «Байкал»	5–9 декабря, Дубна
<hr/>	
VI international conference «Renormalization Group–2005»	30 August – 3 September, Helsinki
XI International Workshop on High Energy Spin Physics	1–5 September, Dubna
International conference «New Trends in High Energy Physics»	10–17 September, Yalta, Ukraine
EXCHARM Workshop. Final meeting on experiments at the set-up	14–21 September, Tsarevo, Bulgaria
Workshop «The Actual Problems of Space Radiobiology in Long Orbital and Interplanetary Men Powered Flights»	September, Dubna
Meeting «Physics at Future Colliders»	September, Tbilisi
XX international symposium «Nuclear Electronics and Computing» (NEC'2005)	12–18 September, Varna, Bulgaria
NIS Workshop	15–16 September, Dubna
International Conference «Colored Quarks»	19–23 September, Tbilisi
Workshop on NEMO Collaboration	22–29 September, Dubna
VI Scientific Seminar in Memory of V. P. Sarantsev	23–25 September, Dubna
Conference «Prospects for Further Multimedia Satellite Communication and Broadcasting in Russia and CIS Countries»	October, Dubna
Session of the Programme Advisory Committee for Nuclear Physics	November, Dubna
Session of the Programme Advisory Committee for Particle Physics	November, Dubna
Session of the Programme Advisory Committee for Condensed Matter Physics	November, Dubna
Baikal Collaboration Workshop	5–9 December, Dubna