

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

Со времени открытия оболочечной модели ядра известно, что среднее поле ядра, в котором находятся нуклоны, характеризуется очень сильным спин-орбитальным взаимодействием. При таком сильном взаимодействии одночастичные состояния с одним и тем же орбитальным моментом, но с разной ориентацией спина относительно орбитального момента имеют существенно разные энергии. Разница составляет несколько МэВ. В то же время благодаря сильному спин-орбитальному расщеплению близкими по энергии оказываются одночастичные состояния, чьи орбитальные моменты различаются на  $2h$ , а полные угловые моменты — на  $h$ . Эти одночастичные состояния и формируют дублеты. С точки зрения теории групп удобно ввести в рассмотрение понятия о псевдоорбитальном моменте, равном арифметическому среднему орбитальных моментов близких по энергии одночастичных состояний, образующих дублет, и о псевдоспине, который равен  $1/2h$ . Тогда можно говорить, что в спектрах одночастичных состояний ядер проявляется псевдоспиновая симметрия. Долгое время причина ее возникновения оставалась неясной. Лишь совсем недавно стало понятно, что причи-

ной возникновения такой симметрии является приближенное равенство по абсолютной величине скалярного и векторного средних ядерных потенциалов. Однако в нерелятивистском подходе присутствует только один потенциал, являющийся суммой скалярного и векторного потенциалов. Поэтому анализ явлений, связанных с псевдоспиновой симметрией, возможен только на основе релятивистского подхода.

В работе В. В. Воронова и Р. В. Джолоса «Псевдоспиновая симметрия и структура ядер с  $Z > 100$ » в рамках релятивистской теории среднего поля ядра исследуется зависимость остаточного взаимодействия нуклонов в ядрах от псевдоспина. Именно этот конкретный вопрос представляется важным, потому что наиболее ярко псевдоспиновая симметрия проявляется в спектрах некоторых ротационных полос нечетных деформированных ядер, в которых расщепление псевдоспиновых дублетов мало и составляет всего несколько десятков кэВ. Причиной малой величины расщепления может быть только слабая зависимость от псевдоспина взаимодействия частица–остов. В. В. Воронов и Р. В. Джолос показали, что зависимость остаточных сил от псевдоспина в тяжелых ядрах слабая и, как следствие, слабой оказывается зависимость от псевдоспина взаимодействия частица–остов. Это и приводит к малой

**Bogoliubov Laboratory  
of Theoretical Physics**

Since the discovery of the Nuclear Shell Model it has been known that a nuclear mean field is characterized by a very strong spin-orbital interaction. This interaction is so strong that the single-particle states having the same orbital momenta but different total angular momenta have very different energies. The difference is of the order of several MeV. At the same time, due to a strong spin-orbital splitting the single-particle states whose orbital momenta are distinguished by  $2h$ , and total angular momenta by  $h$  are very close in energy and form doublets. From the point of view of the group theory, it is convenient in such a situation to introduce into consideration pseudo-orbital momentum which is equal to an arithmetical average of the orbital momenta of the two single-particle states, which are close in energy, and the pseudospin equal to  $1/2h$ . For a long time, the physical grounds of the pseudospin symmetry have been unclear. The progress in understanding of the source of the pseudospin symmetry has been achieved only recently. It was shown that the reason for appearance of approximate

degeneracy in the spectra of the single-particle states is an approximate equality in the absolute values of scalar and vector average nuclear potentials. However, in the nonrelativistic approach there is only one potential which is a sum of scalar and vector potentials. It means that analysis of the phenomena related to the pseudospin symmetry is possible only on a basis of the relativistic approach.

In the paper by V. V. Voronov and R. V. Jolos «Pseudospin Symmetry and Structure of Nuclei with  $Z > 100$ » a pseudospin dependence of the residual forces in nuclei is considered in the framework of the Relativistic Mean Field Approach. Investigation of this problem is very important because the pseudospin symmetry is manifested most evidently in the spectra of some rotational bands of odd deformed nuclei in which splitting of the pseudospin doublets does not exceed several tens of KeV. A reason for a small splitting can only be a weak pseudospin dependence of the particle-core coupling. In the paper by V. V. Voronov and R. V. Jolos it is shown that a pseudospin dependence of the residual forces in heavy nuclei is weak and, as a consequence, a pseudospin dependence of the particle-core coupling is weak too. This is a reason for a small splitting of the

величине расщепления псевдоспиновых дублетов, образованных векторной связью псевдоспина нечетного нуклона и псевдоорбитального момента остова. В работе рассмотрены также некоторые возможности экспериментального исследования проявлений псевдоспиновой симметрии в спектрах нечетных ядер с  $Z > 100$ .

*Jolos R. V., Voronov V. V. nucl-th/0610079; направлено в журнал «Ядерная физика».*

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

#### **Важный шаг в создании детектора TRD ALICE**

Одним из основных детекторов эксперимента ALICE (ЦЕРН) является детектор переходного излучения (TRD) для идентификации электронов. Он включает 540 проволочных камер с чувствительной площадью около  $1 \times 1$  м. Каждая камера содержит слоистый «радиатор» толщиной 4,8 см, дрейфовый промежуток длиной 3 см и промежуток 0,7 см, где осуществляется газовое усиление. Информация с камер считывается с катодов. Этот крупнейший в мире детектор переходного излучения является одновременно и трековым прибором

в установке ALICE. Камеры создаются совместно сотрудниками университетов Гейдельберга и Франкфурта, GSI (Дармштадт), ЛВЭ ОИЯИ (Дубна) и НИФЯТ (Бухарест). Руководитель проекта — профессор Иоганна Штахель из Гейдельбергского университета.

Детектор имеет цилиндрическую форму и состоит из 18 супермодулей. Один супермодуль, длиной 7 метров, включает 6 «слоев» по 5 камер в каждом слое. Общее количество электронных регистрирующих каналов TRD-детектора — около 1,2 млн.

В ЛВЭ ОИЯИ работы по созданию и тестированию проволочных камер для проекта TRD/ALICE ведутся в новой лаборатории детекторов с «чистыми» помещениями и современным технологическим оборудованием (автоматизированные стенды для испытаний детекторов, управляемый компьютером намоточный станок, новые приборы для измерения с высокой точностью содержания кислорода в газе камеры и др.). Профессора Р. Эмар (ЦЕРН), Р. Хойер (DESY), Н. Замфир (НИФЯТ), Р. Кёпке (BMBF), посетившие новую лабораторию, высоко оценили технологический уровень создания детекторов. Работы по проекту TRD/ALICE в ОИЯИ координирует профессор Ю. В. Заневский. Здесь уже создано более 80 камер, большая часть из них перевезена в Германию, где проводятся их дополнительные испытания и

pseudospin doublets which are produced by a vector coupling of the pseudospin of an odd particle and a pseudo-orbital momentum of a core.

Some possibilities for experimental investigations of the manifestations of the pseudospin symmetry in the spectra of odd nuclei with  $Z > 100$  are indicated as well.

*Jolos R. V., Voronov V. V. nucl-th/0610079; submitted to «Yad. Fiz.».*

### **Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics**

#### **ALICE TRD takes big step forward**

One of the major detector components at the ALICE experiment (CERN) is the Transition Radiation Detector (TRD) for electrons identification. It consists of 540 readout chambers with sensitive area about  $1 \times 1$  m. The total number of electronics channels is about 1.2 million. Each chamber has 4.8 cm thick radiator, 3 cm drift length and 0.7 cm amplification gap. The induced charge is read out at the back

plane via copper pads. The chambers production is arranged by the collaboration of the University of Heidelberg, the University of Frankfurt, GSI (Darmstadt), JINR (Dubna), and NIPNE (Bucharest). The mass production of the chambers started in 2005. The leader of the ALICE TRD project is Professor Johanna Stachel from Heidelberg University.

TRD is also the tracking detector at the ALICE experiment. It performed as a cylinder and consists of 18 supermodules. Each supermodule of 7 m length includes six layers with five chambers in the layer.

At JINR LHE the construction and testing of TRD chambers was arranged in new Detector Lab with modern equipment like winding machine under PC control, automatic test stand for chambers testing, high precision oxygenmeters, etc. Professors Robert Aymar (CERN), Rolf Hoyer (DESY), Nikolae Zamfir (NIPNE), Rainer Koepke (BMBF) have visited this new Laboratory. They were introduced to the technology process of the chambers production and were very impressed. The coordinator of the TRD ALICE Project at JINR is Professor Yuri Zanevsky. By now more than 80 TRD chambers have been constructed and tested, most part of them was shipped to Germany for fur-

сборка супермодулей. В октябре текущего года специалистами TRD-коллаборации в Гейдельберге был смонтирован первый супермодуль. Он успешно прошел стендовые испытания и перевезен в ЦЕРН для интеграции в установку ALICE.

1. *Lippmann C. et al.* The ALICE Transition Radiation Detector // Proc. of the SNIC Conference, SLAC, April 3–6, 2006.

2. *Altınar S. et al.* ALICE TRD Manufacturing at GSI, Status of Chambers Production and Testing // GSI Scientific Report. 2005. P. 283.

3. *Fateev O. et al.* Status of ALICE TRD Chambers Production and Testing at JINR. JINR Commun. (in print); <http://lhedl.jinr.ru/>.

### Лаборатория физики частиц

В работе, выполненной в Лаборатории физики частиц ОИЯИ и Научно-исследовательском институте

прикладной математики и автоматизации КБНЦ РАН (Нальчик), рассмотрены трехнейтринные смешивания и осцилляции в общем случае и получены выражения для волновых функций в трех случаях: с CP-нарушением, без CP-нарушения и когда переходы  $\nu_e \leftrightarrow \nu_\tau$  отсутствуют (в некоторых работах указывается на такую возможность). Проведен анализ на основе имеющихся экспериментальных данных. Этот анализ определенно указывает на то, что для солнечных нейтрино переходы  $\nu_e \leftrightarrow \nu_\tau$  не могут быть закрыты. Показано, что такая же возможность, когда  $\beta = 0$ , не может быть реализована при использовании механизма резонансного усиления осцилляций нейтрино в веществе (Солнце). Обнаружено, что требование положительной определенности вероятности переходов при осцилляциях  $\nu_e \leftrightarrow \nu_\tau$  выполняется, только если угол смешивания  $\nu_{e\tau}$ ,  $\nu_\tau$ -нейтрино  $\beta \leq 15 - 17^\circ$ .

Установка супермодуля  
в цилиндрическую ферму детектора  
TRD/ALICE в ЦЕРН  
(фото А. Саба, ЦЕРН)

Installation of TRD supermodule  
at ALICE setup  
(photo of A. Saba for CERN)



ther testing and assembling together as supermodules. In October 2006 the first supermodule was equipped by the TRD collaboration with a full number of chambers and associated electronics, tested and shipped to CERN for integration in the ALICE setup.

1. *Lippmann C. et al.* The ALICE Transition Radiation Detector // Proc. of the SNIC Conference, SLAC, April 3–6, 2006.

2. *Altınar S. et al.* ALICE TRD Manufacturing at GSI, Status of Chambers Production and Testing // GSI Scientific Report. 2005. P. 283.

3. *Fateev O. et al.* Status of ALICE TRD Chambers Production and Testing at JINR. JINR Commun. (in print); <http://lhedl.jinr.ru/>.

### Laboratory of Particle Physics

In the work which has been performed at the Laboratory of Particle Physics, JINR, and at the Scientific Research

Institute of Applied Mathematics and Automation, KBSC of RAS (Nalchik), three-neutrino vacuum transitions and oscillations in the general case were considered and expressions for neutrino wave functions were obtained in three cases: with CP violation, without CP violation and in the case that direct  $\nu_e \leftrightarrow \nu_\tau$  transitions are absent,  $\beta(\theta_{13}) = 0$  (some works indicate this possibility). Then, using existing experimental data, some analysis has been carried out. This analysis definitely has shown that direct transitions  $\nu_e \leftrightarrow \nu_\tau$  cannot be closed for the solar neutrinos, i.e.,  $\beta(\theta_{13}) \neq 0$ . It is also shown that the possibility that  $\beta(\theta_{13}) = 0$  cannot be realized by using the mechanism of resonance enhancement of neutrino oscillations in matter (the Sun). It was found out that the probability of  $\nu_e \leftrightarrow \nu_\tau$  neutrino transitions is a positive defined value, if in reality neutrino oscillations take place, only if the angle of  $\nu_e, \nu_\tau$  mixing is  $\beta \leq 15 - 17^\circ$ .

*Беитоев Х. М.* Выражения для волновых функций и вероятностей переходов при трехнейтринных осцилляциях в вакууме и некоторые их применения. Препринт ОИЯИ E2-2006-16. Дубна, 2006.

Физиками ЛФЧ создан детектор переходного излучения — трекер (TRT) типа «В» на основе тонкостенных дрейфовых трубок (строу) для внутреннего детектора установки ATLAS LHC. В работе приведены результаты предварительного тестирования детектора. Описаны основные компоненты и процедура сборки 17 восьмислойных модулей TRT, изготавливаемых в ОИЯИ.

*Богуславский И. В. и др.* Изготовление детекторов переходного излучения — трекеров типа «В» в ОИЯИ для внутреннего детектора установки ATLAS LHC. Препринт ОИЯИ P13-2005-124. Дубна, 2005; Письма в ЭЧАЯ. 2006. Т. 3, № 132. С. 103.

Описанная система мониторинга физических данных использовалась в сеансах набора данных экспериментов NA-48, NA-48/1 и NA-48/2 на ускорителе SPS в ЦЕРН. Система являлась наиболее автоматизированной самостоятельной подсистемой перечисленных экспериментов, позволила неоднократно оперативно обнаружить проблемы в работе используемой аппаратуры и

программного обеспечения, а также применялась для калибровки детекторов и настройки экспериментальных условий.

*Гудзовский Е. А., Мадигожин Д. Т., Потребеников Ю. К.* Система оперативного мониторинга физических данных в серии экспериментов NA-48, NA-48/1 и NA-48/2. Препринт ОИЯИ P10-2006-8. Дубна, 2006; направлено в журнал «Письма в ЭЧАЯ».

Представлены результаты прецизионного измерения параметра CP-нарушающей зарядовой асимметрии  $A_g$  в распадах  $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^+ \pi^-$ , выполненного в эксперименте NA-48/2 на ускорителе SPS (ЦЕРН) [1, 2]. Эксперимент был спроектирован так, чтобы измерение не было ограничено систематическими неопределенностями. На основе  $3,11 \cdot 10^9$  отобранных событий, соответствующих полной, накопленной в эксперименте статистике, получено предварительное значение асимметрии  $A_g = (-1,3 \pm 2,3) \cdot 10^{-4}$ .

1. *Батли Д. Р. и др.* (Коллаборация NA-48/2). Прецизионный поиск CP-нарушающей зарядовой асимметрии в распадах  $K^\pm \rightarrow 3\pi^\pm$  в эксперименте NA-48/2 в ЦЕРН. Препринт ОИЯИ P1-2006-51. Дубна, 2006.

2. *Батли Д. Р. и др.* (Коллаборация NA-48/2) // Phys. Lett. B. 2006. V. 634. P. 474–482.

*Behtoev Kh. M.* Expressions for Neutrino Wave Functions and Transitions Probabilities at Three-Neutrino Oscillations in Vacuum and Some of Their Applications. JINR Preprint E2-2006-16. Dubna, 2006.

LPP physicists have constructed the wheels «В» of ATLAS LHC transition radiation trackers. The basic components and procedure of assembly of 17 eight-layer modules TRT made at JINR are described.

*Boguslavski I. V. et al.* Assembling of «В» type TRT Modules at JINR for Inner Detector. JINR Preprint P13-2005-124. Dubna, 2006; Part. Nucl., Lett. 2006. V. 3, No. 6(132). P. 103.

A system of physics data monitoring in the real time mode used in the experiments NA-48, NA-48/1 and NA-48/2 at CERN SPS is presented by LPP physicists. The system was the most automated subsystem of the above experiments. It often allowed fast detection of problems with the experimental setup and software, and was also used for detector calibration and tuning of the experimental conditions.

*Goudzovski E. A., Madigozhin D. T., Potrebenikov Yu. K.* A System of Data Monitoring in a Series of Experiments NA-48, NA-48/1 and NA-48/2. JINR Preprint P10-2006-8. Dubna, 2006; submitted to «Part. Nucl., Lett.».

A precise measurement of the direct CP-violating charge asymmetry parameter  $A_g$  in  $K^\pm \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^-$  decays by the NA-48/2 experiment at CERN SPS is presented by LPP physicists [1, 2]. The experiment has been designed not to be limited by systematic uncertainties in the asymmetry measurement. A preliminary result for the charge asymmetry  $A_g = (-1.3 \pm 2.3) \cdot 10^{-4}$  has been obtained with a sample of  $3.11 \cdot 10^9$  selected events corresponding to the total collected statistics. The precision of the result is limited by the statistics used.

1. *Batley J. R. et al. (NA-48/2 Collab.)*. High Precision Study of CP-Violating Charge Asymmetry in  $K^\pm \rightarrow 3\pi^\pm$  Decays by the NA-48/2 Experiment at CERN. JINR Preprint P1-2006-51. Dubna, 2006.

2. *Batley J. R. et al. (NA-48/2 Collab.)* // Phys. Lett. B. 2006. V. 634. P. 474–482.

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

В научно-экспериментальном отделе ядерной спектроскопии и радиохимии изучалась возможность применения программы для решения микроскопических транспортных уравнений, возникающих в задаче Больцмана–Нордхейма–Власова (БНВ), для описания периферийных ядерно-ядерных столкновений при энергиях налетающего иона, близких к энергии Ферми. Было найдено, что вычисления хорошо воспроизводят дисси-

пативные свойства этих реакций (например, график Вилчинского), а также скоростные распределения легких фрагментов и их изотопные распределения. Внимание было сконцентрировано на описании экспериментальных данных при нулевых углах к пучку. Для описания данного типа реакций необходимо определить область прицельных параметров, дающих вклад. Были изучены кривые отклонения для двух типов реакций:  $^{18}\text{O} + ^9\text{Be}$  и  $^{18}\text{O} + ^{181}\text{Ta}$ . Показано, что в экспериментах с обратной геометрией малые углы соответствуют периферийным столкновениям, при которых можно изучать

Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова, 20 сентября.  
Участники международного совещания коллаборации NEMO-3



Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, 20 September. Participants of the International meeting of the NEMO-3 collaboration

### Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems

A program for the solution of microscopic transport equations of the Boltzmann–Nordheim–Vlasov (BNV) type was applied for the description of peripheral nucleus–nucleus collisions at Fermi energies. We find that the calculations reproduce well the dissipative behavior (e.g., Wilczynski

plots) of these reactions, and the velocity distributions of light fragments and isotope distributions. Our attention was focused on the description of the experimental data at forward angles. For this, it is necessary to determine the range of impact parameters that contribute to the reaction. We therefore studied the deflection curves for two types of reactions  $^{18}\text{O} + ^9\text{Be}$  and  $^{18}\text{O} + ^{181}\text{Ta}$ . We see that in reverse

реакции срыва нуклонов, тогда как в прямых реакциях малые углы не охватывают область касания двух ядер и тем самым дают нам информацию о глубоконеупругих столкновениях. Количество флуктуаций в данных вычислениях контролировалось количеством пробных частиц при решении БНВ-уравнения.

*Михайлова Т. И., Колонна М., Ди Торо М., Вольтер Х. Х.* Description of Dissipative Reactions with Transport Models and Application to Experiment // Материалы конференции «Ядро-2006» по проблемам ядерной спектроскопии, Саров, 4–8 сентября 2006 г.

В научно-экспериментальном отделе физики промежуточных энергий проводился анализ влияния различных факторов на предельную загрузку узкозачерных высокоскоростных пропорциональных камер. Получено аналитическое выражение, которое определяет основные требования к электромеханике скоростных камер и условиям их работы для достижения предельного быстродействия. Также данное выражение показывает, как оптимальным образом выбрать параметры электронного канала. Получено важное следствие: суммарный заряд, приходящийся в единицу времени на единицу площади камеры, равный произведению предельной скорости счета на коэффициент газового усиления,

при котором данный счет получен, есть величина постоянная.

*Залиханов Б. Ж.* Ограничения на предельную загрузку высокоскоростных пропорциональных камер. Препринт ОИЯИ P13-2006-118. Дубна, 2006. Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента».

### Лаборатория информационных технологий

Продолжаются исследования краевых задач для дифференциальных уравнений высокого порядка с малым параметром  $\epsilon$  при старших производных.

Исследованы краевые задачи точным и асимптотическим методами. Проведен сравнительный анализ полученных результатов при уменьшении  $\epsilon$ . Установлено существование погранслоя для производных от решений. Показано, что при уменьшении  $\epsilon$  для одной краевой задачи, когда на решение исходного уравнения  $\psi(r)$  накладываются краевые условия  $\psi(0) = 0, \psi''(0) = 0, \dots; \psi(\infty) = 0$ , решения сходятся к решениям вырожденной задачи (уравнению Шредингера), а для другой (когда краевые условия задаются в виде  $\psi(0) = 0, \psi'(0) = 0, \dots; \psi(\infty) = 0$ ) такой сходимости нет.

geometry (first collision system) small angles correspond to very peripheral collisions at which one can study stripping effects, while in direct geometry experiments (second system) small angles' measurements do not include grazing angles and thus give us knowledge about deep-inelastic collisions. The amount of fluctuation in these calculations is controlled by the test particle number in the solution of the BNV equation, and comparisons are also shown. The velocity and isotope distribution are compared to the data.

*Mikhailova T. I., Colonna M., Di Toro M., Wolter H. H.* Description of Dissipative Reactions with Transport Models and Application to Experiment // Proc. of the Conf. «Nucleus-2006».

The experimental data reflecting some specific development features of electron avalanche in narrow-gap fast proportional chambers and results of the analysis of the influence of various factors upon the maximum load of the chambers were obtained. An analytical expression is obtained which defines the main requirements on the electrical and mechanical systems of the fast chambers and on their operating conditions for achieving the maximum opera-

tional speed and indicates the optimum way of choosing the appropriate electron channel parameters. From the expression there follows an important consequence that the total charge produced per unit time per unit area of the chamber, equal to a product of the maximum count rate by the gas gain at which the counting was obtained, is a constant.

*Zalikhonov B. Zh.* Limitation on the Maximum Load of Fast Proportional Chambers. JINR Preprint P13-2006-118. Dubna, 2006; submitted to «Instruments and Experimental Techniques».

### Laboratory of Information Technologies

Research is in progress on boundary-value problems for high-order differential equations with a small parameter  $\epsilon$  at higher derivatives.

The boundary-value problems for the high order differential equations with a small parameter  $\epsilon$  at higher derivatives have been investigated with exact and asymptotic methods. A comparative analysis of the results was performed at diminution of  $\epsilon$ . The existence of a boundary layer for a derivative from the solutions is established. It is shown

Амирханов И. В. и др. Препринт ОИЯИ P11-2006-107. Дубна, 2006.

Построены асимптотики при  $t \rightarrow \infty$  для уравнений, возникающих при исследовании волновых процессов в периодических слоистых средах. Решается задача Коши с разрывными начальными данными. Для уравнения  $U_{tt} = U_{xx} + U_{ttxx}$  установлено существование решения типа бризер [1]. Для уравнения  $U_{tt} = U_{xx} + U_{xxxx}$  получены асимптотики с обширной зоной медленно затухающих осцилляций [2]:

$$U(x, t) = \frac{1 + \operatorname{sgn}(x)}{2} - \frac{\operatorname{sgn}(x)}{\sqrt{\pi x^2 / t}} \sin \left\{ \frac{x^2}{4t} - \frac{\pi}{4} \right\} (1 + O(t^{-1})),$$

$$t \rightarrow \infty, \quad |x| > t^{1+\delta}.$$

Численные эксперименты подтверждают существование экзотических осцилляций, доказанных теоретически.

1. Сердюкова С. И. // Докл. РАН. 2003. Т. 389, № 3. С. 15.

2. Сердюкова С. И. Экзотические асимптотики для линейных гиперболических уравнений. Доклад на международной конференции «Актуальные проблемы вычислительной математики». 29 августа 2006 г., Москва, Институт вычислительной математики.

that at the diminution of  $\varepsilon$  the solutions of one boundary-value problem (when for solutions  $\psi(r)$  of original equation the boundary conditions are  $\psi(0) = 0, \psi''(0) = 0, \dots; \psi(\infty) = 0$ ) converge to the solutions of a degenerate problem (Schrödinger equation), while for the other boundary-value problem (with boundary conditions  $\psi(0) = 0, \psi'(0) = 0, \dots; \psi(\infty) = 0$ ) such a convergence does not exist.

Amirkhanov I. V. et al. JINR Preprint P11-2006-107. Dubna, 2006.

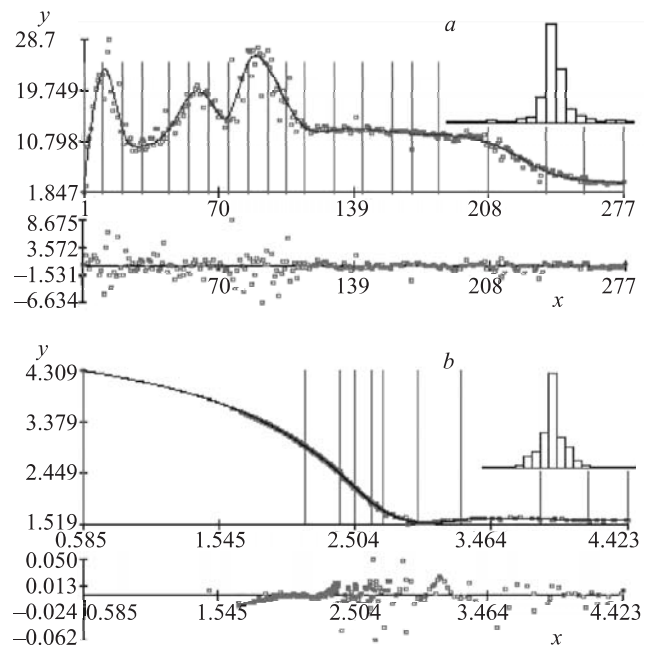
Asymptotics for  $t \rightarrow \infty$  has been obtained for equations arising in research of the wave motion in periodic stratified media. The Cauchy problem with discontinuous initial data is solved. The existence of a breather-type solution has been found [1] for equation  $U_{tt} = U_{xx} + U_{ttxx}$ . Asymptotics with a wide region of slowly damped oscillations has been obtained [2] for equation  $U_{tt} = U_{xx} + U_{xxxx}$ :

$$U(x, t) = \frac{1 + \operatorname{sgn}(x)}{2} - \frac{\operatorname{sgn}(x)}{\sqrt{\pi x^2 / t}} \sin \left\{ \frac{x^2}{4t} - \frac{\pi}{4} \right\} (1 + O(t^{-1})),$$

$$t \rightarrow \infty, \quad |x| > t^{1+\delta}.$$

Предложен новый подход к аппроксимации данных со сложной зависимостью при отсутствии или наличии небольших ошибок. Алгоритм основан на кубической модели со свободным параметром и работает на двух уровнях: локальном и глобальном. Такая модель играет тройную роль: во-первых, она используется на локальном уровне для выражения отношения между  $x$  и  $y$ , во-вторых, для построения рекурсивной процедуры

Сглаживание сплайнами со свободными узлами поперечного сечения для  $\pi^- p$ - (a) и  $n p$ -взаимодействий (b); остатки показаны в нижней части рисунка



Smoothing by splines with free knots of the cross section for  $\pi^- p$  (a) and  $n-p$  (b) collisions; the residuals are shown at the bottom

The existence of exotic, theoretically predicted oscillations are confirmed by numerical experiments.

1. Serdyukova S. I. // Dokl. Ros. Akad. Nauk. 2003. V. 389, No. 3. P. 15.

2. Serdyukova S. I. Exotic Asymptotics for Linear Hyperbolic Equations. Reported at the International Conference Actual Problems of Numerical Mathematics, 29 August 2006, Moscow, the Institute of Numerical Mathematics of RAS.

A novel approach has been proposed for approximation of data with complex dependence and no/or medium error, using a cubic model with a free parameter, in two stages: local and global. The model plays a threefold role: firstly, it is

оценки параметра модели, и, наконец, она обеспечивает глобальную гладкую аппроксимацию в автоматическом режиме посредством кусочно-кубических полиномов. В случае данных с небольшими ошибками такое кусочное приближение в режиме автоматического слежения дает весьма хорошие результаты, однако в случае ошибок с большой дисперсией возникают проблемы с  $C^1$ - и  $C^2$ -гладкостью аппроксиманты.

Для увеличения надежности алгоритма был разработан интерактивный четырехшаговый сглаживатель, включающий: 1) прореживание данных; 2) локальную оценку ординат выбранных точек; 3) обнаружение узлов для кубических сплайнов на базе оцененных точек; 4) вычисление таблицы сплайнов.

Результаты сглаживания реальных физических данных (см. рисунок) и их сравнение с другими методами подтверждают эффективность предложенного подхода.

1. *Dikoussar N. D., Torok Ch.* Data Smoothing by Splines with Free Knots. Доклад на конференции «Математическое моделирование и вычислительная физика» (ММСП-2006), Словакия. Направлен в «Письма в ЭЧАЯ».

2. *Dikoussar N. D.* Four-point transformation methods in approximation and the smoothing problems. Пленарный доклад на конференции «Математическое моделирование и вычислительная физика» (ММСП-2006), Словакия. Направлен в «Письма в ЭЧАЯ».

used on the local level for expressing the relation between  $x$  and  $y$ , secondly, for the construction of a recursive procedure for the estimation of the model's parameter, and lastly it allows a global smooth approximation in an automatic mode by piecewise cubic polynomials. While in the case of data with no or small errors such an auto-tracking piecewise approximation gives very good results; in the case of errors with large variance, there are problems with the  $C^1$  and  $C^2$  continuity. To enhance the reliability of this procedure, an interactive four-step smoother has been developed that includes: 1) thinning of data points; 2) local estimation of the ordinates of the selected points; 3) knot detection based on the estimated points; 4) computation of the spline table.

The results of smoothing real physics data (see the figure) and their comparison with other techniques confirm the efficiency of the proposed approach.

1. *Dikoussar N. D., Torok Ch.* Data Smoothing by Splines with Free Knots. Report at the conference «Mathematical Modeling and Computational Physics» (MMCP'2006), Slovakia, 2006. Subm. to «Particles and Nuclei, Letters».

2. *Dikoussar N. D.* Four-Point Transformation Methods in Approximation and the Smoothing Problems. Plenary report at the

## Учебно-научный центр

**Учебный процесс.** С 1 сентября в Учебно-научном центре ОИЯИ начался новый учебный год. К занятиям приступили студенты базовых кафедр ОИЯИ — МИФИ, МФТИ, МГУ, МИРЭА, университета «Дубна». Традиционно много студентов старших курсов, прикомандированных к УНЦ из российских вузов (университетов Петрозаводска, Санкт-Петербурга, Твери, Томска, Тулы и Екатеринбурга). В этом учебном году в УНЦ также обучаются студенты из вузов стран-участниц ОИЯИ (Польши и Чехии).

Общее количество студентов, проходящих обучение в УНЦ, — 276 человек.

**Прием в аспирантуру ОИЯИ.** В осеннем семестре в аспирантуру ОИЯИ поступили 13 человек по специальностям: 7 человек — «теоретическая физика»; 3 — «физика атомного ядра и элементарных частиц»; 2 — «радиобиология» и 1 человек — «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Число аспирантов, обучающихся сейчас в аспирантуре ОИЯИ, составляет 48 человек.

**Международное сотрудничество.** Благодаря поддержке программы «Боголюбов–Инфельд» польские студенты имеют возможность регулярно посещать

conference «Mathematical Modeling and Computational Physics» (MMCP'2006), Slovakia, 2006. Subm. to «Particles and Nuclei, Letters».

## University Centre

**Studies.** On 1 September, a new academic year began at the JINR University Centre (UC). Students are attending classes at the JINR-based Departments of the Moscow Engineering Physics Institute, the Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow State University, the Moscow Institute of Radio Engineering, Electronics, and Automatics, and Dubna University. As usual, the UC has many attached students coming from a number of higher education institutions of Russia (the universities of Petrozavodsk, St. Petersburg, Tver, Tomsk, Tula, and Yekaterinburg). This academic year, the UC has also students from JINR Member States: Poland and the Czech Republic.

The UC's total student enrolment is 276.

**Admission to the JINR Postgraduate Studies.** In the autumn semester, 13 applicants were accepted in JINR postgraduate studies: seven in the Theoretical Physics specialty,



ОИЯИ и находить потенциальных научных руководителей среди сотрудников Института. Визиты готовятся помощником руководителя управления научно-организационной работы и международного сотрудничества ОИЯИ профессором В. Хмельовским.

Гостями УНЦ с 1 по 10 сентября были 10 студентов Опольского университета. Программа пребывания, в частности, включала экскурсии в лаборатории Института (ЛНФ, ЛЯР, ЛВЭ и ЛРБ), прием в дирекции УНЦ. В ЛНФ А. В. Виноградов продемонстрировал ребятам модель ИБР-2, затем провел их в зал ИБР-2. Состоялась встреча с И. Натканцем и другими польскими сотрудниками, работающими в ЛНФ.

В программе пребывания польских студентов было выделено время для знакомства с окрестностями Дубны и посещения исторических и культурных мест Москвы и Сергиева Посада. Польские сотрудники организовали для молодых будущих коллег вечер российской кухни.

**Международные мероприятия и планы на 2007 г.** В середине октября 2006 г. директор УНЦ Д. В. Фурсаев побывал в Польше и Чехии. Одной из целей поездки было подведение итогов образовательной части программы «Боголюбов–Инфельд» и участие в

семинарах, посвященных сотрудничеству польских институтов с ОИЯИ.

Другая цель визита — участие в подготовке 4-й Международной студенческой летней школы «Ядерные методы и ускорители в биологии и медицине», которая пройдет с 8 по 19 июля 2007 г. в Чехии. По установившейся традиции школа готовится совместно УНЦ ОИЯИ, Институтом экспериментальной и прикладной физики Чешского технического университета (Прага), Университетом им. А. Мицкевича (Познань, Польша) и Институтом ядерной физики Академии наук Чехии (Прага). Научная программа школы включает лекции по ядерной физике, ускорителям частиц, детекторам излучений, визуализации медицинских данных, радиотерапии, медицине и биологии, ядерно-физическим методам в экологии и смежных дисциплинах. В качестве лекторов школы будут приглашены сотрудники ОИЯИ, а руководителем секции «Ускорители частиц» станет заместитель главного инженера ОИЯИ Г. В. Трубников. Информацию о школе можно найти на сайте:

<http://www.utef.cvut.cz/4SummerSchool/index.html>.

Решено также, что школа в Чехии будет проходить сразу после летней студенческой практики УНЦ 2007 г. по направлениям исследований, ведущихся в ОИЯИ, проведение которой планируется 24 июня – 7 июля

three in Nuclear and Elementary Particle Physics, two in Radiobiology, and one in Mathematical Modelling, Numerical Methods, and Software Complexes. JINR's total post-graduate enrolment is 48.

**International Cooperation.** Thanks to support from the Bogoliubov–Infeld programme, Polish students have regular opportunities to visit JINR. During these visits, some of them find their future scientific supervisors among JINR scientists. The visits are prepared by Professor W. Chmielowski, Advisor to the JINR Head of Research Organization and International Cooperation division.

On 1–10 September, ten students of Opole University, Poland, visited the UC. The visit programme included, in particular, excursions to the JINR Laboratories (the Laboratory of Neutron Physics, the Laboratory of Nuclear Reactions, the Laboratory of High Energies, and the Laboratory of Radiation Biology) and a meeting at the UC Directorate. At the Laboratory of Neutron Physics, Chief Engineer of the IBR-2 reactor A.V. Vinogradov showed an IBR-2 model to the students and then took them to the IBR-2 experimental

hall. The group had a meeting with Dr I. Natkaniec and other Polish staff at the Laboratory.

The visit programme also included sightseeing in the neighbourhood of Dubna and excursions to the historic sights of Moscow and Sergiyev Posad. Polish staff held a Russian cuisine party for their future young colleagues.

**International Activities and Plans for 2007.** In mid-October, the UC Director, D. V. Fursaev, had a visit to Poland and the Czech Republic. One of the aims of the visit was to evaluate the results of the education part of the Bogoliubov–Infeld programme and to participate in seminars on cooperation between JINR and Polish institutes.

Another aim of the visit was to take part in preparing the Fourth International Summer Student School on Nuclear Methods and Accelerators in Biology and Medicine, which will be held on 8–19 July 2007 in the Czech Republic. As before, the School is organized jointly by the UC, the Institute of Experimental and Applied Physics of the Czech Technical University in Prague, Adam Mickiewicz University (Poznań, Poland) and the Institute of Nuclear Physics of the Czech Academy of Sciences (Prague). The topic range of the lectures to be given at the School includes nuclear

2007 г. Более подробную информацию можно будет найти на сайте УНЦ <http://uc.jinr.ru/>.

С 1 по 8 октября Учебно-научный центр совместно с Лабораторией нейтронной физики в рамках сотрудничества между Венгерской академией наук и ОИЯИ проводил практику студентов из Венгрии «Использование нейтронов в различных приложениях на импульсном реакторе ИБР-2».

Познань (Польша), 22 октября. Польские школьники, побывавшие в УНЦ ОИЯИ в рамках программы «Боголюбов–Инфельд», их преподаватели и организаторы отчетного семинара



Poznań (Poland), 22 October. Polish school children who visited the JINR UC in the framework of the Bogoliubov–Infeld programme, their teachers and organizers of the current seminar

physics, particle accelerators, radiation detectors, medical imaging, radiotherapy, medicine and biology, frontier physics, and environmental sciences. As lecturers, JINR staff members will be invited; the Particle Accelerator section will be headed by JINR Deputy Chief Engineer G. V. Trubnikov. Information on the School is available at its Internet site: <http://www.utef.cvut.cz/4SummerSchool/index.html>.

It has been decided that the School in the Czech Republic will be held immediately after the UC-based Summer Student Practice in JINR Fields of Research, which is scheduled tentatively for 24 June – 7 July 2007. More detailed information on the Practice will be put up at the UC's site: <http://uc.jinr.ru>.

16 октября директор УНЦ Д. В. Фурсаев принял участие в заседании объединенного координационного комитета по сотрудничеству ОИЯИ–ЮАР, где выступил с докладом об основных направлениях образовательной деятельности ОИЯИ, о деятельности Учебно-научного центра. Гости из Претории (ЮАР) побывали с ознакомительным визитом в Международном университете природы, общества и человека «Дубна».

On 1–8 October, the UC and Laboratory of Neutron Physics jointly held a practice on different neutron applications at the IBR-2 pulsed reactor for Hungarian students. The practice was organized as part of the cooperation between JINR and the Hungarian Academy of Sciences.

On 16 October, UC Director Dr D. V. Fursaev attended a session of the Joint Coordination Committee for the Cooperation between JINR and the Republic of South Africa, to which he presented a report on JINR main areas of education and the UC's activities. The guests from Pretoria had an acquaintance visit to the Dubna International University of Nature, Society, and Man.

*Н. С. Амелин, Р. Ледницки, Л. В. Малинина*

## Разработка новых генераторов событий для изучения столкновений релятивистских тяжелых ионов

Проводимые в настоящее время и планируемые экспериментальные исследования столкновений тяжелых ионов в широком диапазоне энергий пучков ускорителей требуют улучшения уже существующих и развития новых феноменологических компьютерных моделей, так называемых монте-карловских (МК) генераторов событий столкновений [1]. Так, для проведения экспериментов на ускорителе LHC, в силу ожидаемой очень большой множественности адронов, для моделирования требуются быстрые МК-генераторы. Такие МК-генераторы являются мощным средством, позволяющим проводить сравнение измеренных и теоретически предсказанных характеристик множественного рождения частиц с учетом условий данного эксперимента. Особо следует отметить, что МК-генераторы будут обя-

зательно востребованы при поиске возможного образования смешанной кварк-адронной фазы сильновзаимодействующей ядерной материи в релятивистских столкновениях тяжелых ионов, когда заработает нуклотрон ОИЯИ, способный ускорять тяжелые ионы [2].

В ОИЯИ в рамках гидрокинетического подхода разрабатывается целый набор таких моделей [3], которые смогут описать различные стадии столкновения релятивистских тяжелых ионов: предравновесную кинетическую партонную (кварк-глюонную) или адронную стадию, равновесную гидродинамическую стадию с возможным формированием кварк-глюонной плазмы, а также стадию адронизации через так называемое размораживание адронов с последующим их перерасеянием и распадом резонансов. Гидродинамика позволяет опи-

*N. S. Amelin, R. Lednický, L. V. Malinina*

## Development of the Novel Event Generators to Study Relativistic Heavy Ion Collisions

Ongoing and planned experimental studies of relativistic heavy ion collisions in a wide range of beam energies require development of new Monte Carlo (MC) event generators and improvement of the existing ones [1]. Especially for the Large Hadron Collider (LHC) experiments, because of very high hadron multiplicities, one needs fairly fast MC generators for event simulation. The MC generators represent a powerful tool allowing for a comparison of the measured (multi)particle observables with the theoretical predictions in given experimental conditions. Particularly, such MC generators will be certainly required in the near future for the search for a possible formation of a strongly interacting mixed quark-hadron phase in relativistic heavy ion collisions at the upgraded JINR Nuclotron [2].

At JINR, by the hydrokinetic approach, we are developing a set of the phenomenological computer models [3] describing different stages of relativistic heavy ion collisions: preequilibrium kinetic either hadron or parton (quark-gluon) stage, equilibrium hydrodynamic stage with a possible formation of the quark-gluon plasma, freeze-out hadronization stage with the subsequent hadron kinetics including rescatterings and resonance decays. The hydrodynamics allows one to incorporate the complicated evolution of the hot and dense system (fireball) at the possible phase transitions encoded in a corresponding equation of state, while the kinetics makes it possible to evaluate particle spectra, taking into account the nonequilibrated character of their formation even at the early evolution parton stage. The

сывать сложную эволюцию горячей и плотной ядерной системы (файерболла) при наличии фазовых переходов посредством выбора соответствующего уравнения состояния, в то время как кинетика делает возможным оценивать спектры частиц, принимая во внимание неравновесный характер их образования, даже на ранней партонной стадии эволюции.

**1. Быстрый генератор размораживания адронов.** Мы разработали быструю процедуру МК-генерации адронов, которая дает возможность изучать и анализировать различные характеристики стабильных адронов и адронных резонансов, рожденных в ультррелятивистских столкновениях тяжелых ионов [5]. Множественности частиц определяются на основе концепции химического размораживания. При этом частицы рождаются на химической или тепловой гиперповерхности размораживания, которая задается в параметризованном виде или путем численного решения уравнений релятивистской гидродинамики с заданными начальными условиями и уравнения состояния. Помимо стандартных пространственноподобных секторов, с которыми ассоциируется излучение частиц из объема, данная гиперповерхность может также включать времениподобные сектора, с которыми ассоциируется излучение частиц с поверхности расширяющейся

corresponding computer codes are written in C++ language and under the ROOT framework [4]. They can also be used as stand-alone or in various combinations.

**1. A Fast Hadron Freeze-out Generator.** We have developed a fast Monte Carlo procedure of hadron generation, allowing one to study and analyze various observables for stable hadrons and hadron resonances produced in ultrarelativistic heavy ion collisions [5]. Particle multiplicities are determined based on the concept of chemical freeze-out. Particles can be generated on the chemical or thermal freeze-out hypersurface represented by a parameterization or a numerical solution of relativistic hydrodynamics with given initial conditions and an equation of state. Beside the standard spacelike sectors associated with the volume decay, the hypersurface may also include non-spacelike sectors related to the emission from the surface of expanding system. For comparison with other models and experimental data we demonstrate the results based on the standard parameterizations of the hadron freeze-out hypersurface and flow velocity profile under the assumption of a common chemical and thermal freeze-out.

системы. Мы показываем результаты, основанные на стандартных параметризациях гиперповерхности размораживания адронов и профиля скорости потока, делая предположение о наличии одновременного химического и теплового размораживания.

Несмотря на упрощенный сценарий размораживания адронов было получено вполне разумное описание отношений множественностей адронов и поперечных спектров адронов, измеренных в Брукхейвене (США) для центральных Au + Au-столкновений на коллайдере RHIC [5]. Пример такого описания приведен на рис. 1. В то же время генератор выдает завышенные значения корреляционных радиусов, и с его помощью не удалось получить правильного описания корреляционных функций (КФ) тождественных пионов.

В настоящее время мы проверяем применимость данной простой МК-модели для описания эллиптические

Рис. 1. Инвариантные распределения по поперечному импульсу адронов в центральном интервале быстрот. Данные коллаборации PHENIX (сплошные символы) [6] сравниваются с модельными расчетами (гистограммы) [5]

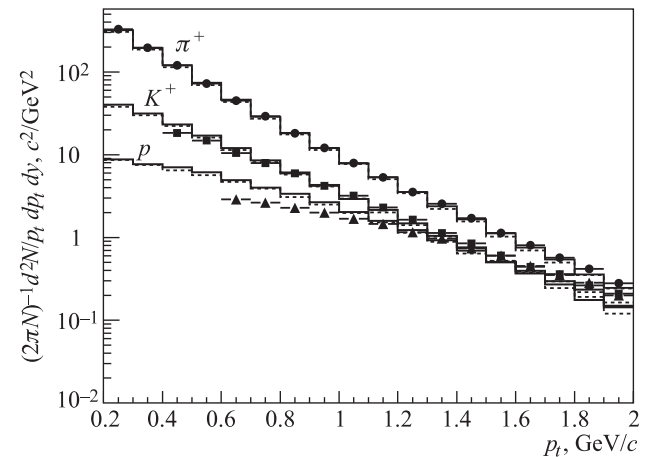


Fig. 1. The invariant transverse momentum spectra at mid-rapidity. The data from PHENIX (solid symbols) [6] are compared with the model calculations (histograms) [5]

While simplified, such a scenario nevertheless allows for a reasonable description of hadron multiplicity ratios and transverse momentum spectra in central Au+Au collisions at the Brookhaven Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) [5] (see Fig. 1). It however fails to describe the correlation functions (CF) of identical pions, overestimating the correlation radii.

Presently, we are testing the validity of this simple MC model using the data on elliptic flows measured at the

ских потоков адронов, измеренных при энергиях RHIC. Ведется работа по включению в программу генератора более реалистичных параметризаций поверхностей размораживания, а также по объединению этого генератора с программой для решения (1+3D)-мерных уравнений релятивистской гидродинамики для моделирования более сложной стадии размораживания адронов.

**2. Программа численного решения бальцмановских кинетических уравнений.** Описанный выше генератор размораживания адронов может также использоваться как генератор начального состояния для универсальной кинетической модели (УКМ) [7]. Эта компьютерная программа моделирует дальнейшую эволюцию (рассеяния и распады) рожденных стабильных адронов и резонансов путем численного решения релятивистских уравнений Бальцмана. Универсальность программы в том, что тот же самый встроенный в нее численный алгоритм подходит как для моделирования кинетики партонов (кварков и глюонов), так и для моделирования кинетики адронов.

Существует версия УКМ, названная УКМ-R, которая написана в программной среде ROOT [4]. С помощью данной программы получены численные решения релятивистских и нерелятивистских уравнений Бальцмана при выборе различных начальных условий [7].

В частности, было воспроизведено известное аналитическое решение нерелятивистского уравнения Бальцмана при сферически-симметричных гауссовских начальных условиях и подтверждено соответствующее этому решению сохранение во времени эволюции системы частиц их импульсных спектров и КФ (рис. 2). Такое сохранение во время расширения системы является следствием развития коллективных потоков частиц и остывания системы. Для более общего класса решений, описывающих эволюции нерелятивистских и релятивистских систем при анизотропных начальных условиях, также обнаружено приближительное сохранение спектров и КФ-частиц.

Эти результаты важны, например, для понимания слабой зависимости от энергии столкновения и направления в пространстве экспериментально измеренных на ускорителе RHIC интерферометрических радиусов, известной как «загадка интерферометрии RHIC» [1].

**3. Программа численного решения уравнений релятивистской гидродинамики.** Предполагается, что созданные нами генератор размораживания адронов и программа для численного решения бальцмановских кинетических уравнений будут частями более общего гидрокинетического генератора событий [3], предназначенного для анализа столкновений релятивистских

RHIC. We are also implementing more realistic parameterizations of the freeze-out hypersurface, as well as coupling the generator with our numerical (1+3D)-relativistic hydrodynamic equations solver (see below) to model a more complex hadron freeze-out stage.

**2. A Boltzmann Kinetic Equation Solver.** A fast hadron freeze-out generator can also be used as an initial state generator for the Universal Kinetic Model (UKM) code [7] which treats farther evolution (scattering and decays) of the produced stable hadrons and resonances by solving relativistic Boltzmann equations numerically. The universality of the code means that the same implemented numerical algorithm is suitable to model both the parton (quarks and gluons) and hadron kinetics. There is a version of the UKM, referred to as the UKM-R code, written under the ROOT framework [4].

Using the Boltzmann equation solver, numerical solutions of the nonrelativistic and relativistic Boltzmann equations have been studied at various initial conditions [7]. Particularly, the known analytical solution of the nonrelativistic Boltzmann equation at spherically symmetric Gaussian ini-

tial conditions has been recovered and the corresponding conservation of particle spectra and correlation functions has been confirmed (see Fig. 2). Such a conservation during the system expansion is a consequence of the developing collective flow and cooling. Approximate conservation properties have been found for a more general class of solutions describing the nonrelativistic and relativistic systems at anisotropic initial condition [7].

These results are important, e.g., to understand weak energy and directional dependence of the interferometry radii known as «the interferometry RHIC puzzle» [1].

**3. A Hydrodynamic Equation Solver.** As already mentioned, the developed fast freeze-out hadron generator and the UKM-R kinetic model or Boltzmann equation solver are supposed to be parts of a more general hydrokinetic numerical tool [3] for the analysis of relativistic heavy ion collisions. This tool will include in addition a parton initial and parton preequilibrium part or solver of the kinetic equations for quarks and gluons, as well as a relativistic hydrodynamic equation solver part allowing one to model an

тяжелых ионов. Дополнительно этот генератор будет включать компьютерные программы, позволяющие моделировать как начальную, так и предравновесную партонную стадии столкновения путем решения кинетических уравнений для кварков и глюонов, а также программу для решения релятивистских гидродинамических уравнений, позволяющую моделировать равновесную стадию столкновения с учетом образования кварк-глюонной плазмы.

Кроме того, мы написали на языке C++ компьютерную программу [8] для численного решения (1+3D)-

мерных уравнений релятивистской идеальной гидродинамики методом сглаженных частиц в декартовой и гиперболической системах координат при заданных начальных условиях и уравнении состояния. Результатом решения является также информация о поверхности размораживания адронов и профиле скорости коллективного потока согласно выбранному критерию размораживания.

Метод сглаженных частиц широко применяется при компьютерном моделировании в астрофизике и космологии, а также для моделирования взрывов. Впер-

Рис. 2. Начальное и конечное распределения  $x$ -компоненты 3-импульса частицы (a), пространственной  $x$ - (b) и временной (c) координат точки испускания или точки последнего взаимодействия и КФ, соответствующие этим точкам, как функции квадрата разности 4-импульсов частиц,  $q_{inv}^2$  (d), полученных при моделировании с помощью УКМ-R  $N = 400$  эволюции тяжелых бесспиновых бозонов с массой  $m = 0,938 \text{ ГэВ}/c^2$  при времени эволюции  $t = 200 \text{ фм}/c$ . Гистограммы 1, 2 и 3 (b и c) соответствуют  $\sigma_{cl} = 0$  (начальное  $x$ -распределение), 40 и 400 мб. Показанные на рисунке результаты гауссовского фита импульсных распределений и КФ согласуются с начальными значениями  $\sigma = (mT_0)^{1/2} = 0,3492 \text{ ГэВ}/c$ ,  $\lambda = 1$ , где  $T_0$  и  $R_0 = 7 \text{ фм}$  — начальные значения температуры и радиуса системы соответственно

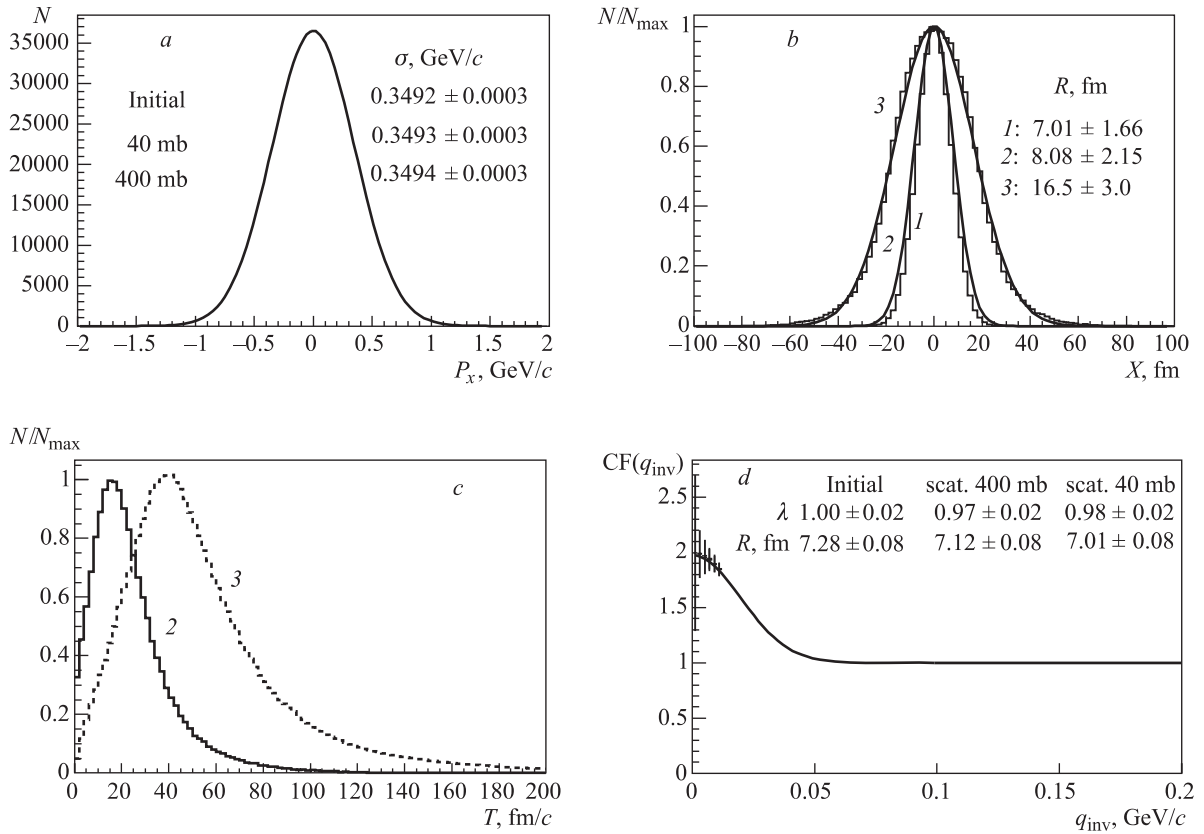


Fig. 2. Initial and final distributions of the  $x$ -components of particle 3-momentum (a), spatial  $x$ - (b) and time (c) coordinates of the emission or last collision points and the CF corresponding to these points as functions of particle 4-momentum difference squared,  $q_{inv}^2$  (d) obtained in the UKM-R simulation of  $N = 400$  heavy spin-0 bosons of mass  $m = 0.938 \text{ GeV}/c^2$  at the evolution time  $t = 200 \text{ fm}/c$ . The histograms 1, 2 and 3 in panels b and c correspond to  $\sigma_{cl} = 0$  (initial  $x$ -distribution), 40 and 400 mb, respectively. The shown results of Gaussian fits of the momentum distributions and the CFs agree with the input initial values  $\sigma = (mT_0)^{1/2} = 0.3492 \text{ GeV}/c$ ,  $\lambda = 1$ , where  $T_0$  and  $R_0 = 7 \text{ fm}$  are initial system temperature and radius, respectively

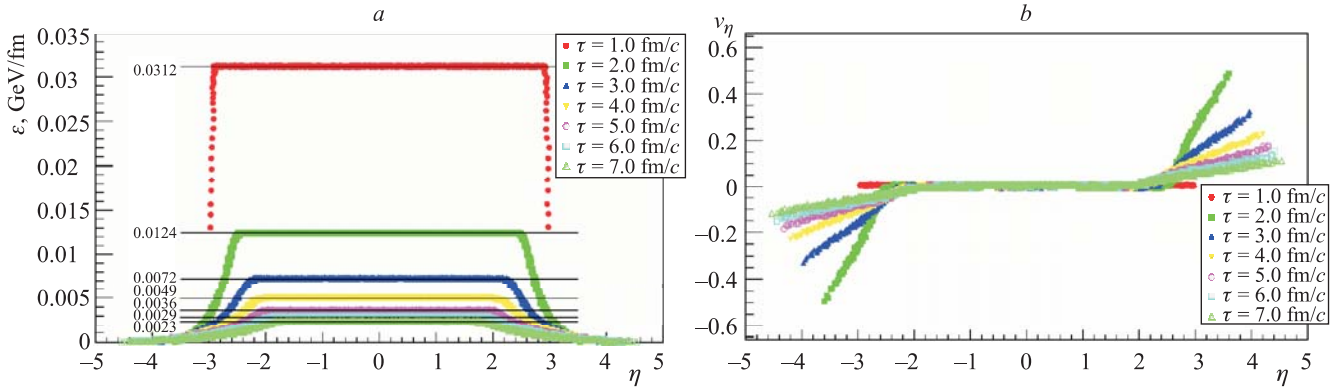


Рис. 3. Плотность энергии (a) и продольная скорость потока (b) как функции продольной пространственно-временной быстроты  $\eta = 0,5\ln[(t+z)/(t-z)]$  и параметра эволюции собственного времени  $\tau = (t^2 - z^2)^{1/2}$ , начиная с  $\tau = 1$  фм/с

Fig. 3. Energy density (a) and longitudinal flow velocity (b) as functions of the longitudinal space-time rapidity  $\eta = 0.5\ln[(t+z)/(t-z)]$  and the evolution proper time  $\tau = (t^2 - z^2)^{1/2}$  starting at  $\tau = 1$  fm/c

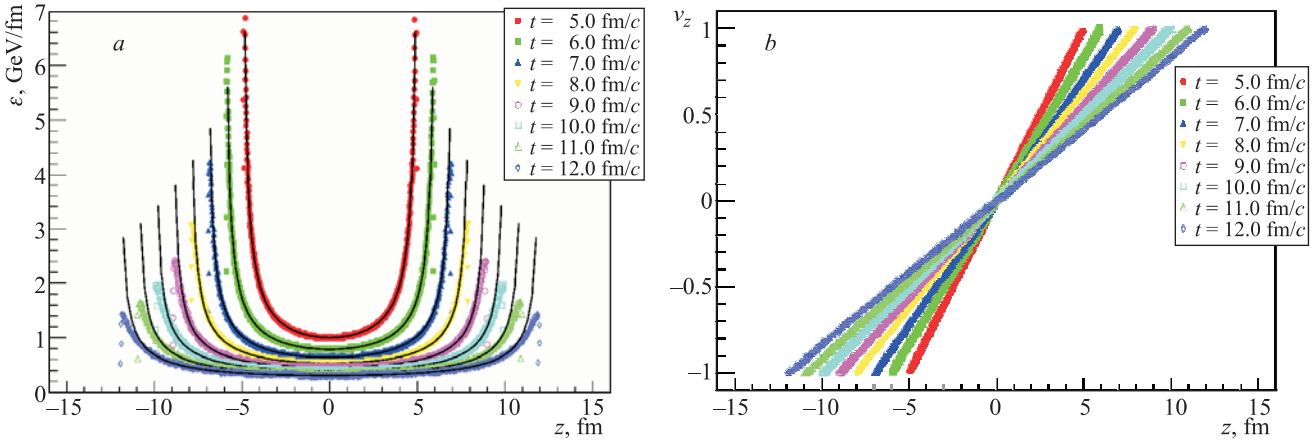


Рис. 4. Плотность энергии (a) и продольная скорость потока (b) как функции продольной координаты и параметра эволюции времени  $t$ , начиная с  $t = 1$  фм/с

Fig. 4. Energy density (a) and longitudinal flow velocity (b) as functions of the longitudinal coordinate and the evolution time starting at  $t = 1$  fm/c

equilibrium collision stage with a possible formation of the quark–gluon plasma.

We have already written a C++ code allowing one to solve the equations of the (1+3D) perfect relativistic hydrodynamics numerically by a smoothed particle method [8]. This hydrodynamic equation solver solves (1+3D)-relativistic perfect hydrodynamic equations in Cartesian or hyperbolic coordinate system at given initial conditions and equation of state by the smoothed particle method, and provides information about hadron freeze-out hypersurface and collective flow velocity profile according to the chosen freeze-out criterion.

The smoothed particle method is widely used to perform simulation studies in the astrophysics and cosmology, as well as in the explosion modeling. The first application of the smoothed particle method to solve relativistic hydrodynamics equations with the aim to model hydrodynamic evolution of relativistic ion collisions was done by a Brazilian group [9].

Our smoothed particle hydrodynamic code [8] is presently under test against known analytical and numerical solutions. Thus, from Figs. 3 and 4 one can see a good agreement of the numerical (points) and analytical (black lines and curves) solutions for the evolution of a perfect relativistic massless pion gas with particular flow velocity ini-

вые этот метод был применен бразильской группой физиков для решения релятивистских гидродинамических уравнений с целью моделировать эволюцию столкновений тяжелых ионов [9].

Наша компьютерная программа [8] решения релятивистских уравнений гидродинамики методом сглаженных частиц находится в стадии тестирования и сравнения с известными аналитическими и численными решениями. На рис. 3 и 4 можно видеть хорошее согласие численных (точки) и аналитических (черные линии и кривые) решений, описывающих эволюцию идеального релятивистского безмассового пионного газа со специальным выбором начальных скоростей потока (так называемая модель Бьеркена [10]), полученных соответственно в гиперболической и декартовой системах координат.

В заключение мы хотели бы отметить, что разработка описанных компьютерных моделей проводится в рамках проекта европейской исследовательской группы «Тяжелые ионы при ультрарелятивистских энергиях».

tial conditions (so-called Bjorken model [10]) calculated in hyperbolic and Cartesian coordinate systems, respectively.

The development of the outlined computer models has been carried out within the scope of the ERG (GDRE): Heavy ions at ultrarelativistic energies — a European Research Group comprising IN2P3/CNRS, Ecole des Mines de Nantes, Universite de Nantes, Warsaw University of Technology, ITEP (Moscow) and the Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, NAS of Ukraine. This work has been supported, in part, by a grant of the Russian Agency for Science and Innovations, by the special programme of the Ministry of Science and Education of the Russian Federation and by the Grant Agency of the Czech Republic.

Эта группа включает сотрудников из Политехнической школы Нанта, Нантского университета, Варшавского технологического университета, Института теоретической физики (Москва) и Института теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова НАНУ (Киев). Работы выполняются при частичной финансовой поддержке из грантов Российского агентства по науке и инновациям и Грантового агентства Чешской Республики, а также из гранта по специальной программе Министерства науки и образования РФ.

### Список литературы / References

1. Proc. of the 18th Intern. Conf. on Ultrarelativistic Nucleus–Nucleus Collisions «Quark Matter 2005», Budapest, Hungary, August 4–9, 2005; Nucl. Phys. A. 2006. V. 774.
2. *Sissakian A. N., Sorin A. S., Toneev V. D.* QCD Matter: A Search for a Mixed Quark-Hadron Phase. nucl-th/0608032.
3. *Amelin N. S., Lednicky R., Malinina L. V., Pocheptsov T. A.* UHKM: Universal Hydro Kinetic Model. <http://uhkm.jinr.ru>.
4. *Brun R., Rademakers F.* ROOT: An Object Oriented Data Analysis Framework // Nucl. Instr. Meth. A. 1997. V. 389. P. 81; <http://root.cern.ch>.
5. *Amelin N. S., Lednicky R., Pocheptsov T. A., Lokhtin I. P., Malinina L. V., Snigirev A. M., Karpenko Iu. A., Sinyukov Yu. M.* A Fast Hadron Freeze-out Generator. nucl-th/0608057; Phys. Rev. C (in press).
6. *Adler S. S. et al. (PHENIX Collab.).* Identified Charged Particle Spectra and Yields in Au + Au Collisions at  $\sqrt{s} = 200$  GeV // Phys. Rev. C. 2004. V. 69. P. 034909.
7. *Amelin N. S., Lednicky R., Malinina L. V., Pocheptsov T. A., Sinyukov Yu. M.* Evolution of Observables in a Numerical Kinetic Model // Phys. Rev. C. 2006. V. 73. P. 044909.
8. *Amelin N. S., Lednicky R., Malinina L. V.* A Hydrodynamical Hadron Generator to Study Mixed Phase of Nuclear Matter. Paper in preparation.
9. *Kodama T., Aguiar C. E., Osada T., Hama Y.* Entropy-Based Relativistic Smoothed Particle Hydrodynamics // J. Phys. G. 2001. V. 27. P. 557.
10. *Bjorken J. D.* Highly relativistic Nucleus-Nucleus Collisions: The Central Rapidity Region // Phys. Rev. D. 1983. V. 27. P. 140.



*A. A. Baldin, Э. Г. Балдина*

## Физика с помощью лазеров — от релятивистского рождения частиц до технологий обработки материалов

**Введение.** В последние несколько лет в ЛВЭ в рамках темы первого приоритета МАРУСЯ развивается новое направление исследований, связанное с использованием лазеров в физике. Области применения лазеров условно можно разделить на фундаментальные и прикладные. К фундаментальным можно отнести релятивистские режимы взаимодействия лазерного излучения сверхвысокой интенсивности с плазмой; генерацию высоких гармоник; генерацию сверхвысоких магнитных полей в плазме; индуцирование ядерных реакций; генерацию пучков горячих ионов; ударные волны в веществе под воздействием лазерного излучения; создание рентгеновских лазеров; диагностики с высоким временным разрешением. Прикладные области использования лазеров: медицина (лазерная диагностика и хирургия),

диагностика и мониторинг пучков частиц, обработка материалов.

Исследования в некоторых из этих областей ведутся в сотрудничестве с группами теоретической физики и физики плазмы GSI (Дармштадт, Германия), ЗАО «ВНИТЭП» (Дубна) и университетом «Дубна». Работы освещались в докладах, сделанных сотрудниками ЛВЭ ОИЯИ и GSI в Дубне и Дармштадте, на международных совещаниях по физике плазмы и взаимодействию ультракоротких лазерных импульсов с веществом.

Сотрудничество ЛВЭ ОИЯИ с GSI в области лазерной физики, включая взаимодействие ультракоротких лазерных импульсов с веществом и перенос рентгеновского излучения и торможения ионов в высокотемпературной плазме, успешно развивается уже 5 лет. В октя-

*A. A. Baldin, E. G. Baldina*

## The Physics with Lasers: From Relativistic Particle Production to Material Processing

**Introduction.** During the recent years, a new direction of research related to application of lasers in physics has been developed at LHE in the framework of the first-priority topic MARUSYA. Laser applications can be conditionally divided into fundamental and applied fields. Relativistic regimes of interaction of ultrahigh-intensity laser radiation with plasma, generation of high harmonics, strong magnetic fields in plasma, induced nuclear reactions, generation of high-energy ion beams, shock waves in matter under the impact of laser radiation, x-ray lasers, diagnostics with fine time resolution can be attributed to the fundamental problems. Applied fields in which lasers are used are medicine (laser diagnostics, surgery), diagnostics and monitoring of particle beams, material processing.

Investigations in some of these fields are performed in collaboration with the theory and plasma physics groups at GSI (Darmstadt), ZAO VNITEP (Dubna), and Dubna University. The work was covered in reports delivered by LHE and GSI employees in Dubna, Darmstadt, at international workshops devoted to plasma physics and interaction of ultrashort laser pulses with matter.

The collaboration of JINR's LHE with GSI (Darmstadt) in the field of laser physics, including interaction of ultrashort laser pulses with matter, x-ray transfer and ion stopping in high-temperature plasmas, has been successfully developing for already five years. A workshop devoted to theoretical and mathematical description of processes of generation and propagation of particles, fields and radia-

бре 2005 г. в Дармштадте состоялось рабочее совещание, посвященное теоретическому и математическому описанию процессов генерации и распространения частиц, полей и излучений в коротких неравновесных плазмах. Это совещание продолжило серию подобных совещаний, проводимых европейскими научными центрами один раз в два года. Сотрудники ЛВЭ ОИЯИ А. А. Балдин и Э. Г. Балдина, принявшие в нем участие по приглашению д-ра Т. Шлегеля, представили доклады, посвященные работам, проводимым в этом направлении в ОИЯИ. Так, в докладе А. А. Балдина был представлен общий подход теории автомодельности, его применение в релятивистской ядерной физике и пути построения автомодельных решений в области генерации и ускорения пучков заряженных частиц в мощных электромагнитных полях.

В GSI под руководством профессора К. Ю. Витте строится крупный лазер PHELIX. В этом лазерном комплексе, который будет введен в действие в 2008 г., предусмотрены две опции, позволяющие охватить широкий круг параметров лазерной плазмы. Первая опция на длительность импульса 1–10 нс и полную энергию 1 кДж будет запущена уже к концу 2006 г. Вторая опция, пуск которой запланирован на 2008 г., позволит получать импульсы длительностью 500–100 фс и энергией

500 Дж, что обеспечит максимальную мощность порядка  $10^{19}$  Вт. Эта мощность является пороговой для явления рождения частиц в лазерном поле.

Предложение по уникальному эксперименту, касающемуся исследования взаимодействия заряженных частиц с горячей однородной плазмой на лазерно-ускорительном экспериментальном комплексе GSI, было представлено на XXIX Европейской конференции по взаимодействию лазера с веществом (ECLIM-2006) в июне 2006 г. в Мадриде [1].

Другое направление исследований, проводящихся в ЛВЭ ОИЯИ в сотрудничестве с учеными GSI, — это исследование взаимодействия ультракоротких лазерных импульсов с веществом, механизмы генерации и ускорения частиц в интенсивных электромагнитных полях. А. А. Балдин на основе автомодельного подхода провел исследование режимов генерации электронно-позитронных пар при взаимодействии короткого мощного лазерного импульса с твердой мишенью. Предварительные результаты были доложены на семинаре в группе теории GSI. Предложение по эксперименту признано интересным, и в настоящее время готовится публикация.

Ведутся исследования и в прикладной области применения лазеров в промышленности. Некоторые теоре-

tions in short-lived nonequilibrium plasmas was held in Darmstadt in October 2005. This workshop continued the series of workshops held by the European science centres every two years. The LHE researchers A. A. Baldin and E. G. Baldina, who participated in the workshop on the invitation of Dr T. Schlegel, gave reports devoted to the activity performed in this field at JINR. Thus, A. A. Baldin presented the general self-similarity approach, its application in relativistic nuclear physics and ways of construction of self-similar solutions as applied to generation and acceleration of beams of charged particles in intensive electromagnetic fields.

The large laser PHELIX is being constructed at GSI under the leadership of Prof. K. Yu. Witte. This laser complex, planned to be put into full-scale operation in 2008, has two options covering a wide range of laser plasma parameters. The first option with the pulse duration of 1–10 ns and the total pulse energy of 1 kJ will be put into operation already by the end of 2006. The second option to be commissioned in 2008 will provide the pulse duration of 500–100 fs and the energy 500 J with the maximum power about  $10^{19}$  W.

This is the threshold value for particle production in a laser field.

The proposal of the unique experiment on interaction of charged particles with hot homogeneous plasma at the GSI laser-accelerator complex was presented at the 29th European Conference on Laser Interaction with Matter (ECLIM-2006) in June 2006 in Madrid [1].

Another direction of research performed by LHE researchers in collaboration with GSI scientists is the investigation of interaction of ultrashort laser pulses with matter, mechanisms of particle generation and acceleration in intensive electromagnetic fields. On the basis of the self-similarity approach, A. A. Baldin studied the regimes of generation of electron–positron pairs at interaction of short intense laser pulse with solid target. Preliminary results were reported at a seminar in the theory group at GSI. The proposal of the experiment was found interesting. At present, a corresponding publication is in preparation.

Research in the field of laser application in industry is also performed at LHE. Some theoretical and practical problems of laser material cutting are studied by the members of the MARUSYA collaboration in cooperation with

тические и практические вопросы лазерной резки материалов исследуются в коллаборации МАРУСЯ совместно с сотрудниками ЗАО «ВНИТЭП» (Дубна) и университета «Дубна». В ЛВЭ в период с февраля по июнь 2006 г. прошли три семинара, посвященных трем различным областям физики с использованием лазерного излучения. По результатам этих исследований в настоящее время сотрудниками ЛВЭ ОИЯИ оформляются две кандидатские диссертации, готовится материал еще для двух диссертаций аспирантов университета «Дубна».

**1. Релятивистское рождение частиц ультракороткими лазерными импульсами. Автомоделный подход.** Одно из наиболее бурно развивающихся сейчас направлений фундаментальной физики — физика ультракоротких лазерных импульсов — в фокусе исследований многих научных центров мира. Исследования процессов в лазерной плазме, особенно явлений принципиально нового временного масштаба — пико-, фемто-, атто- и зептосекунд, чрезвычайно интересны с точки зрения новых представлений о физике микромира. С появлением лазеров с импульсами такой длительности становится возможным исследовать тонкую временную структуру атомных процессов. Если длительности импульсов менее фемтосекунд будут достигнуты в экспе-

рименте, можно будет говорить о принципиально новом уровне исследования свойств вещества на временном масштабе, существенно меньшем, чем характерные времена релаксации в атомах, и даже сравнимом с масштабом ядерных процессов рождения и аннигиляции частиц. Так, например, для описания атома водорода характерное время «обращения» электрона вокруг протона составляет экспериментально наблюдаемую теперь величину 2,6 фс. Один из возможных режимов генерации заряженных частиц в веществе под воздействием интенсивного внешнего поля, так называемый пузырьковый (автомоделный) режим (*bubble regime*), был теоретически предсказан в работах [2], а затем продемонстрирован с помощью численного моделирования [3] и наблюдался экспериментально.

Уже сам факт получения фемтосекундных (и даже аттосекундных) импульсов открывает принципиально новые возможности для проверки и формулировки базовых гипотез и положений о процессах рождения частиц и формирования излучения. Особый интерес представляет проблема описания релятивистских многочастичных систем. Так, экспериментально наблюдаемая направленная генерация электронных сгустков с энергиями электронов  $\sim 100$  МэВ при взаимодействии фемтосекундных лазерных импульсов с веществом

ZAO VNITEP (Dubna) and Dubna University. Three seminars devoted to three different fields of physics with lasers were held at LHE in February–June 2006. At present two PhD theses of LHE physicists are in preparation on the results of this research, two postgraduate students of Dubna University have begun work on their theses.

**1. Relativistic Particle Production by Ultrashort Laser Pulses. Self-similarity Approach.** One of the most rapidly developing directions of fundamental physics now, the physics of ultrashort laser pulses, is in the focus of research at many scientific centres worldwide. Investigation of processes in laser plasmas, especially phenomena of fundamentally new time scale, pico-, femto-, atto- and zeptoseconds, is extremely interesting from the point of view of new ideas concerning the physics of microworld. With the development of such lasers, investigation of fine time structure of atomic processes becomes possible. If pulse durations shorter than femtoseconds are achieved in the experiment, this will mean a fundamentally new level of investigation of matter properties at the time scale essentially smaller than characteristic relaxation times in atoms and compara-

ble with the scale of nuclear processes of particle production and annihilation. Thus, the characteristic time or electron «revolution» around the proton in the hydrogen atom is 2.6 fs, the value experimentally feasible now. One of possible regimes of generation of charged particles in matter under the impact of an intense external field, the so-called «bubble regime», was first predicted theoretically [2], then demonstrated by means of numerical modeling [3], and then observed experimentally.

The very fact of feasibility of femtosecond (and even attosecond) pulses opens fundamentally new possibilities of verification and formulation of basic hypotheses and propositions concerning the processes of particle and radiation production. Of special interest is the problem of description of relativistic multiparticle systems. Thus, the experimentally observed generation of directed electron bunches with electron energies about 100 MeV at interaction of femtosecond laser pulses with matter is one of such relativistic collective effects.

Experimental and theoretical investigation of relativistic collective effects in particle production in cumulative and subthreshold reactions in the field of relativistic nuclear

относится к таким релятивистским коллективным эффектам.

Экспериментальное и теоретическое изучение релятивистских коллективных эффектов при образовании частиц в кумулятивных и подпороговых реакциях в области релятивистской ядерной физики показало эффективность применения автосемельного подхода [4, 5]. Обобщая этот подход на случай коллективного взаимодействия группы когерентных фотонов с электронами, удастся описать наблюдаемую монохроматичность и малый эмиттанс ускоренных электронов (рис. 1) и дать предсказания на соотношение сечений генерации ускоренных электронов и образованных позитронов (рис. 2).

Оптимизация условий генерации позитронов при помощи коротких лазерных импульсов представляет

интерес для радиологии, биологии, медицины, позитронной томографии.

**2. Взаимодействие заряженных частиц и излучения с горячей плотной плазмой.** Изучение процессов взаимодействия заряженных частиц и фотонов с веществом имеет большое значение в таких областях, как физика плазмы и высоких плотностей энергии в веществе, инерциальный термоядерный синтез, в прикладных исследованиях с использованием лазеров и пучков заряженных частиц. Теория взаимодействия ионов с холодным веществом, используемая в настоящее время, опирается на подход Бете–Блоха с некоторыми поправками. Эта модель имеет ряд недостатков. Так, торможение в сложных молекулярных веществах может отличаться от 20 до 100 % от предсказываемой величины;

Рис. 1. Расчетное распределение по импульсам и углам электронов, ускоренных под действием ультракороткого лазерного импульса

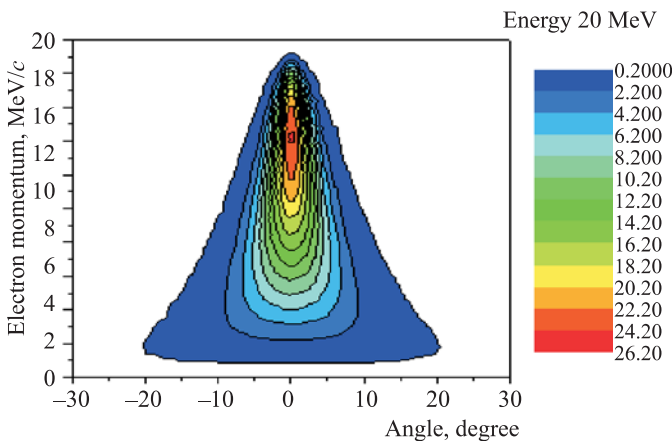


Fig. 1. Calculated momentum and angular distribution of electrons accelerated by the short laser pulse

physics proved the efficiency of the self-similarity approach [4, 5]. By generalizing this approach to collective interaction of a group of coherent photons with electrons, it is possible to describe the experimentally observed monochromaticity and low emittance of accelerated electrons (Fig. 1), and to make predictions on the ratio of the cross sections of generation of accelerated electrons and produced positrons (Fig. 2).

Optimization of positron generation by short laser pulses is of interest in radiography, biology, medicine, positron tomography.

Рис. 2. Отношение сечения рождения позитронов и ускоренных электронов под углом 0° и 2° под действием ультракороткого лазерного импульса

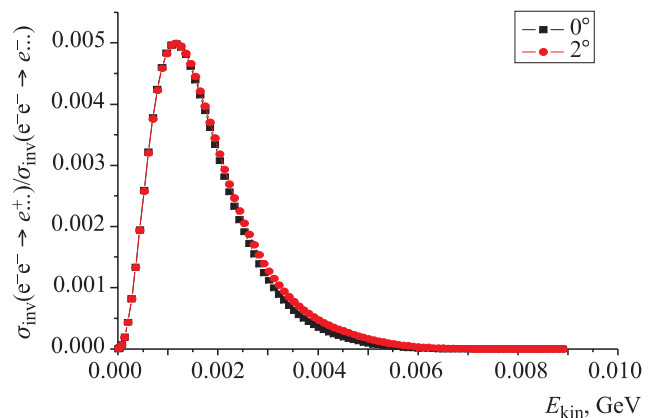


Fig. 2. Ratio of short-laser-pulse-generated positron and electron cross sections at 0° and 2°

## 2. Interaction of Charged Particles and Radiation with Hot Dense Plasmas.

Investigation of interaction of charged particles and photons with matter is of great importance in such fields of physics as plasma physics and physics of high energy density in matter, inertial confinement fusion, applied research using lasers and charged particle beams. The theory of ion interaction with cold matter used at present is based on the Bethe–Bloch approach with some corrections. This model has certain problems. Thus, stopping in complex molecular substances can differ by 20–100% from the predicted value; experimental range can differ from theoretical one up to 20% for thick (porous) tar-

отличие экспериментального пробега от теоретического в толстых (пористых) мишенях может составлять до 20 %. Кроме того, экспериментальные данные для тяжелых ионов фрагментарны, что затрудняет «настройку» модели, особенно важную для медицинских пучков ускоренных частиц.

Измерения, выполненные в рамках эксперимента S249 на ускорителе SIS-18 в GSI группой физиков из ВНИИЭФ, ОИЯИ и GSI, специально посвященные исследованию влияния мишени на торможение ионов в холодном веществе, продемонстрировали заметное отличие полного пробега и, соответственно, кривой энер-

Рис. 3. Профили энерговыведения ионов золота в медных мишенях (сплошной и наборе фольг)

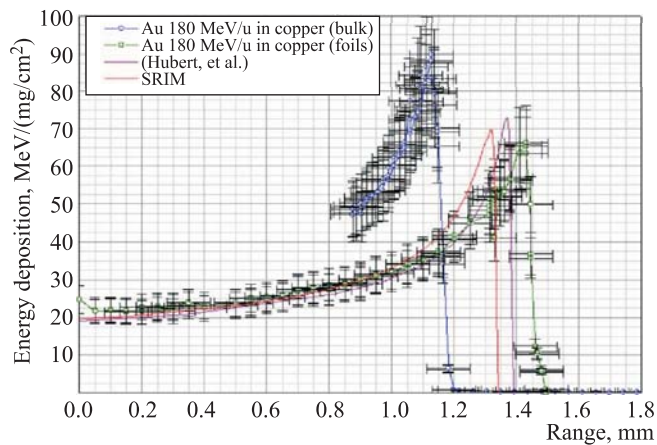


Fig. 3. Energy deposition profiles of gold ions in copper targets (solid and foils)

gets. Moreover, experimental data for heavy ions are fragmentary, which prevents «tuning» the model that is especially important for medical beams of accelerated particles.

Measurements performed in the framework of the experiment S249 at SIS-18 (GSI, Darmstadt) by the group of VNIIEF, JINR and GSI physicists and specially devoted to investigation of the effect of the target on ion stopping in cold matter demonstrated a noticeable difference of the total stopping range and energy deposition of ions in the thick solid target and the target made from the set of foils with the same total thickness (see Fig. 3).

Processes of ion stopping in plasmas are not described unambiguously in the framework of existing theoretical models. Development and verification of theoretical models require experimental study of ion stopping in plasmas. The GSI experimental complex provides the unique possibility of such experiments. The experiment was proposed and

говыведения ионов в сплошной толстой мишени и мишени из набора фольг той же общей толщины (рис. 3).

Процесс взаимодействия ионов с плазмой не описывается однозначно в рамках существующих теорий. Разработка и проверка теоретических моделей требуют экспериментального изучения торможения ионов в плазме. Экспериментальный комплекс GSI предоставляет уникальную возможность проведения таких экспериментов. Постановка эксперимента предложена и обоснована физиками ВНИИЭФ, ОИЯИ и GSI. Получен диапазон параметров мишени, достижимых на существующем ускорителе SIS-18 и лазерах nhelix и PHELIX. Так, для вакуумных мишеней получены следующие параметры: материал с высоким  $Z$ ,  $T_{пл} = 50 \div 100$  эВ;  $\rho_{эл} \sim 10^{20}$  см $^{-3}$ ; для мишеней, наполненных малоплотным материалом с низким  $Z$ ,  $T_{пл} = 50 \div 80$  эВ;  $\rho_{эл} \sim 10^{21}$  см $^{-3}$  (CH). Характерный вид мишени приведен на рис. 4.

Для моделирования экспериментов и оптимизации геометрии и заполнения мишеней создан программный комплекс MULTIVF (авторы Э. Г. Балдина, Т. Шлегель и

Рис. 4. Распределение температуры внутри цилиндрической Au+CH(пена) мишени  $\varnothing 1$  мм  $\times$  2 мм. Лазерный пучок:  $E_{лаз} = 1$  кДж;  $\tau_{лаз} = 1$  нс

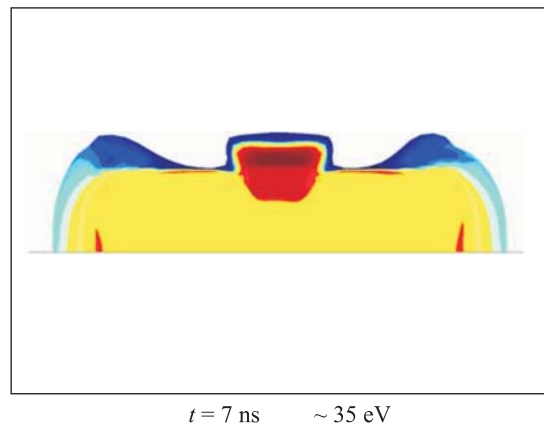


Fig. 4. Temperature distribution inside the cylindrical Au + CH (foam) target  $\varnothing 1$  mm  $\times$  2 mm. Laser beam:  $E_{las} = 1$  kJ;  $\tau_{las} = 1$  ns;  $\lambda = 1.053 \mu\text{m}$  ( $E_{rad} = 350$  J)

substantiated by VNIIEF, JINR and GSI physicists. The range of target parameters achievable at the existing accelerator SIS-18 and the lasers nhelix and PHELIX was obtained. Thus, for vacuum targets, the following parameters were obtained: high- $Z$  material,  $T_{pl} = 50 \div 100$  eV;

Р. Рамис). Выполнен большой объем работ по расчету и оптимизации hohlraum-мишеней для исследования торможения ионов в плазме на лазерно-ускорительном комплексе GSI.

**3. Физические процессы при лазерной резке металлов. Исследование нелинейных процессов в двухслойных системах.** Лазерная обработка материалов — одна из высокотехнологичных областей промышленности. Основные области промышленного применения лазеров: электронная промышленность, маркировка, экологический и другой мониторинг, лазерная обработка металлов.

При лазерной резке некоторых металлов (особенно таких, как медь и алюминий) на облучаемой поверхности образуется окисная пленка, которая существенно влияет на поглощательную способность поверхности и, следовательно, на процесс резки. Подробно изучено влияние термохимической реакции на процесс нагрева материала непрерывным излучением CO<sub>2</sub>-лазера в окислительной атмосфере. Получены точные аналитические и асимптотические решения для поля температур и динамики окисной пленки. В одномерном приближении получено аналитическое выражение для температуры в

центре пятна нагрева. Динамика нагрева материала лазерным излучением приведена на рис. 5 и 6.

Учет термохимических реакций на поверхности, вызывающих рост окисной пленки, приводит к существенному обострению пространственного распределения температуры. Эффект локализации тепла в ограниченной области вокруг центра пятна нагрева существенен в технологических процессах резки и размягчения материала с помощью лазерного излучения. Аналитические функциональные зависимости важны с точки зрения понимания динамики процессов в широком диапазоне исходных параметров. Полученные результаты

Рис. 5. Температура на поверхности металла в центре пятна нагрева как функция времени

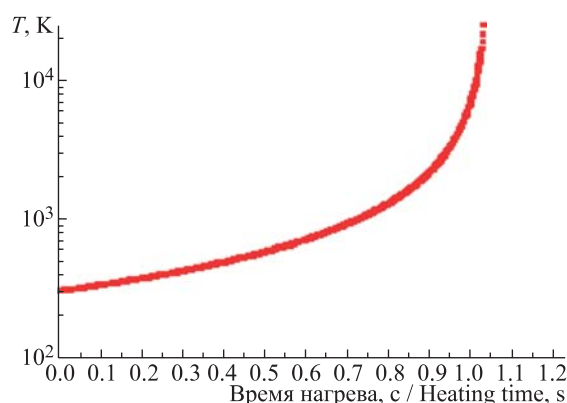


Fig. 5. Temperature at the surface of the metal in the centre of the heated spot as a function of time

$\rho_{el} \sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ ; for targets filled with low-density low-Z material,  $T_{pl} = 50 \div 80 \text{ eV}$ ;  $\rho_{el} \sim 10^{21} \text{ cm}^{-3}$  (CH). The typical view of the cylindrical target is shown in Fig. 4.

For modeling experiments and optimization of the target geometry and filling, the computer program complex MULTIVF was created (authors T. Schlegel, E. G. Baldina and R. Ramis). A large amount of calculation of hohlraum targets for investigation of ion stopping at the GSI laser-accelerator complex was performed.

**3. Physical Processes in laser Metal Cutting. Investigation of Nonlinear Processes in Two-Layered Systems.** Laser material processing is one of the high-tech fields of industry. The main industrial laser applications are electronic industry, marking, ecological and other monitoring, and material processing.

In laser cutting of some metals (especially, such as copper and aluminum) an oxide film is formed on the processed surface; this film affects strongly radiation absorption by the surface and therefore, the whole cutting process. The effect of the thermochemical reaction on the process of metal heat-

ing by continuous radiation of the CO<sub>2</sub> laser in the oxidizing atmosphere was studied in detail. The exact analytical and asymptotic solutions for the temperature field and the dynamics of the oxide film were obtained. The analytical expression for the temperature in the centre of the heated spot was obtained in the one-dimensional approximation. The dynamics of metal heating by laser radiation is shown in Figs. 5 and 6.

Taking into account thermochemical reactions on the surface resulting in the growth of the oxide film yields a noticeable change of the spatial temperature distribution. The effect of heat localization in a bounded area around the heated spot centre is essential in technological processes of metal cutting and softening using laser radiation. Analytical functional dependences are important from the point of view of understanding of the processes dynamics in a wide range of initial parameters. The obtained results are directly applicable to industrial laser material processing.

имеют непосредственное практическое приложение в промышленной лазерной обработке материалов.

**Заключение.** Физика с использованием лазеров представляет собой чрезвычайно широкое поле как фундаментальных, так и прикладных исследований. Уникальность этой области физики заключается в том, что в ней помимо открытых в последнее время принципиально новых фундаментальных явлений неотъемлемым элементом является прикладная составляющая. Поэтому, например, в Германии правительство и крупные промышленные корпорации выделяют значительные средства на долгосрочные (10 лет) программы научных исследований в этой области, которые проводятся, в частности, в различных университетах страны.

Рис. 6. Толщина окисной пленки как функция времени

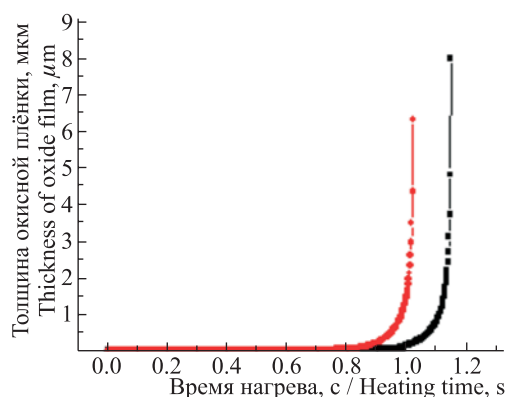


Fig. 6. Thickness of oxide film as a function of time

**Conclusions.** The physics with lasers is an extremely wide field of fundamental and applied research. The uniqueness of this field at present is that along with recently discovered fundamentally new phenomena, its inherent element is the applied component. That is why, for example, in Germany the government and large industrial companies provide considerable funding for long-term (10 years) programs of scientific research in this field which are performed, in particular, at universities. An example of such a program is the program of investigation of dynamics of relativistic particles and the physics of dense nonideal non-equilibrium microplasma at Bochum University.

In regard to JINR, worthy of mention are such important applications of lasers as charged particle beam diagnostics and monitoring, traditionally efficient laser sources of multicharged ions, and, of course, the new direction of fundamental research — interaction of ultrashort laser pulses with beams of accelerated nuclei and matter.

Примером такой программы может служить программа исследований в области динамики релятивистских частиц и физики плотной неидеальной неравновесной микроплазмы в Университете Бохума.

Применительно к ОИЯИ следует упомянуть такие важные приложения, как лазерная диагностика и мониторинг пучков заряженных частиц, традиционно зарекомендовавшие себя эффективными лазерные источники многозарядных ионов и, конечно, новое направление фундаментальных исследований взаимодействия ультракоротких лазерных импульсов с пучками ускоренных ядер и веществом.

#### Список литературы / References

1. Schlegel T., Baldina E., Ramis R. // ECLIM-2006, Madrid, June 2006.
2. Kaplan A. E., Shkolnikov P. L. // Phys. Rev. Lett. 1995. V. 75. P. 2316–2319.
3. Shkolnikov P. L., Kaplan A. E. et al. // Appl. Phys. Lett. 1997. V. 71. P. 3471–3473.
4. Baldin A. A. // Phys. At. Nucl. 1993. V. 56. P. 3.
5. Baldin A. M., Baldin A.A. // Part. Nucl. 1998. V. 29, Issue 3. P. 577.

*Д. Т. Мадигожин*

## Экспериментальные основы прямого нарушения CP-симметрии в распадах нейтральных каонов

Быстрое развитие теории каонных распадов [1] было стимулировано публикацией коллаборациями NA-48 и KTeV в 1999–2002 гг. результатов измерения прямого CP-нарушения в распадах нейтральных каонов. Оно проявляется в разнице между двумя отношениями амплитуд, которые в отсутствие прямого CP-нарушения были бы равны между собой:

$$\eta^{+-} = \langle \pi^+ \pi^- | H | K_L \rangle / \langle \pi^+ \pi^- | H | K_S \rangle \approx \varepsilon + \varepsilon',$$

$$\eta^{00} = \langle \pi^0 \pi^0 | H | K_L \rangle / \langle \pi^0 \pi^0 | H | K_S \rangle \approx \varepsilon - 2\varepsilon',$$

где  $\varepsilon$  описывает нарушение CP-симметрии через смешивание состояний с определенной четностью, а  $\varepsilon'$  соответствует прямому нарушению. Оценка последнего параметра выполнялась путем прецизионного измере-

ния отличия двойного отношения  $R = |\eta^{00}|^2 / |\eta^{+-}|^2$  от единицы.

Наилучшая точность в измерении параметра CP-нарушения к началу работы этих коллабораций была достигнута в экспериментах NA-31 (ЦЕРН):  $\text{Re}(\varepsilon'/\varepsilon) = (23 \pm 3.6 \pm 5.4) \cdot 10^{-4}$  [2] и E731 (FNAL):  $\text{Re}(\varepsilon'/\varepsilon) = (7.4 \pm 5.2 \pm 2.9) \cdot 10^{-4}$  [3]. Плохое согласие между этими результатами не давало возможности сделать заключение о существовании прямого CP-нарушения в Природе.

В обоих этих экспериментах долгоживущие каоны создавались на мишени, настолько удаленной от распадного объема, что короткоживущие каоны уже практически не давали вклада в регистрируемые распады.

*D. Madigozhin*

## Experimental Basis of Direct CP Violation in Neutral Kaon Decays

Fast development of the kaon decays theory [1] has been stimulated by the NA48 and KTeV publishing in 1999–2002 of the direct CP violation measurement results. It is manifested in the difference between the two amplitude ratios, which would be equal to each other in the case of direct CP violation absence:

$$\eta^{+-} = \langle \pi^+ \pi^- | H | K_L \rangle / \langle \pi^+ \pi^- | H | K_S \rangle \approx \varepsilon + \varepsilon',$$

$$\eta^{00} = \langle \pi^0 \pi^0 | H | K_L \rangle / \langle \pi^0 \pi^0 | H | K_S \rangle \approx \varepsilon - 2\varepsilon',$$

where  $\varepsilon$  describes the indirect CP violation due to the parity states mixing, and  $\varepsilon'$  corresponds to the direct violation in decays. Its estimation has been performed by precise mea-

surement of double ratio  $R = |\eta^{00}|^2 / |\eta^{+-}|^2$  deviation from 1.

The best precision in the CP violation parameter measurement at that time was achieved in the experiments NA31 (CERN):  $\text{Re}(\varepsilon'/\varepsilon) = (23 \pm 3.6 \pm 5.4) \cdot 10^{-4}$  [2] and E731 (FNAL):  $\text{Re}(\varepsilon'/\varepsilon) = (7.4 \pm 5.2 \pm 2.9) \cdot 10^{-4}$  [3]. The poor agreement between these results did not give a possibility to make a conclusion about the existence of direct CP violation in Nature.

In both these experiments the long-lived kaons were produced on the target, placed so far from the decay volume that the short-lived kaons from that target almost did not



Главное различие этих двух экспериментов состояло в способе создания пучка короткоживущих каонов. В NA-31 для этого применялась мишень, расположенная вблизи распадного объема, с которой сталкивался пучок первичных протонов. В E731 перед распадным объемом устанавливался пластиковый регенератор, через который проходил один из двух пучков  $K_L$ .

В эксперименте следующего поколения NA-48 [4–6] пучки  $K_L$  и  $K_S$  рождались на двух разных мишенях протонами с импульсом 400 ГэВ из одного пучка ускорителя SPS ЦЕРН. Первичный пучок протонов высокой интенсивности соударялся с мишенью  $K_L$ . Пучок рожденных в этих столкновениях частиц очищался от заряженной компоненты и направлялся в вакуумный распадный объем, который начинался примерно в 126 м от мишени  $K_L$ . Протоны, не испытавшие взаимодействия в первой мишени, направлялись на механически искривленный монокристалл кремния, и их малая доля отклонялась вверх, а затем сталкивалась с мишенью  $K_S$ , аналогичной  $K_L$ -мишени, размещенной прямо перед началом общего для двух каонных пучков распадного объема. Станция отметки пучка размещалась на пути протонов, создающих пучок  $K_S$ . Она точно измеряла время прохождения протона и позволяла установить принадлежность распада пучку  $K_S$ .

Наиболее дефицитной модой распада, ограничивающей статистическую точность результата, является  $K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ . Количество этих распадов, зарегистрированных в сеансах 1997–1999 и 2001 гг., прошедших все критерии отбора, равно  $5,325 \cdot 10^6$ . Окончательный результат эксперимента NA-48 составил величину

$$\text{Re}(\varepsilon'/\varepsilon) = (14,7 \pm 2,2) \cdot 10^{-4}.$$

Техника эксперимента KTeV [7, 8] следует подходам эксперимента-предшественника E731 [3]. Два пучка, «регенераторный» и «вакуумный», создаются в столкновении протонов с мишенью, расположенной далеко от распадного объема. После каждого сброса ускорителя регенератор, создающий компоненту  $K_S$  в одном из пучков, перемещается, чтобы перекрыть теперь уже другой нейтральный пучок, что минимизирует влияние лево-правой асимметрии детекторной установки и пучковой линии. Подвижный поглотитель снижает в 2,3 раза интенсивность каонного пучка, предназначенного для создания компоненты  $K_S$ , и меняет перекрываемый им пучок одновременно с регенератором.

Были проанализированы события, зарегистрированные в сеансах 1996 и 1997 гг. Наиболее дефицитной модой распада были распады каонов на два нейтраль-

contribute to the registered decays. The main difference between the two experiments was in the technique of the short-lived kaon beam production. To do it, in NA31 the target, placed close to the decay volume, was exposed to the beam of primary protons. In E731 the plastic regenerator was placed upstream the decay volume on the way of one of the two  $K_L$  beams.

In the next-generation NA48 experiment [4–6] the beams  $K_L$  and  $K_S$  were produced on two different targets by the 400-GeV protons from one CERN SPS beam. The primary beam of protons with high intensity collided with the target  $K_L$ . The beam of produced particles was cleaned from the charged component and directed into the evacuated decay volume, beginning at about 126 m apart from  $K_L$  target. The noninteracting protons from the first target were directed to the mechanically bent silicon monocrystal, and the small part of them was deviated and then collided with the  $K_S$  target, similar to  $K_L$  one, placed just before the decay volume, common for both kaon beams. The beam tagging station was placed in the way of the protons, which created the  $K_S$  beam. It precisely measured the time of the proton

pass and gave the possibility to identify the beam of the kaon decay.

The most deficit decay mode, limiting the statistical precision of the result, was  $K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ . The number of such decays, passing all the selection criteria, registered in 1997–1999 and 2001, is  $5.325 \cdot 10^6$ . The final result of the NA48 experiment is

$$\text{Re}(\varepsilon'/\varepsilon) = (14.7 \pm 2.2) \cdot 10^{-4}.$$

The KTeV experiment technique [7, 8] follows the approach of the previous experiment E731 [3]. Two neutral beams, «regenerator» and «vacuum» ones, were created in the collisions of protons with the target, placed far upstream the decay volume. The regenerator, creating the  $K_S$  component in one of the beams, alternates the beam every accelerator cycle, to minimize the effect of left-right asymmetry of the setup. The movable absorber decreases 2.3 times the intensity of the kaon beam used for the  $K_S$ -component creation and also alternates the beam together with the regenerator.

ных пиона в вакуумном пучке. Таких распадов было зарегистрировано  $3,35 \cdot 10^6$ .

Анализ отобранных событий состоял в фитировании данных с помощью акцептанса, полученного на основе детально выполненного монте-карловского моделирования. Окончательный результат KTeV:

$$\text{Re}(\varepsilon'/\varepsilon) = (20,7 \pm 2,8) \cdot 10^{-4}.$$

При сравнении этих двух экспериментов можно заметить, что стратегия NA-48 заключалась в получении как можно более точного «сырого» значения двойного отношения с тем, чтобы все поправки к нему были так малы, что их можно было бы изучать и оценивать отдельно, преимущественно экспериментальными методами. В концепции эксперимента KTeV приоритет отдается полному монте-карловскому моделированию.

Сравнение экспериментов NA-48 и KTeV показывает, что преимущества KTeV заключаются в несколько лучших разрешениях по энергии регистрируемых частиц, а также в простоте привязки события к определенному пучку, обеспеченной расхождением сравниваемых пучков в области детекторов. В NA-48 применение сходящихся пучков для максимального совмещения областей экспозиции детекторов привело к необходимости применения специальной техники отметки пучка  $K_S$ .

Список преимуществ NA-48, с моей точки зрения, гораздо длиннее. В этом эксперименте в анализ не вовлечены неизвестные параметры регенерации  $K_L \rightarrow K_S$  и области распадов всех мод были почти совмещены. В то же время в KTeV очень большие различия акцептанса учитываются с помощью метода Монте-Карло, в том числе и вызванные триггерными элементами и вето. Электромагнитный калориметр NA-48 был значительно более однороден в поперечных направлениях и обеспечивал лучшее разрешение по поперечным координатам фотонов. Магнитный спектрометр NA-48 выполнял измерения в дополнительных проекциях, что необходимо для однозначной реконструкции треков без привлечения информации от других субдетекторов.

Влияние случайной активности в детекторах NA-48 на регистрацию событий из пучков  $K_S$  и  $K_L$  было в значительной степени выровнено благодаря тому, что пучки сходились в центре магнитного спектрометра. В установке KTeV регенераторный и вакуумный пучки (генерирующие весьма различную случайную активность) расходятся примерно на 30 см в области детектора, из чего следует, что случайная активность, инициированная одним из пучков, существенно больше влияет на события из того же самого пучка.

The events registered during the runs of 1996 and 1997 were analyzed. The most deficit decay mode was the kaon decays onto the two neutral pions in the vacuum beam. There were registered  $3.35 \cdot 10^6$  such decays.

The analysis of selected events was based on the fitting of the data using the acceptance, calculated by the detailed Monte-Carlo simulation. The final result of KTeV is

$$\text{Re}(\varepsilon'/\varepsilon) = (20.7 \pm 2.8) \cdot 10^{-4}.$$

Comparing these two experiments, one can note that the NA48 strategy was to obtain as precisely as possible the «raw» value of the double ratio that makes all the corrections small. This correction then was investigated and estimated separately, predominantly by means of the experiment. In the KTeV concept the priority is given to the full Monte-Carlo simulation.

The comparison of NA48 and KTeV experiments shows that advantages of KTeV are in somewhat better energy resolution and in the simplicity of the neutral beam identification for the event due to divergence of the compared beams in the detector region. In NA48 the implementation of converging beams for the maximum overlapping of

the detector exposition areas was leading to the need of the special technique of the  $K_S$  beam tagging.

But the list of the NA48 technique advantages is longer. NA48 analysis does not involve unknown parameters of  $K_L \rightarrow K_S$  regeneration, and the decay areas for all the decay modes were almost the same. In the KTeV experiment, very large acceptance differences (including the effects caused by the trigger elements and veto) were taken into account by means of the Monte-Carlo simulation. The electromagnetic calorimeter NA48 was much more uniform in the transverse directions and provided better transverse coordinates resolution. The NA48 spectrometer performed a measurement in additional projections, which is necessary for unambiguous tracks reconstruction without extra information from other subdetectors. The NA48 detector accidental activity influence on the registration of the events from the beams  $K_S$  and  $K_L$  was essentially equalized due to the beams convergence in the centre of the detector. In the KTeV setup the regenerator and vacuum beams (generating very different accidental activity) were diverging by 30 cm in the detector area; it means that the accidental activity

Наконец, фоновые условия эксперимента NA-48 были существенно лучше, что объясняется в основном наличием системы очистки и коллимации пучка  $K_S$ , аналог которой для регенераторного пучка KTeV отсутствовал. Кроме того, в NA-48 нейтральные пучки проходили сквозь детектор по вакуумной трубе, в то время как в KTeV они шли через газовую среду детекторов, а также сквозь дрейфовые камеры и годоскоп.

Таким образом, современный экспериментальный статус прямого CP-нарушения в нейтральных каонах определяется измерениями NA-48 (ЦЕРН) и E832 (FNAL), и результаты обоих этих экспериментов, при всем различии их методик, подтвердили существование значимого эффекта прямого нарушения CP-симметрии в распадах нейтральных каонов.

### Список литературы / References

1. Бельков А. А. // ЭЧАЯ. 2005. Т. 36, вып. 3. С. 509; Bel'kov A. A. // Part. Nucl. 2005. V. 36. No. 3. P. 509.
2. Barr G. et al. // Phys. Lett. B. 1993. V. 317. P. 233.
3. Gibbons L. K. et al. // Phys. Rev. Lett. 1993. V. 70. P. 1203; Gibbons L. K. et al. // Phys. Rev. D. 1997. V. 55. P. 6625.
4. Fanti V., Lai A., Marras D. et al. A New Measurement of Direct CP Violation in Two Pion Decays of the Neutral Kaon // Phys. Lett. B. 1999. V. 456. P. 335–348.
5. Lai A., Marras D., Bevan A. et al. A Precise Measurement of the Direct CP Violation Parameter  $\text{Re}(\epsilon'/\epsilon)$  // Eur. Phys. J. C. 2001. V. 22. P. 231–254.
6. Batley J. R., Dosanjh R. S., Gershon T. J. et al. A Precision Measurement of Direct CP Violation in the Decay of Neutral Kaons into Two Pions // Phys. Lett. B. 2002. V. 544. P. 97–112.
7. Alavi-Harati A. et al. (KTeV Collab.) // Phys. Rev. Lett. 1999. V. 83. P. 22; hep-ex/9905060.
8. Alavi-Harati A. et al. (KTeV Collab.) // Phys. Rev. D. 2003. V. 67. P. 012005; Erratum // Phys. Rev. D. 2004. V. 70. P. 079904; hep-ex/0208007.

caused by one of the beams affected more the events from the same beam.

Finally, the background conditions of the NA48 experiment were essentially better; that is explained by the system of cleaning and collimation of the  $K_S$  beam, absent in the regenerator beam of KTeV. Apart from this, in NA48 the neutral beams passed through the detector via the vacuum tube, while in KTeV they propagated in the gas media of the detectors, as well as through the sensitive areas of the drift chambers and the hodoscope.

Thus, the contemporary experimental status of direct CP violation in neutral kaons is defined by the NA48 (CERN) and E832 (Fermilab) measurements, and both of them, by different technique, have confirmed the existence of considerable direct CP-violation effect in neutral kaon decays.

*Х. Т. Холмуродов, Р. А. Сельвайн, Н. А. Колтовая*

## МД-моделирование белковых репарационных комплексов

Репарация ошибок спаривания ДНК (mismatch repair — MMR) играет главную роль в узнавании и коррекции некоплементарных пар нуклеотидов, обеспечивая радиорезистентность клеток, надежность репликации и поддержание целостности генома. Нарушения MMR вызывают высокую вероятность возникновения раковых заболеваний, так называемый синдром HNPCC, и являются причиной около 20 % спонтанно возникающих заболеваний. Мутации, снижающие эффективность работы MMR, или внешние факторы, которые напрямую ингибируют MMR, вызывают повышение мутабельности и вероятности заболевания раком. Для понимания роли окружающей среды в дестабилизации генома важную роль играет идентификация таких факторов. Одним из факторов внешней среды является кадмий — канцероген, с которым человек постоянно сталкивается в окружающей среде, в частности, он

обнаруживается в сигаретном дыме. Известно, что кадмий инактивирует MMR.

В устранении неспаренных нуклеотидов принимают участие достаточно сложные комплексы ферментов репарации. Они сканируют поверхность молекулы ДНК, вырезают участок дочерней цепи, прилегающий к мисмэтчам, а затем создают условия для застраивания его нужными, комплементарными нуклеотидами. Одним из важнейших ферментов является MutS *E. coli*. У эукариот, в частности у дрожжей, идентифицировано несколько белков этого семейства — Msh2, Msh3, Msh6. У прокариот MutS образует гомодимер, а у эукариот — гетеродимер. Узнавание неспаренных оснований, которое осуществляется двумя белковыми комплексами Msh2–Msh6 и Msh2–Msh3, узнающими мисмэтч или сдвиг рамки считывания ( $\pm 1$  или 2–4 нуклеотидные

*Kh. T. Kholmurodov, R. A. Selwyne, N. A. Koltovaya*

## MD Simulations of Protein Repair Complexes

DNA mismatch repair (MMR) plays a major role in the recognition and correction of the mispaired base, increasing radioresistance, replication fidelity and maintaining genome integrity. Defects in MMR are the underlying cause for cancer susceptibility syndrome called HNPCC and account for 20% of sporadic cancers. High mutability and likelihood of cancer can be caused by mutations that reduce MMR or by external factors that directly inhibit MMR. Identifying such factors has important implications for understanding the role of the environment in genome stability. Cadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ), a known human carcinogen, is a ubiquitous metal with unknown biological function, to which humans are exposed mainly through environmental contamination and cigarette smoking. It is known that  $\text{Cd}^{2+}$  inactivates the DNA mismatch repair (MMR) pathway.

MMR is a complex reaction that involves multiple proteins which recognize the mismatch, excise the DNA containing the error and resynthesize the correct DNA sequence. In yeast, several genes have been identified, particularly MSH2, MSH3 and MSH6, which are homologues of MutS in *Escherichia coli*. Homologues of *E. coli* MutS have been found nearly in all organisms. Prokaryotic MutS proteins are encoded by a single gene and form homodimers. Eukaryotic MutS proteins are heterodimeric. The initial recognition of mispair (a critical step in the pathway) is carried out by two protein complexes: the Msh2–Msh6 heterodimer which recognizes base–base mismatches and frameshift ( $\pm 1$  base pair) mispair, and the Msh2–Msh3 heterodimer that recognizes frameshifts and large insertion deletion mispairs (2–4 base pairs).

пары соответственно), является критическим этапом MMR.

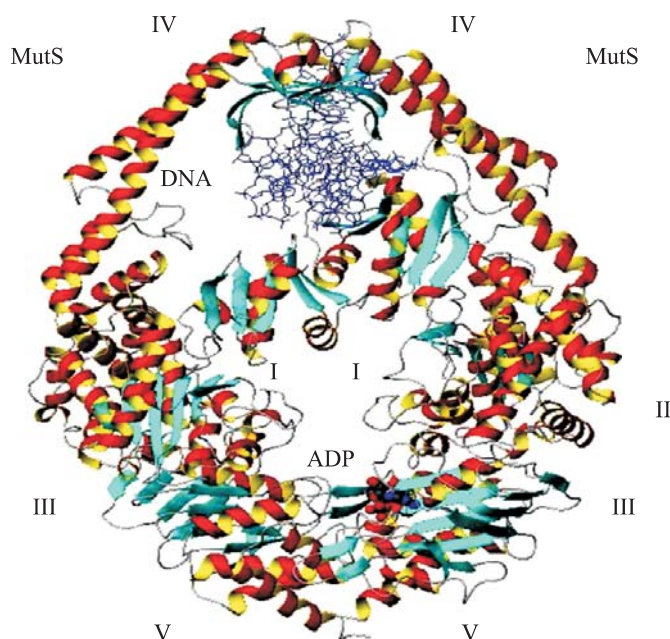
Все члены семейства белков MutS обладают АТФ-азной активностью. Обе функции — узнавание неспаренных нуклеотидов и АТФ-азная активность — существенны для MMR и локализованы в разных доменах. Полагают, что связывание и гидролиз АТФ модулирует взаимодействие гетеродимерных комплексов Msh2–Msh6 и Msh2–Msh3 с неспаренными участками ДНК и другими факторами. Показано *in vitro*, что у человека кадмий ингибирует активности обоих комплексов [1, 2]. Ингибирование АТФ-азной активности ионами  $Cd^{2+}$  *in vitro* снимается при добавлении аминокислот

цистеина и гистидина. По-видимому, эти остатки существенны для АТФ-азной активности и служат мишенями ионов  $Cd^{2+}$ . Цистеин ингибирует связывание и гидролиз АТФ комплексом Msh2–Msh6, в меньшей степени подавляет связывание с ДНК [3]. Механизм взаимодействия ионов  $Cd^{2+}$  с белками Msh2, Msh3 и Msh6, ответственными за ингибирование АТФ-азной активности комплексов, изучен недостаточно.

Для изучения механизма ингибирования кадмием репарации неспаренных оснований используется компьютерное моделирование с последующей экспериментальной проверкой на модельной системе дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

Рис. 1. Схематическое изображение комплекса MutS–ДНК *E. coli*. Указаны домены I–V. Молекула АДФ изображена в виде шаростержневой модели, ДНК изображена в виде тонкой линии

Fig. 1. Overview of the MutS–DNA complex of *E. coli*. The MutS is drawn by ribbons, DNA is thin line, the ADP molecule is shown as spherical balls



All members of the MutS family possess a conserved ATPase activity. Both mismatch recognition and the ATPase activities of MutS are essential for MMR, even though each activity is independently detectable. ATP binding and hydrolysis by the dimeric Msh protein complexes is a critical aspect of MMR and is believed to modify the interactions of Msh2–Msh6 and Msh2–Msh3 with the mismatched DNA and other downstream factors.  $Cd^{2+}$  inhibits both Msh2–Msh6- and Msh2–Msh3-dependent human MMR activity *in vitro* [1, 2] and less inhibitory to its DNA mismatch binding activity and more mismatched duplexes [2, 3]. The inhibition of ATPase activity by  $Cd^{2+}$  is prevented by cysteine and histidine, suggesting that these residues are essential for the ATPase activity and are targeted by  $Cd^{2+}$ . Cysteine inhibits the ATP coupling and hydrolysis through the Msh2–Msh6 complex and inhibits the DNA

coupling to some extent [3]. The interactions of cadmium with Msh2 and/or Msh6 that are responsible for inhibition are unknown.

For study of the  $Cd^{2+}$  inhibition mechanism the computer modeling with following experimental verification on the basis of model system *Saccharomyces cerevisiae* yeast is used.

Two structures of MutS complexes have already been reported, the *Thermus aquaticus* (TAQ) and *E. coli* enzymes and its complex with heteroduplex DNA [4, 5]. A MutS subunit consists of five structural domains arranged in the shape of a comma (Fig. 1). The globular domain I and domain IV are involved in DNA binding. Domain V contains the ATPase activity. Domains II, III and V retain similar structures in the presence or absence of DNA. MutS forms a stable dimer due to the extensive interactions between the ATPase domains.

В настоящий момент известна кристаллическая структура белка MutS в комплексе с ДНК для *Thermus aquaticus* (TAQ) и *E. coli* [4, 5]. Субъединица MutS состоит из пяти структурных доменов (рис. 1). Домены I и IV участвуют в связывании ДНК. Домен V обладает АТФ-азной активностью. Домены II, III и V имеют схожую структуру вне зависимости от присутствия или отсутствия ДНК. MutS образует стабильный гомодимер в

результате взаимодействия между АТФ-азными доменами.

МД-моделирование комплекса Msh2–Msh6 дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* осуществляли с помощью программы MODELLER, используя базовую структуру комплекса MutS *E. coli* 1E3M из базы данных PDB. Поскольку нас интересует влияние ионов  $Cd^{2+}$ , мы ограничились доменом V (ост. 543–765) комплекса и применили алгоритмы предсказания вторичной последовательности и методы выравнивания аминокислотной последовательности. С помощью MODELLER создали трехмерную структуру в соответствии с результатами предсказания и последующей минимизации энергии с использованием силового поля CHARMM. Для изображения комплекса в виде диаграммы (snapshots) использовали программу MOLMOL. Диаграмма комплекса дрожжей Msh2–Msh6 и локализация цистеина изображены на рис. 2.

Таким образом, мы осуществили построение базовой структуры домена V белкового комплекса дрожжей Msh2–Msh6. На следующем этапе работы будет проведен анализ механизма ингибирования кадмием репарации неспаренных оснований.

#### Список литературы / References

1. Jin Y. H. et al. Cadmium is a Mutagen that Acts by Inhibiting Mismatch Repair // *Nature Genetics*. 2003. V. 34. P. 326–329.
2. Clarke A. B., Kunkel Th. A. Cadmium Inhibits the Functions of Eukaryotic MutS Complexes // *J. Biol. Chem.* 2004. V. 279. P. 53903–53906.
3. Banerjee S., Flores-Rozas H. Cadmium Inhibits Mismatch Repair by Blocking the ATPase Activity of the MSH2–MSH6 Complex // *Nucleic Acids Res.* 2005. V. 33. P. 1410–1419.
4. Obmolova G., Ban C., Hsieh P., Yang W. Crystal Structures of Mismatch Repair Protein MutS and Its Complex with a Substrate DNA // *Nature*. 2000. V. 407. P. 703–710.
5. Lamers M. H. et al. The Crystal Structure of DNA Mismatch Repair Protein MutS Binding to a G8T Mismatch // *Nature*. 2000. V. 407. P. 711–717.

Рис. 2. МД-моделирование локализации цистеина (Cys) в дрожжевом комплексе Msh2–Msh6. Молекула АДФ изображена в виде шаростержневой модели

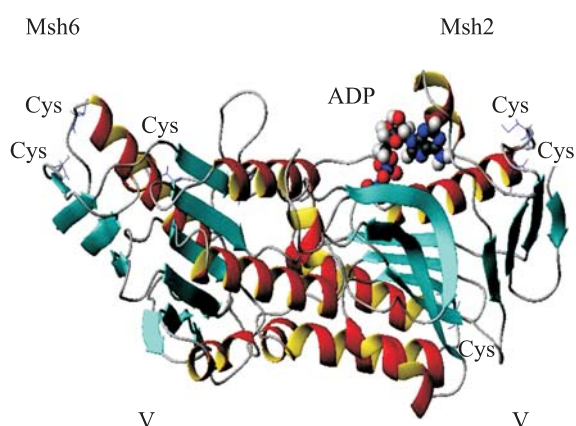


Fig. 2. Molecular modeling of the Cys localization in yeast Msh2–Msh6 complex. The ADP molecule is drawn as spherical balls. The localization of amino acids residues Cys is indicated

The molecular modeling for the Msh2–Msh6 complex of yeast *Saccharomyces cerevisiae* was performed using MODELLER, based on the template structure of *E. coli* (the PDB file: 1E3M). The secondary-structure prediction algorithms and sequence alignment methods were implied. Since we are interested in studying the influence of  $Cd^{2+}$  ions, we modeled only the fifth domain-fragment (residues 543–765). MODELLER generates the three-dimensional structure that relies on structure prediction and sequence alignment results followed by energy minimization using CHARMM force field. The ribbon structures were created with MOLMOL. Ribbon diagram of the Msh2–Msh6 nucleotide-binding sites and associated dimer interface are shown in Fig. 2.

Thus, the basic structure of domain V of yeast Msh2–Msh6 complex was identified using homology-modeling approach. Further from the MMR mechanism the  $Cd^{2+}$ -inhibition activity can be analyzed using the computationally generated structures.

**27 августа** директор ОИЯИ А. Н. Сисакян принял членов национальной группы сотрудников Республики Молдовы в ОИЯИ в связи с 15-й годовщиной провозглашения независимости этого государства.

А. Н. Сисакян вручил руководителю национальной группы Александру Парвану адрес, в котором, в частности, говорится: «Являясь одной из 18 стран-участниц ОИЯИ, Молдова успешно вовлечена в деятельность нашего международного физического центра. Ученые вашей республики давно сотрудничают с физиками Объединенного института, участвуют в международных программах по современным проблемам ядерной физики, способствуя реализации научно-исследовательской программы ОИЯИ».

Во время беседы обсуждались научные и социально-бытовые вопросы, проблема привлечения в ОИЯИ научной молодежи республики, причем не только в теоретическую физику, но и в экспериментальную, благодаря более широкому участию студентов и аспирантов Молдовы в летних студенческих школах и конференциях, проводимых в Институте.

**4 сентября** директор ОИЯИ А. Н. Сисакян принял членов национальных групп сотрудников Социалистической Республики Вьетнам и Украины в ОИЯИ.

Директор Института поздравил вьетнамских сотрудников с 61-й годовщиной провозглашения неза-

висимости Социалистической Республики Вьетнам, вручил председателю национальной группы Нгуен Мань Шату адрес, а также поздравил его с награждением орденом Дружбы Российской Федерации.

Поздравляя украинских сотрудников ОИЯИ с днем провозглашения независимости Украины, А. Н. Сисакян вручил заместителю председателя национальной группы В. И. Жеменику поздравительный адрес, в котором, в частности, говорится: «Украина всегда была одним из активных участников самых перспективных программ Института. Ученые вашей страны достигают значительных успехов и важных результатов в международных программах по современным проблемам физики элементарных частиц, ядерной физики, физики конденсированного состояния вещества».

В совместной беседе обсуждались общие для всех национальных групп проблемы медицинского и пенсионного страхования членов семей сотрудников из стран-участниц ОИЯИ, а также вопрос увеличения числа сотрудников обеих национальных групп, при этом директор Института с удовлетворением отметил, что в украинском землячестве сегодня много молодежи.

**В День знаний** директор ОИЯИ член-корреспондент РАН А. Н. Сисакян встретился со студента-

**On 27 August** JINR Director A. Sissakian received the JINR staff members of the national group from the Republic of Moldova on the occasion of the 15th anniversary of the declaration of independence of this state.

A. Sissakian presented an address to the leader of the national group Aleksandr Parvan, with the following words, in particular: «Being one of the 18 JINR Member States, Moldova is successfully taking part in the activities of our international physics centre. Scientists from your Republic have long been cooperating with physicists of the Joint Institute; they take part in international programmes in modern nuclear physics issues, promoting the realization of the scientific research programme at JINR».

Scientific issues and life conditions were discussed during the meeting, along with questions of attracting young scientists to JINR, both to theoretical physics and to experimental research, through a wider participation of Moldovan students and postgraduates in summer student schools and conferences held at the Institute.

**On 4 September** JINR Director A. Sissakian received the JINR staff members of the national groups from the Socialist Republic of Vietnam and Ukraine.

The Director of the Institute congratulated the Vietnamese colleagues on the 61st anniversary of the declaration of independence of the Socialist Republic of Vietnam, presented an address to the leader of the national group Nguyen Manh Shat, and congratulated him on the occasion of becoming the RF Order of Friendship holder.

Addressing the Ukrainian JINR staff members with words of congratulations on the Independence Day of Ukraine, A. Sissakian presented an address of congratulation to the deputy leader of the national group V. Zhemениk. In particular, this address says, «Ukraine has always been one of the active participants in most prospective programmes at the Institute. Scientists of your country achieve significant success and important results in international programmes on modern issues in elementary particle physics, nuclear physics, and condensed matter physics».

The joint discussion included problems common for all national groups, i.e., medical and retirement insur-

ми-физиками дубненского университета. В новом учебном году к занятиям приступили 20 выпускников средних школ — это уже четвертый набор на выпускающие физические кафедры. Среди новых студентов-физиков университета — молодые люди из Польши, Украины, Молдовы, Казахстана, а также из разных регионов России. Вице-президент университета, заведующий кафедрой теоретической физики профессор А. Н. Сисакян сердечно приветствовал первокурсников и рассказал им о традициях физического образования в Дубне. Перед молодыми физиками выступили также проректор университета Д. В. Фурсаев, заместитель заведующего кафедрой А. С. Сорин и другие сотрудники кафедр ядерной и теоретической физики.

**18 сентября** директор ОИЯИ А. Н. Сисакян принял представителей национальной группы сотрудников Республики Словакия в ОИЯИ. Директор Института поздравил словацких сотрудников с Днем конституции, пожелал всех благ и вручил председателю национальной группы Я. Климану адрес.

В ОИЯИ сегодня работают около 15 представителей Словакии — это сотрудники ЛЯР, ЛТФ, ЛВЭ, ЛИТ, ЛРБ. В ЛЯР практически готов циклотронный комплекс для этой страны-участницы Института. А. Н. Сисакян подчеркнул, что в ОИЯИ заинтересо-

ны в привлечении большего количества научной молодежи из Словакии для работы на разных направлениях исследований, ведущихся в Институте.

**25 сентября** директор ОИЯИ А. Н. Сисакян принял представителей национальной группы сотрудников Республики Армения в ОИЯИ. 21 сентября в республике отмечали 15 лет независимости. Директор Института поздравил армянских сотрудников с праздником и вручил председателю национальной группы Э. А. Айряну поздравительный адрес. «Армения — одна из самых активных стран-участниц Института, — отметил А. Н. Сисакян. — Мы гордимся историей, связанной с именами предшественников, и уверены, что нынешнее поколение внесет свой вклад, а на смену ему придет молодежь». В ходе общей беседы обсуждались вопросы более широкого привлечения в Институт научной молодежи Армении для работы по контрактам, а также возможность подписания протокола с Ереванским госуниверситетом о прохождении студентами этого университета преддипломной практики в ОИЯИ.

**С 24 сентября по 1 октября** с визитом в Объединенном институте ядерных исследований побывал директор Национального института научных исследований Венесуэлы профессор М. Гарсия Сукре. Он

ance for the relatives of the staff members from JINR Member States and the question of increasing the number of both national groups. The Institute Director marked here with satisfaction that today the Ukrainian group included many young scientists.

**On the Day of Knowledge** (1 September), JINR Director RAS Corresponding Member A. Sissakian met with students from physics departments of Dubna University. Twenty school graduates have started their studies this academic year, being the fourth enrollment to the chairs of physics. Among them are young people from Poland, Ukraine, Moldova, Kazakhstan and different regions of Russia. Vice-President of the University, Chief of the Theoretical Physics Chair Professor A. Sissakian heartily greeted the first-year students and told them about the traditions of physics education in Dubna. The University Pro-Rector D. Fursaev, Deputy Chief of the Chair A. Sorin and other staff members of the chairs of nuclear and theoretical physics also greeted the young physicists.

**On 18 September** JINR Director A. Sissakian received representatives of the national group of JINR

staff members from the Republic of Slovakia. The Institute Director congratulated the Slovak scientists on the Constitution Day, wished them all the best and presented an address to the leader of the national group J. Kliman.

Today, about 15 representatives from Slovakia work at JINR. They are staff members of LNR, LTP, LHE, LIT, LRB. At the Laboratory of Nuclear Reactions, the cyclotron complex for this JINR Member State has been practically finished. A. Sissakian stressed that JINR is interested in attracting a larger number of young scientists from Slovakia for the research in various trends conducted at the Institute.

**On 25 September** JINR Director A. Sissakian received representatives of the national group of JINR staff members from Armenia. On 21 September the Republic celebrated the 15th anniversary of declaration of independence. The JINR Director congratulated the Armenian staff members on the holiday and presented an address of congratulation to the leader of the national group Eh. Airian. «Armenia is one of the most active Member States of the Institute», marked A. Sissakian.



Дубна, 29 сентября.  
Директор ОИЯИ А. Н. Сисакян  
и профессор М. Гарсия Сукре во время  
подписания генерального соглашения  
о сотрудничестве ОИЯИ  
с Национальным институтом научных  
исследований Венесуэлы

Dubna, 29 September.  
JINR Director A. Sissakian and Professor  
M. Garcia Sucre during the signing of the  
general agreement on the cooperation of JINR  
with the National Institute for Scientific  
Research of Venezuela



принимал участие в XVIII Балдинском семинаре и ознакомился с деятельностью лабораторий ОИЯИ. На встрече в дирекции ОИЯИ были обсуждены вопросы развития сотрудничества в области научных и образовательных программ. В переговорах участвовали директор ОИЯИ член-корреспондент РАН А. Н. Сисакян, вице-директор профессор М. Г. Иткис, заместитель главного ученого секретаря Д. В. Каманин. 29 сентября директор ОИЯИ А. Н. Сисакян и профессор М. Гарсия Сукре подписали генеральное соглашение о сотрудничестве ОИЯИ с Национальным институтом научных исследований Венесуэлы.

**28 сентября** ОИЯИ посетил чрезвычайный и полномочный посол Республики Индии в России господин К. Сибал. В дирекции ОИЯИ гостя и сопровождающих его лиц принимали А. Н. Сисакян, Р. Ледницки, Н. А. Русакович, Д. В. Каманин. В ходе встречи были обсуждены возможности расширения взаимовыгодного сотрудничества. Посол побывал также в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова.

**С 4 по 6 октября** в Ереване с рабочим визитом находился директор ОИЯИ член-корреспондент РАН, иностранный член НАН Армении А. Н. Сисакян. Со-

Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, 28 сентября. Чрезвычайный и полномочный посол Республики Индии в России господин К. Сибал (второй слева) на экскурсии в лаборатории



Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, 28 September. Ambassador Extraordinary and Plenipotentiary of the Republic of India in Russia Mr K. Sibal (second from left) on the excursion around the laboratory

стоялись его встречи в Национальной академии наук с президентом НАН Армении академиком Р. М. Мартиросяном и другими членами Президиума НАН Армении, с полномочным представителем Правительства Армении в ОИЯИ Г. А. Вартапетяном и др. Директор ОИЯИ принял участие в заседании созданной

распоряжением Правительства Армении юбилейной комиссии по организации празднования 100-летия со дня рождения академика Н. М. Сисакяна.

**С 12 по 16 октября** в Москве проходило третье заседание межправительственной комиссии по со-

Дубна, 13 октября. Визит в ОИЯИ чрезвычайного и полномочного посла Боливарианской Республики Венесуэлы



Dubna, 13 October. Ambassador Extraordinary and Plenipotentiary of the Bolivarian Republic of Venezuela in Russia on a visit to JINR

«We are proud of the history which concerns predecessors and are sure that the generation of today will contribute to it, with youth coming after them». During the talk, the issues of a wider attraction of young scientists from Armenia to the Institute on a contract basis were discussed, as well as a possibility to sign a protocol with the Yerevan State University on the pre-graduation practical training courses at JINR for the university students.

**On 24 September – 1 October** Director of the National Institute for Scientific Research of Venezuela Professor M. Garcia Sucre visited JINR. He took part in XVIII Baldin seminar and was acquainted with activities of the JINR Laboratories. At the JINR Directorate, issues of the development of cooperation in scientific and educational programmes were discussed. From the JINR side, JINR Director RAS Corresponding Member A. Sissakian, JINR Vice-Director Professor M. Itkis, Deputy Chief Scientific Secretary of JINR D. Kamanin took part in the negotiations. On 29 September JINR Director A. Sissakian and Professor M. Garcia Sucre

signed a general agreement on cooperation of JINR with the National Institute for Scientific Research of Venezuela.

**On 28 September** Ambassador Extraordinary and Plenipotentiary of the Republic of India in Russia Mr K. Sibal visited JINR. At the JINR Directorate, the guest and the attendants were received by A. Sissakian, R. Lednický, N. Russakovich, D. Kamanin. Issues of widening the mutually fruitful cooperation were discussed during the talks. The Ambassador also visited the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions.

**On 4–6 October** JINR Director RAS Corresponding Member, Foreign Member of NAS of Armenia A. Sissakian visited Yerevan. At the National Academy of Sciences of Armenia, he had meetings with Academician R. Martirosyan and other members of the NAS Presidium, Plenipotentiary of the government of the Republic of Armenia to JINR G. Vartapetian and others. The JINR Director took part in the meeting of the jubilee committee established by the order of the government

трудничеству между Венесуэлой и Россией, в работе которого принимал участие вице-министр науки и технологий Венесуэлы Луис Ф. Маркано Гонсалес, возглавивший в рамках этой встречи на высшем уровне подкомиссию по науке, технологиям и охране окружающей среды.

13 октября по приглашению дирекции ОИЯИ господин Луис Ф. Маркано Гонсалес, посол Венесуэлы в Москве Алексис Рохас и сопровождающие их лица посетили Объединенный институт ядерных исследований. Они побывали в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, Лаборатории высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, ознакомились с комплексом протонной терапии, с деятельностью НПЦ «Аспект». В состоявшихся в Дубне переговорах была рассмотрена возможность дальнейшего расширения научного сотрудничества.

Указом Президента Российской Федерации от 18 июля за большой вклад в развитие и укрепление двусторонних отношений и научно-технического сотрудничества между Российской Федерацией и Республикой Белоруссией орденом Дружбы награжден первый заместитель председателя Государственного комитета по науке и технологиям Республики Белоруссии **Владимир Иосифович Недилько**.

Указом Президента Российской Федерации от 8 августа за большой вклад в развитие и укрепление научно-технического сотрудничества между Российской Федерацией и Республикой Болгарией орденом Дружбы награжден вице-директор ОИЯИ **Цветан Димитров Вылов**.

В дирекцию Института пришло письмо, подписанное директором Института ядерных исследований и ядерной энергетики Академии наук Болгарии членом-корреспондентом БАН Й. Стаменовым, в котором, в частности, говорится: «Профессор Цветан Димитров Вылов внес весомый вклад в развитие ядерной физики и в укрепление научного сотрудничества между нашими институтами. Мы воспринимаем награждение его орденом Дружбы как знак высокого уважения как ОИЯИ, так и ИЯИЯЭ».

Указом Президента Российской Федерации от 8 августа за большой вклад в развитие и укрепление научно-техниче-

of Armenia on the organization of the celebration of the centenary of Academician N. M. Sisakian.

**On 12–16 October**, the third meeting of the intergovernmental board on cooperation between Venezuela and Russia was held in Moscow. Vice-Minister of science and technology of Venezuela Luis F. Marcano Gonzalez took part in it and, in the frames of this event, headed the sub-board on science, technology and protection of the environment.

On the invitation of the JINR Directorate, Mr Luis F. Marcano Gonzalez, Ambassador of Venezuela in Moscow Alexis Rojas and the accompanying persons visited the Joint Institute for Nuclear Research on 13 October. They visited the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, the Veksler and Balдин Laboratory of High Energies, were acquainted with the complex of proton therapy and activities at the ASPEKT scientific industrial centre. Opportunities for further widening of the scientific cooperation were discussed at the negotiations in Dubna.

By the Order of the President of the Russian Federation of 18 July, the First Deputy Chairman of the State Committee on Science and Technology of the Republic of Belarus **Vladimir Iosifovich Nedilko** was awarded the Order of Friendship for his large contribution to the development and strengthening of bilateral relations and scientific and technical cooperation between the Russian Federation and the Republic of Belarus.

By the Order of the President of the Russian Federation of 8 August, JINR Vice-Director **Tsvetan Dimitrov Vylov** was awarded the Order of Friendship for his large contribution to the development and strengthening of scientific and technical cooperation between the Russian Federation and the Republic of Bulgaria.

A letter arrived at the JINR Directorate signed by the Director of the Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy of the Academy of Sciences of Bulgaria, BAS Corresponding Member J. Stamenov, which in particular said, «Professor Tsvetan Vylov has made a considerable contribution to the development of nuclear physics and strengthening of scientific cooperation between our institutes. Awarding him the Order of Friendship is for us a token of high respect, both of JINR and of INRNE».

ского сотрудничества между Российской Федерацией и Социалистической Республикой Вьетнам орденом Дружбы награжден старший научный сотрудник ОИЯИ **Нгуен Мань Шат**.

Дирекция ОИЯИ сердечно поздравляет всех награжденных, желает им крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов.

Решением Совета депутатов Дубны с учетом ходатайств коллектива Объединенного института, а также по предложению комиссии по почетному званию и наградам Дубны, звание почетного гражданина города присвоено академику Российской академии наук, почетному директору Лаборатории теоретической физики ОИЯИ **Дмитрию Васильевичу Ширкову**. О присвоении звания было объявлено 24 июля на торжествах, посвященных 50-летию Дубны.

By the Order of the President of the Russian Federation of 8 August, JINR senior staff scientist **Nguyen Manh Shat** was awarded the Order of Friendship for his large contribution to the development and strengthening of scientific and technical cooperation between the Russian Federation and the Socialist Republic of Vietnam.

The JINR Directorate heartily congratulates all the recipients of the awards and wishes them sound health and further success in their activities.

By the resolution of the Dubna Council of Deputies, taking into account the petitions of the community of the Joint Institute for Nuclear Research and on the suggestion of the Committee on Honorary Titles and Awards of the town of Dubna, the title of the Honorary Citizen of the town was conferred on Academician of the Russian Academy of Sciences, Honorary Director of the JINR Laboratory

6 октября в Екатерининском зале Кремля Президент России В. В. Путин вручил государственные награды большой группе российских деятелей науки, образования, культуры, работникам сельского хозяйства и промышленности. В числе награжденных — научный руководитель Объединенного института ядерных исследований академик **Владимир Георгиевич Кадышевский**, удостоенный ордена «За заслуги перед Отечеством» 4-й степени.

Выступая со словами благодарности, В. Г. Кадышевский отметил, что расценивает это награждение как признание больших заслуг ОИЯИ в развитии фундаментальной науки, образования и инновационных технологий в России.



On 6 October in the Yekaterininsky hall of the Kremlin, the President of Russia, V. V. Putin, presented state awards to a large group of Russian scientists, educators, workers of culture, agriculture and industry. Among the recipients of the awards was the Scientific Leader of the Joint Institute for Nuclear Research Academician **Vladimir Georgievich Kadyshevsky**, who was awarded the Order «For Services to Fatherland», 4th class.

With words of gratitude, V. G. Kadyshevsky stressed that he considered this award as the acknowledgement of great accomplishments of JINR in the development of fundamental science, education and innovation technology in Russia.

of Theoretical Physics **Dmitrii Vasilievich Shirkov**. The news was announced on 24 July at the jubilee celebration dedicated to the 50th anniversary of Dubna, at the Culture Hall «Oktyabr».

### **80 лет Е. П. Жидкову**

29 августа исполнилось 80 лет советнику при дирекции Лаборатории информационных технологий профессору **Евгению Петровичу Жидкову**, известному российскому ученому-математику, выдающемуся специалисту в области прикладной математики и математического моделирования.

В связи с этой датой в Лаборатории информационных технологий прошло расширенное заседание Научно-технического совета. Губернатор Московской области Б. В. Громов, дирекция ОИЯИ, дирекция ЛИТ, коллеги и ученики из ОИЯИ и стран-участниц сердечно поздравили Евгения Петровича с юбилеем.

### **E. P. Zhidkov is 80**

On 29 August 2006 Adviser to the Directorate of the Laboratory of Information Technologies Professor **Evgenii Petrovich Zhidkov**, a famous Russian mathematician, an outstanding specialist in applied mathematics and mathematical modelling, celebrated his 80th birthday.

In connection with the event, an enlarged meeting of the Scientific-Technical Council was held at the Laboratory of Information Technologies. Governor of the Moscow Region B. V. Gromov, JINR Directorate, colleagues and disciples from JINR and Member States heartily congratulated him on the jubilee.



### **60 лет В. В. Воронову**

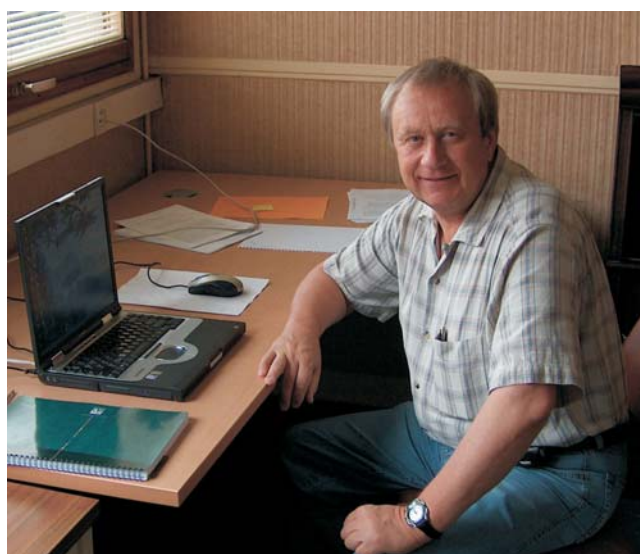
12 ноября исполнилось 60 лет **Виктору Васильевичу Воронову** — крупному российскому ученому, заместителю директора Лаборатории теоретической физики, доктору физико-математических наук, признанному специалисту в области теории структуры атомного ядра.

Дирекция и коллеги сердечно поздравили Виктора Васильевича с юбилеем.

### **V. V. Voronov is 60**

On 12 November 2006 **Viktor Vasilievich Voronov**, a prominent Russian scientist, deputy director of the Laboratory of Theoretical Physics, Doctor of Physics and Mathematics, a renown specialist in the theory of atomic nucleus structure, celebrated his 60th birthday.

The Directorate and colleagues heartily congratulated Viktor Vasilievich on the jubilee.



## 50 лет Институту ядерной физики АН РУ

19–22 сентября в Ташкенте прошла VI Международная конференция «Современные проблемы ядерной физики», приуроченная к 50-летию юбилею Института ядерной физики АН Республики Узбекистан.

История института тесно связана с созданием в республике урановой, а затем и золотодобывающей промышленности. Сегодня это известный в республике и за рубежом крупный научный центр, где на современном уровне ведутся фундаментальные и прикладные исследования в области ядерной физики, радиационной химии твердого тела и материаловедения, активационного анализа и радиохимии, научного приборостроения и в других смежных областях. Здесь работают более 600 сотрудников, в том числе 4 академика, 28 докторов и 72 кандидата наук, более 150 научных сотрудников. Институт располагает уникальными объектами: исследовательским ядерным реактором ВВР-СМ, циклотронами, системой гамма-облучателей с источниками Co-60, нейтронным генератором НГ-150, республикан-

ской центральной изотопной лабораторией, комплексом спецхимводоочистки.

Результаты научно-исследовательских работ и прикладных разработок подразделений института публикуются в ведущих зарубежных научных журналах, журналах СНГ и Республики Узбекистан. За последнее десятилетие опубликовано более 1500 научных работ, четыре монографии, получено около ста патентов. На международных конференциях за рубежом сотрудниками ИЯФ представлено более 160 докладов. Институт ядерной физики активно сотрудничает со многими зарубежными научными центрами, в том числе с ОИЯИ и ЦЕРН.

Наряду с проведением традиционной международной конференции «Современные проблемы ядерной физики» ИЯФ является соорганизатором Евразийской конференции по ядерной физике и прикладным ее проблемам, регулярно проводит республиканские конференции и школы молодых ученых.

## The Institute of Nuclear Physics (AS RU) is 50

On 19–22 September, VI International Conference «Modern Problems in Nuclear Physics» dated for the 50th jubilee of the Institute of Nuclear Physics (INP) of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan was held in Tashkent.

The history of the Institute is closely connected with the establishment of the uranium and gold mining industry in the Republic. Today, it is a large scientific centre, well-known in Uzbekistan and abroad, where fundamental and applied research is conducted in nuclear physics, radiation chemistry of solid matter and material sciences, activation analysis and radiochemistry, scientific instrument making industry and other related fields. Above 600 staff members work here, including 4 Academicians, 28 Doctors of Science and 72 Candidates of Science, more than 150 researchers. The Institute possesses unique facilities: the VVR-SM research nuclear reactor, cyclotrons, a system of gamma irradiators with Co-60 sources, the

NG-150 neutron generator, a republican central isotope laboratory, and a complex of specialized chemical water purification.

The results of scientific and applied research at the departments of the Institute are published in leading scientific journals of CIS, the Republic of Uzbekistan and abroad. More than 1500 scientific papers, four monographs have been published for the recent 10 years; about 100 patents have been obtained. INP staff members have delivered above 160 scientific reports at international conferences in other countries. The Institute actively cooperates with many foreign scientific centres, including JINR and CERN.

Along with the traditional international conference «Modern Problems in Nuclear Physics», INP is a co-organizer of the Eurasian Conference on Nuclear Physics and Issues of Its Application and regularly holds republican conferences and schools for young scientists.

**С 3 по 8 июля** в Ереванском государственном университете проходила XII международная конференция «Симметрии в физике», организованная Объединенным институтом ядерных исследований совместно с Ереванским государственным университетом. Международный комитет советников конференции возглавлял директор ОИЯИ член-корреспондент РАН, иностранный член НАН Армении А. Н. Сисакян. Первое расширенное пленарное заседание было посвящено 50-летию со дня образования ОИЯИ. С приветствиями выступили президент НАН Армении академик Р. Мартиросян, ректор ЕрГУ А. Симонян и другие ученые, которые отметили большую роль ОИЯИ в развитии науки в Армении. В заседании принял участие министр образования и науки РА Л. Мкртычян.

Директор ОИЯИ А. Н. Сисакян выступил с развернутым докладом, посвященным научной программе ОИЯИ, а также вопросам сотрудничества международного центра в Дубне с научными центрами Армении. Ректор ЕрГУ вручил А. Н. Сисакяну почетную золотую медаль университета за большой вклад в науку и сближение народов.

Во время пребывания в Армении А. Н. Сисакян встретился с президентом НАН Армении Р. Мартиросяном и рядом членов Президиума НАН РА, с министром экономического развития и торговли РА К. Чшмаритяном, директором ЕрФИ Г. Асатрянном, полномочным представителем Правительства РА в ОИЯИ академиком Г. Вартапетяном, мэром города Аштарак Г. Тамазяном и другими официальными лицами. Состоялось обсуждение широкого круга вопросов сотрудничества.

Ереван (Армения), 3 июля. Расширенное пленарное заседание конференции «Симметрии в физике», посвященной 50-летию ОИЯИ. Ректор ЕрГУ А. Симонян вручает директору ОИЯИ А. Н. Сисакяну почетную золотую медаль университета



Yerevan (Armenia), 3 July. The enlarged plenary meeting of the conference «Symmetries in Physics» dedicated to the 50th anniversary of JINR. YeSU Rector A. Simonyan is awarding the honorary gold medal of the University to JINR Director A. Sissakian

**On 3–8 July** the XII International Conference «Symmetries in Physics» was held at the Yerevan State University. It was organized by the Joint Institute for Nuclear Research together with the Yerevan State University. The international committee of advisers to the conference was headed by JINR Director RAS Corresponding Member, Foreign Member of NAS of Armenia A. Sissakian. The first extended plenary meeting was devoted to the 50th anniversary of the establishment of JINR. President of NAS of Armenia Academician R. Martirosyan, YeSU Rector A. Simonyan and other scientists greeted the participants and marked the great role of JINR in the development of science in Armenia. Minister of Education and Science of the Republic of Armenia L. Mkrtychyan took part in the meeting.

JINR Director A. Sissakian made a detailed report on the scientific programme at JINR and issues of cooperation of the international centre in Dubna with scientific centres of Armenia. The YeSU Rector presented the honorary gold medal of the University to A. Sissakian for his large contribution to science and the process of bringing nations together.

During his visit to Armenia, A. Sissakian met with President of NAS of Armenia R. Martirosyan and members of the Presidium of the National Academy of Sciences of Armenia, RA Minister of Economic Development and Trade K. Chshmaritian, Director of the Yerevan Institute of Physics G. Asatryan, Plenipotentiary of the government of the Republic of Armenia to JINR Academician G. Vartapetian, the Mayor of Ashtarak G. Tama-



**С 19 по 22 июля** главный инженер ОИЯИ член-корреспондент РАН Г. Д. Ширков принимал участие в международном совещании по линейным коллайдерам, которое проходило в Ванкувере (Канада) на базе Университета Британской Колумбии (UBC). В рамках этой встречи, собравшей около 300 ученых и специалистов из крупнейших центров мира, состоялось заседание международного комитета (GDE) по проектированию и созданию международного линейного коллайдера (ILC).

США, Япония, Германия и ЦЕРН уже представили заявки на размещение коллайдера на своей территории. В течение последних нескольких месяцев группа специалистов ОИЯИ совместно с Государственным специализированным проектным институтом (ГСПИ Росатома, Москва) готовила технико-экономические обоснования размещения ILC в районе г. Дубны. На заседании GDE в Ванкувере все необходимые расчеты, технические, геологические и экономические данные были представлены в докладе Г. Д. Ширкова. Таким образом, ОИЯИ стал пятым претендентом на размещение у себя проекта века.



**25 июля** ОИЯИ посетила делегация Южной Кореи в составе исполнительного директора Азиатско-Тихоокеанского центра теоретической физики (APCTP) С. Кима, профессора физики Национального университета Кьёнпюка

Г. Кима, профессора физики Технологического университета Пхохана (POSTECH) В. Намкунга.

В дирекции ОИЯИ южнокорейскую делегацию встречали А. Н. Сисакян, Р. Ледницки, Н. А. Русакович, Д. В. Каманин, В. В. Воронов. Итогом встречи стало подписание рамочных соглашений ОИЯИ с APCTP и с POSTECH, предусматривающих широкий академический обмен и научную кооперацию. Гости выразили заинтересованность в расширении контактов с ОИЯИ и положительно оценили возможность ассоциированного членства Южной Кореи в Институте.



**21–24 августа** делегация Дубны, руководителем которой был главный инженер ОИЯИ Г. Д. Ширков, принимала участие в Выставке научно-технических достижений 2006 г. и Международном форуме научно-технического сотрудничества Китая и СНГ в Харбине.

Г. Д. Ширков выступил с докладом об особой экономической зоне в Дубне и представил инновационные проекты ОИЯИ. Во время пребывания в Харбине Г. Д. Ширков встретился с заместителем министра науки и технологий КНР Д. Джинганом и директором департамента науки и технологий провинции Хейлонгджанг профессором Сан Яо и обсудил с ними вопросы развития сотрудничества научных центров и высокотехнологичных предприятий Китая с Объединенным институтом ядерных исследований. Традиции этого сотрудничества были заложены полвека на-

zyan and other official persons. A discussion was held of a wide range of cooperation issues.



**On 19–22 July**, JINR Chief Engineer RAS Corresponding Member G. Shirkov took part in the international meeting on linear colliders which was held in Vancouver (Canada), in the basis of the University of British Columbia (UBC). In the framework of the meeting, attended by almost 300 scientists and specialists from largest research centres of the world, a session of the international committee for the Global Design Effort (GDE) was held on designing and development of the International Linear Collider (ILC).

The USA, Japan, Germany and CERN have already submitted their applications for erecting the collider in their territory. A group of JINR specialists in collaboration with the State Specialized Project Institute (SSPI) of the RF Ministry of Atomic Energy, Moscow, had been preparing technical and economic basis documents for the last several months to install ILC in the region of Dubna. In his report at the session of GDE in Vancouver, G. Shirkov presented all the required calculations, technical, geological and economic data. Thus, JINR has become the fifth candidate to have the project of the century installed in its territory.



**On 25 July** a delegation from South Korea visited JINR. It included chief executive of the Asian Pacific Centre for Theoretical Physics (APCTP) S. Kim, Professor of Physics of the Kyungpook National University G. Kim, and Professor of Physics of the P'ohang University of Science and Technology (POSTECH) V. Namkung.

A. Sissakian, R. Lednický, N. Russakovich, D. Kamanin and V. Voronov met the delegation at the JINR Directorate. The meeting concluded in signing framework agreements of JINR with APCTP and POSTECH which provide a wide academic interchange and scientific cooperation. The guests expressed their interest in enlarging contacts with JINR and appreciated an opportunity for South Korea to become an Associate Member of JINR.

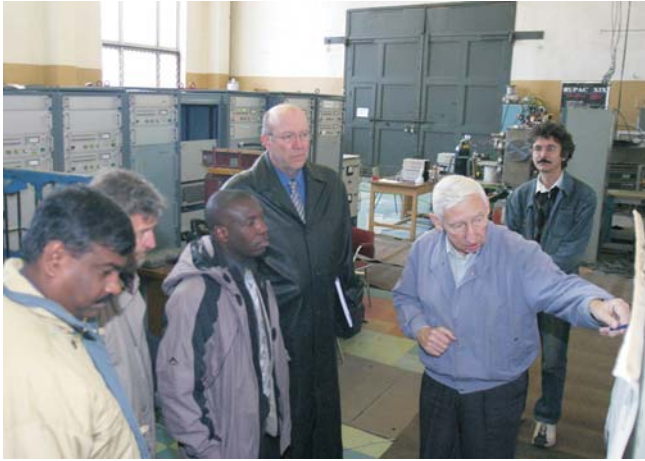


**On 21–24 August** in Harbin, a delegation from Dubna headed by JINR Chief Engineer G. Shirkov took part in the work of the Exhibition of Scientific and Technical Achievements – 2006 and the International Forum on scientific and technical cooperation of China and CIS.

G. Shirkov made a report about the special economic zone in Dubna and presented innovation projects of JINR. Dur-



НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО  
SCIENTIFIC COOPERATION



Дубна, 17–18 октября.  
Делегация Правительства ЮАР в ОИЯИ.  
Посещение лабораторий Института

Dubna, 17–18 October.  
The government delegation of the Republic of South Africa at JINR.  
Visits to the Institute laboratories

зад, когда Китай был одной из стран-учредителей ОИЯИ, и активно развиваются в наше время.



**11 сентября** в Национальной лаборатории Гран-Сассо (Италия) состоялся торжественный семинар, посвященный запуску нейтринного пучка из ЦЕРН в Гран-Сассо (проект CNGS). В семинаре приняла участие делегация ОИЯИ во главе с директором А. Н. Сисакяном, который передал итальянским коллегам приветствие от ученых Дубны. Он пожелал проекту плодотворной работы и новых результатов, которые внесут существенный вклад в физику элементарных частиц. В подарок директору Лаборатории Гран-Сассо был передан портрет Бруно Понтекорво — ученого, предвосхитившего целое направление развития физики элементарных частиц — физики нейтрино. Он создал в Дубне традиции нейтринных исследований, которые развиваются физиками ОИЯИ и сегодня.

Специально для серии экспериментов в Гран-Сассо совместно с коллегами из Института сцинтилляционных материалов Украины сотрудниками Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ была сконструирована и изготовлена одна из подсистем установки ОПЕРА, содержащая около 70 тонн пластического сцинтиллятора. Эта система была завершена точно в срок и одна из первых зарегистрировала нейтринные события.



**21 сентября** в столице Казахстана Астане при Евразийском университете им. Л. Н. Гумилева был открыт Междисциплинарный научно-исследовательский комплекс (МНИК) на базе циклотрона тяжелых ионов ДЦ-60, созданного в Объединенном институте ядерных исследований.

Накануне этого события специалисты-разработчики Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова и Института ядерной физики Национального ядерного центра (НЯЦ) Казахстана получили первый пучок ионов. ДЦ-60 позволяет ускорять ядра атомов от углерода до ксенона для проведения фундаментальных и прикладных работ по ядерной физике, нанотехнологиям, материаловедению, а также для ряда других прикладных технологий. Создание специалистами ОИЯИ и НЯЦ этой уникальной установки позволит сделать значительный рывок как в интеграции науки и образования, так и в продвижении передовых технологий в реальную экономику.

На торжественной церемонии открытия центра, которая проходила в большой аудитории Евразийского университета, выступили министр образования и науки Республики Казахстан Б. С. Айтинова, министр индустрии и торговли В. С. Школьник, вице-министр энергетики и минеральных ресурсов Б. У. Акчулаков. Директор ОИЯИ член-корреспондент РАН А. Н. Сисакян выступил с докладом «ОИЯИ: вчера, сегодня, завтра», посвященным 50-летию Объединенного института. Ректор ЕНУ С. А. Абдымапатов вручил почетные медали университета научному ру-

ing his visit to Harbin, G. Shirkov met with Deputy Minister of Science and Technology of China D. Jingan and Director of the Department of Science and Technology of the Heilongjiang district Professor San Jao and discussed with them issues of the development of cooperation of Chinese scientific centres and high technology enterprises with the Joint Institute for Nuclear Research. The traditions of this cooperation were established half a century ago when China was one of the states-founders of JINR, and they are actively progressing today.



**On 11 September** a ceremonial seminar was held at the Gran Sasso National Laboratory, dedicated to the switching on a neutrino beam from CERN to Gran Sasso (the CNGS project). A delegation from JINR took part in the event. It was headed by JINR Director A. Sissakian, who greeted Italian colleagues on behalf of the scientists of Dubna. He wished the project participants fruitful work and new results that will contribute considerably to the physics of elementary particles. The delegation from Dubna presented Director of the Gran Sasso Laboratory with a portrait of Bruno Pontecorvo, the scientist who had anticipated a whole trend in the development of elementary particle physics — neutrino physics. He established

traditions of neutrino research in Dubna, which are developed at JINR today.

Especially for a series of experiments in Gran Sasso, staff members of the JINR Laboratory of Nuclear Problems, together with their colleagues from the Institute of Scintillation Materials (Ukraine), designed and manufactured one of the subsystems of the OPERA facility, which contains about 70 tons of a plastic scintillator. This subsystem was produced exactly in time and was among the first to have registered neutrino events.



**On 21 September**, the Interdisciplinary Scientific Research Complex (ISRC) on the basis of the DC-60 heavy ion cyclotron produced at JINR was inaugurated in Kazakhstan, in Astana, at the Gumilev Eurasian University.

On the eve of this event, design experts from the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions and the Institute of Nuclear Physics of the National Nuclear Centre (NNC) of Kazakhstan obtained the first ion beam. DC-60 allows acceleration of atom nuclei from carbon to xenon to conduct fundamental and applied research in nuclear physics, nanotechnology, material sciences and other applied technologies. This unique facility produced by JINR and NNC specialists will bring the integration

## НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО SCIENTIFIC COOPERATION

ководителю ЛЯР академику Ю. Ц. Оганесяну, вице-директору ОИЯИ профессору М. Г. Иткису и А. Н. Сисакяну за большой вклад в создание МНИК и развитие сотрудничества ученых и специалистов ОИЯИ и Республики Казахстан. Инициатива развития физики тяжелых ионов на базе сотрудничества ученых РК и ОИЯИ поддержана президентом Казахстана Нурсултаном Назарбаевым.

В торжествах приняли участие депутат Меджлиса (парламента) РК Г. Н. Шалахметов, генеральный директор НЯЦ профессор К. К. Кадыржанов, представители ряда государственных, общественных и научных организаций РК, дипломатических миссий, аккредитованных в Казахстане, группа специалистов США. Событие широко освещалось в средствах массовой информации Казахстана.

Астана (Казахстан), 21 сентября. Официальное открытие Междисциплинарного научно-исследовательского комплекса (МНИК) на базе циклотрона тяжелых ионов ДЦ-60 при Евразийском университете им. Л. Н. Гумилева



Astana (Kazakhstan), 21 September. The inauguration ceremony of the Interdisciplinary Scientific Research Complex (ISRC) on the basis of the DC-60 heavy ion cyclotron at the Gumilev Eurasian University

in science and education much further, as well as will advance leading techniques into real economy.

At the opening ceremony in the large hall of the Eurasian University, Minister of Education and Science of Kazakhstan B. Aitnova, Minister of Industry and Trade V. Shkolnik, Vice-Minister of Energy and Mineral Resources B. Akchulakov, JINR Director Corresponding Member of RAS A. Sissakian took the floor; the latter made the report «JINR: Yesterday, Today, Tomorrow» devoted to the 50th anniversary of the Joint Institute. Rector of the University S. Abdymanapov presented honorary

medals of the University to LNR scientific leader Academician Yu. Oganessian, JINR Vice-Director Professor M. Itkis and A. Sissakian for their large contribution to the establishment of ISRC and development of cooperation of JINR and Kazakh scientists and specialists. The initiative to develop heavy ion physics research on the basis of JINR–Kazakhstan cooperation was approved by the President of the Republic of Kazakhstan Nursultan Nazarbav.

The ceremony was attended by Deputy of RK Medzhilis (Parliament) G. Shalakhmetov, NNC General Director Professor

### Второй круглый стол «Поиск смешанной фазы сильновзаимодействующей материи на нуклотроне ОИЯИ: развитие нуклотронного комплекса»

Вот уже почти 25 лет международное научное сообщество в области физики высоких энергий предпринимает немалые усилия по поиску новых состояний сильновзаимодействующей материи при экстремальных условиях — высоких температурах и/или плотностях барионного заряда. Обнаружение таких состояний и изучение их свойств необходимо для понимания ранней стадии эволюции Вселенной, формирования нейтронных звезд и физики соударений тяжелых ионов. Ускорительные эксперименты по соударению тяжелых ионов дают уникальный способ воспроизведения подобных условий в лаборатории.

За время, прошедшее после пионерских экспериментов на синхрофазотроне ОИЯИ, сменилось несколько поколений ускорителей ультрарелятивистских тяжелых ионов, энергетический масштаб изменился от нескольких ГэВ до нескольких десятков ТэВ на нуклон, а в недалеком будущем представится возможность достичь энергии  $E_{\text{лаб}}$  порядка нескольких десятков тысяч ТэВ/нуклон (в лабораторной системе). Изучение физики тяжелых ионов успешно осуществлялось на ускорителях

Bevalac (Беркли) с энергией  $E_{\text{лаб}} \sim 2$  ГэВ/нуклон, AGS (Брукхейвен) с  $E_{\text{лаб}} \sim 11$  ГэВ/нуклон и SPS (ЦЕРН) с  $E_{\text{лаб}} \sim 160$  ГэВ/нуклон. Первые два ускорителя уже закрыты, программа же по ядерной физике на SPS, так же как и на SIS (GSI, Дармштадт,  $\sim 1$  ГэВ/нуклон), фактически закончена. Релятивистский тяжелоионный коллайдер RHIC (Брукхейвен) интенсивно работает с начала 2000 г. в ультрарелятивистском диапазоне энергии столкновения  $S_{NN}^{1/2} \sim 200$  ГэВ с целью поиска сигналов формирования кварк-глюонной материи. В связи с этим сейчас возлагаются большие надежды на коллайдер LHC в ЦЕРН, который скоро начнет работать в области тэвных энергий — до 16 АТэВ в соударениях свинец–свинец.

За это время прошло 18 ежегодных представительных международных конференций «Кварковая материя», проведено большое число других конференций и совещаний различного уровня, опубликованы тысячи экспериментальных и теоретических работ, но проблема достоверного обнаружения новых состояний сильновзаимодействующей материи все еще остается не решенной полностью ввиду ее сложности. Это оставляет шанс принять участие в ее решении всем, кто работает в

K. Kadyrzhanov, representatives of state, public and scientific organizations of RK, diplomatic missions accredited in Kazakhstan, and a group of specialists from the USA. The event was widely covered in the Kazakh mass media.

### The Second Round-Table Discussion «Searching for a Mixed Phase of Strongly Interacting Matter at the JINR Nuclotron: Nuclotron Facility Development»

For about 25 years the international scientific community in the field of high-energy physics has made much effort at searching for new states of strongly interacting matter under extreme conditions — high energies and/or densities of baryon charge. The discovery of this type of states and the study of their properties is necessary for understanding the early stage of the Universe evolution, formation of neutron stars and physics of heavy ion collisions. Accelerator experiments on heavy ion collisions give a unique way of reproducing similar conditions in the laboratory.

Since the pioneer experiments at the JINR Synchrophasotron, several generations of accelerators of ultrarelativistic heavy ions have changed, and the energy scale has varied

from a few GeV to several tens of TeV per nucleon. In the near future it will be possible to reach energy  $E_{\text{lab}}$  of the order of several tens of thousands of TeV/nucleon (in the laboratory system). Heavy ion physics has successfully been studied at the following accelerators: Bevalac (Berkeley) with energy  $E_{\text{lab}} \sim 2$  GeV/nucleon, AGS (Brookhaven) with  $E_{\text{lab}} \sim 11$  GeV/nucleon, and SPS (CERN) with  $E_{\text{lab}} \sim 160$  GeV/nucleon. The first two accelerators are closed, and the programme of nuclear physics at SPS and SIS (GSI, Darmstadt,  $\sim 1$  GeV/nucleon) is in fact completed. The relativistic heavy ion collider RHIC (Brookhaven) has intensively been working since 2000 in the ultrarelativistic range of collision energies  $S_{NN}^{1/2} \sim 200$  GeV with the aim of looking for signals of formation of quark–gluon matter. In relation to the latter, hopes are now rested on the LHC (CERN) that will soon be put into operation in the range of TeV energies, up to 16 ATeV in lead–lead collisions.

In this period of time 18 annual international conferences «Quark Matter» and a number of other conferences and meetings were carried out, thousands of experimental and theoretical papers were published, but the problem of

этой высокоприоритетной фундаментальной области физики высоких энергий.

При проведении экспериментов с тяжелыми ионами все это время реализовывалась стратегия неуклонного увеличения энергии действующих ускорителей. Сравнительно недавно и в связи с новыми данными, полученными на SPS при  $E_{\text{лаб}} \sim 20\text{--}40$  ГэВ/нуклон, наметилась обратная тенденция, а именно тенденция понижения энергии пучка ионов для исследования свойств образующейся горячей барионообогащенной материи с целью получения свидетельств фазовых переходов и критических явлений.

Первым ускорителем, позволившим получать пучки ядер высоких энергий, был синхрофазотрон ОИЯИ, который уступил место нуклотрону, принадлежащему к новому поколению ускорителей на сверхпроводящих магнитах. Нуклотрон потенциально способен ускорять тяжелые ионы с атомным номером  $\sim 200$  до предельно возможной кинетической энергии ионов  $E_{\text{лаб}} \sim 5$  ГэВ/нуклон, однако пока его проектные возможности еще полностью не реализованы.

Последние полтора года в ОИЯИ идет широкое обсуждение возможности поиска смешанной фазы сильновзаимодействующей материи на нуклотроне, инициированное группой теоретиков Лаборатории теоретиче-

ской физики им. Н. Н. Боголюбова в середине 2004 г., а в июле 2005 г. состоялись первые обсуждения с привлечением внешних экспертов в формате круглого стола «Поиск смешанной фазы сильновзаимодействующей материи на нуклотроне ОИЯИ». Интерес к этой проблеме не был случайным не только потому, что нуклотрон принадлежит ОИЯИ и Институт заинтересован в его результативной работе, но и потому, что мы глубоко убеждены в том, что для изучения фазовой диаграммы КХД материи следует первым делом осуществлять поиск экспериментальных свидетельств фазовых переходов и только после их установления двигаться «в глубь» новых фаз, повышая энергии ускорителей. Для первого же шага нужны, скорее, не очень высокие энергии. Не будем же мы, например, нагревать воду до тысячи градусов Цельсия только для того, чтобы установить факт существования пара?! Достаточно  $100^\circ\text{C}$  при нормальном давлении. Кроме того, нам представляются более достоверными и убедительными имеющиеся на сегодня теоретические указания относительно существования фазовых переходов в сравнении с аналогичными предсказаниями, касающимися конкретных свойств соответствующих новых фаз.

Такая точка зрения не осталась незамеченной, ее разделяют партнеры ОИЯИ в BNL, GSI, ИТЭФ, ИЯИ

reliable detection of new states of strongly interacting matter, being complicated, still remains completely unsolved. Therefore, those working in this high-priority fundamental field of high-energy physics have a chance to take part in its solution.

In conducting experiments with heavy ions the strategy of nucleon increase in energy of the functioning accelerators was realized. Quite recently, in view of new data obtained at SPS at  $E_{\text{lab}} \sim 20\text{--}40$  GeV/nucleon a new tendency has been outlined, namely, the tendency to decrease the ion beam energy for investigation of properties of the produced hot baryon-enriched matter with the aim of obtaining evidence of phase transitions and critical phenomena.

The first accelerator providing high-energy nuclear beams was the JINR Synchrophasotron that gave place to the Nuclotron, belonging to a new generation of accelerators on superconducting magnets. The Nuclotron is capable of accelerating heavy ions with atomic number  $\sim 200$  up to accessible kinetic energy of ions  $E_{\text{lab}} \sim 5$  GeV/nucleon; however, its rated capacity has not been realized yet.

During the last year and a half, possible search for a mixed phase of strongly interacting matter at the Nuclotron

was widely discussed at JINR. The discussion was initiated by a group of theorists of the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics in the mid-2004 and already in July 2005 the first round-table discussion «Searching for a Mixed Phase of Strongly Interacting Matter at the JINR Nuclotron» was held with outside experts involved. Interest in this problem was not accidental not only because JINR possesses the Nuclotron and is interested in its effective operation, but also because we are absolutely sure that the phase diagram of the QCD matter can be studied by, firstly, searching for experimental evidence of phase transitions and then, after their establishment, going deep into new phases increasing accelerator energies. The first step does not need very high energies. For example, we are not going to boil water up to  $1000^\circ\text{C}$  only with the aim of establishing the fact of existence of vapor, are we?! At normal pressure,  $100^\circ\text{C}$  is sufficient. Moreover, the available theoretical indications of the existence of phase transitions seem more reliable and convincing in comparison with analogous predictions of concrete properties of the corresponding new phases.

This point of view was not left unnoticed; it is shared by JINR partners at BNL, GSI, ITEP, INR of RAS and other

РАН и других центрах по физике высоких энергий. Достаточно вспомнить новый проект FAIR GSI (Дармштадт), направленный на изучение сжатой барионной материи в диапазоне энергий ионов (в лабораторной системе)  $E_{\text{лаб}} \sim 10\text{--}35$  АГэВ, который будет функционировать начиная с 2015 г. Согласно имеющимся ожиданиям, сильно взаимодействующая материя, возникающая в соударениях тяжелых ионов в энергетическом диапазоне  $E_{\text{лаб}} \sim 5\text{--}40$  АГэВ, может претерпевать серию фазовых переходов первого рода, сопровождающихся образованием смешанной фазы и критическими явлениями на ее границе. Эти проблемы кажутся настолько привлекательными, что научное сообщество в BNL стало обсуждать возможность понижения энергии коллайдера RHIC до диапазона энергий, включающего планируемый диапазон на FAIR. Так, например, в марте 2006 г. на RHIC состоялась конференция для обсуждения вопроса целесообразности и возможности понижения энергии RHIC с целью поиска и исследования возможной критической конечной точки.

Понижение энергий в экспериментах с тяжелыми ионами представляет собой в некотором смысле «повторение пройденного», так как практически идет возврат к уже исследовавшимся ранее значениям энергий. Да, исследовавшимся, но не исследованным в полной

мере! Целесообразность этого возврата вполне очевидна, поскольку тем самым появляется уникальная возможность воспользоваться самыми передовыми детекторами, современными представлениями и моделями, которые отсутствовали на момент проведения прежних экспериментов. Сегодня становится возможным исследовать эту энергетическую область более детально по энергии, с более высокой точностью измерений, с привлечением более широкого и разнообразного класса наблюдаемых характеристик с тем, чтобы уточнить сложившиеся взгляды и, возможно, пересмотреть старые заблуждения, а также дополнить имеющиеся экспериментальные данные новыми с точки зрения современных представлений.

В конце июня 2006 г. в ОИЯИ были сформированы две независимые ускорительные группы (лидеры — И. Н. Мешков и А. Д. Коваленко) и две независимые детекторные группы (лидеры — В. А. Никитин и А. И. Малахов), а также группа ионного источника (лидер — С. Л. Богомолов) и группа по подготовке физической программы — с целью создания концептуального проекта развития нуклотронного ускорительного комплекса, ориентированного на поиск смешанной фазы и критических явлений сильно взаимодействующей материи, под общим руководством А. Н. Сисакяна. В задачу

high-energy centres. Suffice it to recall a new project, FAIR GSI (Darmstadt), aimed at studying compressed baryon matter in the range of ion energies (in the laboratory system)  $E_{\text{lab}} \sim 10\text{--}35$  AGeV to be put into operation in 2015. According to the currently available expectations, strongly interacting matter formed in collisions of heavy ions in the energy range  $E_{\text{lab}} \sim 5\text{--}40$  AGeV may undergo a series of first-order phase transitions accompanied by the formation of a mixed phase and critical phenomena at its boundary. These problems seem to be so attractive that the scientific community at BNL started discussing a possibility of decreasing the RHIC energy up to the energy range including the projected range at FAIR. So, for instance, in March 2006 a workshop was organized at RHIC at which the expediency and feasibility of decreasing the RHIC energy with the aim of searching for and studying a possible critical end point were discussed.

Energy decrease in experiments with heavy ions is in a certain sense «recapitulation of the studied», as in fact we return to the previously investigated energy values. Investigated but not in full measure! The expediency of this return is quite obvious, as it provides a unique possibility to make

use of up-to-date detectors, modern ideas and models which were lacking when previous experiments were carried out. At present, it becomes feasible to study this energy range in more detail in energy, with more accurate measurements and a wider class of observed characteristics so as to define more precisely the existing views and probably revise the old ones, as well as to supplement the available experimental data with the new ones that are necessary from a viewpoint of modern notions.

At the end of June 2006 at JINR there were formed two independent accelerator groups (leaders I. N. Meshkov and A. D. Kovalenko) and two independent detector groups (leaders V. A. Nikitin and A. I. Malakhov), as well as the group of ion source (leader S. L. Bogomolov) and the group involved in preparing the physical program under the general leadership of A. N. Sissakian. The goal of all these groups was to create a conceptual project of the development of a Nuclotron accelerator complex for searching for a mixed phase and critical phenomena of strongly interacting matter. This project had to be worked out taking into account rigidly given boundary conditions. For instance, it was necessary to fit in the existing infrastructure of the Vek-

групп входило создание концептуального проекта с учетом жестко заданных граничных условий. Так, например, необходимо было «вписаться» в существующую инфраструктуру Лаборатории высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина с тем, чтобы максимально уменьшить стоимость проекта (фигурально говоря, речь шла о строительстве квартиры не в новом, а в уже существующем доме, что, очевидно, существенно снижает материальные затраты). Кроме этого, закладывался целый ряд параметров ускорительного комплекса, который задавался исходя из физических задач, поставленных в проекте.

В результате возник концептуальный проект «Design and construction of Nuclotron-Based Ion Collider Facility (NICA) and Mixed Phase Detector (MPD)», с которым можно познакомиться на сайте <http://theor.jinr.ru/meetings/2006/roundtable/>. В случае его реализации можно будет покрыть энергетический диапазон от нескольких до  $\sim 24$  ГэВ/нуклон. Перспектива детального сканирования по энергии принципиально важна в этой области при отсутствии единого критического сигнала, позволяющего однозначно выделить искомый эффект.

Проект NICA предусматривает возможность работы нуклотрона с выведенным пучком и, в частности, ра-

боты с пучками поляризованных ионов. Он частично перекрывается с проектом FAIR в GSI как по области энергий, так и по физическим задачам. Столь сильная конкуренция лишней раз подтверждает актуальность исследований в этой области, в которые Россия, ОИЯИ имеют реальный шанс внести существенный вклад. Обсуждения с иностранными коллегами на Рочестерской конференции в Москве и после нее показали, что имеются интерес и даже «ревнивое» отношение к проекту. Наша принципиальная задача — запустить NICA ранее FAIR, чтобы иметь 2–3 года бесконкурентной работы. Это условие очень критично и означает, что работа должна начаться уже сегодня.

Заметим, что если даже результаты будут получены одновременно с каким-то другим проектом, они, как это обычно бывает в науке, не потеряют свою ценность (лишь бы были хорошего качества и не намного позже). Примеров тому множество, и один из наиболее ярких — история одновременного осуществления первого эксперимента на встречных пучках (Новосибирск – SLAC). Любые экспериментальные результаты нуждаются в подтверждении разными научными центрами, поэтому даже в случае, если и возникнут «пересечения», проект NICA будет далеко не бесполезным для науки. Сооружение коллайдера в Дубне будет иметь собственную цен-

sler and Baldin Laboratory of High Energies so as to decrease as much as possible the cost of the project (figuratively speaking, it was a question of constructing a flat not in a new house but in the already existing one, which essentially decreases material costs). Moreover, a number of parameters of the accelerator complex were given from the physical problems posed in the project.

The result was the conceptual project «Design and Construction of Nuclotron-Based Ion Collider Facility (NICA) and Mixed Phase Detector (MPD)», which is available at the site <http://theor.jinr.ru/meetings/2006/roundtable/>. In case of its realization the energy range from several to  $E_{\text{lab}} \sim 24$  GeV/nucleon can be covered. Prospects of a detailed scanning in energy are fundamentally important in this domain in the absence of a common critical signal allowing one to unambiguously extract the effect sought.

The NICA project provides for the Nuclotron operation with an extracted beam and, in particular, operation with polarized ion beams. It partly overlaps the FAIR project at GSI in both range of energies and physical problems. Such a strong competition confirms once more the topicality of investigations in this field where Russia, JINR have a real

chance to make an essential contribution. Discussions with foreign colleagues at the Rochester conference in Moscow and after it showed interest and even «zealous» attitude to the project. Our main task is to launch NICA sooner than FAIR in order to have two or three years of noncompetitive work. This condition is critical and implies that we should start to work today.

It should be noted that even if results are obtained simultaneously with another project, they, as it is usually the case in science, will not lose their value (if only they are of good quality and not much later obtained). There are a lot of examples, and the most striking of them is the story of the first experiment on colliding beams, Novosibirsk/SLAC. Any experimental results are to be verified by various research centres; therefore, even if there are any intersections, the NICA project will be far from useless for science. In any case, the construction of the collider in Dubna will have its own value and competitiveness and its possible intersections with other international projects will only make the NICA project more important.

The realization of the collider project in Dubna aimed at studying the properties of hot and compressed nuclear

ность и конкурентоспособность, а его возможные «пересечения» с другими международными проектами только придадут проекту NICA больше значимости.

Осуществление коллайдерного проекта в Дубне, имеющего своей целью исследование свойств нагретой и сильно сжатой ядерной материи и поиск сигналов образования смешанной кварк-адронной фазы, будет способствовать возрастанию престижа российской науки в мире. Позиции Дубны усиливаются благодаря уже проявленному интересу к проекту со стороны известных специалистов Германии, Америки, Китая и ряда других стран. Наконец, ОИЯИ заинтересован в поиске «экологической ниши» для развития этого важного научного направления и не может развиваться без совершенствования собственной экспериментальной базы, поскольку, в противном случае, он перестанет быть привлекательным для стран-участниц.

С целью более детального обсуждения всего круга возникающих вопросов 6–7 октября в ОИЯИ проходила встреча экспертов в формате второго круглого стола «Поиск смешанной фазы сильновзаимодействующей материи на нуклотроне ОИЯИ: развитие нуклотронного комплекса» (более подробную информацию об этом можно найти на сайте <http://theor.jinr.ru/meetings/2006/roundtable/>), в работе которого могли принять участие

все заинтересованные сотрудники ОИЯИ. Концептуальный проект был рассмотрен и оценен представительной международной экспертной комиссией, в которую входили Н. Н. Алексеев (ИТЭФ, Москва), Д. Динев (ИЯИЯЭ, Болгария), С. В. Иванов (ИФВЭ, Протвино), Т. Катаяма (Университет Токио, Япония) — заместитель председателя, Л. В. Кравчук (ИЯИ РАН), А. Н. Лебедев (ФИ РАН), Е. В. Левичев (ИЯФ, СО РАН), Д. Моэль, Р. Остойич (ЦЕРН, Женева, Швейцария), П. Сенгер, П. Спиллер (GSI, Дармштадт, Германия), Т. Тэйлор (ЦЕРН, Женева, Швейцария) — председатель, Н. Ксу (BNL, Брукхейвен, США).

С письменным заключением экспертной комиссии можно также ознакомиться на указанном сайте. Оно станет основой для продолжения начатой работы, чтобы затем подготовить предложения для Программно-консультативного комитета по физике частиц ОИЯИ по созданию нового проекта в области физики тяжелых ионов. Основная работа еще впереди!

*A. C. Sorin*

matter and searching for signals of formation of a quark-hadron phase will enhance international prestige of the Russian science. The positions of Dubna are strengthening owing to interest in the project shown by well-known specialists in Germany, the USA, China and other countries. Finally, JINR is interested in finding its «ecological niche» for development of this important line of research and improvement of its experimental base, otherwise it will no longer be attractive for its Member States.

For a more detailed discussion of a wide range of questions, on 6–7 October JINR hosted a meeting of experts in a format of the second round-table «Searching for a Mixed Phase of Strongly Interacting Matter at the JINR Nuclotron: Nuclotron Facility Development» (for more information see <http://theor.jinr.ru/meetings/2006/roundtable/>); all other interested researchers could participate in it as well. The conceptual project was considered and evaluated by the following representative international expert-referee committee: N. N. Alekseev (ITEP, Moscow), D. Dinev (INRNE, Bulgaria), S. V. Ivanov (IHEP, Protvino), T. Katayama (Tokyo Univ., Japan) — vice-chairman, L. V. Kravchuk (INR RAS), A. N. Lebedev (PI RAN), E. V. Levichev (INP SD

RAS), D. Moehl (CERN, Geneva, Switzerland), R. Ostojic (CERN, Geneva, Switzerland), P. Senger (GSI, Darmstadt, Germany), P. Spiller (GSI, Darmstadt, Germany), T. Taylor (CERN, Geneva, Switzerland) — chairman, N. Xu (LBNL, Brookhaven, USA).

The report of the expert-referee committee can be found at the site mentioned above. It will serve as a basis for further work and then proposals for the JINR Programme Advisory Committee for Particle Physics on the creation of a new project in the field of heavy ion physics. The main work is still ahead!

*A. S. Sorin*

The international school-workshop «*Calculations for Modern and Future Colliders*» (CALC-2006) was held at the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics (JINR, Dubna) from 15 till 25 July. The workshop was organized jointly by the Joint Institute for Nuclear Research and the Helmholtz Association (Germany) within the DIAS-TH educational programme. The topics covered a wide range of collider physics with the emphasis on calculation tech-



С 15 по 25 июля в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова проходила международная школа-семинар «*Вычисления для современных и будущих коллайдеров*» (CALC-2006). Она была организована совместно Объединенным институтом ядерных исследований и Ассоциацией им. Г. Гельмгольца (Германия) в рамках образовательной программы DIAS-TH. Научная программа включала широкий круг проблем физики на коллайдерах с акцентом на вычислительные методы, в том числе: высокоточные вычисления для экспериментов на тэватроне и ЛНС, многопетлевые вычисления, технику суммирования, компьютерные коды, феноменологию и поиск новой физики на коллайдерах, физику на линейном коллайдере и требования к теоретическому сопровождению экспериментов на будущих коллайдерах.

Среди участников школы-семинара — 20 лекторов, 33 докладчика и 30 студентов из России, Германии, Италии, США, Ирландии, Польши, Словакии, Грузии и ОИЯИ. Это уже третья подобная школа-семинар (предыдущие состоялись в 2000 и 2003 г.) в ЛТФ, которая представляла собой школу для аспирантов и студентов и в то же время рабочий семинар для экспертов. Следует отметить высочайший уровень докладчиков, включая таких известных специалистов, как профессора К. Че-

тыркин (Москва и Карлсруэ), Ж. Пассарино (Турин), В. Смирнов (Москва), Д. Бардин (ОИЯИ), А. Грозин (Новосибирск), О. Тарасов (Цойтен и ОИЯИ), Ю. Кернер (Майнц), Ф. Егерленер (Цойтен), Д. Ширков (ОИЯИ) и др., представивших в своих докладах новейшие достижения в данной области.

Последний день семинара ознаменовался докладами по проекту международного линейного коллайдера (ILC): профессора Р.-Д. Хойера (DESY, Гамбург) о физической программе и о целях ILC, а затем профессора Г. Ширкова (ОИЯИ) о проекте как таковом, включая предложение ОИЯИ по строительству коллайдера в Дубне.

Школа-семинар была организована при поддержке Ассоциации им. Г. Гельмгольца, РФФИ и ОИЯИ и продолжила традицию ЛТФ проводить подобные мероприятия для поддержки развития актуальных направлений физики частиц и для вовлечения нового поколения ученых в орбиту исследований в этой области.

#### Международная школа по физике малочастичных систем

Методы физики малочастичных систем в последние годы стали универсальным инструментом, активно

niques, such as: precision calculations for experiments at Tevatron and LHC, multiloop calculations, resummation techniques, computer codes, phenomenology and search for new physics at hadron colliders, physics at the ILC and experimental tags for theory.

The participants included 20 lecturers, 33 speakers, and 30 students from Russia, Germany, Italy, the USA, Poland, Ireland, Slovakia, Georgia and JINR. It was the third event of this type at BLTP (the previous ones took place in 2000 and 2003) that combined the school for graduate students with the workshop for experts. One should mention the highest level of the speakers, including such well-known specialists as Profs. K. Chetyrkin (Moscow & Karlsruhe), G. Passarino (Torino), V. Smirnov (Moscow), D. Bardin (JINR), A. Grozin (Novosibirsk), O. Tarasov (Zeuthen & JINR), J. Koerner (Mainz), F. Jegerlehner (Zeuthen), D. Shirkov (JINR) and others, representing the up-to-date achievements in the field.

The last day of the school was devoted to the talks on the project of the International Linear Collider, first by Prof. R.-D. Heuer (Hamburg) on physical program and aims of the ILC and then by Prof. G. Shirkov (JINR) on the collider

project itself, including JINR proposal to construct the collider at Dubna site.

Sponsored by the Helmholtz Association, the Russian Foundation for Basic Research and the Joint Institute for Nuclear Research, the school-workshop continued the tradition of BLTP to organize such events to promote various actual developments in particle physics and to attract new generation of researches to the field.

#### International School on Few-Body Physics

In recent years, methods of physics of few-body systems have become a universal tool actively used in nuclear and atomic physics, astrophysics, particle physics, solid state physics. International community of physicists working in this field has become organized; specialized journals are published, European and international conferences and schools on physics of few-body systems are held.

One of these schools was organized in Dubna on 7–17 August. The programme of the school, intended for last-year students and postgraduates, included both the theory of few-body systems and its numerous applications.

используемым в ядерной и атомной физике, астрофизике, физике частиц и физике твердого тела. Сформировалось международное сообщество физиков, работающих в этой области, публикуются специализированные журналы, проходят европейские и международные конференции и школы по физике малочастичных систем.

Одна из таких школ проходила в Дубне с 7 по 17 августа. Ее программа, рассчитанная на студентов старших курсов и аспирантов, включала как собственно теорию малочастичных систем, так и ее многочисленные приложения.

Теория трех- и четырехчастичных систем на основе уравнений Фаддеева–Якубовского была изложена в лекциях профессора И. М. Народецкого (ИТЭФ). Альтернативная версия этих уравнений, т. е. AGS-уравнения, была представлена в лекциях одного из авторов этого подхода — профессора В. Сандхаса (Боннский университет, ФРГ). Дифференциальная форма уравнений Фаддеева–Якубовского была темой лекций профессора А. К. Мотовилова (ЛТФ), в которых этот устоявшийся материал был дополнен новыми результатами, относящимися к теории трехчастичных резонансов. Универсальные свойства малочастичных систем в

пространствах размерностей 1, 2, 3 обсуждались в лекциях доктора О. И. Картавцева (ЛЯП).

Различные приближенные схемы решения малочастичных уравнений были освещены в лекциях профессора Е. А. Соловьева (ЛТФ), профессора В. Б. Беляева (ЛТФ), доктора С. Б. Левина (СПбГУ) и доктора Д. В. Федорова (Орхус, Дания). Много лекций было посвящено конкретным приложениям теории. Так, в лекциях профессора Я. Реваи (ЦИФИ, Будапешт) подробно обсуждались свойства экзотической атомной системы, состоящей из ядра гелия, электрона и антипротона. Наличие в этой системе долгоживущих состояний привлекает внимание теоретиков и экспериментаторов по всему миру. Релятивистские версии малочастичных уравнений обсуждались в лекциях доктора А. Мачавариани (Тбилиси–ЛИТ). Физика гало-ядер, рассматриваемых как малочастичные системы, детально обсуждалась в лекциях профессора А. Енсена (Орхус, Дания). Искусственные атомы — квантовые точки были подробно и красочно представлены в лекциях профессора Р. Назмитдинова (ЛТФ). Интересным аналитическим результатам, касающимся порогового поведения сечений в некоторых малочастичных реакциях, была посвящена лекция доктора С. Овчинникова (Теннесси, США). Наконец, техническая реализация малочастич-

The theory of three- and four-particle systems based on the Faddeev–Yakubovsky equations was expounded in the lectures of Professor I. M. Narodetsky (ITEP). An alternative version of these equations, i.e., AGS equations, was given in the lectures of one of the authors of this approach Professor Sandhas (Bonn Univ., Germany). The differential form of the Faddeev–Yakubovsky equations was the theme of Professor Motovilov’s lectures (BLTP). This sufficiently well established material was supplemented in his lectures with the new results concerning the theory of three-particle resonances. Universal properties of few-body systems in spaces of dimension 1, 2, and 3 were discussed in lectures of Dr O. I. Kartavtsev (DLNP).

Different approximate schemes of solving few-body equations were dwelled upon in the lectures of Professors E. A. Soloviev (BLTP) and V. B. Belyaev (BLTP), and Doctors S. B. Levin (St.Petersburg Univ.) and D. V. Fedorov (Aarhus, Denmark). A lot of lectures were devoted to concrete applications of the theory. Professor J. Revai (Budapest) discussed in detail the properties of an exotic atomic system consisting of a helium nucleus, an electron, and an antiproton. The presence of long-lived states in this system

attracts much attention of theorists and experimenters all over the world. Relativistic versions of few-body equations were dwelled upon in the lectures of Dr A. Machavariani (Tbilisi-LIT). The physics of halo-nuclei regarded as few-body systems was the subject of Professor A. Jensen’s lectures (Aarhus, Denmark). Artificial atoms, quantum points were thoroughly and graphically presented in Professor R. Nazmetdinov’s lectures (BLTP). Interesting analytic results on the threshold behaviour of cross sections in some few-body reactions were discussed in the lecture of Dr S. Ovchinnikov (Tennessee, USA). Finally, the technical realization of the few-body reaction  $d + T \rightarrow {}^4\text{He} + n$  in the customs control was the subject of Professor M. G. Sapozhnikov’s lecture (LPP).

The school was supported by JINR, Heisenberg–Landau programme, and the Russian Foundation for Basic Research.

*V. Belyaev*

Since 2004 the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics has organized summer schools (HISS — the

ной реакции  $d + T \rightarrow {}^4\text{He} + n$ , используемая в таможенном контроле, была темой лекции профессора М. Г. Сапожникова (ЛФЧ).

Школа была поддержана ОИЯИ, программой «Гейзенберг–Ландау» и РФФИ.

*В. Б. Беляев*

С 2004 г. в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова проводятся летние школы при поддержке Ассоциации им. Г. Гельмгольца (HISS — Helmholtz International Summer Schools), которая объединяет крупные научные центры Германии, в том числе и в области физики частиц и ядра. Программа таких школ формируется при участии научного центра Германии, входящего в ассоциацию. Одна из таких школ — *«Плотная материя в столкновениях тяжелых ионов и астрофизика»* (DM'2006), организованная при участии GSI (Дармштадт), проходила в Дубне с 21 августа по 1 сентября.

В процессе преобразования GSI в ускорительный комплекс антипротонов и ионов (FAIR — Facility for Antiproton and Ion Research) прорабатывается экспериментальная программа, одним из ключевых экспери-

ментов которой будет проект СВМ (Compressed Baryon Matter), предназначенный для исследования фазовых переходов ядерной материи в кварковую при условиях, во многом аналогичных условиям, возникающим в ядрах нейтронных звезд или при их коллапсе в сверхновые. Это направление исследований, которое также имеет большое значение для развития нуклотронного комплекса ОИЯИ, требует теоретической поддержки и привлечения молодежи в эту быстро развивающуюся область адронной астрофизики. Поэтому очень своевременным представляется выбор тематики школы, включавшей широкий круг важных проблем от теории равновесной и неравновесной плотной материи (свойства адронов в среде, уравнение состояния и транспортные свойства, цветовая сверхпроводимость и фазовый переход в сильно связанную кварк-глюонную плазму) до феноменологии столкновений тяжелых ионов и астрофизики компактных звездных объектов и сверхновых звезд.

Организаторы школы — Д. Блашке (ОИЯИ – Университет Росток), А. Сорин (ОИЯИ) и Й. Вамбах (GSI) — пригласили в качестве лекторов 22 ведущих специалиста в этой области из 8 стран: России, Германии, Армении, Австрии, Хорватии, Франции, Польши, Украины. Участниками школы были 48 студентов и

Helmholtz International Summer Schools) under the support of the Helmholtz Association that overlaps prominent scientific centres of Germany. The programme of these schools is composed with the assistance of one of the scientific centres entering into the Association. The latest of these schools *«Dense Matter in Heavy Ion Collisions and Astrophysics»*, organized together with GSI, Darmstadt, was held in Dubna from 21 August to 1 September.

As the process of developing GSI into the Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR) is going on, experimental programmes are shaping up, such as the Compressed Baryon Matter (CBM) experiment, devoted to the exploration of the phase transition from nuclear matter to quark matter under conditions much similar to those in the cores of neutron stars or during the core collapse of supernovae. This direction of research which is also vital for the JINR programme of the Nuclotron upgrade needs support from theoretical basic research and the education of young scientists in this emerging field of Astro-Hadron Physics. Therefore, the choice of the topics for this summer school was very timely, with exciting themes of high actuality ranging from

the Theory of Dense Matter in Equilibrium and Nonequilibrium (in-medium properties of hadrons, equation of state and transport properties, colour superconductivity and the phase transition to a strongly coupled quark–gluon plasma) to applications for the phenomenology of Heavy-Ion Collisions and the Astrophysics of compact stellar objects and supernovae.

The scientific organizers of the summer school — (D. Blaschke (JINR/ University Rostock), A. Sorin (JINR) and J. Wambach (GSI) — were able to appoint as lecturers 22 leading scientists in the above fields coming from 8 countries: Russia (8), Germany (8), Armenia, Austria, Croatia, France, Poland, and Ukraine. Forty-eight participants (Diploma, Ph.D. students and young postdocs) came from 12 countries, the majority from Germany and JINR member countries, but also from Argentina, China, Italy, Norway, South Africa and the UK.

The lecture programme offered introductory courses to the modern tools of Theoretical Many-Body Physics and Nonperturbative Quantum Field Theory, such as Quantum Kinetic Theory, Path Integrals, QCD Dyson–Schwinger Equations, Lattice Gauge Field Theory and the Renormal-

аспирантов из 12 стран, в основном из Германии и стран-участниц ОИЯИ, а также из Аргентины, Англии, Италии, Китая, Норвегии и ЮАР.

Тематика лекций состояла из вводных курсов по современным теоретическим методам физики многочастичных систем и непертурбативной квантовой теории поля: квантовая кинетическая теория, интегралы по путям, КХД-уравнения Швингера–Дайсона, решеточные калибровочные теории и метод ренормализационной группы. Презентации лекций оперативно размещались В. Скоковым (ЛТФ) на сайте школы (<http://theor.jinr.ru/~dm2006>) уже во время ее проведения. Лекции будут опубликованы в журнале «Письма в ЭЧАЯ» и станут хорошим учебным материалом для будущих школ.

Материалы лекций обсуждались на вечерних семинарах, и слушатели имели возможность обсудить результаты своих работ. Были также организованы экскурсии в лаборатории ОИЯИ. Такая форма проведения школ хорошо себя зарекомендовала и теперь практикуется на всех школах образовательной программы DIAS-TH. Хотелось бы отметить три события, запомнившиеся участникам этой школы.

Каждому студенту, конечно, известно имя В. Л. Гинзбурга — Нобелевского лауреата по физике 2003 г., в частности по теории фазовых переходов Ландау–Гинзбурга. Волнующее событие для всех участников школы произошло после обеда 25 августа. Благодаря помощи профессора Г. С. Бисноватого-Когана (ИКИ

Дубна, 21 августа – 1 сентября. Участники международной школы «Плотная материя в столкновениях тяжелых ионов и астрофизика» (DM'2006)



Dubna, 21 August – 1 September. Participants of the International School «Dense Matter in Heavy-Ion Collisions and Astrophysics» (DM'2006)

ization Group Approach, guiding fast from the basics to the forefront research. Thanks to the restless activity of Dr Vladimir Skokov (BLTP), the presentations were made available online on the homepage of the summer school (<http://theor.jinr.ru/~dm2006>) already during the running event. The lecture notes are now being prepared for publication in printed form in the new proceedings series of «Particles and Nuclei, Letters».

The lectures were discussed at the evening seminars and the attendants could discuss the results of their work.

Excursions to JINR Laboratories were organized. This schedule of activities proved to be very efficient and now is exercised at all schools of the DIAS-TH educational programme. Let us mention three highlights which were characteristic just of this school.

All students know the name of Vitali Lazarevich Ginzburg, the Nobel laureate in Physics 2003, in particular from the theory of phase transitions named after him and Landau. For all of them it was an exciting experience when one afternoon of August 25, with the help of Professor Bis-

РАН, Москва) была установлена телефонная связь между конференц-залом ЛТФ и домом профессора В. Л. Гинзбурга. В течение получаса студенты могли задавать вопросы, на которые охотно отвечал Нобелевский лауреат. Все интервью доступно на сайте школы.

Новые перспективные направления часто возникают в науке при междисциплинарных исследованиях. Сегодня благодаря квантовой хромодинамике (КХД) для плотной и горячей материи такое взаимопроникновение происходит между физикой тяжелых ионов и астрофизикой компактных звезд. Как результат, астрофизики говорят о КХД, как если бы они были специалистами в этой области, а лекторы по кинетике ядерных столкновений объясняют выводы физики нейтронных звезд. На школе была прослежена еще одна такая связь: в настоящее время для понимания физики КХД фазовых переходов востребованы методы и понятия физики сильно коррелированной плазмы. Один день школы был посвящен такой междисциплинарной области исследований — физике сильных корреляций: применению для уравнения состояния (В. Эбелинг, Университет Росток), транспорту и оптике плотной плазмы (Х. Рейнхольд, Университет Росток), планетам-гигантам (Р. Редмер, Университет Росток), эффекту Мотта в плотной адронной материи (Д. Блашке, ЛТФ), высоко-

температурной сверхпроводимости (Н. Плакида, ЛТФ), корреляциям и памяти в кинетике плазмы (В. Морозов, МГУ). Все эти доклады составили программу специальной сессии, посвященной 65-летию профессора Г. Репке (Университет Росток), бывшего заместителя директора ЛТФ, сохранившего тесные связи с лабораторией.

Другим ярким событием школы стало общение слушателей с профессором П. Зенгером (GSI), лидером эксперимента CBM на FAIR. Он обсуждал со студентами на семинаре, как разработать экспериментальную программу исследования плотной ядерной материи на нуклотроне. Это было хорошей демонстрацией того, как достигается цель программы HISS: создать благоприятную обстановку для контактов между центрами, входящими в Ассоциацию им. Г. Гельмгольца, такими как GSI и DESY, с одной стороны, и научными центрами России и стран бывшего восточного блока, с другой стороны, для привлечения молодых ученых к будущим программам по исследованию структуры материи.

*Д. Блашке*

С 3 по 12 сентября в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова проходила *IV Международная летняя школа по современной математиче-*

novaty-i-Kogan, a telephone contact was established from the BLTP conference hall to the home of Professor Ginzburg! During a half-hour session, students could ask their questions which were readily answered by the Nobel laureate! The whole interview was taped and will be made available via the school homepage given above.

New perspectives in science are often opened when interdisciplinarity among research fields develops. It was a pleasure to realize that nowadays the gaps between heavy ion collision physics on the one hand and astrophysics of compact stars on the other are bridged by the emergence of quantum chromodynamics (QCD) for conditions of hot and dense matter: astrophysicists talk about QCD as if it were their field, and lecturers on the kinetics of nuclear collisions explain the consequences for neutron star physics. At this school another bridge was built: the physics of strongly correlated plasmas offers methods and concepts which are nowadays required to understand the physics of the QCD phase transition. One day of the school was devoted to the physics of strong correlations, interdisciplinary itself, with applications for equation of state (Ebeling), transport and optics of dense plasmas (Reinholz), giant planets (Redmer),

Mott effect in dense hadronic matter (Blaschke), high- $T_c$  superconductivity (Plakida), as well as correlations and memory in the kinetics of plasmas (Morozov). By the way, these talks formed a session to honour the 65th birthday of Professor Gerd Röpke (University of Rostock), former vice-director of BLTP and still connected with this laboratory in many ways.

Another highlight was provided by Professor Peter Senger (GSI), the leader of the CBM experiment at FAIR. He discussed with the students at a «problem-solving seminar» how to design a possible experimental programme devoted to studies of dense nuclear matter at the Nuclotron. This was a perfect demonstration how the goal of the HISS programme is achieved: to foster the contacts between the German Helmholtz centres, such as GSI and DESY, on the one side and research centres in Russia and the former Eastern Bloc countries on the other, and to attract the young generation of scientists to the future programmes for exploring the structure of matter.

*D. Blaschke*

*ской физике.* Эта школа явилась очередным мероприятием в рамках постоянно действующей Международной дубненской школы современной теоретической физики. На этот раз она была посвящена математическим проблемам космологии.

В последнее время отмечается активное взаимодействие между космологией, понимаемой в широком смысле — от теории черных дыр и космологических моделей до гравитационных волн, — и современной математической физикой. В качестве примеров здесь можно отметить интегрируемые модели черных дыр, интегри-

руемые космологические модели, подходы к принципиальным проблемам космологии, использующие новейшие математические идеи и методы: струнные и бранные теории, твисторы, аффинные алгебры Ли, некоммутативный анализ и т. п.

Главная задача, которая ставилась при организации школы, — внести определенный вклад в установление такого взаимодействия и привлечь научную молодежь к исследованиям в данной области. С этой целью программа школы охватывала широкий круг идей и методов — от важнейших наблюдательных данных совре-

Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 3–12 сентября.  
Участники Международной школы по современной математической физике



Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics, 3–12 September.  
Participants of the International School on Modern Mathematical Physics

On 3–12 September *the Fourth International Summer School on Modern Mathematical Physics* was held at the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics of the Joint Institute for Nuclear Research. It was the next activity in the framework of the permanent Dubna International Advanced School of Theoretical Physics. This time the School was devoted to the mathematical problems of present-day cosmology.

Now the intensive close cooperation is observed between cosmology and mathematical physics, cosmology being realized in a very broad sense, starting with the theory of black holes and cosmological models and ending with gravitational waves. As examples, one can mention here inte-

grable models of black holes, integrable cosmological models, approaches to the principal cosmological problems using modern mathematical ideas and methods: string and brane theories, twistors, affine Li algebra, noncommutative analysis, etc.

The main objective of the school was to contribute to the implementation of this cooperation and to involve young scientists in these studies. For this aim the programme of the school embraced a wide range of questions, from the important observational data in the present-day astrophysics to modern mathematical approaches which are needed for solving the problems in modern theoretical and mathematical cosmology. Separately both directions, theo-

менной астрофизики до новейших математических подходов, которые требуются для решения проблем теоретической и математической космологии. По отдельности оба направления (теоретическая космология и ее современный наблюдательный статус) входят в программу многих школ, но попытка их объединения в одном мероприятии была предпринята, вероятно, впервые.

На школе были рассмотрены следующие вопросы:

- теоретическая космология: математические модели в космологии, модели для описания темной материи и темной энергии, «фантомные» теории, дополнительные измерения, космологические сценарии, инициированные теорией струн и бранными теориями, теория черных дыр, гравитационные волны;
- современные космологические наблюдательные данные и их теоретическая интерпретация.

В качестве лекторов на школе выступили как российские ученые, признанные авторитеты в данной области, так и зарубежные специалисты: Г. А. Алексеев, И. Я. Арефьева (МИ РАН, Москва), Г. С. Бисноватый-Коган (ИКИ РАН, Москва), А. Б. Замолодчиков (Университет Рутгерса, США / ИТФ РАН, Москва), А. Ф. Захаров (ИТЭФ, Москва), В. Д. Иващук (ВНИИМС, Москва), Д. И. Подольский (ИТФ РАН, Москва),

В. А. Рубаков (ИЯИ, Москва), А. С. Сорин (ОИЯИ, Дубна), А. А. Старобинский (ИТФ РАН, Москва), С. А. Федорюк (ОИЯИ, Дубна), А. Т. Филиппов (ОИЯИ, Дубна), Д. В. Фурсаев (ОИЯИ, Дубна), П. Фре (Университет Турина, Италия), В. П. Фролов (Университет Альберты, Канада). Наряду с циклами лекций на школе были представлены и оригинальные сообщения слушателей.

Участниками школы были студенты старших курсов университетов, аспиранты и молодые ученые из Армении, Болгарии, Германии, России, Польши, Украины. Несомненно, проведение школы способствовало рациональному использованию высокого научного потенциала российских ученых, пропаганде их достижений и подготовке достойной научной смены.

Школа была организована при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, программ «Гейзенберг–Ландау» и «Боголюбов–Инфельд».

#### Сохраняя традиции, заглядывая в будущее...

В последнюю неделю сентября в конференц-зале ИТФ прошел очередной *Балдинский семинар по проблемам физики высоких энергий*, ставший уже 18-м по счету. Традиция проведения научных форумов из этой

retical cosmology and its modern observational status, form the programme of many schools, but an attempt to join them in the framework of the same meeting was undertaken, probably, for the first time.

At the school the following topics were considered:

- Theoretical cosmology: mathematical models in cosmology, the approaches for description of dark matter and dark energy, «phantom» theories, extra dimensions, cosmological scenarios originated in string and brane theories, the theory of black holes, gravitational waves.
- The present-day observational data in cosmology and their theoretical interpretation.

The lecturers at the school were both Russian scientists of standing reputation and foreign specialists in regarding fields: G. A. Alekseev, I. Ya. Aref'eva (MI RAS, Moscow), G. S. Bisnovaty-Kogan (IKI RAS, Moscow), S. A. Fedoruk (JINR, Dubna), A. T. Filippov (JINR, Dubna), P. Fre (Torino Univ., Italy), V. P. Frolov (Alberta Univ., Canada), D. V. Fursaev (JINR, Dubna), V. D. Ivashuk (VNIIMS, Moscow), D. I. Podolsky (ITP RAS, Moscow), V. A. Rubakov (INR RAS, Moscow), A. S. Sorin (JINR, Dubna), A. A. Starobinsky (ITP RAS, Moscow), A. F. Zakharov

(ITEP, Moscow), A. B. Zamolodchikov (Rutgers University, USA & ITP RAS, Moscow). In addition to the lecture courses, interesting presentations of the participants were also demonstrated at the school.

The participants of the school were undergraduate and postgraduate students, young scientists from Armenia, Bulgaria, Germany, Russia, Poland and Ukraine. Undoubtedly, the school promoted the rational employment of high intellectual potential of Russian scientists, propagation of their achievements, and training well-educated young generation.

The school was organized with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research, the Heisenberg–Landau and Bogoliubov–Infeld programmes.

#### Preserving Traditions, Looking into the Future...

The last week of September celebrated a regular *Baldin Workshop on High Energy Physics Problems* in the conference hall of the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics, which became number 18. The tradition of holding scientific forum from this series was started in

серии берет свое начало с 1969 г. Его проведение совпало с 80-летием со дня рождения академика Александра Михайловича Балдина, основателя и многолетнего лидера семинара, носящего ныне его имя.

А. М. Балдин принял поручение о проведении первого семинара как серии обзорных докладов, представляемых ведущими физиками, от академика М. А. Маркова и сумел превратить его в регулярно проводимый в ОИЯИ форум по актуальным проблемам квантовой хромодинамики, структуры адронов и ядер, множественного рождения в соударениях релятивистских ядер. С годами возникали новые секции семинара, посвященные спиновой физике, исследованиям структуры радиоактивных ядер и прикладному использованию пучков высоких энергий в ядерной энергетике будущего. Такой широкий охват актуальных проблем физики микромира стал возможным во многом благодаря масштабу личности Александра Михайловича и его академическому кругозору, восприимчивости к меняющимся требованиям времени и умению объединять людей.

Теплыми словами памяти об А. М. Балдине работу семинара открыл председатель организационного комитета А. Н. Сисакян. Заместители председателя В. В. Буров и А. И. Малахов подготовили мемориальный доклад о вкладе Александра Михайловича в идейную основу

релятивистской ядерной физики и, в частности, в экспериментальное исследование кумулятивного эффекта. А. А. Балдин представил обзор по инвариантному подходу к описанию множественного рождения, в развитии которого докладчик сотрудничал с А. М. Балдиным в течение ряда лет. Участница 1-го семинара и практически всех последующих Н. П. Коноплева напомнила о возникновении теории калибровочных полей, нашедшей одно из первых применений в теории векторной доминантности.

Для участия в семинаре было представлено более 130 аннотаций докладов от экспериментаторов и теоретиков ОИЯИ, стран-участниц ОИЯИ, а также ученых из других центров. Можно выделить основные тематики 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 настоящего и будущего. Большое количество докладов по этим темам показало сильную

1969. This time, it coincided with the 80th anniversary of the birth of Academician Aleksandr Mikhailovitch Baldin, the founder and leader of this workshop for a long period of time, which is named after him now.

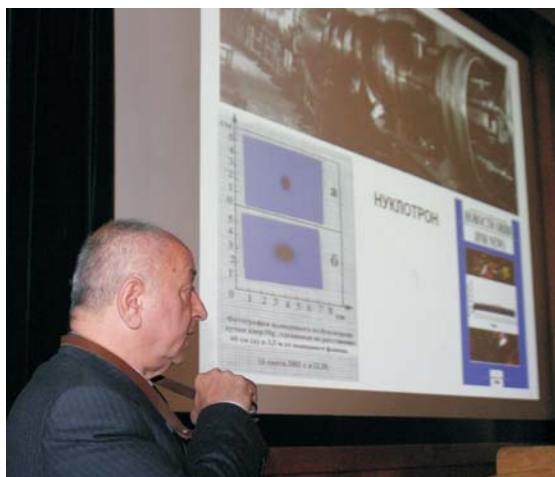
A. M. Baldin was appointed by Academician M. A. Markov to hold the first workshop as the series of overview talks given by leading physicists, and A. M. Baldin managed to make it a regular forum held at JINR on important issues of quantum chromodynamics, hadron and nucleus structure, multiproduction in relativistic nuclei collisions. In the long run the new sections of the workshop appeared which were dedicated to spin physics, studies of radioactive nuclei structure, and applications of high energy beams in future nuclear energy. It is much due to the distinguished personality of Aleksandr Mikhailovich and his wide academic interests, with acute response to changing requirements of time and the talent to unite people that made it possible to cover such a broad spectrum of urgent issues in microworld physics.

The Chairman of the Organizing Committee, A. N. Sisakian, began the workshop with warm words of memories about A. M. Baldin. The Vice-Chairmen, V. V. Burov and

A. I. Malakhov, prepared a memorial talk on A. M. Baldin's contribution to the conceptual basis of relativistic nuclear physics, in particular, to the experimental study of the cumulative effect. Anton A. Baldin gave an overview on the invariant approach of describing the multiproduction, which had been developed in collaboration with A. M. Baldin during several years. A participant of the first workshop and practically of all the next ones, N. P. Konopleva, reminded the attendants about the appearance of the gauge field theory which had been used as a first application in the vector dominance theory.

More than 130 abstracts of talks had been obtained from experimentalists and theorists from JINR, JINR Member States, as well as from scientists of other research centres. One can find the following main topics of this international workshop: QCD at large distances; physics of relativistic heavy ions; spectroscopy of hadrons and multi-quark states; structure functions of hadrons and nuclei; multiparticle dynamics; spin physics and polarisation studies; studies of exotic nuclei in relativistic beams; relativistic beams for applied research; experimental achievements on high energy accelerators; accelerator complexes of the present and





Лаборатория теоретической физики  
им. Н. Н. Боголюбова, 25–30 сентября.  
XVIII Балдинский международный семинар  
по проблемам физики высоких энергий  
«Релятивистская ядерная физика и квантовая  
хромодинамика»



Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics,  
25–30 September. XVIII Baldin International Seminar  
on Problems in High Energy Physics «Relativistic  
Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics»



заинтересованность физиков в дальнейшем продолжении исследований в перечисленных направлениях. Необходимо отметить, что около 20 докладов были сделаны молодыми учеными.

Из приглашенных докладов хотелось бы отметить сообщение Т. Байера (GSI, Дармштадт) о статусе проекта FAIR. Докладчик представил масштабную логику проекта с ясно просматриваемым временным расписанием, финансовым, технологическим и кадровым обеспечением, а также с привлечением международного сообщества физиков. Наличие нового кольца и последующее создание еще одного на большую энергию в том же тоннеле позволит обеспечить исследования по физике плотной ядерной материи. Научные интересы в этом отношении были подробно представлены на семинаре А. С. Сориним. Эта физика выдвигает весьма высокие требования к детектированию адронов в соударениях ядер с рождением огромного числа сопровождающих частиц. Поэтому в серьезную проработку детекторов физики ЛВЭ уже включились под руководством А. И. Малахова.

Основные положения о развитии исследований с релятивистскими ядрами на базе ОИЯИ были сформулированы в заключительном выступлении А. Н. Сисакяна. Доклад был подготовлен на основе предложений

совместной группы ЛТФ и ЛВЭ, работа которой инициирована дирекцией ОИЯИ и обсуждалась в ряде сообщений на семинаре. В качестве центральной проблемы выдвинута задача исследования смешанной фазы кварков и адронов. При реализации исследовательских амбиций столь высокого уровня потребуются весь предшествующий опыт в создании ускорителей и крупных детектирующих систем в ОИЯИ, материальная и кадровая поддержка работ. Необходимо поучиться опыту эволюционного развития ускорительного комплекса GSI для обеспечения непрерывной отдачи от затрат на ускоритель. Поэтому актуальной и беспроблемной задачей является дальнейшее развитие нуклотрона в плане повышения энергии, интенсивности и набора ускоряемых ядер. От этого и выиграет успешно развивающаяся программа исследований, и появится задел на перспективу. На такой обязывающей и обнадеживающей ноте 18-й Балдинский семинар завершил свою работу.

*П. И. Зарубин*

3 октября в Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова состоялся **юбилейный семинар, посвященный 50-летию образования лаборатории**. В этот день в конференц-зале ЛТФ встретились не-

future. A large number of talks on these topics have shown how strongly the physicists are interested to develop further their research in the above directions. It is necessary to emphasize that about 20 talks were presented by young scientists.

Of the invited talks, it is necessary to mention T. Beyer (GSI, Darmstadt) who was speaking about the status of the FAIR project. The speaker showed wide-scale logic of the project with a clearly defined schedule, funds, technologies, manpower, as well as participation of the international physics community. A new ring and the following construction of one ring more for larger energy in the same tunnel will make it possible to provide studies on physics of the dense nuclear matter. Scientific interests in this aspect were presented in detail by A. S. Sorin at the workshop. This physics puts forward rather high requirements on registration of hadrons in the nuclei collisions accompanied by production of a great number of particles. Physicists from LHE headed by A. I. Malakhov have already been involved in a serious study of detectors for this reason.

Main statements to develop studies with relativistic nuclei on the JINR basis were formulated in the concluding

talk by A. N. Sissakian who had prepared it on the offers of the joint group from LTP and LHE initiated by the JINR Directorate, who discussed their research in several talks at the workshop. The task to study the mixed phase of quarks and hadrons was recognized as the key problem.

To realize research ambitions of the level high as that, all the previous experience in the construction of accelerators and large registration systems at JINR will be required, as well as resources and manpower. It is necessary to learn the experience of the evolutionary development of the accelerator complex at GSI to provide continuous feedback of the expenses for the accelerator. That is why the important and victorious task is further development of the Nuclotron to increase the energy, intensity and complex of accelerated nuclei. The successfully developing research programme will also gain because of the above, and new perspectives are sure to appear. This responsible and hopeful conclusion crowned the 18th Baldin's Workshop.

*P. Zarubin*

(translated into English by S. Chubakova)

сколько поколений ученых: те, кто стоял у истоков создания лаборатории и формирования научных направлений, и молодежь, которая сегодня делает первые шаги в науке. В своем вступительном слове член-корреспондент РАН А. Н. Сисакян подвел итоги большого пути, вспомнил выдающихся физиков-теоретиков, определивших творческую атмосферу и высокий научный уровень коллектива лаборатории.

Перед началом научной программы семинара А. Н. Сисакян вручил диплом лауреата премии им. Н. Н. Боголюбова за 2003–2005 гг. профессору

Ю. Вессу (Германия). Как уже сообщалось, премия была присуждена также академику В. Г. Кадышевскому и вручена ему 26 марта 2006 г. на 100-й сессии Ученого совета ОИЯИ. Затем академик Д. В. Ширков сообщил о решении жюри присудить премию им. Н. Н. Боголюбова для молодых ученых теоретику из Франции А. Баррау за цикл работ по астрофизике и космологии.

С большим интересом на семинаре были заслушаны научные доклады: «Калибровочные теории и гравитация в некоммутирующих координатах» (Ю. Весс), «"Самоограничение" гравитационного поля и его роль



Лаборатория теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова, 3 октября. Юбилейный семинар, посвященный 50-летию лаборатории

Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics, 3 October. The jubilee seminar dedicated to the 50th anniversary of the Laboratory



On 3 October the *Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics celebrated its 50th anniversary*. Several generations of scientists, from those who were at the origin of the Laboratory establishment and formation of research trends to young people who make their first steps in science, met at the jubilee seminar in the BLTP Conference Hall. In his opening address, Corresponding Member of RAS A. N. Sissakian reviewed the years passed and remembered the outstanding theoretical physicists who initiated the creative atmosphere and high scientific level of the Laboratory.

Then A. N. Sissakian awarded the diploma of the Bogoliubov Prize for 2003–2005 to Professor J. Wess (Ger-

many). As has already been mentioned, this Prize was also awarded to V. G. Kadyshevsky at the 100th Session of the JINR Scientific Council on 26 March 2006. Next, Academician D. V. Shirkov informed the audience about the decision of the jury to award the Bogoliubov Prize for young scientists to a theorist from France A. Barrau for a sequel of papers on astrophysics and cosmology.

At the seminar, interesting talks were given by J. Wess «Gauge Theories and Gravity on Noncommuting Coordinates», S. S. Gershtein, A. A. Logunov and M. A. Mestvirishvili «Self-restriction of Gravitational Field and Its Role in the Universe», Yu. Ts. Oganessian «Relativistic Effect in

во Вселенной» (С. С. Герштейн, А. А. Логунов, М. А. Мествершвили), «Релятивистский эффект в структуре сверхтяжелых атомов» (Ю. Ц. Оганесян), «Механизм Хиггса как коллективный эффект» (А. А. Славнов).

В адрес лаборатории поступили поздравления из многих институтов и организаций стран-участниц ОИЯИ. В выступлениях академика В. А. Матвеева (ИЯИ РАН), члена-корреспондента БАН Ч. Стоянова (ИЯИЯЭ, София), профессора Г. М. Зиновьева (ИТФ, Киев), профессора Н. Н. Ачасова (ИМ СО РАН, Новосибирск), профессора В. Д. Кекелидзе (ЛФЧ ОИЯИ), профессора А. Г. Ольшевского (ЛЯП ОИЯИ) прозвучала высокая оценка научной деятельности лаборатории, отмечалась ее большая роль в подготовке научных кадров высшей квалификации для всех стран-участниц.

К юбилейному семинару Издательским отделом ОИЯИ под редакцией Д. В. Ширкова опубликован сборник статей «50 лет Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова». Статьи дают ретроспективное представление о становлении и развитии ряда направлений исследований, а также о достижениях лаборатории за последние годы. В определенном смысле он дополняет сборник работ, изданный к 40-летию лаборатории (Bogoliubov Laboratory. 40 years (Reprint Volume) / Ed. D. V. Shirkov. Dubna: JINR, 1996).

the Structure of Superheavy Atoms», and A. A. Slavnov «Higgs Mechanism as a Collective Effect».

The following representatives of the Russian institutes and the JINR Member States presented words of congratulation and greetings at the seminar: Academician V. A. Matveev (INR RAS), Corresponding Member of the Bulgarian Academy of Sciences Ch. Stoyanov (INRNE, Sofia), Professor G. M. Zinoviev (ITP, Kiev), Professor N. N. Achasov (Novosibirsk), Professor V. D. Kekelidze (LPP, JINR), Professor A. G. Olchevski (DLNP, JINR). They all highly appreciated the Laboratory's scientific activity and its role in preparing highly qualified researchers for all the Member States.

On the occasion of the jubilee seminar, the JINR Publishing Department published a collection of papers «Bogoliubov Laboratory. 50 Years» under the editorship of D. V. Shirkov. The papers in this collection give a retrospective view of the development of some lines of investigations, as well as the achievements in recent years. To some extent, it is a supplement to the collection of papers dedicated to the 40th anniversary of the Laboratory «Bogoliubov Laboratory. 40 Years» (Reprint Volume) / Ed. D. V. Shirkov. Dubna: JINR, 1996.

### «Свойства основных и изомерных состояний ядер»

VII Международное совещание «Применение лазеров в исследовании атомных ядер» (Познань, Польша) проходило с 29 мая по 1 июня и было организовано физическим факультетом Университета им. А. Мицкевича и Лабораторией ядерных реакций им. Г. Н. Флерова (ОИЯИ). Такие совещания традиционно проводятся каждые 2–3 года и посвящены различным тематикам, связанным в основном с лазерной спектроскопией и ядерными параметрами. Очередное совещание уделило большое внимание вопросам, относящимся к свойствам основных и изомерных состояний ядер.

Познаньский университет — место проведения совещаний — имеет богатое историческое прошлое с XVI в., когда Польша делала усиленные попытки создать систему отечественного высшего образования. Университет в Познани был официально основан в 1919 г., его первый учебный контингент состоял примерно из двух тысяч студентов. В 1955 г. университету было присвоено имя великого польского поэта Адама Мицкевича, и в настоящее время он

### «Nuclear Ground and Isomeric State Properties»

The VII International Workshop «Application of Lasers in Atomic Nuclei Research», organized by the Faculty of Physics of Adam Mickiewicz University (AMU) and the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions at the Joint Institute for Nuclear Research (JINR), was held from 29 May to 1 June in Poznań, Poland. The conferences belong to the cycle of workshops held every 2–3 years which cover the topics connected mainly with laser spectroscopy and nuclear parameters. The current event was devoted to aspects of nuclear ground and isomeric state properties.

The host of the conference is the Adam Mickiewicz University in Poznań, whose traditions date back to the 16th century when Poland strove to establish the national system of higher education; it was founded in 1919 and started with about 2000 students. In 1955 the university was named after the great Polish poet Adam Mickiewicz and at present belongs to the largest universities in Poland.

принадлежит к числу крупнейших университетов Польши.

Научное сотрудничество между физическим факультетом Университета им. А. Мицкевича и ОИЯИ развивалось в течение многих лет, особенно интенсивно с Лабораторией ядерных реакций им. Г. Н. Флерова и Лабораторией нейтронной физики им. И. М. Франка. Предмет общих интересов с ЛЯР — развитие методов лазерной спектроскопии для исследования свойств атомных ядер и механизма реакций с тяжелыми ионами. Сотрудничество в области нейтронных исследований началось с конца 1960-х гг. с концентрации усилий на нейтронном анализе структуры конденсированной фазы с последующим переходом к динамике и фазовым переходам в изучаемых средах.

Идея организации периодических совещаний физиков, работающих в области ядерной физики с применением методов лазерной спектроскопии, была предложена профессором Ю. П. Гангским и доктором Б. Н. Марковым (ЛЯР). Главная цель совещаний — собрать соответствующих специалистов вместе, представить последние достижения в изучаемой области, рассмотреть методики исследований, обсудить и скорректировать направления будущих проектов. 1-е совещание «Лазерная спектроскопия атомных ядер» состоялось в

Дубне (ЛЯР) 18–20 декабря 1990 г. После пятилетнего перерыва 2-е совещание «Зарядовые и нуклонные радиусы экзотических ядер» проходило уже в Познани с 29 по 31 мая 1995 г. В дальнейшем совещания проводились только в Познани. Каждое совещание было посвящено отдельной тематике: измерению сверхтонкой структуры и ядерных моментов экзотических ядер методами лазерной спектроскопии (1997); лазерной спектроскопии на пучках радиоактивных ядер (1999); перспективам развития лазерных методов для исследования ядерной материи (2001); применению лазерных методов в изучении ядер, атомов и молекул (2004).

VII Международное совещание собрало около 60 участников из многих стран: Англии, Бельгии, Финляндии, Франции, Германии, Голландии, Греции, Канады, России, США, Швейцарии и, конечно, различных исследовательских центров Польши. Участники представляли самые крупные научные центры, работающие по применению лазеров в области ядерной физики: ЦЕРН, GSI (Дармштадт), ОИЯИ (Дубна), Католический университет (Лувен), TRIUMF (Ванкувер), Университет Майнца, Университет Нью-Йорка, университеты Манчестера, Бирмингема и др. Совещание было открыто для преподавателей и студентов из учебных заведений Познани.

The scientific cooperation between the Faculty of Physics of AMU and JINR has been developing for many years and is particularly intense with the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions and the Frank Laboratory of Neutron Physics. The subjects of the mutual interests are the development of laser spectroscopy methods for investigation of the properties of atomic nuclei and the mechanisms of reactions with heavy ions. The cooperation in the field of neutron studies started in the end of the 1960s; in the beginning it concentrated on the neutron analysis of the structure of condensed phase, to be later extended to the dynamics and phase transition in the media studied.

The idea of organizing cyclic meetings of physicists working in nuclear physics with the methods of laser spectroscopy was suggested by Prof. Yuri P. Gangrsky and Dr Boris N. Markov from JINR. The main aim of the meetings was to gather the specialists in the field at one place, present the recent achievements, review the methods of research, discuss and correlate the directions of future projects. The first workshop, «Laser Spectroscopy of Atomic Nuclei», took place at JINR in Dubna on 18–20 December 1990. After a break of five years the 2nd conference was organized at

the Faculty of Physics, Poznań, on 29–31 May 1995. This time it was entitled «Charge and Nucleon Radii of Exotic Nuclei». Subsequent conferences were organized only in Poznań. Each workshop was devoted to somewhat different topic, namely: Hyperfine Structure and Nuclear Moments of Exotic Nuclei by Laser Spectroscopy (1997), Laser Spectroscopy on Beams of Radioactive Nuclei (1999), Prospects for the Development of Laser Methods in the Study of Nuclear Matter (2001), Laser Methods in the Study of Nuclei, Atoms and Molecules (2004).

VII Workshop gathered about 60 participants from many countries: Belgium, Canada, Finland, France, Germany, Greece, Holland, Russia, Switzerland, the United Kingdom, the USA, while the other participants represented different research centres in Poland. Thus, the majority of the scientific centres working on the field of laser applications in nuclear physics study have been presented: CERN, GSI (Darmstadt), JINR (Dubna), Catholic University (Leuven), TRIUMF (Vancouver), the universities of Mainz, New York, Manchester, Birmingham and other cities. The work-

Научная программа форума содержала 38 оригинальных докладов, в том числе 18 приглашенных выступлений. Отрадным стало участие в совещании большого числа молодых ученых. Организаторы выражают свою признательность группе EXAKT из Университета Майнца, чья финансовая поддержка позволила привлечь к участию в совещании 12 аспирантов из разных стран. Следует также отметить, что работа совещания проходила в комфортабельных условиях нового здания Института физики Университета им. А. Мицкевича в предместье Познани — Мораско. Участникам была предоставлена возможность совершить интересную прогулку по городу, ознакомиться с его прекрасно

сохраненной старой частью и посмотреть захватывающее светозвуковое шоу, посвященное истории города.

Значительная часть научной программы конференции была сконцентрирована на работах по изучению ядерных свойств: спина, моментов, сверхтонкой аномалии, радиусов, масс и ядерных времен жизни с использованием методики лазерных ловушек. Рассматривались вопросы развития и применения различных типов лазеров, предназначенных для ядерных исследований. Впервые в программу были включены такие новые области, как проверка фундаментальных взаимодействий и критериев симметрий. Обычно сессии начинались с обзора достижений, а завершались планами на

Познань (Польша), 29 мая – 1 июня. VII Международное совещание «Применение лазеров в исследовании атомных ядер»



Poznań (Poland), 29 May – 1 June. VII International Workshop «Application of Lasers in Atomic Nuclei Research»

shop was open to the academic staff and students from other Poznań universities.

The total number of presentations was 38 of which 18 were invited lectures. A very optimistic element was participation of many young scientists. Particular words of appreciation need to be directed to the EXAKT Group from the University of Mainz, whose financial support permitted participation of 12 PhD students in the workshop. The conference sessions were held in the beautifully localized new campus of the Faculty of Physics, in nice and comfortable

conditions. The participants were invited to take a tourist trip to the city, to see the old part of the city and a light-and-sound show on the history of the city.

The scientific programme of the conference was concentrated on nuclear properties: spin, momenta, hyperfine anomaly, radii, masses and nuclear half-lives studied with the method of laser traps, as well as on development and applications of laser techniques of different types in nuclear research. For the first time, new research areas were included, such as tests of fundamental interactions and symmetries

будущее. Высокое качество представленных результатов, участие разных поколений ученых, включая молодых физиков, продемонстрировали важность и актуальность обсуждаемых проблем. Совещание показало, что обсуждаемые области весьма привлекательны для ближайшего будущего, что много интересных проблем до сих пор открыто и может быть найдена общая основа для будущих исследований.

В этом году совещание было совмещено с заседанием координационного комитета LASER-EURONS JRA (Joint Research Activity). Многие представители JRA активно участвовали в работе совещания. Другая часть членов LASER JRA выступила с сообщениями в заключительной дискуссии совещания. Таким образом, было осуществлено полезное взаимодействие между разными аспектами лазерной тематики, что способствовало более глубокому рассмотрению научных проблем. Заключительная часть дискуссии была посвящена организационным вопросам и научной программе следующих совещаний. Было высказано общее мнение о необходимости усиления исследований экзотических ядер (в режиме офф- и он-лайн), развития новых направлений, таких как лазерная ориентация (атомов или ионов) в ловушках для прецизионной масс-спектрометрии, на поиск ультрамалых количеств изотопов и т. д. Была

выдвинута идея организовать во время будущих совещаний полдневный курс лекций для студентов, чтобы ввести их в тематику обсуждаемой области науки.

По единодушной оценке участников, совещание представляло собой значительный европейский научный форум для обмена информацией и опытом. Популярность совещания среди молодых ученых позволяет надеяться на дальнейшее успешное продолжение совещаний в течение долгих лет.

*З. Блаццак, Б. Марков, К. Маринова*

### EXON-2006

С 17 по 22 июля в Ханты-Мансийске состоялся очередной Международный симпозиум по экзотическим ядрам (EXON-2006). Соорганизаторами симпозиума явились ОИЯИ, GANIL (Франция), GSI (Германия), RIKEN (Япония). Этот ставший уже традиционным симпозиум был посвящен результатам последних экспериментальных и теоретических исследований по синтезу и изучению свойств ядер, удаленных от области стабильности — от легчайших до сверхтяжелых элементов. В последние годы это направление исследова-

by laser techniques. The sessions began with an overview on the past developments and finished with a look in the future direction. The high quality of the presented results, the participation of different generations of scientists, including many young physicists, demonstrated the importance and the validity of the discussed topics. It is not only our impression that the aim of the workshop was fulfilled. It showed that the field under discussion is very attractive for the near future, that interesting questions are still open and that a common background can be found for future investigations.

This year, the workshop included a meeting of the steering committee of LASER-EURONS JRA (Joint Research Activity). Many participants of the JRA activity took part in the laser-workshop and reported on their scientific progress. In addition, another part of the members of LASER JRA gave their talks in the discussion on the last day of the workshop. Thus, a fruitful interrelation with the workshop was realized and the issues were discussed in depth. The final part of the discussion was restricted to the outcomes of the workshop, its future organization and the scientific problems that should be included in the programme. It was pointed out that the efforts have to be fo-

cused on exotic species study, often but not necessarily on-line related, as well as on new fields, such as laser-oriented (atom or ion) traps for precision mass spectrometry, laser-based ultratrace isotope determination, etc. An idea was suggested to organize, together with the future workshops, a half-day course for students to introduce them into the field.

In the unanimous opinion of the participants the conference was an important European scientific meeting. It was a significant forum for exchange of information and experience. Its popularity among young scientists makes grounds for expectations that the conference will continue for many years.

*Z. Blaszczak, B. Markov, K. Marinova*

### EXON-2006

The International Symposium on Exotic Nuclei (EXON-2006) took place in the town of Hanty-Mansiysk (West Siberia) on 17–22 July. It was jointly organized by JINR, GANIL (France), GSI (Germany) and RIKEN (Japan). This symposium, as it has become a tradition, dealt with the latest

ний очень бурно развивается, что делает необходимым регулярную организацию подобных научных форумов. Предыдущий симпозиум «EXON-2004» состоялся в 2004 г. в Петергофе. В нынешнем симпозиуме приняло участие около 100 человек из 15 стран.

Выбор Ханты-Мансийска для проведения симпозиума объяснялся чрезвычайно интенсивным экономическим развитием Ханты-Мансийского автономного округа, в том числе его научного и образовательного потенциала, а также заинтересованностью правительства округа и лично губернатора А. В. Филипенко в организации подобных научных мероприятий. Основные научные проблемы, которые обсуждались во время симпозиума — легкие экзотические ядра (получение и свойства), сверхтяжелые элементы (синтез и свойства), редкие процессы и распады, радиоактивные пучки (получение и научная программа), экспериментальные установки и новые проекты. Кроме этих проблем по просьбе хозяев в тематику симпозиума были включены вопросы, связанные с использованием методов фундаментальной ядерной физики в смежных областях науки и техники — в медицине, экологии, информационных технологиях, в геологии.

Много интересных результатов в последнее время было получено при исследовании взаимодействия сла-

босвязанных ядер, таких как  ${}^6\text{He}$ ,  ${}^8\text{He}$ ,  ${}^6\text{Li}$ ,  ${}^{11}\text{Li}$  и др. Было подтверждено явление подбарьерного слияния ядер, а также обнаружен эффект усиления сечений реакций передачи в подпороговой области энергий. Попытка интерпретации этих результатов была представлена в теоретических докладах. На этой же сессии впервые были представлены экспериментальные результаты по взаимодействию пучка  ${}^8\text{He}$  с дейтериевой мишенью и попытка обнаружения в этой реакции резонанса в системе  ${}^7\text{H}$ . В этих экспериментах, проводимых в ЛЯР ОИЯИ, были получены новые интересные результаты, свидетельствующие о перспективности реакций со слабосвязанными ядрами для получения информации о границах нуклонной стабильности ядер в области легчайших элементов. Эти же проблемы обсуждались на другой сессии, где были представлены экспериментальные результаты по поиску тетранейтрона ( ${}^4n$ ),  ${}^6\text{H}$ ,  ${}^7\text{H}$ , полученные в разных научных центрах. В своем докладе представитель GANIL (Франция) заявил о сделанном в этом научном центре открытии  ${}^7\text{H}$  и тетранейтрона в реакциях с пучками радиоактивных ядер  ${}^8\text{He}$  и  ${}^{14}\text{Be}$  соответственно.

Результаты последних исследований по синтезу новых сверхтяжелых элементов, проведенных в ЛЯР ОИЯИ, GSI и RIKEN, докладывались на симпозиуме

experimental and theoretical investigations on the synthesis and properties of nuclei far from stability, from very light to very heavy elements. For the last few years this field has been intensively developing — this is the main motivation to organize such regular scientific meetings. The previous symposium EXON-2004 was held in Peterhof near St. Petersburg (Russia).

About 100 scientists from 15 countries came to Hanty-Mansiysk. The choice of the city was based on the extremely fast extensive economic development observed in the Hanty-Mansiysk Autonomous District, including its scientific and educational potential, as well as the commitment of the District government and personally of the Governor A. V. Fillipenko in the organization of such scientific events.

The scope of the symposium covered such topics as light exotic nuclei (their production and properties), super-heavy elements (synthesis and properties), rare processes and decays, radioactive ion beams (production and scientific programmes), experimental facilities and new projects. In addition to these topics, on the request of the hosts, we added to the symposium scope the issues connected to the

applications of the methods of fundamental nuclear science in interdisciplinary fields of science and technology — in medicine, ecology, information, geology.

Lately many interesting results have been obtained in studies of the interaction of loosely bound light nuclei, such as  ${}^6\text{He}$ ,  ${}^8\text{He}$ ,  ${}^6\text{Li}$ ,  ${}^{11}\text{Li}$ , etc. Here, sub-barrier fusion, as well as enhancement of transfer reaction cross sections below the Coulomb barrier has been revealed. The attempt to explain these phenomena were presented in the theoretical talks. At this session, the first experimental results on the interaction of  ${}^8\text{He}$  with a deuterium target and the search for a  ${}^7\text{H}$  resonance were also reported. These experiments have been performed at FLNR (JINR) and the new interesting results have demonstrated that reactions with weakly bound nuclei will allow obtaining new information on the limits of nuclear stability in the region of the lightest elements. These problems were discussed also at another session, where the results were presented on the search for the tetra-neutron,  ${}^6\text{H}$  and  ${}^7\text{H}$  carried out at other scientific centres: the physicists from GANIL (France) reported on the discovery of  ${}^7\text{H}$  and the tetra-neutron using beams of  ${}^8\text{He}$  and  ${}^{14}\text{Be}$ , respectively.



представителями этих научных центров. Немецкие исследователи подробно проанализировали ситуацию с измеренными свойствами 112-го элемента и претендуют на его открытие. Свойства 113-го элемента были определены японскими коллегами, которые настаивают на приоритете. Элементы от 112 до 118 были получены в последние годы в Дубне методом «горячего синтеза», и в докладах по результатам этих исследований был убедительно продемонстрирован приоритет Дубны в обнаружении т. н. «острова стабильности» сверхтяжелых элементов. Подтверждением этого явилось сообщение о результатах экспериментов, проведенных в ЛЯР ОИЯИ совместно со швейцарскими, немецкими и американскими коллегами по определению химических свойств элементов 112 и 115.

Одна из сессий была посвящена изучению свойств распада тяжелых элементов, в том числе делению. В этом направлении в последнее время также обнаружен ряд интересных явлений: проявление оболочечных эффектов при большой энергии возбуждения, конкуренция деления и квазиделения, коллинеарное кластерное деление на несколько осколков деления. Все эти процессы являются чрезвычайно важными при поиске дальнейших путей синтеза новых элементов.

The results on the latest achievements in the synthesis of superheavy elements at FLNR JINR, GSI and RIKEN were reported by representatives from these scientific centres. The scientists from Germany analyzed in detail the situation with the study of the characteristics of element 112 and claim to have discovered it. The properties of element 113 were determined by the colleagues from Japan, who insist on priority of discovering this element. Elements from 112 to 118 were produced during the last few years in Dubna using hot fusion reactions, and in the reports on these experiments the priority of Dubna in discovering the island of stability of superheavy elements was convincingly demonstrated. This was confirmed by the talks on the chemical experiments performed at FLNR jointly with chemists from Switzerland, Germany and the United States to study the chemical properties of elements 112 and 115.

One session was dedicated to studying the decay properties of heavy elements, including fission. In this field new effects have been discovered, in particular the manifestation of shell effects at high excitation energy, the competition between fission and quasi-fission, collinear cluster decay into several fission fragments. All these processes are extremely

Как известно, в настоящее время в крупнейших научных центрах реализуются большие проекты ускорительных комплексов, которые позволят в ближайшее время (5–10 лет) начать широкую программу исследований в области физики тяжелых ионов, в том числе и экзотических ядер. Результаты создания таких ускорительных «фабрик» и программа научных исследований на них обсуждались представителями различных научных центров — это проект FAIR в GSI, SPIRAL2 в GANIL, RIBF в RIKEN, ALTO в Орсе (Франция), EXYT в Катании (Италия), DRIBs в Дубне и др. Поскольку эти масштабные проекты можно реализовать только совместными усилиями ведущих научных центров мира, то чрезвычайно важным явилось обсуждение на симпозиуме с различными коллаборациями возможностей для создания физических установок и выработки совместной научной программы. Это, в принципе, являлось главной задачей симпозиума и объясняет его поддержку основными ведущими научными центрами Европы. Обсуждались организационные вопросы в этом направлении и, в частности, возможности сотрудничества ОИЯИ с европейскими физическими сообществами.

Один из дней симпозиума был посвящен прикладным исследованиям. С большим интересом были заслушаны доклады о развитии работ по радиационной тера-

important in the choice of future methods of synthesis of new elements.

It is well known that at present in the biggest scientific centres new accelerator facilities are built. They will make it possible during the next 5–10 years to start investigations in the field of heavy ion physics, including exotic nuclei, at a completely new level. The construction of such accelerator «factories» and their scientific programmes were discussed by representatives of several centres — the FAIR project at GSI, SPIRAL2 at GANIL, RIBF at RIKEN, ALTO in Orsay (France), EXYT in Catania (Italy), DRIBs in Dubna, etc. Since these large scale facilities can be realized only due to the joint efforts of the different world scientific centres, the discussions on the possible collaborations to build experimental setups and work out joint scientific programmes turned out to be of great importance. This, in fact, was the main aim of the symposium and it explains the support it got from the leading nuclear physics centres. The organization of the future joint work and, in particular, the possibility of collaboration of JINR with the European scientific society was discussed.



Ханты-Мансийск, 17–22 июля.  
Международный симпозиум по экзотическим ядрам  
(EXON-2006)

Hanty-Mansiysk, 17–22 July.  
The International Symposium on Exotic Nuclei  
(EXON-2006)

пии на пучках тяжелых ионов, проводимых в Японии. Большой интерес вызвали сообщения об использовании трековых мембран, производимых в ЛЯР ОИЯИ для медицинских исследований, а также о радиобиологических исследованиях, проводимых в ОИЯИ. Специалисты из Ханты-Мансийского университета представили доклад о научных исследованиях в области экологии. Эта сессия вызвала большой интерес у местных специалистов и ученых, которых волнует экологическая обстановка в округе, являющемся одним из основных регионов, поставляющих нефть в Россию и за рубеж. Достижения дубненских ученых в прикладных исследованиях были представлены на выставке, где демонстрировались разработки ОИЯИ и НПЦ «Аспект» в области мониторинга, нанотехнологий и медицины. Эффект от

этих контактов не заставил себя ждать. Уже в августе губернатор Ханты-Мансийского автономного округа А. В. Филипенко посетил Дубну и ЛЯР ОИЯИ, где обсуждались конкретные вопросы сотрудничества по созданию аппаратуры для исследований, проводимых в округе, вплоть до строительства там малогабаритного ускорителя.

Неформальное общение на фоне уникальной сибирской природы и современной архитектуры Ханты-Мансийска способствовало успешному проведению симпозиума и решению основной задачи, стоящей перед участниками, — проведению совместных исследований в этом важном направлении ядерной физики — физике экзотических ядер.

*Ю. Э. Пенюнькевич*

Дубна, 5–7 октября. Международное рабочее совещание по малоугловому рассеянию нейтронов, посвященное 70-летию Ю. М. Останевича



Dubna, 5–7 October. The International Workshop on Small-Angle Neutron Scattering dedicated to the 70th anniversary of Yu. Ostanevich

One day of the symposium was dedicated to applied physics. The talks on the development of radiation therapy at heavy ion beams in Japan were of great interest. The contacts on the use of track membranes, manufactured at FLNR for medical appliances and radiobiological investigations at JINR were also interesting. The specialists from the Hanty-Mansiysk University presented scientific investigations in ecology. Altogether, this session inspired great interest in the local scientists who are concerned with the ecological situation in their district, which is one of the basic regions delivering oil to Russia and abroad. The achievements of the scientists from Dubna were demonstrated at the exhibition of products made in Dubna and by the ASPECT firm in the field of monitoring, nanotechnologies and medicine. The ef-

fect of these contacts was soon seen. Already in August, the Governor of the Hanty-Mansiysk Autonomous District, A. V. Fillipenko, visited Dubna. At FLNR he discussed specific issues of collaboration in design and constructing setups for the needs of the investigations that are carried out in the district, including the construction of a compact accelerator.

Informal contacts close to the unique Siberian nature and the modern architecture of Hanty-Mansiysk made it possible to have a successful meeting and achieve the main aim facing the participants — to carry out joint investigations in this important field of nuclear physics — the physics of exotic nuclei.

*Yu. E. Penionzhkevich*

С 28 августа по 1 сентября в Словакии в Высоких Татрах проходила международная конференция «*Математическое моделирование и вычислительная физика – 2006*», посвященная пятидесятой годовщине образования Объединенного института ядерных исследований. Организаторами конференции вместе с Лабораторией информационных технологий были Институт экспериментальной физики Словацкой академии наук (Кошице) и Технический университет Кошице. Конференция с таким названием проводится ЛИТ ОИЯИ уже в четвертый раз. В этом году по инициативе словацких коллег она впервые проводилась не в Дубне.

Идея проведения таких конференций принадлежит профессору Е. П. Жидкову, восьмидесятилетний юбилей которого пришелся как раз на время ее проведения, а также профессору И. В. Пузынину.

В этом году сопредседателями конференции были директор ЛИТ ОИЯИ профессор В. В. Иванов и ректор Технического университета Кошице профессор Ю. Синай. Профессор Е. П. Жидков был ее почетным председателем. Программный комитет возглавили профессора И. В. Пузынин и М. Павлуш, организационный комитет — профессора Г. Адам и М. Гнатич. Участников конференции приветствовали проректор Технического университета профессор А. Чижмар, декан факультета

электротехники и информатики Д. Кокур и директор Института экспериментальной физики САН профессор П. Копчанскы.

Благодаря слаженной работе организационного комитета на конференцию собрались известные специалисты в области математического моделирования и вычислительной физики из разных стран (Австрии, Армении, Бельгии, Белоруссии, Великобритании, Вьетнама, Германии, Испании, Италии, Польши, России, Румынии, Словакии, США, Тайваня, Украины, Финляндии, Франции и Японии). Участники конференции заслушали 20 пленарных докладов и лекций приглашенных ученых и более 40 оригинальных сообщений.

Свои доклады представили В. Д. Лахно — о численных исследованиях свойств органических соединений (проводимость ДНК), У. Х. Е. Хансманн (свертывание маленьких белков), М. Бахманн (адсорбция полимеров и пептидов к основаниям), Чин Кун Ху (моделирование свертывания белков), Г. Р. Кнеллер (законы масштабирования и эффекты памяти в белках), М. С. Ли (пути олигомеризации коротких пептидов).

О прогрессе в понимании различных аспектов турбулентности рассказали Г. Боффетта, М. Мартинс Афонсо, А. Маццино, М. Юрчишин. В докладах С. Фритше и В. П. Гердта были рассмотрены перспек-

The international conference «*Mathematical Modeling and Computational Physics*» (MMCP-2006) devoted to the 50th anniversary of the Joint Institute for Nuclear Research was held in High Tatras Mountains, Slovakia, on 28 August – 1 September. The organizers of the conference were the JINR Laboratory of Information Technologies, the Institute of Experimental Physics of the Slovak Academy of Sciences (Košice) and the Technical University (TU), Košice. The conference was the fourth one organized by LIT under this title. Upon the initiative of our Slovak colleagues, for the first time it was organized beyond JINR.

The idea of organizing such conferences belongs to Professor E. P. Zhidkov, who celebrated his eightieth birthday during the days of the conference, and to Professor I. V. Puzynin.

The co-chairmen of the conference were LIT Director Professor V. V. Ivanov and Rector of the Technical University in Košice Professor J. Sinay. Professor E. P. Zhidkov became its Honorary Chairman. The Advisory Committee was headed by Professors I. V. Puzynin and M. Pavluš, and the Organizing Committee by Professors Gh. Adam and

M. Hnatič. Pro-rector of the Technical University Professor A. Čižmár, Dean of the Faculty of Electronics and Informatics D. Kocur and Director of the Institute of Experimental Physics of SAS Professor P. Kopčanský welcomed the conference attendees.

As a result of the devoted efforts of the Organizing Committee, the conference was attended by renowned specialists in the field of mathematical simulation and computational physics from Austria, Armenia, Belgium, Belarus, Great Britain, Vietnam, Germany, Spain, Italy, Poland, Russia, Romania, Slovakia, the USA, Taiwan, Ukraine, Finland, France, and Japan. The conference included 20 plenary and invited papers and over 40 contributed talks covering a broad range of hot topics in Computing.

Numerical studies on the properties of organic compounds were reported by V. D. Lakhno (DNA conductivity), U. H. E. Hansmann (folding of small proteins), M. Bachmann (adsorption of polymers and peptides to substrates), Ch.-K. Hu (simulation of protein folding), G. R. Kneller (scaling laws and memory effects in proteins), M. S. Li (pathways of oligomerization of short peptides).

тивные приложения компьютерной алгебры в области квантового компьютеринга и происхождения законов сохранения, предохраняющих дискретизации. Использованию возможностей ГРИД для решения крупномасштабных задач был посвящен доклад Н. С. Скотта, сообщения М. Бабука, В. Пастирчака и Р. Водички. Вопросам управления информационными потоками в сетях ГРИД был посвящен доклад В. В. Иванова. В вы-

ступлении Ю. М. Писмака были рассмотрены законы эволюции больших вычислительных программ. Методам обработки экспериментальных данных были посвящены доклад Н. Д. Дикусара (четырёхточечные преобразования) и сообщения Т. Х. Миязаки, В. Джилле и М. Бужовски.

Результаты сотрудничества ученых ЛИТ и Словакии нашли свое отражение в выступлениях О. Стрель-

Высокие Татры (Словакия), 28 августа – 1 сентября.  
Участники международной конференции «Математическое моделирование и вычислительная физика»



High Tatras Mountains (Slovakia), 28 August – 1 September.  
The International Conference «Mathematical Modeling and Computational Physics»

New progress in understanding various aspects of turbulence was reported by several speakers (G. Boffetta, M. Martins Afonso, A. Mazzino, M. Jurcisin). The perspective applications of the computer algebra to quantum computing and to the derivation of conservation laws preserving discretizations were reported by S. Fritzsche and V. P. Gerdt. The use of Grid tools in solving large-scale problems was reported by N. S. Scott in his lecture, as well as in several contributed talks (M. Babik, B. Pastircak, R. Vodicka). The control over the information traffic in Grid networks was discussed by V. V. Ivanov. Yu. M. Pismak

presented scaling laws in the evolution of large computing programs. Methods of experimental data processing were presented by N. D. Dikoussar (four-point transform) as well as in some contributed talks (T. H. Miyazaki, W. Gille, M. Buizowski). Results of fruitful international cooperation involving scientists from LIT and Slovakia were delivered by O. Streltsova (Yang–Mills–Dilaton evolution), J. Buša (parallel computing algorithms), M. Pavluš (moisture transfer), B. F. Kostenko (track formation in irradiated cuprates), N. D. Dikoussar (autotracked cubic splines), Ch.-K. Hu (simulation of small peptides). New results and methods in

цовой (эволюция Янга–Миллса–Дилатона), Я. Буши (алгоритмы параллельных вычислений), М. Павлуша (перенос влажности), Б. Ф. Костенко (формирование треков в облученных купритах), Чин Кун Ху (моделирование малых пептидов), Н. Д. Дикусара (сглаживание сплайнами со свободными узлами).

Новые результаты и методы построения надежных алгоритмов для численного интегрирования были представлены в выступлениях П. Цинтерхофа (многомерный метод Монте-Карло) и Г. Адама (задача граничного слоя в байесовом интегрировании).

Особо следует отметить участие молодых специалистов из Армении, России, Словакии и Украины, выступивших с интересными докладами. Сотрудниками ЛИТ было сделано 12 сообщений по работам, выполненным в ОИЯИ, в том числе совместно со словацкими коллегами.

Конференция наглядно продемонстрировала роль математического моделирования и вычислительных методов как ключевого фактора в современных научных исследованиях в различных областях знаний: физике частиц, физике твердого тела, гидродинамике, биологии, биохимии, материаловедении, квантовых вычислениях, экономике, информатике и т. д.

Конференция получила финансовую поддержку в виде специального гранта полномочного представителя Словацкой Республики в ОИЯИ. Кроме того, спонсорскую поддержку оказали «Cryosoft s.r.o.», «Linde Technicke Plyny Slovensko k.s.», «Siemens Program and System Engineering s.r.o.» и издательство «Elsevier», которое предоставило участникам конференции бесплатно по две программы из CPC Program Library.

Насыщенная программа конференции не помешала участникам посетить красивейшие места Словакии и принять участие в прекрасно продуманной культурной программе. Участники конференции единодушны в своей благодарности словацким коллегам, особенно М. Гнатичу и Я. Буше за их огромную работу по организации конференции, гостеприимство и заботу.

*В. В. Иванов, Г. Адам*

С 5 по 8 сентября в Дубне прошло *рабочее совещание коллаборации NA-48*, на котором присутствовали 54 представителя из шести стран-участниц эксперимента, а также из ЦЕРН и ОИЯИ. Со вступительным словом на совещании выступил директор ОИЯИ член-корреспондент РАН А. Н. Сисакян, подчеркнувший признан-

constructing reliable algorithms for numerical integration were discussed by P. Zinterhof (high-dimensional Monte Carlo) and Gh. Adam (boundary layer problem in Bayesian integration).

Participation of young specialists from Armenia, Russia, Slovakia and Ukraine who delivered interesting reports should be especially noted. LIT attendees presented 12 reports on the work underway at JINR, part of the work being performed in collaboration with Slovak colleagues.

The conference highlighted the role of the mathematical modeling and computing methods as an integrating factor in the present-day scientific research in various fields of knowledge: particle physics, physics of solids, hydrodynamics, biology, biochemistry, material studies, quantum computations, economy, computer science, etc.

The conference received financial support by a special grant afforded by the Plenipotentiary of the government of the Slovak Republic to JINR. Sponsors were such companies as Cryosoft s.r.o., Linde Technicke Plyny Slovensko k.s., Siemens Program and System Engineering s.r.o. and Elsevier, which offered to each participant two code copies from the CPC Program Library, free of charge.

The rich scientific programme of the conference did not hinder its participants from visiting some beautiful places of Slovakia and taking part in the interesting social programme. The conference attendees are unanimous in their gratitude to Slovak colleagues, especially to M. Hnatič and J. Buša, for their overwhelming efforts requested by the organization of the conference, warm hospitality and good care.

*V. Ivanov, Gh. Adam*

*A meeting of the NA48 collaboration* held in Dubna on 5–8 September brought together 54 physicists from six member states of the experiment, CERN and JINR. In his opening address, the Director of JINR, Corresponding Member of RAS A. N. Sissakian, emphasized the widely recognized scientific importance of the results obtained by the collaboration, talked on the strategy of JINR development, and on the role of the new experiment NA48/3 (OKAPI) in the plans of the Institute.

ную научную значимость полученных коллаборацией результатов, рассказавший о современной стратегии развития ОИЯИ и о роли будущего эксперимента NA-48/3 (ОКАПИ) в планах Института.

В 1997 г. на первом в Дубне совещании коллаборации было принято решение — начать первый набор физических данных на установке NA-48 для проведения поиска и прецизионного измерения параметра прямого  $CP$ -нарушения в распадах нейтральных каонов. Это произошло спустя 30 лет после Рочестерской конференции в Дубне, на которой профессор Д. Кронин впервые доложил об открытии явления  $CP$ -нарушения через смешивание состояний нейтральных каонов с разной  $CP$ -четностью, удостоившемся впоследствии Нобелевской премии.

Задача поиска  $CP$ -нарушений в распадах каонов осталась основной в цикле экспериментов, объединен-

ных аббревиатурой NA-48. В настоящее время коллаборация концентрирует основные усилия на анализе рекордной статистики распадов заряженных каонов, накопленной в сеансах последнего этапа этого цикла — эксперимента NA-48/2. Предварительные данные по поиску  $CP$ -нарушающих асимметрий в трехпионных распадах заряженных каонов уже опубликованы, и участники совещания детально обсудили все вопросы, связанные с учетом систематических погрешностей, влияющих на окончательный результат, и с подготовкой к опубликованию этих результатов.

В эксперименте NA-48/2 обнаружен и исследован эффект «острия» в спектре масс пар нейтральных пионов из каонных распадов, позволивший с высокой точностью измерить длины рассеяния пионов и стимулировавший активное развитие теоретических подходов к описанию проявлений перерасеяния в распадах ча-

Дубна, 5–8 сентября. Рабочее совещание коллаборации NA-48



Dubna, 5–8 September. The NA48 Workshop

Dubna became the site of NA48 collaboration meeting for the first time in 1997. A decision to start the first NA48 physics data taking run aiming at search and precision measurement of the direct  $CP$ -violation parameter in decays of neutral kaons was taken at that meeting. It happened 30 years after Professor J. Cronin first reported the discovery of the phenomenon of  $CP$  violation by mixing of neutral kaon states with different  $CP$  parity at a Rochester series conference that was held in Dubna as well, — a discovery that subsequently was awarded the Nobel Prize.

Search for  $CP$ -violating effects in kaon decays has been the primary goal in the whole NA48 series of experiments.

At the present time the collaboration focuses its main efforts on analysis of an unprecedented sample of decays of charged kaons collected during the running of the latest experiment in the series, the NA48/2. Preliminary results of the search for  $CP$ -violating asymmetries in decays of charged kaons into three pions have already been published, and the participants of the meeting discussed in detail questions concerned with evaluation of systematic uncertainties of the final result, and its publication.

The NA48/2 experiment has discovered and investigated the «cusp effect» in the mass spectrum of pairs of neutral pions from kaon decays, which allowed one to measure pion

стиц. Большой интерес теоретиков к сотрудничеству с коллаборацией вызван тем, что впервые статистика событий и качество измерения характеристик распадов частиц обеспечили такую точность измерений, которая превысила точность однопетлевых расчетов в рамках киральной пертурбативной теории. Это делает возможным проведение количественной проверки целого ряда подходов к расчетам характеристик распадов.

Существенный вклад в развитие теории вносят и многочисленные публикации коллаборации NA-48 по характеристикам редких распадов каонов, по многим из которых точность измерений улучшена на порядок величины по сравнению с результатами других экспериментов.

Важное место в работе совещания заняли вопросы подготовки эксперимента следующего поколения (ОКАПИ) по исследованию *CP*-нарушающих явлений и измерению основных характеристик стандартной модели через изучение двухнейтринного распада каона. Было уделено серьезное внимание организации и проведению в ближайшие годы этого эксперимента.

Состоявшаяся на совещании дискуссия и принятые решения дают все основания рассчитывать на длительное и плодотворное участие нашего Института в работе

коллаборации NA-48 — одной из наиболее престижных научных коллабораций.

С 18 по 21 сентября в Доме международных совещаний ОИЯИ прошло 2-е Международное совещание «*Молекулярно-динамическое моделирование в науках о веществе и биологии*». Его основной темой стали задачи компьютерного молекулярного моделирования нано- и биоструктур. Организаторы совещания поставили перед собой задачу объединить усилия сообщества, занимающегося компьютерным молекулярным моделированием, и исследователей, работающих в различных областях нанотехнологии и наук о жизни. В Дубну были приглашены ведущие в своих областях специалисты из Японии и России — сотрудники Университета Кейо, RIKEN, МГУ, Института биохимической физики им. Н. М. Эммануэля РАН, Института математических проблем биологии РАН (Пушино), а также университетов Армении, Дании, Индии и Украины. По традиции слушателями совещания стали студенты кафедры биофизики дубненского университета.

По сути, это мероприятие — единственное из узконаправленных совещаний в России, посвященное компьютерному молекулярно-динамическому моделирова-

scattering lengths with high precision, and stimulated an active development of theoretical approaches to description of manifestations of final state rescattering in particle decays. The large interest of theoreticians stems from the fact that for the first time the quality of an experiment resulted in a precision of measurement exceeding the precision of one-loop calculations in the framework of the Chiral Perturbation Theory, which provides a unique opportunity to carry out quantitative tests of a number of approaches to calculation of decay properties.

Numerous publications of NA48 results on properties of rare kaon decays, many of which report an order of magnitude improvement in precision with respect to the previous measurements, make considerable contributions to theory development.

A significant part of the meeting was focused on the preparation of the next-generation experiment (OKAPI) dedicated to study of *CP*-violating phenomena, and testing the Standard Model by investigation of the kaon decay with two neutrinos in the final state. Serious efforts have been invested into designing the new experiment in recent years.

The discussions held at the meeting, and the passed resolutions give us grounds to anticipate a long-term fruitful participation of the Institute in the NA48 project, one of the most prestigious scientific collaborations.

On 18–21 September at the International Conference Hall the 2nd International Workshop «*Molecular Simulation Studies in Material and Biological Sciences*» (MSSMBS'06) was held at JINR, Dubna. The main topics of the workshop were the molecular simulation studies of nano- and biostructures. The workshop organizers intended to unite the efforts of the world leading computer simulation communities working in the nanotechnological and life science branches. For these purposes the organizers invited the key experts from Japan and Russia — the research scientists from RIKEN and Keio University, Moscow State University, the N. M. Emmanuel Biochemical Physics Institute of RAS, the Institute of Mathematical Problems in Biology of RAS (Pushchino), as well as from Armenian, Dutch, Indian and Ukrainian universities. The MSSMBS'06 workshop was traditionally attended by the students of the biophysical



нию в физико-химических и биофизических задачах. 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 четкие границы — все обсуждаемые вопросы были перенесены в плоскость молекулярного моделирования био- и наноструктур и высокопроизводительных компьютерных расчетов на основе методов молекулярно-динамических вычислений.

#### «Кристаллография при высоких давлениях»

Начиная с 1996 г. рабочие совещания «Кристаллография при высоких давлениях» регулярно организуются Международным союзом кристаллографов на базе ведущих мировых научных центров, где проводятся исследования конденсированных сред при высоких давлениях. Очередное такое международное совещание, организованное Комиссией по высоким давлениям Международного союза кристаллографов и Лабораторией нейтронной физики им. И. М. Франка, проходило с 28 сентября по 1 октября в Дубне. Импульсный высокопоточный реактор ИБР-2 в ЛНФ ОИЯИ является одним из немногочисленных нейтронных источников, позволяю-

Дубна, 18–21 сентября. Конференция «Молекулярно-динамические моделирования в науках о веществе и биологии»



Dubna, 18–21 September. The conference «Molecular Simulation Studies in Material and Biological Sciences»

department of Dubna International University. This workshop is one of the most specialized meetings in Russia devoted to computer molecular dynamical simulations for the physical-chemical and biophysical problems. The workshop covered a wide spectrum of molecular modelling topics in the biomolecular research: DNA and protein folding, nanoclusters, lipid membranes, quantum biophysics, molecular simulation of the physical-chemical systems and parallel-vector computing. Apart from the wide ranged discussions, the workshop was aimed at a specialized field — the molecular simulations of bio- and nanostructures on the basis of high-speed computing facilities.

#### «Crystallography at High Pressures»

Since 1996 the International Union of Crystallography (IUCr) has been regularly organizing workshops «Crystal-

lography at High Pressures» on the basis of the leading world research centres where investigations at high pressures are carried out. The latest international workshop in this series organized by the IUCr Commission on High Pressures and the Frank Laboratory of Neutron Physics (FLNP) was held in Dubna on 28 September – 1 October 2006. The pulsed high-flux reactor IBR-2 at JINR's FLNP is one of few neutron sources where condensed matter investigations are conducted at high pressures by neutron scattering methods. The considerable interest of the international community to the achievements of JINR in this field of science has predetermined the choice of Dubna as the location for the latest workshop. In 1994 and 1999 the international seminars «Neutron Investigations at High Pressures» were already organized at JINR and the characteristic topics of these seminars were included in the programme of the workshop.

щих методами рассеяния нейтронов проводить исследования конденсированных сред при высоких давлениях. Большой интерес международного сообщества к достижениям ОИЯИ в этой области науки и обусловил выбор Дубны в качестве места проведения очередного совещания. В 1994 и 1999 г. в ОИЯИ уже проходили международные семинары «Нейтронные исследования при высоких давлениях», и традиционная тематика этих семинаров была включена в программу совещания.

В работе совещания приняли участие более 80 человек из научных центров России, Польши, Франции, Германии, Великобритании, США, Канады, ЮАР, Японии. Устная программа состояла из 10 специализированных заседаний по наиболее перспективным направлениям исследований с пленарными докладами ведущих специалистов. Помимо этого были организованы две стендовые сессии.

После открытия совещания председателем организационного комитета А. М. Балагуровым директор ЛНФ А. В. Белушкин представил обзорную лекцию «ЛНФ, ОИЯИ и импульсный реактор ИБР-2». Обзор современного состояния экспериментальных исследований и теории в области простых элементов был сделан в докладах К. Такемуры (Япония), Е. Г. Максимова (Россия), М. Ханфланда (Франция), Х. Коханоффа (Велико-

британия). На заседании «Молекулярные соединения» в выступлениях И. Н. Гончаренко (Франция) и М. И. Еремца (Германия) обсуждались новые фазы высокого давления молекулярного водорода, азота и кислорода. С. Скандоло (Италия) рассказал о прогрессе в теоретических *ab initio* исследованиях диоксида углерода. В ходе заседания «Физические свойства и магнитные структуры» в докладах И. Мирабо (Франция), Д. П. Козленко (ОИЯИ) и Я. Яо (Канада) обсуждались новые индуцированные давлением явления, наблюдаемые в сложных магнитных оксидах, а также сверхпроводимость в молекулярных гидридах.

Обзор достижений в области материаловедения и синтеза новых материалов с применением высокого давления был сделан в докладах Дж. Э. Ловтера (ЮАР), Е. А. Григорьянца (Великобритания), В. Л. Соложенко (Франция), А. А. Белика (Япония). Исследования при высоких давлениях для решения задач минералогии и геофизики обсуждались в докладах Ю. С. Геншафта (Россия), И. Ю. Кантора (Германия) и Т. И. Иванкиной (ОИЯИ).

Особое внимание было уделено обсуждению современных технических достижений и развитию приборной базы для экспериментов при высоких давлениях. Конструкции новых камер для создания давлений, но-

More than 80 participants from the research centres of Russia, Poland, France, Germany, Great Britain, the USA, Canada, South Africa and Japan took part in the workshop. The oral presentation programme of the workshop included 10 specialized sessions covering the most promising research directions, where the leading specialists made plenary reports. In addition, two poster sessions were organized.

After the chairman of the Organizing Committee, A. M. Balagurov, opened the workshop, FLNP Director A. V. Belushkin presented an overview «JINR, FLNP and the Pulsed Reactor IBR-2». The state of the art review of experimental investigations and theories in the field of simple elements was given in the reports of K. Takemura (Japan), E. G. Maksimov (Russia), M. Hanfland (France), J. Kohanoff (Great Britain). At the session «Molecular Solids» new high-pressure phases of molecular hydrogen, nitrogen and oxygen were discussed in the reports of I. N. Goncharenko (France) and M. I. Eremets (Germany). S. Scandolo (Italy) spoke about the progress in theoretical *ab initio* studies of carbon dioxide. During the session «Physical Properties and Magnetic Structures», new pressure-induced

phenomena observed in complex magnetic oxides, as well as superconductivity in molecular hydrides, were considered in the reports of I. Mirebeau (France), D. P. Kozlenko (JINR) and Y. Yao (Canada). An overview of achievements in the field of materials science and synthesis of new materials under high pressures was made in the reports of J. E. Lowther (South Africa), E. A. Gregoryanz (Great Britain), V. L. Solozhenko (France), A. A. Belik (Japan). High-pressure investigations for mineralogy and geophysics were discussed in the reports of Yu. S. Genshaft (Russia), I. Yu. Kantor (Germany) and T. I. Ivankina (JINR).

Particular attention was given to the discussion of the state-of-the-art technical advances and development of instrumental base for high-pressure experiments. Designs of new high-pressure cells, new opportunities to perform studies at the facilities of the leading research centres, new software to process experimental results, development of new methods of research at high pressures were reported by Y. Le Godec (France), Y. Wang (USA), Y. Zhao (USA), M. Krisch (France) and B. P. Tolochko (Russia).

вые возможности для проведения исследований на установках в ведущих научных центрах, новое программное обеспечение для обработки результатов экспериментов, развитие новых методов исследования при высоких давлениях были представлены в докладах Я. Ле Годака (Франция), Я. Ванга (США), Ю. Жао (США), М. Криша (Франция) и Б. П. Толочко (Россия).

Е. В. Болдырева (Россия) и М. Подсядло (Польша) рассказали о новых результатах исследований органических материалов, имеющих, в частности, применение в фармакологии. В докладах В. В. Бражкина (Россия),

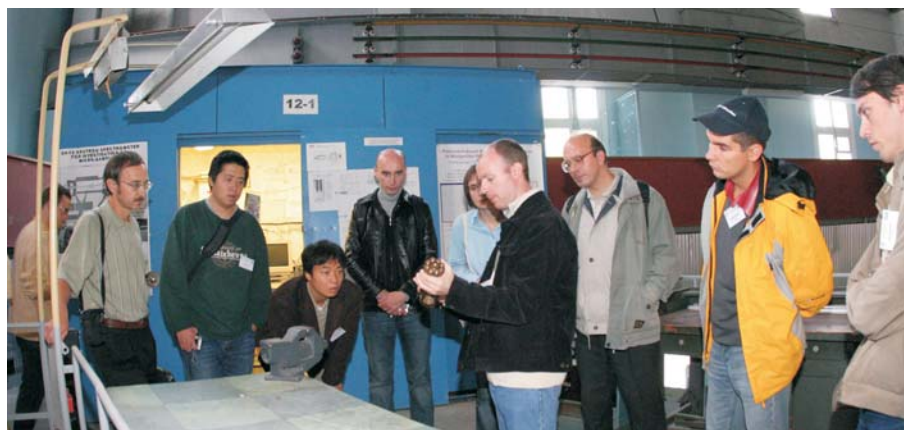
Т. Хаттори (Япония) и М. Гатри (Великобритания) обсуждались интересные явления в структурном поведении жидкостей и аморфных материалов под давлением. Результаты экспериментальных и теоретических исследований углерода в условиях экстремальных воздействий высоких давлений и температур были представлены в докладах В. А. Соменкова (Россия) и А. Корреа (США).

Обсуждение представленных на совещании докладов показало, что исследования при высоких давлениях, проводимые в ОИЯИ на реакторе ИБР-2 и в других рос-



Лаборатория нейтронной физики  
им. И. М. Франка, 1 октября.  
Участники международного  
совещания «Кристаллография  
при высоких давлениях»

Frank Laboratory of Neutron Physics,  
1 October. Participants of the  
international workshop  
«Crystallography at High Pressures»



Е. В. Болдырева (Россия) и М. Подсядло (Польша) presented new results of studies of organic materials having, in particular, applications in pharmacology. The reports of V. V. Brazhkin (Russia), T. Hattori (Japan) and M. Guthrie (Great Britain) dealt with interesting phenomena in the structural behaviour of liquids and amorphous materials under pressure. The results of experimental and theoretical investigations of carbon under extreme conditions of high pressures and temperatures were covered in the reports of V. A. Somenkov (Russia) and A. Correa (USA).

The discussion of the reports made at the workshop has shown that high-pressure investigations performed at JINR at the IBR-2 reactor and in other Russian research centres are carried out at a high international level.

In view of the forthcoming long shutdown of the IBR-2 reactor for planned modernization in 2007, the international workshop «Crystallography at High Pressures» has undoubtedly played an important part in establishing new contacts with other research centres, on the basis of which the continuation of scientific investigations in this direction will

сийских научных центрах, выполняются на высоком международном уровне.

Ввиду предстоящей длительной остановки реактора ИБР-2 на плановую модернизацию в 2007 г. проведение международного совещания «Кристаллография при высоких давлениях», несомненно, сыграло большую роль в установлении новых контактов с другими исследовательскими центрами для продолжения научных исследований в этом направлении в рамках стратегического плана развития ОИЯИ в области конденсированных сред. Оргкомитет и программный комитет совещания выражают глубокую благодарность дирекции ОИЯИ, Федеральному агентству по науке и инновациям РФ, Российскому фонду фундаментальных исследований и Международному союзу кристаллографов за поддержку совещания.

*Д. П. Козленко*

be possible within the framework of the JINR strategic development plan in the field of condensed matter. The Organizing Committee and the Programme Committee of the workshop express profound gratitude to the JINR Directorate, the Federal Agency for Science and Innovations of the Russian Federation, the Russian Foundation for Basic Research and the International Union of Crystallography for the support of the workshop.

*D. P. Kozlenko*

- *Боголюбов Н. Н.* Собрание научных трудов: В 12 т. / Отв. ред.: А. Д. Суханов. — (Классики науки). — Т. 4: Математика и нелинейная механика. Нелинейная механика, 1945–1974 / Ред.: Ю. А. Митропольский и А. Д. Суханов. — М.: Наука, 2006. — 432 с. — Библиогр. в конце ч. *Bogoliubov N. N.* Collection of scientific papers: in 12 v. / Chief editor: A. D. Sukhanov. — (Scholars of Science). — V. 4: Mathematics and Nonlinear Mechanics, 1945–1974 / Eds.: Yu. A. Mitropolsky and A. D. Sukhanov. — М.: Nauka, 2006. — 432 p. — Bibliogr.: end of papers.
- *Чечельницкий А. М.* Вояджер 1: Время Предвидения и Время Именин. — Дубна: Феникс+, 2005. — 16 с. — Библиогр.: с.14–15. *Chechelnickey A. M.* Voyager 1: Time of Prediction and Time of Name Day. — Dubna: Phoenix+, 2005. — 16 p. — Bibliogr.: pp. 14–15.
- Общие принципы квантовой теории поля / Н. Н. Боголюбов, А. А. Логунов, А. И. Оксак и И. Т. Тодоров. — М.: Физматлит, 2006. — 743 с. — Библиогр.: с. 680–730. *General Concepts of Quantum Field Theory / N. N. Bogoliubov, A. A. Logunov, A. I. Oksak and I. T. Todorov.* — М.: Fizmatlit, 2006. — 743 p. — Bibliogr.: pp. 680–730.
- Supersymmetries and Quantum Symmetries (SQS'05): Proc. of International Workshop, Dubna, Russia, July 27–31, 2005 / Eds.: E. A. Ivanov and B. M. Zupnik. — Dubna: JINR, 2006. — 455 p.: ill. — (JINR; E2-2006-50). — Bibliogr.: end of papers. Heading (В надзар): Joint Inst. for Nuclear Research. Bogoliubov Lab. of Theoretical Physics.
- Advanced Research Workshop on High Energy Spin Physics (11; 2005; Dubna), XI Advanced Research Workshop on High Energy Spin Physics (DUBNA-SPIN-05), Dubna, 27 Sept. – 1 Oct., 2005: Proc. / Eds.: A. V. Efremov and S. V. Goloskokov. — Dubna: JINR, 2006. — 543 p.: ill. — (JINR; E1,2-2006-105). — Bibliogr.: end of papers.
- Библиографический указатель работ сотрудников Объединенного института ядерных исследований / Объединенный институт ядерных исследований. НТБ. — Ч. 45: 2005. — Дубна: ОИЯИ, 2006. — 268 с. — (ОИЯИ; 2006-103). *Bibliographic Index of Papers by Staff Members of the Joint Institute for Nuclear Research / the Joint Institute for Nuclear Research. STL.* — Part 45: 2005. — Dubna: JINR, 2006. — 268 p. — (JINR; 2006-103).
- Bogoliubov Laboratory. 50 Years / Joint Institute for Nuclear Research. Bogoliubov Lab. of Theoretical Physics; Ed.: D. V. Shirkov. — Dubna: JINR, 2006. — 288 p.: ill. — (JINR; 2006-126). — Bibliogr.: end of papers.
- International Workshop on Crystallography at High Pressures (2006; Dubna). International Workshop on Crystallography at

High Pressures, Dubna, Sept. 28 – Oct. 1, 2006: Abstracts. — Dubna: JINR, 2006. — 84 p.: ill. — (JINR; E14-2006-117).

□ Relativistic Nuclear Physics and Quantum Chromodynamics: Book of Abstracts of the XVIII International Baldin Seminar on High Energy Physics Problems

(Baldin ISHEPP XVIII), Dubna, Russia, Sept. 25–30, 2006. — Dubna: JINR, 2006. — 169 p.: ill. — (JINR; E1,2-2006-129). — Bibliogr.: end of papers.

□ Письма в ЭЧАЯ. 2006. Т. 3, № 5(134), № 6(135). Particles and Nuclei, Letters. 2006. V. 3, No. 5(134), No. 6(135).

ЭЧАЯ

PARTICLES AND NUCLEI

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

□ Выпуск 4 (2006. Т. 37) включает следующие статьи:

*Свирин М. И.* Тестирование основных феноменологических моделей плотности уровней ядер.

*Артемов А. С., Афанасьев С. В.* Использование внутренних мишеней для контроля характеристик пучка частиц в синхротронах.

*Ажгирей Л. С., Юдин Н. П.* Релятивистские дейтроны: их динамика и структура в столкновениях с нуклонами и ядрами.

*Козлов А. В.* Действие нейтронного облучения на металлы при различных температурах и возможность самоорганизации протекающих при этом процессов.

*Тимошенко С. Л., Емельянов В. М.* Рождение векторных мезонов в ультрапериферических ядро-ядерных взаимодействиях.

*Копелиович В. Б.* Пентакварки в киральных солитонных моделях.

□ Выпуск 5 (2006. Т. 37) включает следующие статьи:

*Бисноватый-Коган Г. С.* Всплески космического гамма-излучения: наблюдения и моделирование.

*Ахметзянова Э. Н., Долгополов М. В., Дубинин М. Н.* Нарушение  $CP$ -инвариантности в двухдублетном хиггсовском секторе МССМ.

*Алкалаев К. Б.* Динамика калибровочных полей высших спинов в пространстве  $AdS_d$  размерности  $d \geq 5$ .

*Никишов А. И.* О феноменологической трехгравитонной вершине.

*Батусов В. Ю., Будагов Ю. А., Кульчицкий Ю. А., Ляблин М. В., Несси М., Русакович Н. А., Сисакян А. Н., Топилин Н. Д., Хубуа Д. И.* Адронный тайл-калориметр установки ATLAS: опыт создания прототипов и массового производства модулей.

Regular issue of the journal «Physics of Elementary Particles and Atomic Nuclei» has been published.

□ Issue 4 (2006. V. 37) includes:

*Svirin M. I.* Testing of Main Phenomenological Models of Nuclear Level Density.

*Artimov A. S., Afanasiev S. V.* Application of Internal Targets for Beam Particle Characteristics Control in Synchrotrons.

*Azhgirey L. S., Yudin N. P.* Relativistic Deuterons: Their Dynamics and Structure in Collisions with Nucleons and Nuclei.

*Kozlov A. V.* The Effect of Neutron Irradiation on Metals under Different Temperatures and the Opportunity of Self-organization of Processes Occurring in Them.

*Timoshenko S. L., Emel'yanov V. M.* Vector Mesons Production in Ultraperipheral Nucleus–Nucleus Interactions.

*Kopeliovich V. B.* Pentaquarks in Chiral Soliton Models.

□ Issue 5 (2006. V. 37) includes:

*Bisnovatyi-Kogan G. S.* Cosmic Gamma Ray Bursts: Observations and Modelling.

*Akhmetzyanova E. N., Dolgoplov M. V., Dubinin M. N.*  $CP$  Violation in the Two-Doublet Higgs Sector of the MSSM.

*Alkalaev K. B.* Dynamics of Higher-Spin Gauge Fields in  $AdS_d$  Space of Dimension  $d \geq 5$ .

*Nikishov A. I.* On Phenomenological Three Graviton Vertex.

*Batusov V. Yu., Budagov Yu. A., Kulchitsky Yu. A., Liablin M. V., Nessi M., Russakovich N. A., Sissakian A. N., Topilin N. D., Khubua D. I.* Hadron Tile-Calorimeter of ATLAS: The Experience of Prototypes Construction and Modules Mass Production

## 2007

101-я сессия Ученого совета ОИЯИ	18–19 января, Дубна
Международное рабочее совещание «Классические и квантовые интегрируемые системы»	22–25 января, Дубна
III Международный симпозиум «Проблемы биохимии, радиационной и космической биологии»	24–28 января, Москва, Дубна
Рабочее совещание «Нейтринная физика на ускорителях»	25–27 января, Дубна
Совещание рабочей группы при председателе КПП	14 февраля, Дубна
Совещание рабочей группы Финансового комитета	20 февраля, Дубна
Заседание Финансового комитета ОИЯИ	21–22 февраля, Дубна
Совещание «Ускорители частиц и ядер. Прошлое, настоящее, будущее», посвященное 100-летию В. И. Векслера	4 марта, Дубна
Совещание комиссии ООН по трансграничному переносу воздушных загрязнений в Европе	5–9 марта, Дубна
Сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред	Апрель, Дубна
Сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике	Апрель, Дубна
Мероприятия, посвященные 50-летию создания ускорителя синхрофазотрон	Апрель, Москва
XII Конференция операторов и пользователей сети спутниковой связи и вещания РФ	18–19 апреля, Дубна

## 2007

101st session of the JINR Scientific Council	18–19 January, Dubna
International Workshop «Classical and Quantum Integrable Systems»	22–25 January, Dubna
III International Symposium «Problems of Biochemistry, Radiation and Space Biology»	24–28 January, Moscow, Dubna
Workshop «Neutrino Physics at Accelerators»	25–27 January, Dubna
Meeting of the CP chairman working group	14 February, Dubna
Meeting of the Finance Committee working group	20 February, Dubna
Meeting of the JINR Finance Committee	21–22 February, Dubna
Meeting «Particle and Nucleus Accelerators. Past. Present. Future» dedicated to the centenary of V. I. Veksler's birth	4 March, Dubna
Meeting of the UN Commission on Transboundary Air Pollution in Europe	5–9 March, Dubna
Session of the Programme Advisory Committee for Condensed Matter Physics	April, Dubna
Session of the Programme Advisory Committee for Nuclear Physics	April, Dubna
Undertakings dedicated to the 50th anniversary of the Synchrotron construction	April, Moscow
XII Conference of Operators and Users of RF Satellite Communication and Broadcasting Net	18–19 April, Dubna

**ПЛАН СОВЕЩАНИЙ ОИЯИ**  
**SCHEDULE OF JINR MEETINGS**

Сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц	Апрель, Дубна
Совещание Координационного совета по сотрудничеству Белоруссии с ОИЯИ и Экспертной комиссии по совместным проектам	Апрель, Минск
XIV Международный семинар по взаимодействию нейтронов с ядрами	23–26 мая, Дубна
Международный симпозиум «Физика тяжелых ионов», посвященный 50-летию Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова	25–27 мая, Дубна
«Современные методы радиоспектроскопии в исследовании структуры и функции биополимеров»	28 мая – 2 июня, Дубна
Выставка «Наука сближает народы»	3–7 июня, Алма-Ата
102-я сессия Ученого совета ОИЯИ	8–9 июня, Дубна
XVI Международный коллоквиум «Интегрируемые системы и квантовые симметрии»	14–16 июня, Прага
Международное совещание «Мюонный катализ и сопутствующие темы»	21–23 июня, Дубна
Международная летняя студенческая практика	23 июня – 8 июля, Дубна
4-я Международная студенческая летняя школа «Ядерные методы и ускорители в биологии и медицине»	8–19 июля, Прага
Международное совещание «Суперсимметрии и квантовые симметрии»	23–27 июля, Дубна
IX Международная Гомельская школа-семинар «Актуальные проблемы физики микромира»	23 июля – 3 августа, Гомель
Международная школа «Актуальные проблемы в астрофизике и космологии»	Июль, Дубна

---

Session of the Programme Advisory Committee for Particle Physics	April, Dubna
Meeting of the Coordination Council on Cooperation of Belarus with JINR and the Expertise Commission on Joint Projects	April, Minsk
14th International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei	23–26 May, Dubna
International Symposium «Heavy Ion Physics» dedicated to the 50th anniversary of the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions	25–27 May, Dubna
«The Modern Methods of Radiospectroscopy in Study of Structure and Function of Biopolymers»	28 May – 2 June, Dubna
Exhibition «Science Bringing Nations Together»	3–7 June, Almaty
The 102nd session of the JINR Scientific Council	8–9 June, Dubna
XVI International Colloquium «Integrable Systems and Quantum Symmetries»	14–16 June, Prague
International Workshop «Muon Catalyzed Fusion and Related Topics»	21–23 June, Dubna
International Summer Student Practice	23 June – 8 July, Dubna
4th International Student Summer School «Nuclear Physics Methods and Accelerators in Biology and Medicine»	8–19 July, Prague
International Meeting «Supersymmetries and Quantum Symmetries»	23–27 July, Dubna
IX International Gomel School-Seminar «Urgent Problems of Microworld Physics»	23 July – 3 August, Gomel, Belarus

ПЛАН СОВЕЩАНИЙ ОИЯИ  
SCHEDULE OF JINR MEETINGS

Международная конференция по современной физике	13–20 августа, Улан-Батор
XV Европейская школа по физике высоких энергий	19 августа – 1 сентября, Прага
Рабочее совещание сотрудничества ТУС	Август–сентябрь, Дубна
Международное совещание по электрон-позитронным коллайдерам — VII Семинар памяти В. П. Саранцева	2–8 сентября, Алушта
XII Рабочее совещание по спиновой физике при высоких энергиях	3–7 сентября, Дубна
XX Международный семинар по ускорителям заряженных частиц	9–15 сентября, Алушта
XXI Международный симпозиум по ядерной электронике и компьютерингу	10–16 сентября, Варна
Международное совещание «Физика очень больших множественностей»	17–20 сентября, Дубна
Международное рабочее совещание по передней калориметрии на линейном коллайдере	Октябрь, Минск
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
Совещание Координационного совета по сотрудничеству Белоруссии с ОИЯИ	Ноябрь–декабрь, Минск

---

International School on Hot Points in Astrophysics and Cosmology	July, Dubna
International Conference on Modern Physics	13–20 August, Ulan-Bator
XV European School on High Energy Physics	19 August – 1 September, Prague
Workshop on TUS Track Facility Collaboration	August–September, Dubna
International Meeting on Electron-Positron Colliders — VII Seminar in Memory of V. P. Sarantsev	2–8 September, Alushta, Ukraine
XXII Workshop on High Energy Spin Physics	3–7 September, Dubna
XX International Seminar on Charged Particle Accelerators	9–15 September, Alushta, Ukraine
XXI International Symposium on Nuclear Electronics and Computing	10–16 September, Varna, Bulgaria
International Meeting «Very High Multiplicity Physics»	17–20 September, Dubna
International Workshop on Forefront Calorimetry on Linear Collider	October, Minsk
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
Meeting of the Coordination Committee on Cooperation of Belarus with JINR	November–December, Minsk