

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

Предложен новый подход к неперенормируемым взаимодействиям. Он основан на обычной R -операции Боголюбова–Парасюка, которая одинаково применима в любой локальной квантовой теории поля независимо от того, перенормируема она или нет. В качестве примера рассмотрена теория φ_D^4 в D -измерениях, где $D = 4, 6, 8, 10$, и вычислена четырехточечная амплитуда на массовой поверхности. Получены соответствующие уравнения ренормгруппы, и найдены их решения для всех D , которые суммируют лидирующие логарифмы во всех порядках теории возмущений в полной аналогии с перенормируемым случаем. Обнаружено, что амплитуда рассеяния в теории φ_D^4 обладает полюсом Ландау при высоких энергиях для всех D . Обсуждается применение предложенной процедуры в других неперенормируемых теориях.

Kazakov D. I. RG Equations and High Energy Behaviour in Non-Renormalizable Theories // Phys. Lett. B. 2019. V. 797. P. 134801.

Захват электронов ядрами играет важную роль в процессе коллапса массивной звезды, приводящем к образованию сверхновых типа II. На примере ^{56}Fe

и ^{78}Ni нами проведены расчеты по захвату электронов нагретыми ядрами из области железа и нейтронно-избыточными ядрами. Для расчета сечений и скоростей захвата использовалось самосогласованное тепловое квазичастичное приближение случайной фазы (ТКПСФ) с силами Скирма. Для ^{56}Fe показано, что нарушение гипотезы Бринка–Акселя в рамках ТКПСФ приводит к значительному увеличению скоростей захвата при некоторых плотностях и температурах по сравнению с расчетами модели оболочек. Для ^{78}Ni роль тепловых эффектов оказывается еще более существенной. В частности, учет тепловой разблокировки гамов-теллеровских и запрещенных переходов на несколько порядков увеличивает скорости захвата электронов нейтронно-избыточными ядрами по сравнению с более ранними расчетами.

Dzhioev A. A., Vdovin A. I., Stoyanov Ch. Thermal Quasiparticle Random-Phase Approximation Calculations of Stellar Electron Capture Rates with the Skyrme Effective Interaction // Phys. Rev. C. 2019. V. 100. P. 025801.

Установлены точные законы больших чисел для двух аддитивных по времени величин в модели Raise and Peel — количества плиток, удаленных лавинами, и количества глобальных лавин, произошедших к данному моменту. Они подтверждают справедливость ги-

**Bogoliubov Laboratory
of Theoretical Physics**

We suggest a novel view on non-renormalizable interactions. It is based on the usual BPHZ R -operation which is equally applicable to any local QFT independently of whether it is renormalizable or not. As a playground we take the φ_D^4 theory in D dimensions for $D = 4, 6, 8, 10$ and consider the four-point scattering amplitude on shell. We derive the generalized RG equation and find the solution valid for any D that sums up the leading logarithms in all orders of PT in full analogy with the renormalizable case. It is found that the scattering amplitude in the φ_D^4 theory possesses the Landau pole at high energy for any D . We discuss the application of the proposed procedure to other non-renormalizable theories.

Kazakov D. I. RG Equations and High Energy Behaviour in Non-Renormalizable Theories // Phys. Lett. B. 2019. V. 797. P. 134801.

Electron captures on nuclei play an essential role during the collapse of a massive star leading to a type II supernova. Choosing ^{56}Fe and ^{78}Ni as examples, we

have performed illustrative electron capture calculations for hot iron-group and neutron-rich nuclei in stellar environments. To compute electron capture rates and cross sections, we have employed the self-consistent thermal quasiparticle random-phase approximation (TQRPA) with the Skyrme interaction. For ^{56}Fe , it is shown that for some temperature and density regimes the TQRPA rates exceed the shell-model rates due to violation of the Brink–Axel hypothesis within the TQRPA. For neutron-rich ^{78}Ni , the role of the thermal effects on the EC rates is even more substantial. In particular, it is shown that the inclusion of thermally unblocked Gamow–Teller and forbidden transitions enhances by several orders the rates in comparison with the values predicted by the earlier calculations.

Dzhioev A. A., Vdovin A. I., Stoyanov Ch. Thermal Quasiparticle Random-Phase Approximation Calculations of Stellar Electron Capture Rates with the Skyrme Effective Interaction // Phys. Rev. C. 2019. V. 100. P. 025801.

We establish the exact laws of large numbers for two time additive quantities in the Raise and Peel model, the number of tiles removed by avalanches and the number of global avalanches that happened by given time. The

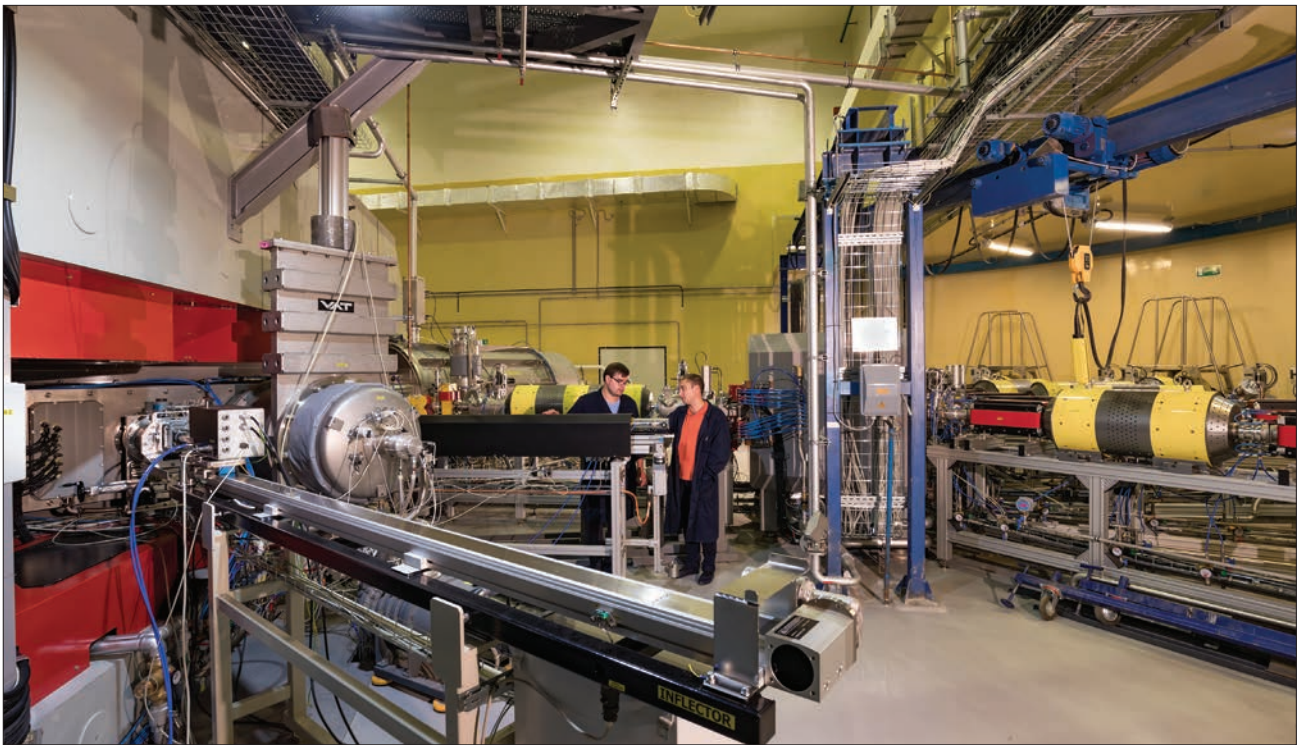
потез для соответствующих корреляционных функций в стационарном состоянии. Доказательство основано на методике T - Q -соотношений Бакстера, примененной к ассоциированной цепочке XXZ , и ее решении при $\Delta = -1/2$, полученном Фридкиным, Строгановым и Загьером.

Povolotsky A. M. Laws of Large Numbers in the Raise and Peel Model // *J. Stat. Mech.: Theory Exp.* 2019. No.074003. P. 1–22.

Рассмотрена модель Фридберга–Ли–Сирлина, минимально связанная с эйнштейновской гравитацией в четырехмерном пространстве-времени. Перенормируемая модель Фридберга–Ли–Сирлина включает два

взаимодействующих скалярных поля, при этом масса комплексного скалярного поля возникает в результате его взаимодействия с действительной компонентой, обладающей конечным вакуумным значением. Построено и исследовано новое семейство решений этой модели, описывающее гравитирующие аксиально-симметричные вращающиеся бозонные звезды. В пределе плоского пространства-времени эти решения связаны с соответствующими Q -шарами. При учете обычного условия синхронизации модель также допускает существование вращающихся черных дыр с двумя типами скалярных волос. Исследованы решения с положительной и отрицательной четностью и соответствующие типы черных дыр, их домен существования

Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова, август. Циклотрон ДЦ-280



The Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, August. The DC-280 cyclotron

validity of conjectures for the related stationary state correlation functions then follows. The proof is based on the technique of Baxter's T - Q equation applied to the associated XXZ chain and on its solution at $\Delta = -1/2$ obtained by Fridkin, Stroganov and Zagier.

Povolotsky A. M. Laws of Large Numbers in the Raise and Peel Model // *J. Stat. Mech.: Theory Exp.* 2019. No.074003. P. 1–22.

We consider the Friedberg–Lee–Sirlin model minimally coupled to Einstein gravity in four spacetime dimensions. The renormalizable Friedberg–Lee–Sirlin mod-

el consists of two interacting scalar fields, where the mass of the complex scalar field results from the interaction with the real scalar field which has a finite vacuum expectation value. We study a new family of self-gravitating axially symmetric, rotating boson stars in this model. In the flat space limit these boson stars tend to the corresponding Q -balls. Subject to the usual synchronization condition, the model admits spinning hairy black hole solutions with two different types of scalar hair. We investigate parity-even and parity-odd boson stars and their associated hairy black holes. We explore the domain of existence of the solutions and address some of their physical properties.

и физические свойства. Показано, что свойства решений имеют сходство с соответствующими бозонными звездами и решениями типа Керра с синхронизированными скалярными волосами в нелинейной $O(3)$ сигма-модели, связанной с эйнштейновской гравитацией, а также, в предельном случае, — с решениями теории Эйнштейна–Клейна–Гордона с однокомпонентным комплексным скалярным полем.

Kunz J., Perapechka I., Shnir Ya. Kerr Black Holes with Synchronised Scalar Hair and Boson Stars in the Einstein–Friedberg–Lee–Sirlin Model // JHEP. 2019. V.1907. P.109.

Kunz J., Perapechka I., Shnir Ya. Kerr Black Holes with Parity-Odd Scalar Hair // Phys. Rev. D. 2019. V.100. P.064032.

Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова

В рамках 8-й Международной конференции «Новые рубежи в физике» (ICNFP'2019) в Колимбари (остров Крит, Греция), проходившей 21–29 августа 2019 г., состоялось двухдневное рабочее совещание по физике экзотических ядер.

Совещание, собравшее около 40 участников из ведущих институтов России, США, Италии, Германии, Франции, Чехии и Польши, проводилось в рамках обсуждения стратегического плана развития ОИЯИ в области физики с пучками радиоактивных ионов (РИ) на семилетний период 2024–2030 и последующие

Колимбари (остров Крит, Греция), август. Участники рабочего совещания по физике экзотических ядер



Kolymbari (Crete, Greece), August. Participants of the Workshop on Physics of Exotic Nuclei

The solutions exhibit close similarity to the corresponding boson stars and Kerr black holes with synchronised scalar hair in the $O(3)$ -sigma model coupled to Einstein gravity and to the corresponding solutions in the Einstein–Klein–Gordon theory with a complex scalar field, where the latter are recovered in a limit.

Kunz J., Perapechka I., Shnir Ya. Kerr Black Holes with Synchronised Scalar Hair and Boson Stars in the Einstein–Friedberg–Lee–Sirlin Model // JHEP. 2019. V.1907. P.109.

Kunz J., Perapechka I., Shnir Ya. Kerr Black Holes with Parity-Odd Scalar Hair // Phys. Rev. D. 2019. V.100. P.064032.

Flerov Laboratory of Nuclear Reactions

The two-day Workshop on Physics of Exotic Nuclei was held in Kolymbari, Crete, Greece, as part of the 8th International Conference on New Frontiers in Physics (ICNFP 2019), 21–29 August 2019.

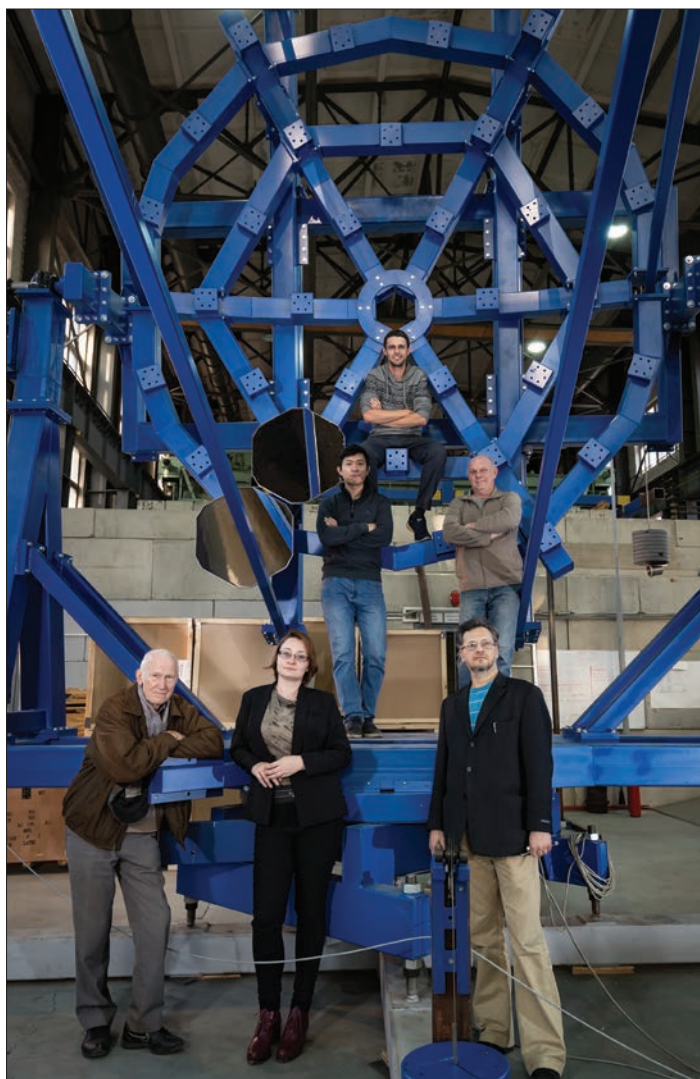
The event gathered nearly 40 participants from the leading research centres of Russia, USA, Italy, Germany, France, the Czech Republic and Poland, and was mainly devoted to the discussion of the Strategic Plan for the Development of JINR in physics with radioactive ion beams (RIBs) for the years 2024–2030 and onward. It

годы. Было отмечено, что обсуждаемая долгосрочная программа может включать создание сильноточного линейного ускорителя тяжелых ионов LINAC-100 с высокоэффективным фрагмент-сепаратором DFS для получения пучков РИ. Одной из основных целей создания такого ускорительного комплекса является изучение прямых ядерных реакций в диапазоне энергий 20–70 МэВ/нуклон на пучках РИ с интенсивностями, не уступающими мировым аналогам.

Изучение возможности сооружения данного ускорительного комплекса, включая технологические и финансовые аспекты, является целью ближайших нескольких лет. Главная задача сегодня — создание прототипа начальной части линейного ускорителя LINAC-100, включающего интенсивный ионный источник ЭЦР-типа на 14 ГГц (интенсивность ионов $^{14}\text{N}^{2+} \sim 1 \text{ eMA}$), транспортную линию пучка низкой энергии, а также секцию сильноточного ускорителя непрерывного действия с пространственно-однород-

ной квадрупольной фокусировкой (ПОКФ). Ионный источник ЭЦР-типа с частотой 28 ГГц, разрабатываемый в ЛЯР ОИЯИ, прежде всего в рамках развития фабрики сверхтяжелых элементов, также будет востребован при создании LINAC-100. Другой важнейшей задачей является разработка TDR для LINAC-100 и DFS.

На совещании обсуждалась также возможность долгосрочного развития LINAC-100 + DFS до комплекса уровня мегасайенс — DERICA (дубненский коллайдер электронов и радиоактивных ионов, <http://derica.jinr.ru/events.html>). В рамках проекта DERICA [1] предлагается реализовать постускорение РИ, включая ускорение и накопление в кольцах, что является основой для проведения уникальных исследований с пучками РИ в широком диапазоне энергий 5–300 МэВ/нуклон. Конечная цель проекта — развитие инфраструктуры электрон-ионного коллайдера для исследования электромагнитных формфакторов экзотических ядер. В ходе совещания было указано, что



Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Дзелепова, октябрь. Участники эксперимента TAIGA

The Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, October. The participants of the experiment TAIGA

was noted that the construction of the high-current linear accelerator of heavy ions LINAC-100 with the high-efficiency fragment separator DFS for the production of RIBs could also be included in the long-term programme under discussion. One of the primary goals of the construction of such an acceleration complex is the study of direct nuclear reactions in the energy range 20–70 MeV/nucleon using RIBs with the intensities not lower than those available today.

The study of the possibilities for the construction of the accelerator complex, which incorporates technological and financial aspects, is the main task to be accomplished within the next several years. The main task we are facing today is the development of a prototype for the first section of the LINAC-100 linear accelerator that includes an intensive 14-GHz ECR ion source ($^{14}\text{N}^{2+}$ ion intensity $\sim 1 \text{ eMA}$), a low-energy beam transportation line, and a section of the high-current accelerator with continuous wave radiofrequency quadrupole (CW RFQ). The 28-GHz ECR ion source designed at JINR FLNR as part of the development of the Factory of Superheavy Elements will also be in demand during the construction of

подробная научная программа проекта должна быть представлена в так называемой «белой книге».

1. Григоренко Л. В. и др. // УФН. 2019. Т. 189. С. 721–738.

Лаборатория информационных технологий

В работе, выполненной сотрудниками Лаборатории информационных технологий и Лаборатории теоретической физики, показано, что теория автомодельных приближений является мощным инструментом для описания фазовых переходов в квантовой теории поля. Автомодельные аппроксиманты представляют собой экстраполяцию асимптотических рядов по степеням малых переменных на их произвольные значения, в том числе стремящиеся к бесконечности. Подход иллюстрируется рассмотрением трех проблем: 1) влияния параметра связи на критическую температуру симметричной многокомпонентной теории поля $O(N)$; 2) расчета критических экспонент фазового перехода в симметричной теории поля $O(N)$; 3) оценки температуры деконфайнмента в квантовой хромодинамике. Полученные результаты хорошо согласуются с доступными численными расчетами, такими как расчеты по методу Монте-Карло, суммирование Паде-Бореля и решеточные данные.

Yukalov V.I., Yukalova E.P. Describing Phase Transitions in Field Theory by Self-Similar Approximants // Eur. Phys. J. Web Conf. 2019. V.204. P.02003.

В рамках соглашения о сотрудничестве между ОИЯИ и IKF (Франкфурт-на-Майне, Германия) в ЛИТ выполнена работа, в которой представлены данные сверхвысокого разрешения по полностью дифференциальным сечениям однократной ионизации гелия, вызванной ударом протонов с энергией 1 МэВ. По сравнению с ранее опубликованными данными исследуется другой режим кинематических условий с точки зрения передачи импульсов и энергий электронов. Эти данные сравниваются с другими теоретическими расчетами. Первое борновское приближение согласуется с экспериментом в кинематическом режиме рядом с порогом Бете, вдали от этой области рассчитанный бинарный пик смещается относительно экспериментальных данных. Чтобы решить данную задачу, мы анализируем несколько теоретических механизмов, выходящих за рамки обычной теории первого борновского приближения. Эти механизмы включают модель 3С (три кулоновские функции), эффективные заряды, T -матрицы вне оболочки вместо парных потенциалов и квазиклассическое взаимодействие после столкновения. Показано, что комбинация модели 3С с эффектом

LINAC-100. The development of TDR for LINAC-100 and DFS is another crucial task.

The long-term development of LINAC-100+DFS up to a mega-science complex DERICA (Dubna Electron Radioactive Isotope Collider fAcility, <http://derica.jinr.ru/events.html>) was also discussed at the workshop. Within the DERICA Project [1], RI post-acceleration is planned, including acceleration and storage in rings — all of these being the base for the unique RIB research in the wide energy ranges 5–300 MeV/nucleon. The ultimate goal of the project is the development of the electron–ion collider for the study of electromagnetic form factors of exotic nuclei. In the course of the workshop, it was noted that the detailed scientific programme of the project should be published in the so-called white book.

1. Grigorenko L.V. et al. // Adv. Phys. Sci. 2019. V.189. P.721–738.

Laboratory of Information Technologies

Self-similar approximation theory is shown to be a powerful tool for describing phase transitions in quantum field theory. Self-similar approximants present the

extrapolation of asymptotic series in powers of small variables to the arbitrary values of the latter, including the variables tending to infinity. The approach is illustrated by considering three problems: (i) the influence of the coupling parameter strength on the critical temperature of the $O(N)$ -symmetric multicomponent field theory; (ii) the calculation of critical exponents for the phase transition in the $O(N)$ -symmetric field theory; (iii) the evaluation of deconfinement temperature in quantum chromodynamics. The results are in good agreement with the available numerical calculations, such as Monte Carlo simulations, Padé–Borel summation, and lattice data.

Yukalov V.I., Yukalova E.P. Describing Phase Transitions in Field Theory by Self-Similar Approximants // Eur. Phys. J. Web Conf. 2019. V.204. P.02003.

In the framework of the cooperation agreement between JINR and IKF (Frankfurt am Main, Germany), the work which presents ultrahigh resolution data on fully differential cross sections for single ionization of helium induced by the 1 MeV proton impact has been performed at LIT. Compared with the previously published data, we study a different regime of kinematic conditions in terms

квазиклассического взаимодействия после столкновения может объяснить наблюдаемое расхождение.

Chuluunbaatar O. et al. Single Ionization of Helium by the Fast Proton Impact in Different Kinematic Regimes // Phys. Rev. A. 2019. V.99. P.062711.

Лаборатория радиационной биологии

В Лаборатории радиационной биологии (ЛРБ) разработан принципиально новый метод усиления биологической эффективности пучков протонов медицинского назначения и гамма-терапевтических установок. В экспериментах *in vitro* установлено, что при действии ионизирующих излучений на клетки человека в присутствии 1-β-D-арабинофуранозилцитозина (AraC) и гидроксимочевины — официальных препаратов, используемых в онкологической клинике, происходит трансформация одностранных разрывов ДНК в летальные двунитевые разрывы, что приводит к резкому возрастанию гибели клеток.

На основе полученных результатов группой специалистов ЛРБ и МРНЦ им. А. Ф. Цыба (Обнинск) были выполнены исследования эффективности предложенного метода при лечении меланомы. Трём группам животных (мышам линии C57BL) была привита

of momentum transfer and electron energies. These data are compared with different theoretical calculations. Reasonable agreement between the first Born approximation and the experiment is obtained in the kinematic regime close to the Bethe ridge. Far from this region, the calculated binary peak is shifted with respect to the experiment. In order to resolve this problem, we analyze several theoretical mechanisms beyond the customary first Born approximation theory. These mechanisms include a 3C model (three Coulomb functions), effective charges, off-shell pair *T* matrices instead of pair potentials, and semiclassical postcollision interaction. We find that a combination of the 3C model with a semiclassical postcollision interaction effect may explain the observed discrepancy.

Chuluunbaatar O. et al. Single Ionization of Helium by the Fast Proton Impact in Different Kinematic Regimes // Phys. Rev. A. 2019. V.99. P.062711.

Laboratory of Radiation Biology

At the Laboratory of Radiation Biology (LRB), a fundamentally new method has been developed to enhance the biological effectiveness of medical proton beams and

опухоль меланомы. В первой группе опухоль подвергалась облучению протонами в пике Брэгга с введением препарата AraC. Во второй группе животных было проведено аналогичное облучение опухоли, но без введения препарата. Третью группу составили контрольные животные, опухоль которых не подвергалась облучению. Все животные из данной группы погибли на 30-е сутки наблюдений. Вместе с тем на 40-е сутки наблюдений обе группы облученных животных сохра-



gamma-ray units. *In vitro* experiments have established that under the action of ionizing radiation on human cells in the presence of 1-β-D-arabinofuranosylcytosine (AraC) and hydroxyurea (HU) — official medications used in oncology practice, transformation of DNA single-strand breaks into lethal double-strand breaks occurs, which leads to a sharp increase in cell death.

Based on the obtained results, a group of specialists from the LRB and Tsyb Medical Radiology Research Centre (Obninsk) studied the efficiency of the proposed method in the treatment of melanoma. Three groups of animals (C57BL mice) were inoculated with a melanoma tumor. The first group was pre-treated with Ara-C and exposed to Bragg peak protons. The second group was similarly exposed without Ara-C pre-treatment. The third (control) group had not their tumor irradiated. All the control animals died on day 30. However, on day 40, both

нили жизнеспособность. При этом в группе с введением препарата размер опухоли был в 2,5–3 раза меньше, чем в группе, облученной без добавления АгаС.

Предложенный подход существенно повышает биологическую эффективность пучков протонов и гамма-терапевтических установок и значительно сближает области использования протонных и углеродных ускорителей для терапевтических целей. Получен патент № 2699670 на изобретение нового метода усиления радиационного воздействия на живые клетки.

Учебно-научный центр

Учебный процесс. В осеннем семестре 2019 г. к занятиям приступили 477 студентов из Армении, Казахстана и России.

460 студентов из вузов Армении, Белоруссии, Казахстана, Кубы, России, Сербии, Украины прошли в ОИЯИ летние учебные и производственные практики. Наибольшее количество студентов, 265 человек, были направлены на практику университетом «Дубна», 49 студентов — из МГУ, 36 — из МФТИ, 21 — из МИФИ, 20 — из вузов Томска.

На базовой кафедре ОИЯИ ядерно-физического материаловедения Института физики Казанского фе-

дерального университета, созданной два года назад, состоялся первый выпуск магистров.

Международная летняя студенческая практика 2019 г. Во 2-м этапе практики с 8 июля принимали участие 66 студентов из Азербайджана, Болгарии, Польши, Румынии, Словакии и Чехии. 22 студента из Белоруссии, Сербии, Кубы, Чили и ЮАР стали участниками 3-го этапа практики, проходившего с 9 сентября.

По сложившейся традиции первые дни практик были посвящены знакомству с ОИЯИ и направлениями исследований лабораторий Института. Студенты прослушали лекции и совершили экскурсии в лаборатории.

В течение трех недель практиканты выполняли учебно-исследовательские проекты в лабораториях. Для студентов 2-го этапа было подготовлено 63 проекта, из которых практиканты работали над 30. Наибольшее количество участников, 18 человек, работали над проектами в ЛЯР, 16 студентов — в ЛФВЭ, 11 — в ЛНФ. Студенты 3-го этапа из 37 проектов выбрали 13, семь человек выполняли проекты в ЛНФ. Отчетам о выполненной работе были посвящены заключительные дни практики.

irradiated groups were alive, the tumor size being smaller by a factor of 2.5–3 in the group exposed in the presence of Ara-C than in the group exposed without Ara-C pre-treatment.

The method largely increases the biological effectiveness of therapeutic proton beams and gamma-ray facilities and brings the areas of the therapeutic use of proton and carbon ion accelerators significantly closer to each other. Patent No. 2699670 has been obtained for a new method of enhancing the radiation effect on living cells.

University Centre

Education. In September 2019, 477 students from Armenia, Kazakhstan, and Russia started their studies at the JINR-based departments.

In total, 460 students from Armenia, Belarus, Cuba, Kazakhstan, Serbia, Russia, and Ukraine did their summer internship and training at JINR. The majority (265 students) were sent to JINR by the Dubna State University, 49 by the Moscow State University, 36 by the Moscow Institute of Physics and Technology, 21 by the Moscow

Engineering Physics Institute, and 20 students came from different universities of Tomsk.

Established two years ago, the JINR-based Department of Nuclear Physics Materials Science of the Institute of Physics of the Kazan Federal University has celebrated the first graduation of its Master students.

International Student Practice 2019. From 8 July, 66 students from Azerbaijan, Bulgaria, the Czech Republic, Poland, Romania, and Slovakia took part in Stage 2 of the International Student Practice. From 9 September, 22 students from Belarus, Chile, Cuba, RSA, and Serbia came to Dubna to participate in Stage 3 of ISP.

Traditionally, during the first days of the Practice the participants were acquainted with the main fields of research conducted at JINR by visiting the Institute laboratories. Students attended the introductory lectures and had excursion to the laboratories.

For three weeks of the Practice, the participants worked on the research projects at the JINR laboratories. There were 63 projects available at Stage 2, out of which 30 were chosen by the participants. The majority of participants (18 students) selected projects at FLNR, 16 students

Летняя школа «Физика. Математика. Информатика». 23 учителя и почти 100 школьников из Белоруссии, России, Казахстана и Украины стали участниками традиционной Летней школы «Физика. Математика. Информатика». В 2019 г. соорганизатором школы для учителей в ОИЯИ стал государственный университет «Дубна». Отбор учителей физики, математики и информатики проходил по результатам рассмотрения заявочных анкет через сайт УНЦ teachers.jinr.ru, конкурс для учащихся проводился университетом «Дубна».

Обновленная и расширенная программа для учителей включала научно-популярные лекции ведущих специалистов ОИЯИ, посещение экспериментальных установок и лабораторий Института, дискуссии и круглые столы по проблемам школьного образования, обмен опытом преподавания. Большой интерес вызвала презентация учебника для учащихся 10–11-х классов «Ядерная физика», выпущенного издательством «Просвещение». Авторами учебника являются сотрудники отдела разработки и создания образовательных программ УНЦ, специалисты резидента ОЭЗ «Дубна» компании «ИнтерГрафика» и НИЯУ МИФИ.

Школьники занимались в лабораторном практикуме по физике, в мастер-классах по программи-

рованию, решали олимпиадные задачи, выполняли учебно-исследовательские проекты, слушали лекции. Ребята посетили лаборатории ОИЯИ, увидели своими глазами, как воплощаются в жизнь крупнейшие научные проекты мирового масштаба.

Свободное от занятий время участники школы посвящали спортивным и творческим мероприятиям, совершали экскурсии по городу.

Организаторы и партнеры Летней школы: ОИЯИ, ЦЕРН, государственный университет «Дубна», ОКБ «Аэрокосмические системы», АО «ПКК Миландр», АО «НПК „Дедал“», АО «ПРОМТЕХ-Дубна». Генеральный партнер школы — Яндекс, официальный информационный партнер — телеканал «360».

Международная компьютерная школа 2019 г. 31-я Международная компьютерная школа им. В. Волочитина и Е. Ширковой (МКШ-2019), организованная при поддержке и участии Учебно-научного центра ОИЯИ, проходила в Дубне с 3 по 17 августа. Школьники выполняли учебно-исследовательские проекты, слушали общеобразовательные научные лекции. В программу входили также интеллектуальные соревнования, а в свободное время — кинозал, настольные игры и многое другое. В МКШ-2019 уча-



Дубна, 8–26 июля. Студенты из Азербайджана, Болгарии, Польши, Румынии, Словакии и Чехии — участники международной практики на экскурсии в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина

Dubna, 8–26 July. Students from Azerbaijan, Bulgaria, the Czech Republic, Poland, Romania, and Slovakia — participants of the International Practice on an excursion to the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics



Дубна, 17 сентября. «Международное утро» — неформальное мероприятие в рамках студенческих практик Учебно-научного центра ОИЯИ

Dubna, 17 September. The “International Morning” is an informal event held as part of student practices of the JINR University Centre

did their research at VBLHEP, and 11 students worked on the projects at FLNP. The participants of Stage 3 selected 13 projects out of 37 available, among which seven projects were carried out at FLNP. The final day of each stage of the Practice was devoted to the presentation of reports on the research conducted.

Summer School “Physics. Mathematics. Informatics”. Twenty-three school physics teachers and almost 100 school students from Belarus, Kazakhstan, Russia, and Ukraine took part in the traditional Summer School “Physics. Mathematics. Informatics”. In 2019, the JINR Summer School for Physics Teachers was organized jointly with the Dubna State University. The teachers of physics, mathematics and informatics were selected based on the applications that they had submitted on the website teachers.jinr.ru; school students were selected by Dubna University.

The updated and extended programme for the teachers included popular science lectures given by the leading specialists of JINR, visits to the experimental facilities and the laboratories of JINR, workshops and discussion sessions on the exchange of teaching experience and problems of school education. Great interest was provoked by the presentation of a new course book for high-school students (10 and 11 grades) “Nuclear Physics” published by “Prosveshchenie”. The course book was written by the

staff members of the UC Department of Development of Educational Programmes together with the specialists of “InterGraphics LLC” (Special Economic Zone “Dubna”), and MEPhI.

The school students had hands-on trainings in physics, programming master classes, solved olympiad tasks, did research projects, and listened to lectures. The participants visited the JINR laboratories, saw with their own eyes how the large-scale international scientific projects were being implemented.

The leisure time was devoted to sports and creative activities, and tours around the city.

The Summer School was organized and supported jointly by JINR, CERN, Dubna State University, the Experimental Design Bureau “Aerospace Systems”, “Milandr, Inc”, LLC “RPC Dedal”, LLC “PROMTECH-Dubna.” The general partner of the School was Yandex. TV Channel 360° was the official media partner.

International Computer School 2019. The 31st International Computer School named after V. Volokitin and E. Shirkova organized with the support of the JINR UC was held in Dubna on 3–17 August. The School students worked on research projects and attended scientific lectures. The event programme also included task solving competitions, whereas the leisure time was devoted to the cinema and board games. The School was attended by

ствовали 45 слушателей от 7 до 16 лет из России, США и Черногории.

Группа социальных коммуникаций УНЦ. Сотрудники группы социальных коммуникаций, созданной в УНЦ, занимаются популяризацией науки, ведут просветительскую деятельность. В июне они представляли достижения ОИЯИ на фестивале науки, технологий и искусства «Geek Picnic» в Санкт-Петербурге, в июле приняли участие в 11-й Всемирной конференции научных журналистов (WCSJ) в Лозанне, участвовали в организации и проведении мастерской физики «105-й элемент» в рамках образовательного проекта «Летняя школа».

Визиты. В начале июля старшеклассники и преподаватели из Чешской Республики знакомились с ОИЯИ. Участниками четырехдневного визита стали 17 победителей физической олимпиады и тестирования по исследованиям, которые проводятся в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Гости побывали в Музее истории науки и техники ОИЯИ, познакомились с направлениями исследований в лабораториях Института. В УНЦ ребята занимались в школьном физическом практикуме, а также в виртуальных

лабораториях, подготовленных отделом разработки и создания образовательных программ УНЦ.

Повышение квалификации. На языковых курсах в УНЦ занимается 160 сотрудников ОИЯИ. В группах английского языка — 115 человек, французского и немецкого — по 18, в группах русского языка — 9 иностранных специалистов.

19 июня организовано обучение по пожарно-техническому минимуму и аттестация центральной квалификационной комиссией Института 23 руководителей структурных подразделений ОИЯИ.

45 participants aged 7–16 from Montenegro, the Russian Federation, and the USA.

JINR UC Social Communication Group. The Social Communication Group (SCG) established at the JINR University Centre is engaged in the popularization of science and deals with scientific outreach. In June, SCG enabled the participation of JINR in the “Geek Picnic”, the Festival of Science, Technologies and Art, which took place in Saint Petersburg. In July, the SCG staff members took part in the 11th World Conference of Science Journalists in Lausanne. They also contributed to and were involved in the organization of the physics workshop “Element 105” in the framework of the educational project “Summer School.”

Visits. At the beginning of July, JINR welcomed high-school students and teachers from the Czech Republic. The participants of this four-day visit were 17 winners of the physics olympiads and testing in the fields of research carried out at FLNR. The guests visited the Museum of History of Science and Technology of JINR, learned about the research conducted at the laboratories of the Institute.

At the University Centre, the students had a hands-on in the UC Physics Lab, as well as in the virtual laboratories prepared by the UC Department of Development of Educational Programmes.

Skill Improvement. 160 JINR employees were enrolled in the UC language courses: English — 115 students, French and German — 18 listeners in each, Russian — 9 foreign specialists.

On 19 June, a training in the basics of fire safety and certification by the Central Qualification Commission of the Institute were organized for 23 managers of JINR units.

И. А. Голутвин, А. В. Зарубин, С. В. Шматов

Участие ОИЯИ в проекте CMS

В конце 2018 г. был завершён второй сеанс (Run 2) на Большом адронном коллайдере, длившийся три года, при энергии столкновений пучков 13 ТэВ в с.с.м. в условиях светимости до $2,1 \cdot 10^{34} \text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$. В эксперименте CMS были получены важнейшие результаты по изучению свойств бозона Хиггса, прецизионным измерениям процессов Стандартной модели взаимодействий (СМ) и проверке ее предсказаний, включая редкие распады наподобие распадов бозона Хиггса или B -мезонов на пару мюонов, по поиску сигналов «новой» физики за пределами СМ [1]. Особо интересно отметить наблюдение эффекта «бегущей» массы топ-кварка, предсказанного СМ, распады бозона Хиггса на пары c - и b -кварков, а также обнаружение совместного рождения одиночного t -кварка и Z -бозона.

В ходе обработки и анализа данных LHC Run 2 с начальной статистикой, соответствующей интегральной светимости (L_{int}) до 36 фб^{-1} , в каналах с парой мюонов и множественным рождением жестких частиц

физиками ОИЯИ были получены новые экспериментальные ограничения на ряд моделей новой физики и проведена проверка предсказаний СМ. Анализ данных с $L_{\text{int}} = 140 \text{ фб}^{-1}$ также уже почти завершён, результаты в стадии утверждения коллаборацией.

Приоритетным направлением исследований группы ОИЯИ в CMS является поиск новых тяжелых резонансов, предсказываемых многими теоретическими моделями, в частности моделями с расширенным калибровочным сектором, содержащим дополнительные калибровочные бозоны (Z' со спином 1), сценариями низкоэнергетической гравитации (массивные калюца-клейновские моды гравитона — частицы со спином 2) и моделями с кандидатами в темную материю (переносчики взаимодействия между темной и видимой материей, частицы со спином 0 или 1).

Комбинированный анализ рождения мюонных и электронных пар позволил установить нижние пределы на массы предсказываемых резонансов [2]. На рис. 1, слева приведены зависимости сечений рожде-

I. A. Golutvin, A. V. Zarubin, S. V. Shmatov

JINR Participation in the CMS Project

The second run of the Large Hadron Collider (LHC Run 2) was completed at the end of 2018. It lasted about three years at a collision energy of 13 TeV with luminosity up to $2.1 \cdot 10^{34} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

The CMS experiment obtained many pioneering results, among which the most important are: studying the properties of the Higgs boson, precision measurements of the Standard Model (SM) predictions, including rare decays of the Higgs boson or B mesons into a pair of muons, searches for signals of new physics beyond the SM [1]. Of special note are studies when CMS physicists have investigated an effect called the “running” of the top quark mass, a fundamental quantum effect predicted by the Standard Model, as well as a direct search for a Higgs boson decaying into charm and bottom quarks and observation of single top quark production together with a Z boson.

The JINR physicists have concentrated on the analysis of physics processes with pair of muons in the final states and multiple production of hard particles. They obtained new experimental limits on a number of models of new physics. The data of the LHC Run 2 with initial statistics, corresponding to an integrated luminosity (L_{int}) up to 36 fb^{-1} , were used for these studies. A measurement and detailed study of the characteristics of the lepton pairs production in the Drell–Yan process were also carried out. The analysis based on data with $L_{\text{int}} = 140 \text{ fb}^{-1}$ is also almost completed, but these results are in the stage of approval by the collaboration. Besides, it is important to note that some work was continued to complete the analysis of data from the previous LHC Run 1 (2010–2012), which took place at an energy of 7–8 TeV.

Searches for new heavy resonances predicted by different theoretical models are a priority of the JINR group.

Рис. 1. Слева: верхний предел (95% C.L.) на сечение рождения пар лептонов, нормированное на сечение рождения Z -бозона, для резонанса со спином 1. Приведены теоретические сечения для модели SSM и для калибровочной модели Z'_ψ [2]. Справа: верхний предел (95% C.L.) на значения масс частицы темной материи (дираковского фермиона) в зависимости от массы переносчика взаимодействий между СМ и ТМ, в упрощенной эффективной модели для векторного переносчика взаимодействий [2]. Направление штриховки на линиях показывает исключенные области значений

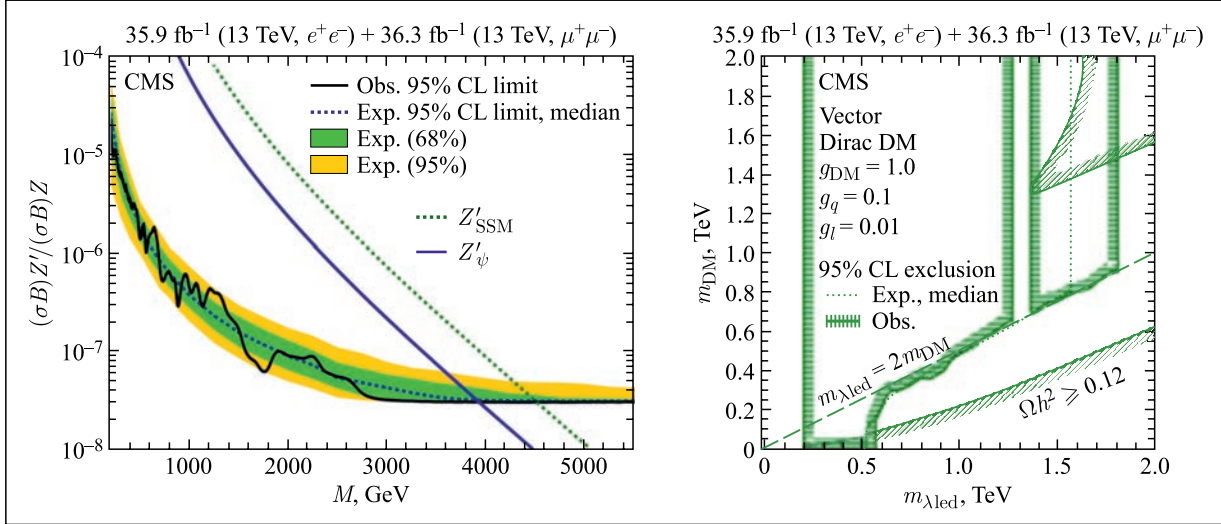


Fig. 1. Left: the upper limits at 95% CL on the product of production cross section and branching fraction for a spin-1 resonance, relative to the product of production cross section and branching fraction of a Z boson, for the combination of dielectron and dimuon channels [2]. Theoretical predictions for the spin-1 Z'_{SSM} and Z'_ψ are shown for comparison. Right: limits at 95% CL for the masses of the DM particle, which is assumed to be Dirac fermion, and its associated mediator, in a simplified model of DM production via a vector mediator [2]. The lines with the hatching represent the excluded regions

Among them are the new gauge bosons Z' with a spin 1, which arises in the models with extended gauge sector, massive Kaluza–Klein spin-2 graviton states from scenarios of low energy gravity (the Randall–Sundrum model of extra dimensions, RS1), and high-mass dark matter mediators with spin 1 or 2.

A combined analysis has been performed for new high-mass resonances decaying into electron or muon pairs [2]. Observations are in agreement with Standard Model expectations. Upper limits on the product of a new spin-1 and spin-2 resonance production cross section and branching fraction to dileptons are calculated in a model-independent manner (Fig. 1, left). The limits are expressed as a function of R_σ , which is the ratio of the cross section for dilepton production via a new boson to the measured cross section for dilepton production via the Z boson in the mass window 60–120 GeV. Expressing the limits as a ratio reduces the dependency on the theoretical prediction of the Z boson cross section as well as the correlated experimental uncertainties. For the Z'_{SSM} (Z'_ψ) particle, which arises in the sequential Standard Model (superstring-inspired model), a lower mass limit of 4.5 (3.9) TeV is set at 95% confidence level (Fig. 1, left). These limits extend the previous ones from CMS by 1.1 TeV in both models. Limits for other models with charged lepton pair production via

a Z' vector boson can, in the narrow-width approximation, be obtained by recasting the combined upper limit at 95% CL discussed above. Commonly considered models are the generalized sequential model (GSM), containing the Z'_{SSM} boson that has SM-like couplings to SM fermions; GUT models based on the E_6 gauge group, containing the Z'_ψ boson; and high-mass neutral bosons of the left (L)-right (R) symmetric extensions of the SM based on the $SU(2)_L \otimes SU(2)_R \otimes U(1)_{B-L}$ gauge group, where $B-L$ refers to the difference between baryon and lepton numbers. The lightest Kaluza–Klein graviton arising in the RS1 models, with coupling parameters κ/M_{5D} of 0.01, 0.05, and 0.10, is excluded at 95% confidence level below 2.10, 3.65, and 4.25 TeV, respectively (κ is the warp factor of the five-dimensional anti-de Sitter space and M_{5D} is the reduced Planck mass) [2]. Thus, the CMS experiment has made significant progress in the field of measured invariant masses of muon pairs and has established new limits compared to previous measurements at the LHC.

The results are also interpreted in the context of a simplified model with a DM particle that has sizeable interactions with SM fermions through an additional spin-1 high-mass particle mediating the SM–DM interaction. In the simplified model under consideration, only one DM particle exists, which is assumed to be a Dirac fermion.

ния новых резонансов со спином 1 и 2, с учетом вероятности их распада на пару лептонов, от инвариантной массы лептонов. Для уменьшения влияния систематических эффектов сечения нормированы на сечение рождения Z -бозона СМ. Для расширенного калибровочного сектора с константами связи с материей, равными константам связи Z -бозона в СМ (SSM), значения масс новых нейтральных калибровочных бозонов Z_{SSM} были исключены с 95%-м уровнем достоверности вплоть до 4,5 ТэВ, а для Z'_ψ калибровочной модели, обусловленной суперструнной теорией, — до 3,9 ТэВ. В рамках приближения узкого резонанса с помощью реинтерпретации данных также были получены ограничения на массы других дополнительных векторных бозонов — в моделях с цепочками последовательных нарушений симметрии с группой E_6 , в классе моделей Generalized Sequential Model (GSM) и моделей с лево-правой симметрией (LRM), основанных на расширенной калибровочной группе $SU(2)_L \otimes SU(2)_R \otimes U(1)_{B-L}$ (где B и L — соответственно барионное и лептонное число). С использованием того же наблюдаемого канала с парой конечных лептонов были определены минимально возможные значения массы первого калуца-клейновского возбуждения гравитона $G_{KK}^{(1)}$ в модели с дополнительными изме-

рениями Рэндалл–Сандрума, тип 1 (RS1) — 2,10, 3,65 и 4,25 ТэВ для константы связи $c = 0,01, 0,05$ и $0,10$ (где c определяется как отношение κ/M_{5D} , κ — кривизна пространства анти-де-Ситтера, а M_{5D} — пятимерный планковский масштаб) [2]. Таким образом, коллаборация CMS существенно продвинулась в области измеренных инвариантных масс пар мюонов и установила новые ограничения по сравнению со своими предыдущими измерениями на LHC.

Результаты по поиску новых тяжелых дилептонных резонансов были впервые проинтерпретированы в рамках эффективной модели взаимодействия СМ и скрытого сектора темной материи. Получены пределы на массы частиц темной материи и переносчиков взаимодействия из видимого в скрытый сектор для вариантов векторного (рис. 1, справа) и аксиально-векторного переносчика. В 2019 г. завершен очередной цикл исследований на данных LHC Run 2 сигналов нерезонансного типа в дилептонном канале, которые позволили установить ограничения на параметры широкого ряда физических сценариев за рамками СМ, предсказывающих отклонения от СМ. В частности, для моделей контактных взаимодействий установлен нижний предел на характерный масштаб взаимодействий Λ , который составил 20–32 ТэВ. Также в моде-

Limits at 95% confidence level on the masses of the dark matter particle and its mediator are presented for two cases with different sets of benchmark coupling values, i.e., dark matter production via a vector (Fig. 1, right) or axial vector mediator.

A search for non-resonant excesses in the invariant mass spectra of electron and muon pairs has also been completed in 2019 [3]. No significant deviation from the Standard Model is observed. Limits are set at 95% confidence level on energy scales for two general classes of non-resonant models. For a class of fermion contact interaction models, lower limits ranging from 20 to 32 TeV are set on the characteristic compositeness scale Λ . For the Arkani-Hamed–Dimopoulos–Dvali model of large extra dimensions, the first results in the dilepton final state at 13 TeV are reported, and values of the ultraviolet cutoff parameter Λ_T below 6.1–9.3 TeV are excluded [3].

Being based on Run 2 data, the CMS performed important tests of the perturbative framework of the SM. In particular, JINR group contributed to a precision measurement of the differential cross section for the Drell–Yan process at 13 TeV [4]. The total cross section is measured as a function of dilepton invariant mass in the range 15 to

2000 GeV, and compared with the perturbative predictions of the SM (Fig. 2, left). The measured differential cross sections are in good agreement with the theoretical calculations.

An additional analysis aimed to search for new physics, closely related to the study of the “pure” dilepton channel and, in a sense, its extension, is devoted to the search for light resonances in the final state with two muons of the opposite sign accompanied by at least one jet from the b quark. The cross section of the associated production with bottom quarks of a new light boson (scalar or vector), times the dimuon branching fraction of its decay, can be large in proton–proton collisions at the LHC, e.g., in 2HDM or in some Z' models. This analysis [5] is based on data from proton–proton collisions at center-of-mass energies of 8 and 13 TeV, collected with the CMS detector at the LHC and corresponding to integrated luminosities of 19.7 and 35.9 fb⁻¹, respectively. An excess of events above the background near a dimuon mass of 28 GeV is observed in the 8 TeV data, corresponding to local significances of 4.2 and 2.9 standard deviations for the different categories, respectively. A similar analysis conducted with the 13 TeV data results in a mild excess over the background in the

ли с плоскими дополнительными измерениями ADD (Arkani-Hamed–Dimopoulos–Dvali) значения фундаментального многомерного планковского масштаба были исключены ниже 6,1–9,3 ТэВ в зависимости от числа дополнительных измерений (от 2 до 7 соответственно) [3].

Также в 2018–2019 гг. были осуществлены публикации первых результатов прецизионных тестов СМ, проведенных с помощью изучения численных характеристик рождения пар лептонов в процессе Дрелла–Яна при энергии 13 ТэВ в с. с. м. [4]. Было измерено дифференциальное сечение парного рождения лептонов $d\sigma/dM$ (M — инвариантная масса пары лептонов) в диапазоне от 15 до 2000 ГэВ (рис. 2, слева) и продемонстрировано хорошее согласие полученных результатов с предсказаниями СМ в первом и во втором порядках теории возмущения (NLO и NNLO). Дополнительный анализ возможных проявлений новой физики, близко связанный с изучением «чистого» дилептонного канала и являющийся в каком-то смысле его расширением, посвящен поиску легких резонансов в финальном наблюдаемом состоянии с двумя мюонами противоположного знака в сопровождении минимум одной

струи от b -кварка и с дополнительными улучшающими точность реконструкции струями в двух различных категориях. При анализе данных, набранных CMS при энергии 8 ТэВ ($L_{\text{int}} \approx 20 \text{ fb}^{-1}$), было обнаружено превышение числа событий в области масс около 28 ГэВ по сравнению с ожиданиями СМ на уровне около 4 стандартных отклонений. Однако первые данные при 13 ТэВ не подтвердили это наблюдение — превышение составило только 2 стандартных отклонения в одной категории событий, а во второй наблюдался недостаток событий вместо избытка [5]. Для проверки этих результатов и окончательных выводов необходима обработка экспериментальных данных по полной набранной статистике Run 2.

Физики ОИЯИ активно участвуют в формировании программы исследований и в получении результатов для физических анализов, связанных с изучением процессов множественного рождения жестких частиц. Отклонение от предсказаний СМ в этом канале может служить признаком различных процессов новой физики, таких как рождение и распад микроскопических черных дыр (МЧД) в моделях низкоэнергетической многомерной гравитации (область ответственности

Рис. 2. Слева: дифференциальное сечение $d\sigma/dM$ рождения пар лептонов в процессе Дрелла–Яна [4]. Справа: зависимость ограничений на минимальную массу квазиклассических МЧД от величины фундаментального планковского масштаба M_D для различных модельных сценариев и числа дополнительных измерений n [6]

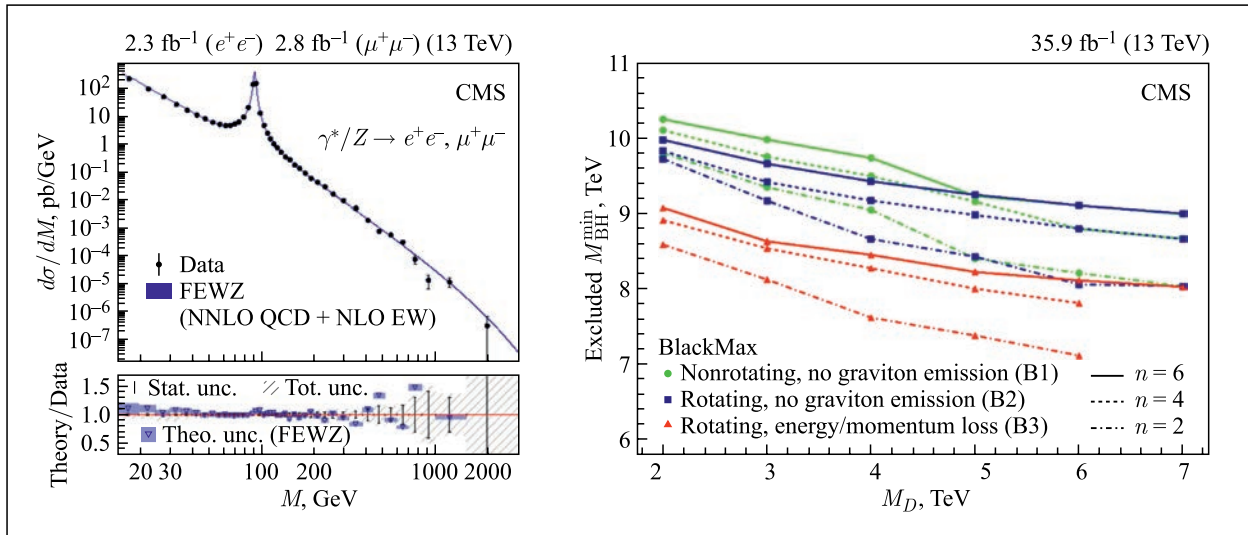


Fig. 2. Left: the differential DY cross section measured for the combination of the two channels and as predicted by the NNLO theoretical calculation of FEWZ in the full phase space [4]. Right: the observed 95% CL lower limits on $M_{\text{BH}}^{\text{min}}$ as a function of fundamental Planck scale M_D at different number of extra dimensions n for the different models [6]

first event category corresponding to a local significance of 2.0 standard deviations, while the second category results in a 1.4 standard deviation deficit [5]. To verify these results and final conclusions, it is necessary to analyze experimental data on the full Run 2 statistics.

JINR physicists actively participate in the preparation of a research programme and in obtaining results for studies of the processes of multiple production of hard particles, which are another important test of SM. Deviation from SM predictions in a multi-jet channel can be a sign of

группы ОИЯИ), каскадные процессы суперсимметрии, рождение и распад лептокварков и пр. Анализ множественного рождения жестких частиц был выполнен на основе экспериментальных данных CMS, набранных в 2015–2016 гг. с интегральной светимостью $35,9 \text{ fb}^{-1}$ [6]. Впервые были получены модельно-независимые пределы (95% C.L.) на сечения рождения жестких частиц с множественностью до $N \geq 11$ в области значений полной поперечной энергии в событии S_T от 1,5 до 8,0 ТэВ. При максимальных значениях S_T величина верхних границ сечений составляет 0,08 фб. Результаты экспериментальных измерений совпадают с предсказаниями СМ. На основании предсказаний теоретических сценариев многомерной низкоэнергетической гравитации (RS1 и ADD) были получены новые экспериментальные ограничения на минимальную допустимую массу квазиклассических и квантовых МЧД в зависимости от значения фундаментального многомерного масштаба гравитации M_D и числа дополнительных измерений n . Нижний порог на массу квазиклассической МЧД составляет 7,2–10,1 ТэВ в зависимости от различных механизмов образования и эволюции этого объекта сильнодействующей гравитации (см. рис. 2, справа). Полученные результаты значительно расширяют ограничения на соответствующие

параметры этих моделей, установленные на основе данных Run 1.

При проведении Run 2 для бесперебойного набора данных была обеспечена надежная работа внутренних торцевых детекторных систем в рамках ответственности ОИЯИ — торцевого адронного калориметра HE и передней мюонной станции ME1/1, проводился постоянный контроль их технических характеристик.

Важным этапом эксперимента CMS является плановая модернизация детекторных систем для обеспечения эффективной работы всех систем в условиях высокой светимости (более $10^{34} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) в протон-протонных соударениях при полной энергии ЛHC. Эта фаза модернизации была начата во время первой длительной остановки ЛHC (Long Stop 1) в 2013–2015 гг. и продолжена во время второй длительной остановки (Long Stop 2), которая закончится в 2020 г. Физики ОИЯИ продолжают активно участвовать в работах по модернизации торцевой адронной калориметрии и торцевой мюонной системы.

Одновременно с этим группа ОИЯИ активно участвует в научно-методических исследованиях (R&D) по модернизации установки CMS для работы в условиях высокой светимости HL-LHC. Основное направление работ сосредоточено на оптимизации кон-

various specific processes of new physics: production and decay of microscopic black holes (MBH) from low-energy multidimensional gravity models (the responsibility of the JINR group) or leptokuarks, cascade supersymmetry processes, etc. The data sample corresponding to an integrated luminosity of 35.9 fb^{-1} collected with the CMS experiment in 2015–2016 has been used in energetic, high-multiplicity final states to search for evidence of physics beyond the Standard Model, such as black holes and string balls [6]. Model-independent 95% confidence level upper limits are set on the production cross section and acceptance for such final states, as a function of the minimum total transverse energy S_T up to 8 TeV for minimum final-state multiplicities between 3 and 11. These limits reach 0.08 fb at high S_T thresholds. By calculating the acceptance values for benchmark black hole and string ball signal models, these model-independent limits have been converted into lower limits on the minimum semiclassical MBH mass and string ball mass. The limits extend as high as 10.1 TeV (Fig. 2, right), thus improving significantly on previous results of Run 1.

To provide uninterrupted data taking during LHC Run 2, reliable operation of the CMS inner endcap detec-

tors was provided, where RDMS bears full responsibility on Endcap Hadron Calorimeters (HE) and First Forward Muon Stations (ME1/1). A data quality monitoring has been performed to allow one to interrogate and to analyze collected data. Studies of the detector performance were also performed.

A very important phase of the CMS experiment is scheduled to upgrade the detector systems to facilitate an effective operation of subsystems at high luminosity of more than $10^{34} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ in pp collisions at the nominal LHC energy. This phase was launched at the beginning of the LHC Long Stop in 2013–2015 (LS1) and is continued during the second LHC Long Stop (LS2) which will be completed in 2020. The experts from JINR continue to participate actively within JINR responsibilities for muon stations and endcap calorimetry.

In parallel, JINR group has been actively involved in R&D for the CMS Phase 2 Upgrade for operation at very high luminosities at HL-LHC. The main task was optimization of configuration and construction of the prototype of the module for the endcap hadron calorimeter to facilitate operation at 3000 fb^{-1} of integrated luminosity.

фигурации и создании прототипа модуля торцевого адронного калориметра для работы при интегральной светимости до 3000 фб^{-1} .

Физики ОИЯИ вносят определяющий вклад в анализ физических данных первого (2010–2012 гг.) и второго (2015–2018 гг.) циклов работы LHC: только за 2017–2019 гг. подготовлено 8 публикаций коллаборации CMS в рецензируемых научных журналах, а также работы (ноты) коллаборации (17 работ), статьи в журналах (9 работ), материалы международных научных мероприятий и др. (всего 35 работ). Полный список публикаций коллаборации CMS за данный период, в том числе с участием представителей ОИЯИ, включает 346 научных работ. За последние годы в рамках научной деятельности по теме были проведены международное рабочее совещание коллаборации CMS по развитию программы физических исследований и модернизации экспериментального комплекса для работы при условиях большой светимости LHC (Варна, 2017 г.) и международная конференция коллаборации RDMS CMS (Ташкент, 2018 г.). Также на постоянной основе действует общепитетский семинар «Физика на LHC» (<http://rdms.jinr.ru/>).

JINR physicists play a crucial role in physics analyses of the data of the LHC Run 1 (2010–2012) and LHC Run 2 (2015–2018): within last three years alone, the eight CMS public papers were published in scientific journals, 17 CMS notes on physics analysis and CMS operation and upgrade works for the CMS calorimeter system for high luminosity regime of LHC and number of papers with CMS results review and future physics with 13 TeV Run and proceedings (35 papers in a total) were prepared. The total list of publications by JINR scientists within the CMS collaboration includes 346 papers. In recent years the 2nd CMS workshop “Perspectives on Physics and on CMS at HL-LHC” (Varna, 2017) and the 20th Annual RDMS CMS Collaboration Conference (Tashkent, 2018) were held. The joint RDMS seminar “Physics at the LHC” also works permanently (<http://rdms.jinr.ru/>).

Список литературы / References

1. Голутвин И. А., Шматов С. В. Результаты и перспективы исследований эксперимента CMS на LHC // ЭЧАЯ. 2017. Т. 48, № 5. С. 604–616 / *Golutvin I. A., Shmatov S. V.* CMS Experiment at the LHC: Results and Outlooks // *Phys. Part. Nucl.* 2017. V. 48, No. 5. P. 720–726;
Шматов С. В. Некоторые результаты эксперимента CMS на LHC по поиску физики за рамками Стандартной модели // ЭЧАЯ. 2018. Т. 49, № 4. С. 1291–1301 / *Shmatov S. V.* Highlights of Searches for Physics beyond the Standard Model in the CMS Experiment at the LHC // *Phys. Part. Nucl.* 2018. V. 49, No. 4. P. 735–740;
Шматов С. В. Изучение физики Стандартной модели в эксперименте CMS на LHC // ЭЧАЯ. 2017. Т. 48, № 5. С. 701–709 / *Shmatov S. V.* Probing the Standard Model Physics in the CMS Experiment // *Phys. Part. Nucl.* 2017. V. 48, No. 5. P. 796–800;
2. *CMS Collab.* Search for High-Mass Resonances in Dilepton Final States in Proton–Proton Collisions at 13 TeV // *JHEP.* 2018. V. 06. P. 120; arXiv:1803.06292.
3. *CMS Collab.* Search for Contact Interactions and Large Extra Dimensions in the Dilepton Mass Spectra from Proton–Proton Collisions at 13 TeV // *JHEP.* 2019. V. 04. P. 114; arXiv:1812.10443.
4. *CMS Collab.* Measurement of the Differential Drell–Yan Cross Section in Proton–Proton Collisions at 13 TeV // *JHEP, CMS-SMP-17-001* (submitted); CERN-EP-2018-320.
5. *CMS Collab.* Search for Resonances in the Mass Spectrum of Muon Pairs Produced in Association with *b* Quark Jets in Proton–Proton Collisions at 8 and 13 TeV // *JHEP.* 2018. V. 1811. P. 161, CERN-EP-2018-204; arXiv:1808.01890.
6. *Sirunyan A. M. et al. (CMS Collab.).* Search for Black Holes and Sphalerons in High-Multiplicity Final States in Proton–Proton Collisions at 13 TeV // *JHEP.* 2018. V. 11. P. 042; arXiv:1805.06013;
Sirunyan A. M. et al. (CMS Collab.). Search for Black Holes in High-Multiplicity Final States in Proton–Proton Collisions at 13 TeV // *Phys. Lett. B.* 2017. V. 774. P. 279; arXiv:1705.01403.

Ю. А. Будагов, Б. Ди Джироламо, М. В. Ляблин

Прецизионный лазерный инклинометр ОИЯИ в составе интерференционной гравитационной антенны VIRGO

В европейском мегапроекте VIRGO по поиску гравитационных волн получены первые результаты применения прецизионного лазерного инклинометра (ПЛИ), созданного в ОИЯИ.

Идея применения ПЛИ в современных астрофизических экспериментах, принадлежащая директору ОИЯИ В. А. Матвееву, встретила в научных кругах резонансную поддержку и была реализована в кратчайшие сроки. В ходе обсуждения с коллегами (д-р Ф. Моля и др.) в Европейском консорциуме по астрофизике частиц было высказано предложение использовать ПЛИ в гравитационной антенне VIRGO. На Международной конференции по астрофизике частиц 2018 г. в Амстердаме был представлен наш доклад с детальным описанием параметров ПЛИ. Профессор Ф. Риччи во время посещения метрологической лаборатории

ЦЕРН, где расположен ПЛИ, ознакомился с работой прибора и одобрил идею использования ПЛИ в угловой сейсмостабилизации VIRGO. В итоге директор ОИЯИ В. А. Матвеев и директор Европейской гравитационной обсерватории (EGO) С. Катсаневас приняли совместное решение поддержать полученные рекомендации коллег.

В августе 2019 г. в детекторном комплексе интерферометрической гравитационной антенны (ИГА) эксперимента VIRGO сотрудниками ОИЯИ М. В. Ляблиным и Н. С. Азаряном, а также сотрудником ЦЕРН Б. Ди Джироламо был установлен и запущен созданный в ОИЯИ прецизионный лазерный инклинометр для мониторинга угловой микросейсмической активности (рис. 1). Использование инклинометра уменьшит воздействие угловых микросейсмических накло-

J. A. Budagov, B. Di Girolamo, M. V. Lyablin

JINR Precision Laser Inclinator as a Component of the Interferometric Gravitational Antenna VIRGO

First results have been obtained on the application of the JINR developed Precision Laser Inclinator (PLI) in the European mega project VIRGO on the search for gravitational waves.

The idea of the PLI application in modern astrophysical experiments was brought in by JINR Director V. Matveev. It was met with resonance support in a scientific circles and was implemented in a very short time. In discussions with colleagues (Dr. F. Moglia et al.) in the Astroparticle Physics European Consortium (APPEC), it was suggested to use PLI in the gravitational antenna VIRGO. Our report with detailed description of the PLI parameters was delivered at the International Conference

on Astrophysics in Amsterdam in 2018. While visiting the metrological laboratory of CERN, Professor F. Ricci became familiar with the device operation and approved the idea to use PLI in the angle seismostabilization of VIRGO. As a result, JINR Director V. Matveev and Director of the European Gravitational Observatory S. Katsanevas took a joint decision to support the recommendations obtained from colleagues.

In August 2019, JINR staff members M. Lyablin and N. Azaryan and CERN staff member B. Di Girolamo installed and launched a precision laser inclinometer in the detector complex of the interferometric gravitational antenna (IGA) of the VIRGO experiment to monitor the

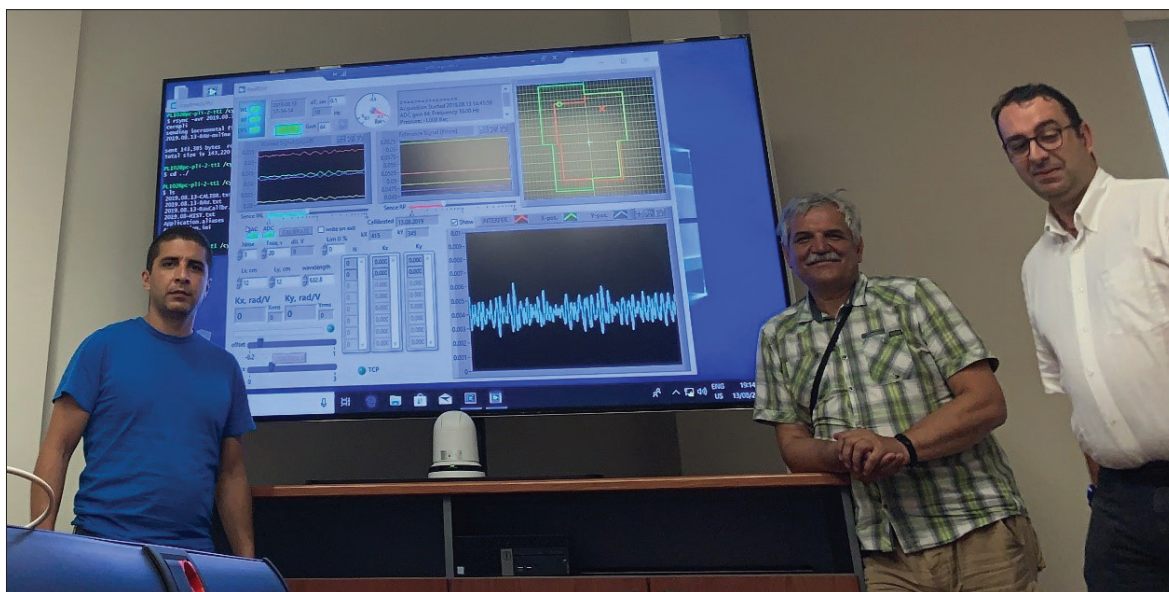


Рис. 1. Визуализация регистрируемых прецизионным лазерным инклинометром угловых микросейсмических колебаний в конференц-зале VIRGO. Слева направо: Н. С. Азарян, М. В. Ляблин, Б. Ди Джироламо

Fig. 1. Visualization of angular microseismic oscillations registered by the precision laser inclinometer in the VIRGO conference hall. Left to right: N. Azaryan, M. Lyablin, and B. Di Girolamo



Рис. 2. Прецизионный лазерный инклинометр, установленный в лабораторном зале интерференционного зеркала VIRGO

Fig. 2. The precision laser inclinometer installed in the laboratory hall of the VIRGO interferometric mirror

angle microseismic activity (Fig. 1). Application of the inclinometer will diminish the impact of angle microseismic slopes of the Earth surface on sensitive elements of IGA, which, in its turn, will lead to the growth of its sensitivity in the region of frequencies that correspond to fusion of black holes and neutron stars in the Universe.

The PLI set-up near one of the VIRGO IGA mirrors was produced in the JINR–CERN–EGO collaboration. For six months the PLI data (Fig. 2) will be compared with the

data of operating seismometers of VIRGO, and a decision will be taken on the measurement results of a probable application of PLI for seismo-isolation of sensitive elements of the gravitational antenna.

First results showed that PLI detects angular microseismic phenomena with sufficient sensitivity and in full accordance with the data of VIRGO seismometers that are installed near it, indicating absence of system errors in the data obtained at PLI.

When first prototypes of this unique angular seismometer were produced and studied in 2010, it became clear that it was a new breakthrough method to register angular microseismic oscillations of the Earth surface. The development of the method leads to the production of an automated remote-regulated device that can efficiently register changes in angular inclinations of the Earth surface in time with a sensitivity of $2.4 \cdot 10^{-11}$ rad/Hz^{1/2} in the frequency range of 10⁻³–12.3 Hz.

The following major directions of application of the new device were defined:

— measurement of microseismic angular oscillations of the Earth surface — the source of considerably new information about geophysical processes inside the Earth;

нов земной поверхности на чувствительные элементы ИГА, что, в свою очередь, приведет к увеличению ее чувствительности в области частот, соответствующих слиянию черных дыр и нейтронных звезд во Вселенной.

Установка ПЛИ вблизи одного из зеркал ИГА VIRGO была выполнена в сотрудничестве ОИЯИ–ЦЕРН–ЕГО. На протяжении шести месяцев показания ПЛИ (рис. 2) будут сравниваться с действующими показаниями сейсмометров VIRGO, и по результатам измерений будет принято решение о возможности использования ПЛИ для сейсмоизоляции чувствительных элементов гравитационной антенны.

Уже первые результаты показали: ПЛИ регистрирует угловые микросейсмические явления с достаточной чувствительностью и в полном согласии с показаниями сейсмометров VIRGO, установленных рядом с ним, что свидетельствует об отсутствии системных ошибок в данных, получаемых с ПЛИ.

Когда в 2010 г. были собраны и исследованы первые прототипы этого уникального углового сейсмометра, стало понятно, что это новый, прорывной способ регистрации угловых микросейсмических колебаний поверхности Земли. Развитие метода привело к созданию автоматизированного дистанционно настраиваемого

прибора, который может эффективно регистрировать изменение угловых наклонов поверхности Земли во времени с чувствительностью $2,4 \cdot 10^{-11}$ рад/Гц^{1/2} в частотном диапазоне 10^{-3} –12,3 Гц.

Были определены следующие основные направления применения нового прибора:

- измерение микросейсмических угловых колебаний поверхности Земли — источника существенно новой информации о геофизических процессах внутри Земли;

- использование долговременных измерений углового наклона поверхности Земли для предсказания землетрясений, что позволяет определить зоны накопления сейсмической энергии и количественно рассчитать мощность и время будущего землетрясения;

- использование зарегистрированных угловых микросейсмиков для стабилизации крупномасштабных физических установок. В ЦЕРН ведется подготовка регистрации деформации поверхности Земли при прохождении поверхностных микросейсмических волн в зоне расположения LHC;

- создание сейсмоизолированной оптической платформы для проведения физических исследований в условиях пониженного воздействия угловых микросейсмических шумов.

- application of long-term measurements of the angular oscillations of the Earth surface to predict earthquakes, which allows one to determine zones of seismic energy accumulation and calculate quantitatively the power and time of a future earthquake;

- application of registered angular microseisms to stabilize large-scale physics facilities. The registration of the Earth surface deformation in the passage of surface microseismic waves in the location of the LHC is being prepared at CERN;

- the development of the seismo-isolated optical platform for physics research in the conditions of lowered action of angular microseismic noise.

The European gravitational-wave detector VIRGO, a French–Italian detector of gravitational waves, is one of scientific mega projects of Europe where about four hundred scientists take part. It is located near the Italian city of Pisa (Fig. 3). Gravitational waves were predicted by A. Einstein in 1916, the search for them started half a century later but their discovery occurred only decades later.

In September 2015, two detectors of the Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) in the USA registered an outburst of gravitational waves pro-

duced in fusion of two heavy black holes at a distance of about 1.3 billion light-years from Earth. It is important not only to fix an outburst of gravitational waves but also to understand where the signal came from in each case. That is why VIRGO, despite the fact that its sensitivity is a little lower than in LIGO, plays an important part in the search for a new outburst.

The main part of the VIRGO detector is the laser Michelson interferometer each arm of which is 3 km long. The VIRGO range width of registered frequencies plus its sensitivity allows one to fix gravitational radiation from black holes fusion at a distance of up to 50 Mpc. To achieve the necessary sensitivity, the following devices were developed for VIRGO: a unique high-power ultra-stable laser source, mirrors with superhigh reflection coefficient, seismic isolators and other devices. But the problem of angular seismo-isolation of sensitive elements in the gravitational antenna in VIRGO is still unresolved. These are the interferometer mirrors, the dividing plate, the mirror system in the preparation of the laser beam to power the interferometer and additional mirrors that organize recycling of the laser beam in the interferometer. In total, up to 10 sensitive elements of the gravitational

Европейский гравитационно-волновой детектор VIRGO — франко-итальянский детектор гравитационных волн — один из научных мегапроектов Европы, в котором задействовано около четырех сотен сотрудников, расположен вблизи итальянского города Пизы (рис. 3). Гравитационные волны были предсказаны Эйнштейном в 1916 г., их поиск начался полвека спустя, но их открытия пришлось ждать несколько десятилетий.

В сентябре 2015 г. два детектора Лазерно-интерферометрической гравитационно-волновой обсерватории (LIGO) в США зафиксировали всплеск гравитационных волн, рожденных при слиянии двух тяжелых черных дыр на расстоянии около 1,3 млрд световых лет от Земли. Но важно не только зафиксировать всплеск гравитационных волн, но и понять, откуда в каждом конкретном случае пришел сигнал. Именно поэтому VIRGO, несмотря на его несколько меньшую чувствительность, чем у LIGO, играет важную роль в поиске источника нового всплеска.

Основная часть детектора VIRGO — лазерный интерферометр Майкельсона, каждое плечо которого

имеет длину 3 км. Широкий диапазон регистрируемых частот детектора VIRGO в совокупности с его чувствительностью позволяет зафиксировать гравитационное излучение от слияний черных дыр на расстоянии до 50 мегапарсек. Чтобы достичь необходимой чувствительности, для VIRGO были разработаны: уникальный высокомогущный ультрастабильный лазерный источник, зеркала со сверхвысоким коэффициентом отражения, сейсмические изоляторы и другие устройства. Но до сих пор в гравитационной антенне VIRGO не решена задача угловой сейсмоизоляции чувствительных элементов антенны. Это прежде всего зеркала интерферометра, делительная пластинка, система зеркал в подготовке лазерного пучка для питания интерферометра и дополнительные зеркала, которые организуют рециклирование лазерного луча в интерферометре. Всего требуется сейсмоизолировать от угловых колебаний поверхности Земли до 10 чувствительных элементов гравитационной антенны. Поэтому в настоящее время гравитационная антенна продолжает работать в условиях интенсивных микросейсмических шу-

Рис. 3. Гравитационная антенна VIRGO (вид с высоты птичьего полета)



Fig. 3. Gravitational antenna VIRGO (bird's eye view)

мов, которые ухудшают ее чувствительность в области частот от 1 до 10 Гц.

Особенности ПЛИ ОИЯИ — регистрация зависимости углов наклона от времени и отсутствие резонансных явлений в конструкции инклинометра, что позволяет использовать прибор в системах онлайн-стабилизации оптической платформы от угловых микросейсм. Именно этот аспект волнует больше всего сотрудников VIRGO.

Действительно, при наклонах основания интерферометрического зеркала под действием угловых микросейсм происходит наклон места подвеса зеркала, что приводит к его перемещению в плече интерферометра на несколько микрометров. Поскольку подобное смещение точки подвеса носит периодический характер, то это сопровождается параметрическим возбуждением колебания подвеса с зеркалом на резонансных частотах также в направлении плеча интерферометра. Совокупность этих колебаний носит непредсказуемый характер, и уменьшить их амплитуду возможно только установкой основания подвеса зеркала в неизменное горизонтальное положение. Именно эта задача и является приоритетной для использования ПЛИ в системе ИГА в VIRGO.

Создание комплекса угловой сейсмоизоляции активных элементов ИГА VIRGO подразумевает создание проекта модернизации установки. Для этого необходимо провести исследования на прототипе сейсмоизолированной от угловых колебаний поверхности Земли платформы. Затем на основе полученных на прототипе результатов спроектировать, изготовить и установить элементы угловой сейсмоизоляции для зеркал, делительной пластинки и других чувствительных элементов ИГА VIRGO. Но уже сейчас есть уверенность: использование ПЛИ поможет на два порядка уменьшить воздействие на элементы ИГА VIRGO угловых микросейсмических колебаний в области частот 10^{-3} –10 Гц, что безусловно положительно скажется на ее чувствительности.

antenna are necessary to seismo-isolate angular fluctuations of the Earth. That is why at present the gravitational antenna is operating in conditions of intense microseismic noise, which worsens its sensitivity in the region of frequencies from 1 to 10 Hz.

The peculiarities of the JINR PLI are the registration of dependence of slope angles on time and the absence of resonance phenomena in the construction of the inclinometer, allowing one to use the device in on-line stabilization systems of the optical platform from angular microseisms. This aspect is most interesting for the VIRGO staff.

Actually, in inclination of the interferometric mirror base under the action of angular microseism, a slope occurs in the place of the mirror suspension, leading to its moving several micrometers in the interferometer arm. As this displacement of the suspension place has a periodic character it is accompanied by parametric excitation of the fluctuations of the suspension of the mirror in resonance frequencies also in the direction of the interferometer arm. All these fluctuations are unpredictable, and it is possible to diminish their amplitude only if the mirror suspension is stabilized in the horizontal unchangeable position. This

task is of the priority importance in PLI application in the IGA system in VIRGO.

The development of the complex for angular seismo-isolation of active VIRGO IGA elements means the work-out of a project of the facility refurbishment. It is necessary to conduct studies at the prototype of the platform seismo-isolated from angular oscillations of the Earth surface. Then, based on the results obtained at the prototype, it is possible to design, produce and install elements of the angular seismo-isolation for the mirrors, the dividing plate and other sensitive elements of VIRGO IGA. Today there is certainty in the fact that application of PLI will help to two orders diminish the action on the VIRGO IGA elements of the angular microseismic oscillations in the frequency range of 10^{-3} –10 Hz, which obviously will positively influence its sensitivity.

*К. Н. Гусев, Д. Борович, В. Б. Бруданин, В. Г. Егоров,
И. В. Житников, Д. Р. Зинатулина, А. А. Клименко, О. И. Кочетов,
А. В. Лубашевский, И. Б. Немченко, Н. С. Румянцева,
А. А. Смольников, М. В. Фомина, Е. А. Шевчик, М. В. Ширченко*

Всё ближе к измерению массы нейтрино

Эксперимент GERDA, который проводится в подземной лаборатории Гран-Сассо (LNGS) в Италии, предназначен для поиска гипотетического ядерного процесса, называемого двойным безнейтринным бета-распадом. Его экспериментальное обнаружение является заветной мечтой физики элементарных частиц, так как позволит получить ключевую информацию о природе нейтрино и структуре нейтринных масс и даже поможет объяснить загадку Вселенной о соотношении материи и антиматерии. Двойной безнейтринный бета-распад до сих пор никому не удалось зарегистрировать, но эксперимент GERDA первым среди всех конкурирующих проектов сумел достичь чувствительности по периоду полураспада в 10^{26} лет, что в 10 000 000 000 000 000 раз превышает возраст нашей Вселенной [1].

GERDA — интернациональная европейская коллаборация, включающая более 100 физиков из Бельгии, Германии, Италии, России, Польши и Швейцарии. Специалисты ОИЯИ с самого начала принимают активное участие в проекте.

Подтверждение существования осцилляций нейтрино было первым экспериментальным фактом, который не совпадал с предсказаниями Стандартной модели физики элементарных частиц. Три типа нейтрино могут переходить из одного в другой в процессе их перемещения в пространстве. Этот факт убедительно доказывает наличие ненулевой массы у нейтрино, что противоречит постулатам СМ. Кроме того, существует давнее предположение, что нейтрино является майорановской частицей, т. е., в отличие от других составляющих материи, таких как электроны и кварки,

*K. N. Gusev, D. Borowicz, V. B. Brudanin, V. G. Egorov,
I. V. Zhitnikov, D. R. Zinatulina, A. A. Klimenko, O. I. Kochetov,
A. V. Lubashevskiy, I. B. Nemchenok, N. S. Romyantseva,
A. A. Smolnikov, M. V. Fomina, E. A. Shevchik, M. V. Shirchenko*

Closing in on the Neutrino Mass

The GERDA experiment in the Gran Sasso underground laboratory (LNGS) is searching for a hypothetical nuclear decay called neutrinoless double beta decay which represents a sort of Holy Grail for elementary particle physics: if detected, it will give essential information on whether neutrinos are identical to their antiparticles, on the origin of their masses and it will help to understand why there is so much more matter than antimatter in the Universe. The decay still escapes detection, but GERDA is the first experiment to reach a sensitivity for the half-life beyond 10^{26} yr, 10 000 000 000 000 000 times the age of the Universe [1].

GERDA is an international European collaboration of more than 100 physicists from Belgium, Germany, Italy, Russia, Poland, and Switzerland. JINR physicists have actively participated in the project since the very beginning.

The so-called neutrino oscillation is the first established experimental observation not consistent with predictions of the Standard Model of particle physics: the three known neutrino types can transform into each other while traveling through space, which proves that neutrinos have non-zero masses, a property that contradicts the Standard Model. Additionally, there is the longstanding conjecture that neutrinos are so-called Majorana particles: differing from all other constituents of matter like elec-

нейтрино и антинейтрино эквивалентны. В этом случае должен происходить двойной безнейтринный бета-распад, в котором возникновение материи и антиматерии не сбалансированы, как во всех других случаях. Подобный дисбаланс, вероятно, поможет ответить на важнейший вопрос, почему в нашей Вселенной материи намного больше, чем антиматерии.

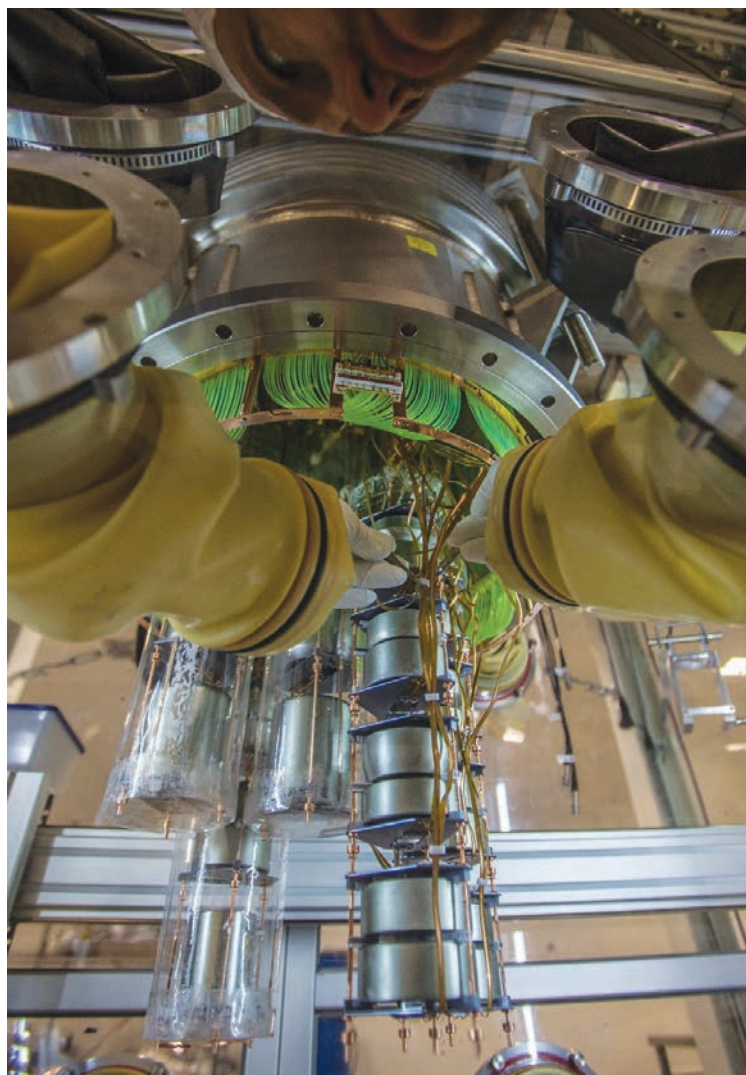
Эксперимент GERDA предназначен для проверки гипотезы Майораны посредством поиска двойного безнейтринного бета-распада изотопа ^{76}Ge . Два нейтрона в ядре ^{76}Ge одновременно превращаются в два протона с испусканием двух электронов. Этот процесс запрещен в СМ, так как в нем не рождается двух антинейтрино, т. е. необходимый баланс между материей и антиматерией нарушен.

Чувствительность к обнаружению двойного безнейтринного бета-распада главным образом зависит от уровня естественного радиоактивного фона в интересующем нас энергетическом интервале. В эксперименте GERDA достигнут беспрецедентный индекс фона как за счет использования пассивных методов защиты (окружающих детекторы слоев из чистой воды и жидкого аргона), так и дополнительных, активных методов подавле-

ния фоновых событий. На сегодня GERDA является первым экспериментом, в котором удалось превысить значение чувствительности по периоду полураспада в 10^{26} лет или, другими словами, проверить, что искомый процесс имеет период полураспада по меньшей мере 10^{26} лет, что на 16 порядков больше, чем возраст нашей Вселенной. Такой предел означает, что интенсивность распада меньше, чем 1 событие в 1 кг ^{76}Ge за 18 лет.

В стандартной интерпретации двойного безнейтринного бета-распада период полураспада связан с так называемой майорановской массой нейтрино. Используя предел на период полураспада, полученный в GERDA, а также в других экспериментах по двой-

Сборка массива германиевых детекторов
в чистой комнате в подземной лаборатории Гран-Сассо



Assembling an array of germanium detectors in a clean room
in the Gran Sasso underground laboratory

trons or quarks, they could be their own antiparticles. In this case, neutrinoless double beta decay will exist, in which matter is created without the balancing creation of antimatter. This imbalance would help to explain why there is so much more matter than antimatter in the Universe.

The GERDA experiment, located in the Gran Sasso underground laboratory in Italy, is designed to scrutinize the Majorana hypothesis by searching for neutrinoless double beta decay of the germanium isotope ^{76}Ge : two neutrons inside a ^{76}Ge nucleus simultaneously transform into two protons with the emission of two electrons. This decay is forbidden in the Standard Model because the two normally produced antineutrinos — the balancing antimatter — are missing.

The sensitivity to detect neutrinoless double beta decay largely depends on the level interfering signals from environmental radioactivity. GERDA has reached the lowest level of those by shielding with pure water and liquid argon and additional methods to reject the remaining

ному бета-распаду, можно заключить, что эта масса должна быть ниже $0,07\text{--}0,16 \text{ эВ}/c^2$.

Предел на другой вариант массы нейтрино получен коллаборацией Planck, изучающей космический микроволновой фон — реликтовое излучение от Большого взрыва: сумма масс всех известных типов нейтрино не превышает $0,12\text{--}0,66 \text{ эВ}/c^2$. В эксперименте KATRIN в Технологическом институте Карлсруэ (Германия), в котором исследуется распад трития, в ближайшие годы будет измерен еще один вариант, а именно масса электронного нейтрино. KATRIN планирует достичь чувствительности около $0,2 \text{ эВ}/c^2$. Несмотря на то, что массы, полученные в столь разных экспериментах, сравнить напрямую нельзя, все эти исследования позволяют осуществить перекрестную проверку гипотезы о майорановской природе нейтрино. До сих пор никаких нестыковок с данной гипотезой обнаружить не удалось.

В течение периода накопления данных, которому посвящена статья в Science, в GERDA использовался массив германиевых детекторов общей массой 35,6 кг. Германий, из которого изготавливались детекторы, был обогащен изотопом ^{76}Ge до уровня более 85% (содержание в естественной смеси — 7,8%) для увеличения чувствительности к периоду полураспада. На

следующем этапе исследований будет увеличена масса изотопа, но, кроме того, необходимо дальнейшее снижение естественного радиоактивного фона. Этого планируется достичь за счет улучшения идентификации частиц по форме сигнала и применения еще более радиационно чистых конструкционных материалов вблизи германиевых детекторов. Для дальнейшего продвижения в деле поиска двойного безнейтринного бета-распада ^{76}Ge создана коллаборация LEGEND. Первая фаза нового эксперимента будет проводиться на базе модифицированной инфраструктуры GERDA в LNGS и оперировать с 200 кг детекторов из ^{76}Ge . Чувствительность в 10^{27} лет будет достигнута после 5 лет набора данных. Старт эксперимента запланирован на 2021 г.

Список литературы

1. *The GERDA collab.* Probing Majorana Neutrinos with Double Beta Decay // Science. Published online on Thursday, 5 Sept. 2019. DOI: 10.1126/science/aav8613.

interfering signals. It is now the first experiment that has surpassed a sensitivity for the half-life of the decay of 10^{26} years, or in other words, has proven that the process has a half-life of at least 10^{26} years, 16 orders of magnitude longer than the age of the Universe. This half-life limit corresponds to a rate of less than one decay per 18 years for 1 kg of ^{76}Ge .

In the standard interpretation of neutrinoless double beta decay, the half-life is related to a special variant of the neutrino mass called the Majorana mass. Using the GERDA limit and the ones from other double beta decay experiments, this mass has to be below $0.07\text{--}0.16 \text{ eV}/c^2$.

A limit on another variant of the neutrino mass is available from the Planck collaboration investigating the cosmic microwave background radiation — the relic of the Big Bang: the sum of the masses of all known neutrino types is below $0.12\text{--}0.66 \text{ eV}/c^2$. The tritium decay experiment KATRIN at the Karlsruhe Institute of Technology (Germany) is measuring in the upcoming years yet another variant, the electron neutrino mass. KATRIN will reach a sensitivity of about $0.2 \text{ eV}/c^2$. The masses deduced from these different investigations cannot be compared directly but, most interestingly, allow a cross checks of the par-

adigm that neutrinos are Majorana neutrinos. So far, no tension has been observed.

During the data collection period, reported in the Science paper, GERDA operated germanium detectors with a total mass of 35.6 kg. The fraction of the isotope ^{76}Ge is enriched from the natural abundance of 7.8% to more than 85% to increase the half-life sensitivity. As the next step, the mass will be increased and an even further reduction of interfering signals is required. The latter will be achieved by improving the identification of these signals and by further reducing the radioactivity of material close to the germanium detector. The LEGEND collaboration was formed to pursue this goal starting with 200 kg ^{76}Ge and using the existing GERDA infrastructure at LNGS. The sensitivity will reach 10^{27} years after about 5 years starting in 2021.

References

1. *The GERDA collab.* Probing Majorana Neutrinos with Double Beta Decay // Science. Published online on Thursday, 5 Sept. 2019. DOI: 10.1126/science/aav8613.

*А. М. Балагуров, И. А. Бобриков, С. В. Сумников,
И. С. Головин, В. В. Палачева*

Нейтронные дифракционные исследования упорядоченных сплавов с гигантской магнитострикцией

Сравнительно недавно, в начале 2000-х гг., А. Е. Кларком с соавторами [1] в сплавах Fe–Ga было открыто новое явление, получившее название «гигантская магнитострикция». Его суть состоит в том, что при некотором количестве галлия магнитострикция сплава Fe–Ga увеличивается почти в 20 раз по сравнению с чистым железом и достигает 400 ppm. Это было признано прорывом в материаловедении магнитострикционных материалов и вызвало настоящий вал работ по изучению причин открытого явления. Следует признать, что, несмотря на уже почти 20-летние усилия, причины формирования гигантской магнитострикции в сплавах Fe–Ga остаются в значительной степени загадочными. На вопросы, почему немагнитный Ga

столь радикально влияет на магнитострикцию, почему в зависимости константы магнитострикции от содержания галлия наблюдаются два максимума при 19 и 27 ат. %, — четкого ответа до сих пор нет. Одной из причин сложностей в построении физически обоснованных моделей является недостаток информации об организации субмикроскопической структуры (микроструктуры) этих материалов, под которой понимается нарушение идеального кристаллического порядка на атомном уровне.

В представленном в 2018 г. на конкурс ОИЯИ цикле работ «Корреляция структуры и физических свойств в упорядоченных сплавах на основе железа» (всего было представлено 9 статей, опубликованных в пе-

A. M. Balagurov, I. A. Bobrikov, S. V. Sumnikov, I. S. Golovin, V. V. Palacheva

Neutron Diffraction Studies of Ordered Alloys with Giant Magnetostriction

Relatively recently, in the early 2000s, A. E. Clark and co-authors [1] discovered a new phenomenon in Fe–Ga alloys, which was called “giant magnetostriction”. The essence of Clark’s discovery was that with a certain amount of gallium, the magnetostriction of Fe–Ga alloys increases by a factor of almost 20 in comparison with pure iron and reaches 400 ppm. It was recognized as a breakthrough in the materials science of magnetostrictive materials and resulted in an upsurge of studies on the causes of this phenomenon. It must be admitted though that, despite almost 20 years of efforts, the causes of the formation of giant magnetostriction in Fe–Ga alloys remain largely mysterious. There are still no clear answers to the questions why non-magnetic Ga so radically affects magnetostriction and why in the dependence of magnetostriction constant on the gallium content two maxima are observed at 19 and 27 at.%. One of the reasons for the difficulties in constructing physically grounded models is the lack of

information about the organization of the submicroscopic structure (microstructure) of these materials, which is understood as a disruption of the ideal crystalline order at the atomic level.

A series of studies “Correlation of structure and physical properties in ordered iron-based alloys” presented in the JINR Prize competition in 2018 (a total of 9 papers published in 2016–2018 were submitted) sums up the intermediate results of the research into these problems carried out by JINR FLNP employees (A. M. Balagurov, I. A. Bobrikov, S. V. Sumnikov) and specialists from the National University of Science and Technology “MISIS” (I. S. Golovin, V. V. Palacheva). In all studies of the series, a combination of macroscopic techniques and neutron diffraction was used to analyze the unusual physical properties of Fe– x Me alloys, where Me = Al, Ga, Ge, Tb. It was neutron diffraction which made it possible to obtain unique data on the atomic structure of alloys, their micro-

риод 2016–2018 гг.) подведены промежуточные итоги усилий сотрудников ЛНФ ОИЯИ (А.М. Балагуров, И.А. Бобриков, С.В. Сумников) и Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» (И.С. Головин, В.В. Палачева) по изучению этих вопросов. Во всех работах цикла для анализа необычных физических свойств сплавов Fe–xMe, где Me = Al, Ga, Ge, Tb, использовалось сочетание макроскопических методов и дифракции нейтронов. Именно дифракция нейтронов позволила получить уникальные данные по атомной структуре сплавов, их микроструктуре и протеканию фазовых переходов. Все использованные в работах цикла нейтронные данные были получены на фурье-дифрактометре высокого разрешения (ФДВР), действующем на импульсном реакторе ИБР-2 в ЛНФ ОИЯИ. Особенности ФДВР

являются высокое разрешение по d_{hkl} ($\Delta d/d \approx 0,0015$) и возможность комбинировать его с накоплением дифракционных данных, получаемых со средним разрешением ($\Delta d/d \approx 0,01$), но с высокой светосилой. Увеличенная светосила позволила осуществить непрерывное сканирование по температуре с регистрацией данных каждую минуту (*real-time, in situ* режим). Соответственно, ФДВР дал возможность получить информацию высокого качества о структуре, выявить тонкие детали искажений кристаллической решетки, измерить слабые по интенсивности дифракционные пики и в реальном времени проследить вариацию структуры и микроструктуры при температурных фазовых переходах.

Дифракционные спектры упорядоченных сплавов содержат два типа пиков — основные и сверхструктур-

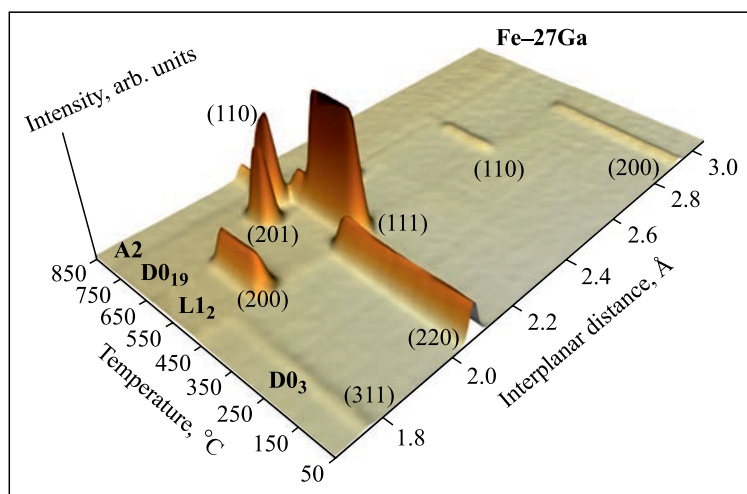


Рис. 1. Эволюция дифракционных спектров при нагревании состава Fe–27Ga от комнатной температуры до 850°C, в ходе которой происходят фазовые переходы $D0_3 \rightarrow L1_2 \rightarrow D0_{19} \rightarrow A2$. Индексы Миллера дифракционных пиков указаны для соответствующих структурных фаз. Пики с $h + k + l = 4n$ являются основными, пики (200), (110), (311) — сверхструктурные

Fig. 1. Diffraction peak evolution for Fe–27Ga alloy upon heating from room temperature to 850°C, during which $D0_3 \rightarrow L1_2 \rightarrow D0_{19} \rightarrow A2$ phase transitions occur. Miller indices of diffraction peaks are specified for the corresponding structural phases. Peaks with $h + k + l = 4n$ are fundamental, peaks (200), (110), (311) are superstructure ones

structure, and the kinetics of phase transitions. All neutron data used in the series of studies were obtained using the High-Resolution Fourier Diffractometer (HRFD) operating at the IBR-2 pulsed reactor at JINR FLNP. Among specific features of HRFD are its high d_{hkl} resolution ($\Delta d/d \approx 0.0015$) and the possibility of combining it with the acquisition of diffraction data collected with medium resolution ($\Delta d/d \approx 0.01$) but with high luminosity. The enhanced luminosity allowed continuous temperature scanning with data recording every minute (*real-time, in situ* mode). Thus, HRFD made it possible to obtain high-quality information on the structure, reveal fine details of crystal-lattice distortions, measure weak-intensity diffraction peaks, and to follow the variation of the structure and microstructure during temperature phase transitions in real time.

The diffraction patterns of ordered alloys contain two types of peaks — fundamental and superstructure ones. The latter are of low intensity, since it is determined by the difference in the coherent scattering lengths of Fe and Ga.

Nevertheless, in the case of neutron diffraction, they are reliably resolved (Fig. 1) due to a sufficiently large contrast between these values (in the case of X-ray diffraction, superstructure peaks are hardly visible). Already in the first study of the series [2], a variety of important new results were obtained in *real-time, in situ* neutron diffraction experiments in the analysis of the phase transformations and ordering processes in Fe–27.0Ga and Fe–27.4Ga alloys upon their heating in the temperature range from room temperature to almost 1000°C; the results were correlated with the data collected with other methods.

In subsequent studies of the series, we performed a comparative analysis of the structural, mechanical inelastic and magnetic effects in Fe–25Ga and Fe–27Ga compounds, and studied the effect of addition of small amounts of Tb and almost stoichiometric Fe₃Me compositions, where Me = Al, Ga, Ge, on the structural and physical properties. Besides, a new interpretation of the organization of their microstructure was proposed. For Fe₃Al it was shown that the bulk of the material is occupied by

ные. Последние имеют малую интенсивность, поскольку она определяется разностью когерентных длин рассеяния Fe и Ga. Тем не менее в случае дифракции нейтронов они уверенно регистрируются (рис. 1) вследствие достаточно большого контраста между этими величинами (в случае дифракции рентгеновских лучей сверхструктурных пиков почти не видно). Уже в первой работе цикла [2] было продемонстрировано, какие новые важные результаты могут быть получены в *real-time, in situ* нейтронных дифракционных экспериментах при анализе фазовых превращений и процессов упорядочения в составах Fe–27,0Ga и Fe–27,4Ga при их нагревании в диапазоне температур от комнатной и почти до 1000 °С, и установлена их корреляция с данными, полученными другими методами.

В следующих работах цикла был выполнен сравнительный анализ структурных, механических упругих и магнитных эффектов в составах Fe–25Ga и Fe–27Ga, исследовано влияние на структурные и физические свойства малых добавок тербия и почти стехиометрических составов Fe₃Me, где Me = Al, Ga, Ge. Кроме того, была предложена новая интерпретация организации микроструктуры сплавов. А именно, для Fe₃Al было показано, что основной объем материала занят неупорядоченной фазой, представляющей собой

a disordered phase, which is a matrix in which clusters of the ordered phase are dispersedly distributed (Fig. 2). The cluster sizes are mesoscopic (i.e., at the level of hundreds of angstrom) and depend on the preparation and annealing procedures and can increase several times after heating and slow cooling of the alloy. This model predicts an increased width of superstructure peaks, which is observed in the experiment (Fig. 3). Subsequently, these results were generalized to the microstructure of Fe–Ga alloys, which allowed us to relate its changes with the physical properties of the alloys.

Characterizing the performed studies as a whole, it can be said that the combination of high-resolution neutron diffraction with *real-time, in situ* mode proved to be an exceptionally powerful method for analyzing structural transformations in ordered iron-based alloys, which allowed us to obtain a large set of results of interest from the viewpoint of materials science, as well as of fundamental interest.

Part of the studies of the series was carried out with the financial support of RFBR, projects 18-02-00325 and 17-52-44024.

Рис. 2. Схематическое представление кластеров структурно упорядоченной фазы (D), дисперсно распределенных в матрице неупорядоченной фазы (M)

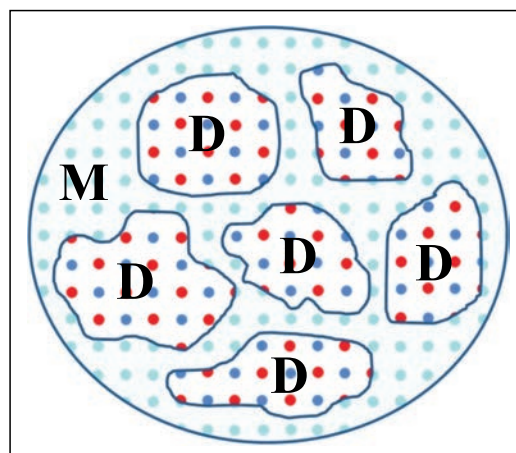


Fig. 2. Schematic representation of clusters of structurally ordered phase (D) that are dispersedly distributed in a matrix of disordered phase (M)

Рис. 3. Построение Вильямсона–Холла для ширины дифракционных пиков состава Fe–27Al (d — межплоскостное расстояние). Экспериментальные точки с четными индексами Миллера (200, 220 и т. д., пики от матрицы) ложатся на (почти) линейную зависимость, тогда как точки с нечетными индексами Миллера (311, 331 и т. д., сверхструктурные пики от кластеров) ложатся на параболическую зависимость, соответствующую размеру когерентно рассеивающих областей около 230 Å. Нижняя линия — функция разрешения ФДВР

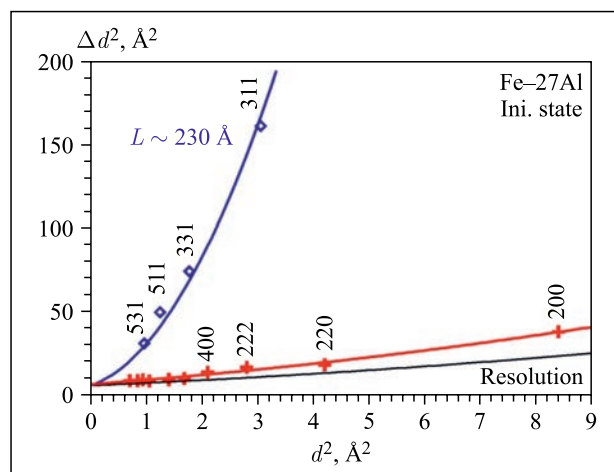


Fig. 3. Williamson–Hall plot for the widths of diffraction peaks for Fe–27Al (d is interplanar spacing). The experimental points with even Miller indices (200, 220, etc., peaks from the matrix) fit a close-to-linear dependence, while points with odd Miller indices (311, 331, etc., superstructure peaks from clusters) follow a parabolic dependence corresponding to the size of coherently scattering domains of about 230 Å. The bottom line shows the resolution function of HRFD

матрицу, в которой дисперсно распределены кластеры упорядоченной фазы (рис. 2). Размеры кластеров — мезоскопические, т. е. на уровне сотен ангстрем, зависят от процедур приготовления и температурных отжигов и могут увеличиваться в несколько раз после нагрева сплава и медленного охлаждения. Эта модель предсказывает увеличенную ширину сверхструктурных пиков, что и наблюдается в эксперименте (рис. 3). Впоследствии эти результаты были обобщены на микроструктуру Fe–Ga сплавов, на основании чего была рассмотрена корреляция изменений их микроструктуры и физических свойств.

Характеризуя выполненные работы в целом, можно сказать, что сочетание дифракции нейтронов высокого разрешения с режимом *in situ* – *real-time* оказалось исключительно мощным методом анализа структурных трансформаций в упорядочивающихся сплавах на основе железа, что позволило получить большой набор результатов, представляющих как материаловедческий, так и фундаментальный интерес.

Часть работ цикла выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты 18-02-00325 и 17-52-44024.

Список литературы / References

1. Clark A. E. *et al.* Extraordinary Magnetoelasticity and Lattice Softening in BCC Fe–Ga Alloys // *J. Appl. Phys.* 2003. V. 93. P. 8621–8623.
2. Golovin I. S., Balagurov A. M., Palacheva V. V., Bobrikov I. A., Zlokazov V. B. In-Situ Neutron Diffraction Study of Bulk Phase Transitions in Fe–27Ga Alloys // *Mater. Design.* 2016. V. 98. P. 113–119.

*Е. Е. Перепёлкин, А. Д. Коваленко, А. А. Тарелкин,
Р. В. Полякова, Н. Г. Иноземцева, М. Б. Садовникова*

Комплексный подход в моделировании и оптимизации элементов ускорительных установок

Проектирование современных ускорительных установок требует использования комплексного подхода при моделировании и оптимизации параметров системы [1]. Такой подход подразумевает высокую степень детализации (реалистичности) математической модели с возможностью быстрого процесса численной оптимизации, что требует использования современных гибридных вычислительных архитектур, включающих в себя массивно-параллельные вычисления на графических процессорах (GPU) [2].

Магнитные системы, ускорительные ВЧ-системы, различные типы детекторов частиц — неотъемлемые элементы ускорительных комплексов. Проектирование указанных элементов является нелинейной самосогласованной задачей, требующей многократного про-

*E. E. Perepelkin, A. D. Kovalenko, A. A. Tarelkin,
R. V. Polyakova, N. G. Inozemtseva, M. B. Sadovnikova*

Integrated Approach in Modeling and Optimization of Accelerator Elements

The design of modern accelerator facilities requires the use of an integrated approach in modeling and optimization of the system parameters [1]. This approach implies a high degree of detail (realism) of the mathematical model with the possibility of a quick numerical optimization process that is impossible without the use of modern hybrid computing architectures, which include massively parallel computing on graphic processors (GPUs) [2].

Magnetic systems, RF accelerator systems, and various types of particle detectors are integral elements of accelerator complexes. The design of these elements is a nonlinear self-consistent task requiring a multiple process of optimization of the accelerator system parameters. For example, in order to obtain a given distribution of the magnetic field in

цесса оптимизации параметров ускорительной системы. Например, чтобы получить заданное распределение магнитного поля в детекторе частиц, необходимо подобрать геометрическую конфигурацию магнитной системы, оптимизировать токи в обмотках, произвести прочностные расчеты. Если обмотка с током будет работать в режиме сверхпроводимости, то потребуются, по крайней мере, произвести оценку тепловых деформаций. Даже «заданное» распределение магнитного поля в детекторе частиц не всегда является именно заданным, так как само по себе требует выбора из множества различных конфигураций, обусловленных физическими процессами, которые планируется изучать на установке. В таких случаях приходится рассматривать связанные задачи, например, электромагнитный дизайн установки и моделирование динамики пучка или задачу распознавания треков частиц.

С математической точки зрения перечисленные проблемы сводятся к различным типам постановок нелинейных начально-краевых задач в сложных трехмерных геометрических областях, которые, как правило, могут быть решены только с использованием численных методов.

Для нелинейных систем вопросы сходимости, устойчивости, точности получаемых численных реше-

ний исследованы не так широко, как для линейных систем. Поэтому при написании собственного программного кода или при получении численного результата по известному стороннему программному комплексу возникает вопрос о корректности результата. В таких случаях важную роль играет наличие известных точных решений нелинейных задач, которые могут быть использованы как тесты численных алгоритмов, а также в качестве начальных приближений при поиске оптимальной конфигурации нелинейной системы.

Использование современных высокопроизводительных вычислительных архитектур является важным шагом для перехода на новый уровень «реалистичности» моделирования и оптимизации нелинейных систем. Нелинейность системы приводит к необходимости многократного решения одной и той же задачи с различными исходными данными. Эффективные алгоритмы распараллеливания программного кода, использование особенностей работы с различными типами памяти, балансировка загрузки вычислительных ядер на различных узлах может приводить к ускорению процесса оптимизации на порядки. Сокращение времени моделирования — это не только сокращение сроков проектирования установки, но и дополнительная возможность провести более точную

a particle detector, it is necessary to select the geometric configuration of the magnetic system, optimize the currents in the windings, and perform strength calculations. If the current winding operates in superconductivity, then at least an assessment of thermal deformations will be required. Even the “given” distribution of the magnetic field in the particle detector is not always predetermined, since it in itself requires a choice from many different configurations due to physical processes that are planned to be studied at the facility. In such cases, it is necessary to consider related problems, for example, the electromagnetic design of the setup and modeling of the beam dynamics or the problem of particle tracks recognizing.

From a mathematical point of view, the listed problems are reduced to various types of nonlinear initial-boundary tasks formulations in complex three-dimensional geometric areas, which, as a rule, can only be solved using numerical methods.

For nonlinear systems, the questions of convergence, stability, and accuracy of the obtained numerical solutions are not studied as widely as for the linear ones. Therefore, when writing our own program code or when obtaining a numerical result from the well-known third-party soft-

ware package, the question of the correctness of the result arises. In such cases, the important role is played by the existence of known exact solutions of nonlinear problems, which can be used as tests of numerical algorithms, as well as initial approximations in the search for the optimal configuration of a nonlinear system.

The use of modern high-performance computing architectures is an important step to move to a new level of “realistic” modeling and optimization of nonlinear systems. The nonlinearity of the system makes it necessary to repeatedly solve the same task with different initial data. Effective algorithms for parallelizing of the program code, using of the features of working with various types of memory, and balancing of the loading of computing cores on various nodes can lead to accelerations of the optimization process by orders of magnitude. Reducing of the simulation time is not only a reduction of the setup design time, but also an additional opportunity to carry out more accurate optimization, to perform optimization with a greater level of detail (realism) over the initial time.

Since 2008 the staff of LIT, VBLHEP (JINR) and Lomonosov Moscow State University has been jointly

оптимизацию, произвести оптимизацию с большим уровнем детализации (реалистичности) за первоначальное время.

Сотрудниками ОИЯИ и МГУ им. М. В. Ломоносова с 2008 г. совместно развивается описанный комплексный подход в моделировании и оптимизации элементов ускорительных установок.

Создан программный движок на массивно-параллельной архитектуре графических процессоров (GPU) для моделирования динамики пучка в циклотроне и численного решения нелинейной задачи магнитостатики [1–3], указанные алгоритмы дали ускорение вычисления от одного до двух порядков на один GPU. Получены точные решения нелинейной задачи учета эффекта пространственного заряда пучка. На рис.1 показано распределение функции плотности заряда вдоль радиуса в различные моменты времени. Возникающая ударная волна соответствует так назы-

Рис. 1. Возникновение ударной волны в задаче кулоновского взрыва

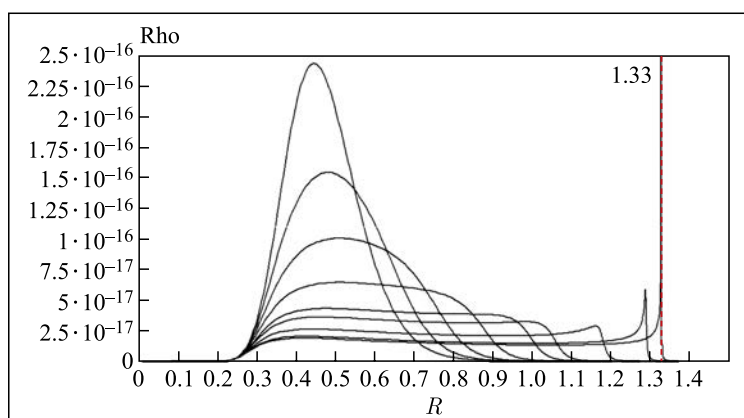


Fig. 1. The occurrence of a shock wave in the Coulomb explosion problem

developing the described integrated approach in modeling and optimization of elements of accelerator facilities.

A software engine was created on the massively parallel architecture of GPUs for modeling beam dynamics in a cyclotron and numerical solving of the nonlinear magnetostatics problem [1–3]; these algorithms accelerated the calculation from one to two orders of magnitude per GPU. Exact solutions to the nonlinear problem accounting for the space charge effect of the beam are obtained. Figure 1 shows the distribution of the charge density function along the radius at different points in time. The arising shock wave corresponds to the so-called Coulomb explosion. In the hydrodynamic approximation of the space charge description, difference schemes of various approximation orders are constructed, and their stability is considered.

ваемому кулоновскому взрыву. В гидродинамическом приближении описания пространственного заряда построены разностные схемы различных порядков аппроксимации, рассмотрена их устойчивость. На рис.2 показано изменение плотности заряда в ускоряющем поле. На рис.2, сверху разностная схема является устойчивой (число Куранта $C < 1$), а на рис.2, внизу показано нарушение устойчивости в виде возникновения осцилляций ($C > 1$).

Рис. 2. Исследование устойчивости разностной схемы для задачи пространственного заряда

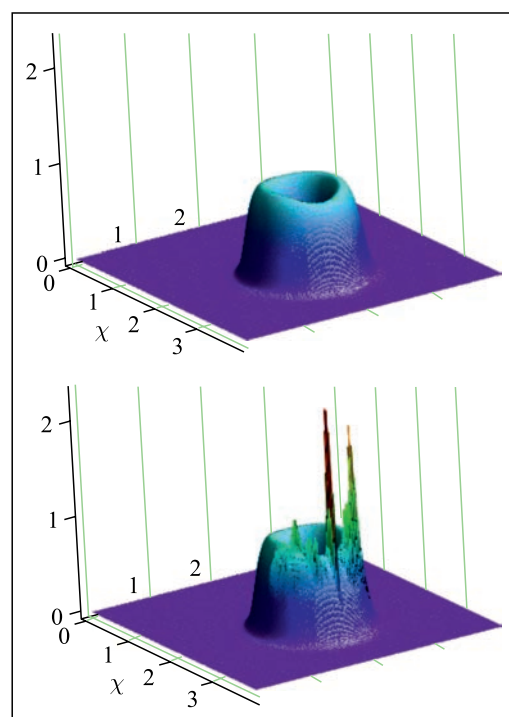


Fig. 2. Investigation of the stability of the difference scheme for the space charge problem

Figure 2 shows the charge density motion in an accelerating field. In Fig. 2 (top) the difference scheme is stable (Courant number $C < 1$), and in Fig. 2 (bottom) the stability violation in the form of oscillations is shown ($C > 1$).

Exact solutions of some equations from the chain of the Vlasov equations are found. Figure 3 shows one of the obtained solutions in the form of a particle density distribution on a spherical surface. The particles flow along spiral paths from one pole of a sphere to another. For the nonlinear 2D magnetostatics problem in the field of a ferromagnet, exact solutions are obtained that are encapsulated in a difference scheme that increases the accuracy of the solution by an order of magnitude. The magnetic field growth in the vacuum region is estimated for the nonlinear

Найдены точные решения некоторых уравнений из цепочки уравнений Власова. На рис.3 показано одно из полученных решений в виде распределения плотности частиц на сферической поверхности. По спиральным траекториям частицы перетекают с одного полюса сферы на другой полюс. Для нелинейной 2D-задачи магнитостатики в области ферромагнетика получены точные решения, инкапсулированные в разностную схему, повышающую точность решения на порядок. Произведена оценка роста магнитного поля в области вакуума для нелинейной 3D-задачи магнитостатики, когда функция магнитной проницаемости удовлетворяет асимптотике Вейсса.

С использованием полученной асимптотики предложен алгоритм построения адаптивной сетки в окрестности угловой точки, позволяющий существенно увеличить точность вычислений.

На рис.4 представлены различные виды конечно-элементной сетки в окрестности угловой точки ферромагнетика для магнитной системы детектора SPD

Рис. 3. Распределение плотности частиц на сферической поверхности при решении уравнения Власова

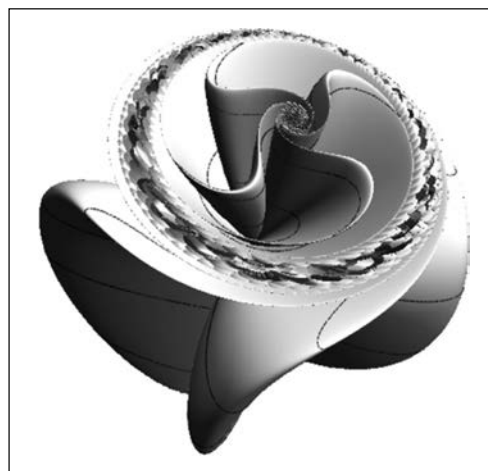


Fig. 3. Particle density distribution on a spherical surface when solving the Vlasov equation

Рис. 4. Виды сетки в окрестности угловой точки: а) адаптивная сетка; б) равномерная сетка с таким же количеством узлов, как и в адаптивной сетке; в) равномерная сетка, дающая такой же результат, что и адаптивная сетка (а)

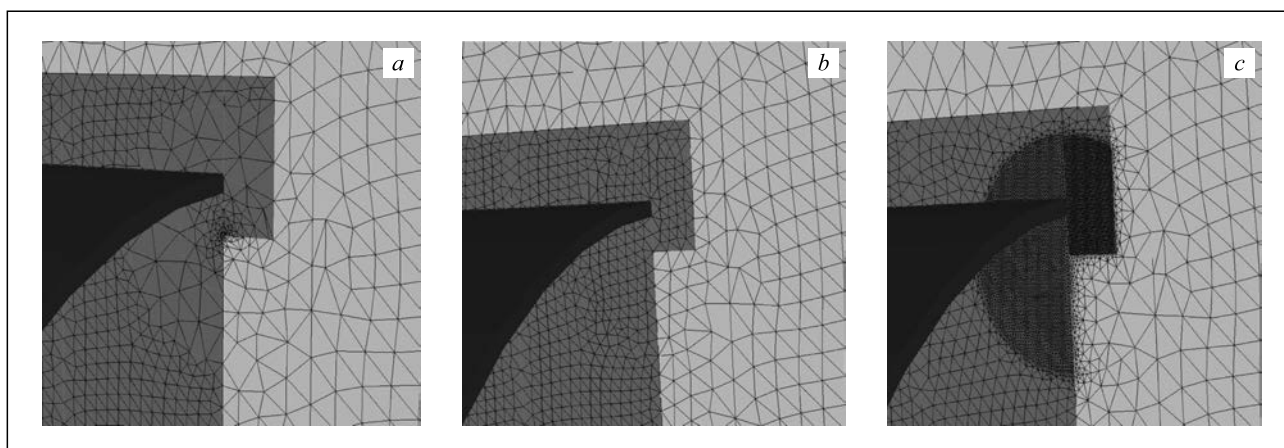


Fig. 4. Types of grid in the vicinity of a corner point: a) adaptive grid; b) a uniform grid with the same number of nodes as in an adaptive grid; c) a uniform grid yielding the same result as the adaptive grid depicted in (a)

3D magnetostatics problem, when the magnetic permeability function satisfies the Weiss asymptotics.

Using the obtained asymptotics, an algorithm for constructing an adaptive grid in the vicinity of a corner point is proposed, which allows one to significantly increase the accuracy of calculations.

Figure 4 presents various types of finite-element grid in the vicinity of the corner point of a ferromagnet for the magnetic system of the SPD detector of the NICA accelerator complex (JINR). Figure 5 shows the distributions of the magnetic field modulus along a line passing near the corner point for various types of grids (see Fig. 4). In

Fig. 4, b, the grid nodes are distributed uniformly (without taking into account the asymptotic behavior of the magnetic field in the vicinity of the corner point). In Fig. 4, a, the number of grid nodes is the same as in Fig. 4, b, but the nodes are distributed unevenly, taking into account the asymptotic behavior of the magnetic field.

In Fig. 4, c, a uniform grid is constructed that gives the same accuracy (see Fig. 5) in the magnetic field value as the adaptive grid in Fig. 4, a.

Figure 5 shows that the accuracy corresponding to the adaptive grid is achieved by a uniform grid if the number of nodes is 10 times more. When modeling the distribu-

ускорительного комплекса NICA (ОИЯИ). На рис. 5 показаны распределения модуля магнитного поля вдоль линии, проходящей вблизи угловой точки для различных типов сеток (см. рис. 4). На рис. 4, б узлы сетки распределены равномерно (без учета асимптотики магнитного поля в окрестности угловой точки). На рис. 4, а количество узлов сетки такое же, как и на рис. 4, б, но узлы распределены неравномерно с учетом асимптотики магнитного поля. На рис. 4, в построена равномерная сетка, дающая такую же точность (рис. 5) в значении магнитного поля, что и адаптивная сетка на рис. 4, а.

На рис. 5 видно, что точность, соответствующая адаптивной сетке, достигается равномерной сеткой, если число узлов будет больше в 10 раз. При моделировании распределений электрических полей в областях с негладкой границей задача является линейной. В линейном случае вид особенности известен в явном виде и представляется степенной и/или логарифмической функцией от радиуса.

Рис. 5. Распределение модуля магнитной индукции вдоль прямой, полученное на различных сетках

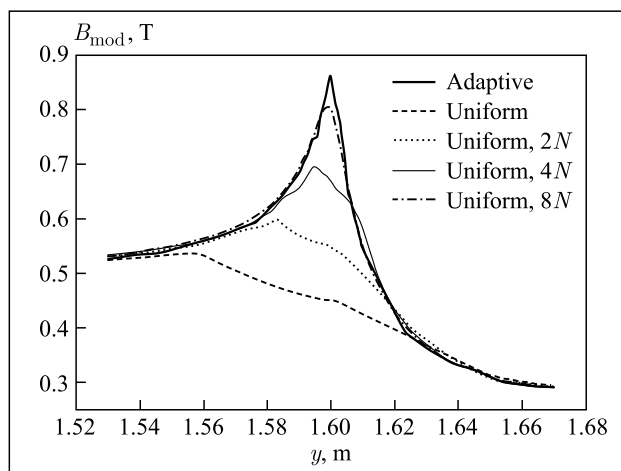


Fig. 5. Distribution of the magnetic induction modulus along a straight line obtained on various grids

tions of electric fields in regions with a non-smooth boundary, the problem is linear. In the linear case, the form of the singularity is known explicitly and is represented as a power and/or logarithmic function of the radius.

Note that sometimes a non-smooth boundary is created specifically to obtain a strong inhomogeneity of the electromagnetic field, for example, when designing electron guns or in the Stern–Gerlach experiment in studying the spin. This work was performed with support of the RFBR grant No. 18-29-10014.

Заметим, что иногда негладкая граница создается специально для получения сильной неоднородности электромагнитного поля, например, при проектировании электронных пушек или в опыте Штерна–Герлаха при изучении спина. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-29-10014.

Список литературы

1. *Иноземцева Н. Г., Перепёлкин Е. Е., Садовников Б. И.* Оптимизация алгоритмов задач математической физики для графических процессоров. М.: Из-во МГУ, 2012. 256 с.
2. *Перепёлкин Е. Е., Садовников Б. И., Иноземцева Н. Г.* Вычисления на графических процессорах в задачах теоретической и математической физики. М.: URSS, 2019. 240 с. Сер. «Классический учебник МГУ».
3. *Перепёлкин Е. Е., Коваленко А. Д., Тарелкин А. А., Полякова Р. В., Садовников Б. И., Иноземцева Н. Г., Сысоев П. Н., Садовникова М. Б.* Моделирование магнитных систем в области с углом // ЭЧАЯ. 2019. Т. 50, вып. 3. С. 360.
4. *Перепёлкин Е. Е., Коваленко А. Д., Тарелкин А. А., Полякова Р. В., Иноземцева Н. Г., Сысоев П. Н., Садовникова М. Б.* 3D расчеты вариантов магнитной системы детектора SPD комплекса NICA // Письма в ЭЧАЯ. 2019. Т. 16, вып. 2. С. 167–180.

References

1. *Inozemtseva N. G., Perepelkin E. E., Sadovnikov B. I.* Optimization of Algorithms for Mathematical Physics Problems for Graphic Processors. Moscow: Moscow State Univ., 2012. 256 p.
2. *Perepelkin E. E., Sadovnikov B. I., Inozemtseva N. G.* Computations on Graphic Processors in Problems of Theoretical and Mathematical Physics. Moscow: URSS, 2019. 240 p. Ser. “Classical Textbook of Moscow State University”.
3. *Perepelkin E. E., Kovalenko A. D., Tarelkin A. A., Polyakova R. V., Sadovnikov B. I., Inozemtseva N. G., Sysoev P. N., Sadovnikova M. B.* Modeling of Magnetic Systems in an Area with an Angle // Phys. Part. Nucl. 2019. V. 50, No. 3. P. 360.
4. *Perepelkin E. E., Kovalenko A. D., Tarelkin A. A., Polyakova R. V., Inozemtseva N. G., Sysoev P. N., Sadovnikova M. B.* 3D Calculations of the Options for the Magnetic System of the Detector SPIC of the NICA Complex // Phys. Part. Nucl. Lett. 2019. V. 16, No. 2. P. 140–152.

Юрий Михайлович КАЗАРИНОВ
(12.10.1919–3.06.1994)

В далеком 1952 г. на семинаре Гидротехнической лаборатории АН СССР (в будущем Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ) в Дубне научный сотрудник Ю. М. Казаринов доложил результаты эксперимента по измерению дифференциальных сечений по упругому рассеянию нейтронов протонами при энергиях 380 и 590 МэВ. За эти работы в 1953 г. он был удостоен Сталинской премии. В 1955 г. эти данные были приведены в книге Л. Д. Ландау и Я. А. Смородинского «Лекции по теории атомного ядра». Они и сегодня не потеряли своей научной ценности. Для физика-экспериментатора, наверное, нет лучшей награды. В научном мире широко известен большой личный вклад Ю. М. Казаринова в экспериментальное изучение тонких и принципиально важных поляризационных явлений и анализ мировых данных по рассеянию нуклонов.

Исследования спиновых эффектов во взаимодействии элементарных частиц сегодня достигли очень высокого уровня. На крупнейших ускорителях мира давно имеются пучки и мишени поляризованных частиц, проектируются и строятся огромные установки для столкновения поляризованных пучков и получения новых экспериментальных данных. Они служат важным критерием для отбора различных теоретических моделей. Интересно отметить, что, хотя в те далекие годы никто не отрицал важности спиновых эффектов при средних энергиях, многие теоретики считали, что с ростом энергии спиновые эффекты должны вымирать.

Начиная с 1958 г. Ю. М. Казариновым с коллегами было выполнено тщательное исследование упругого рассеяния нейтронов протонами в области малых углов, включая рождение пионов в np -соударениях при энергии 580 МэВ, для оценки константы π -мезон-нуклонного взаимодействия. В дальнейшем все его работы были посвящены изучению спиновых эффектов в нуклон-нуклонных столкновениях. Как известно, поляризационные эксперименты, тем более с нейтронами, весьма сложны, так как требуют набора большой статистики и учета и устранения ложной асимметрии, часто возникающей во время опытов. Эксперименты на синхроциклотроне ЛЯП ОИЯИ с энергией 680 МэВ делались физиками в группе, состоящей всего из 4–6 человек. Был механик, который умел «делать все», и две-три лаборантки (конечно, рядом были и конструкторский отдел, и механические мастерские). Экспериментаторам приходилось заниматься буквально всем — от планирования эксперимента до публикации физических результатов. Выведенный из камеры

Yuri Mikhailovich KAZARINOV
(12.10.1919–3.06.1994)

As far back as 1952, at a seminar at the Hydraulic Engineering Laboratory of the Academy of Sciences of the USSR (future Laboratory of Nuclear Problems of JINR), the researcher Yu. Kazarinov reported the results of the experiment on measurement of differential cross sections for elastic neutron–proton scattering at energies of 380 and 590 MeV. In 1953 he was awarded the Stalin Prize for those investigations. L. Landau and Ya. Smorodinsky cited these data in the book “Lectures on the Theory of the Atomic Nucleus” in 1955. The data have retained their scientific value up to date. There is probably no better award for an experimental physicist. Yu. Kazarinov’s great personal contribution to the experimental research of fine and fundamentally important polarization phenomena and to the analysis of global data on nucleon scattering is widely known in the scientific community.

Today studies of spin effects in interactions of elementary particles have risen to a very high level. Beams of polarized particles and polarized targets have long been used at the world’s largest accelerators, and huge facilities for collisions of polarized beams and acquisition of new experimental data have been and are being constructed. They serve as an important criterion for selection of various theoretical models. It is interesting to note that though nobody denied the importance of spin effects in the region of intermediate energies at that time, many theorists believed that spin effects had to extinct with increasing energy.

Beginning in 1958, Yu. Kazarinov and colleagues thoroughly investigated elastic neutron–proton scattering at small angles, including pion production in np collisions at an energy of 580 MeV. The results were then used for estimating the π -meson–nucleon coupling constant. All his further experimental and phenomenological studies were focused on spin effects in nucleon–nucleon collisions. As is known, polarization experiments, especially with neutrons, are very complicated, first of all because they require acquisition of high statistics and allowance for and elimination of spurious asymmetry that often occurs in experiments. Experiments at the LNP synchrocyclotron in the range of 680 MeV were carried out by small groups of four to six physicists. There was also a universal mechanic who could do everything, and two or three laboratory assistants (of course, the Design Department and the workshop were at hand). Experimental physicists were involved in almost everything from the designing of an experiment to the data processing and publication of physical results. The pro-

ускорителя пучок протонов надо было направить на углеродный поляризатор, затем выстраивать весь пучковый канал: подавать воду на все магниты, включать их, юстировать протонный пучок по всей трассе, выводить его на основную мишень. Следовало готовить саму установку к запуску: включить напряжение, подать рабочую газовую смесь в искровые камеры, настроить электронику. Конечно, масштабы эксперимента были несравнимы с современными, но и группы, как я уже сказал, были небольшими. Запуск установки, круглосуточное дежурство и набор статистики, ее обработка, вначале вручную, а затем на вычислительных машинах, получение физических результатов — этим занимались одни и те же люди. Это было не просто, но имело и свои большие плюсы. Физики всегда имели цельное представление об эксперименте.

Ю. М. Казаринов работал на дубненском синхротронном ускорителе с 1949 г. Все, кто хорошо его знал, могут подтвердить, что именно он был тем мотором, без которого эти эксперименты могли и не состояться. Под его руководством были проведены опыты по тройному рассеянию протонов на нейтронах, а затем, после создания в Дубне первой поляризованной протонной мишени, — протонов и нейтронов на ней. Наряду с исследованием упругого рассеяния нуклонов Ю. М. Казаринов получил также важные результаты совместного фазового анализа данных по нуклон-нуклонному рассеянию в интервале энергий 40–660 МэВ, а также однозначное решение фазового анализа при энергии 630 МэВ для мировых данных при достигнутых к тому времени точностях.

В дальнейшем деятельность Ю. М. Казаринова начала смещаться в область изучения спиновых эффектов элементарных частиц при высоких энергиях. После запуска в Протвино ускорителя протонов с энергией 76 ГэВ он со своей группой стал участвовать в экспериментах на π -мезонном пучке по изучению спиновых явлений в пион-нуклонном рассеянии на «замороженной» поляризованной протонной мишени, созданной в Дубне. Эти исследования длились более двух десятилетий. Были получены уникальные результаты, которые неоднократно подтверждались на других ускорителях. В те же годы Ю. М. Казаринов вел эксперименты по рассеянию электронов протонами и дейтронами на ускорителе электронов с энергией 6 ГэВ в Ереване, которые позволили определить зарядовые радиусы протона и дейтрона. Одновременно он проводил большую работу по организации научных исследований в одном из основных отделов ЛЯП. Эксперименты на У-70 затем стали перерастать в подготовку поляризационных опытов на строящемся комплексе УНК. До последних дней жизни ему хватало энергии и настойчивости в про-

тон beam extracted from the accelerator chamber should be sent to the carbon polarizer. Then they had to arrange the entire beam line: supply water to magnets, switch them on, adjust the proton beam over its entire path using film exposure, and focus and extract polarized protons to the main target. At the same time, they had to prepare the setup for launching: switch on all voltages, supply the working gas mixture to the spark chambers, and tune the electronics. Of course, the experiments were incomparable in scale with the modern ones, but the working groups were also small, as I said above. Startup of the facility, day-and-night duty and data acquisition, data processing, first manual and then with computing machines, and obtaining physical results — all this work was done by the same people. It was not easy, but had its advantages. The participating physicists always had an overall idea about the entire experimental work.

Yu. Kazarinov had worked at the Dubna synchrocyclotron since 1949. All who knew him well can confirm that he was the leader without whom the experiments could never take place. Under his guidance experiments were held on triple scattering of protons on neutrons and later, after the development of the first polarized proton target in Dubna, of protons and neutrons on it. In addition to experimental investigations of elastic nucleon scattering, Yu. Kazarinov obtained significant results in the combined phase analysis of the experimental data on nucleon-nucleon scattering in a wide energy range of 40 to 660 MeV. He also obtained a single-valued solution of the nucleon-nucleon phase analysis for the world data at 630 MeV, at the then achieved accuracies.

In the next decades, the research activities of Yu. Kazarinov began shifting to studies of polarization effects of elementary particles at high energies. After the commissioning of the 76-GeV accelerator in Protvino, he and his group took part in polarization experiments with the π -meson beam to study spin phenomena in the pion-nucleon scattering from the frozen polarized proton target developed and produced in Dubna. The research was carried out for more than two decades and yielded unique results, which were later confirmed in experiments at other accelerators. In those years, Yu. Kazarinov also conducted experiments on scattering of electrons from protons and deuterons on the 6-GeV electron accelerator in Yerevan, which allowed proton and deuteron charge radii to be directly determined. At the same time, he did much for organizing research activities of the international personnel of one of the main LNP departments. Experiments at the U70 accelerator began to gradually evolve into the preparation for polarization experiments at the accelerator storage com-



Протвино, 1972 г. Эксперимент по изучению поляризованных явлений на серпуховском ускорителе, который проводили совместно ученые ОИЯИ, Сакле (Франция), ИФВЭ и ИТЭФ. Слева направо: Ю. М. Казаринов (ОИЯИ), Ж. П. Мерло (Сакле)

Protvino, 1972. The experiment on polarization phenomena conducted at the Serpukhov accelerator by scientists from JINR, Saclay (France), IHEP and ITEP. Left to right: Yu. Kazarinov (JINR) and J. P. Merlo (Saclay)

движении этих работ. В 1990-е гг. он участвовал также в поляризационных экспериментах в Сакле на ускорителе SATURNE II при энергии до 3 ГэВ, которые содействовали проведению фазового анализа в этой области.

Прошло уже 25 лет, как нет с нами Ю. М. Казаринова. Вспоминая его как замечательного физика-экспериментатора, нельзя не коснуться его личности. Окружающим он казался немного экстравагантным человеком. Но при ближайшем знакомстве становилось понятно, что для него это была некая маска, с помощью которой он пытался защитить себя и, пожалуй в первую очередь, свою работу... Кстати, он всю жизнь страстно увлекался теннисом.

В течение десятилетий общения с Ю. М. Казариновым наши отношения не всегда были безоблачными, были у нас и периоды разногласий. Работать с ним бывало иногда трудно, но всегда интересно, так как первым приоритетом в жизни у него всегда была работа, и этим он умел заражать других. Мне особенно приятно вспомнить, как он

plex UNK. Until his last days Yu. Kazarinov was energetic and insistent in promoting those studies. In the 1990s, Yu. Kazarinov participated in the polarization experiments at energies of up to 3 GeV carried out at the SATURNE II accelerator (France). Their results were successfully used for the phase analysis in this energy region.

Twenty-five years have passed after his death, and while recalling him as a remarkable experimental physicist, one cannot leave unmentioned his personality. In the laboratory, he always appeared somewhat bizarre to those around him until they had a chance to get to know him better. And then it became clear that he was a rather vulnerable person and wore a sort of mask to protect himself and perhaps primarily his work... By the way, he was keen on tennis all his life.

For decades of my dealings with Yu. Kazarinov our relations were not always cloudless, we had differences as well. To work with him was sometimes difficult but always interesting, because work was a top priority in his life, and he energized others

сказал однажды, что ему всегда везло в контактах с грузинскими физиками, имея в виду Н. Амаглобели, М. Джгаркаву и, надеюсь, меня. Когда я начал работать в Дубне, Ю. М. Казаринов уже был руководителем группы, а вскоре стал начальником отдела физики адронов. В течение многих лет он был членом Ученого совета и экспертной группы ВАК, председателем экзаменационной комиссии по защите дипломов. Но это не мешало его работе в зале ускорителя. Хотя между нами пролегла возрастная разница в 16 лет, в работе и в личных отношениях это не ощущалось. Он был прост в общении, всегда готов на равных заниматься любым делом, необходимым для эксперимента. Иногда казалось, что он мог работать 20 часов в сутки. Следует отметить, что это была не только личная черта его характера, но и замечательная идеология всей Лаборатории ядерных проблем.

Юрий Михайлович был талантливым, опытным и целеустремленным физиком-экспериментатором, ярким представителем замечательной плеяды первого поколения ученых Дубны. При жестких условиях закрытого учреждения начала 1950-х гг. этим людям удалось создать замечательный научный коллектив с демократическими традициями. Может быть, некоторым это покажется странным, но это так. Эти традиции затем послужили хорошей основой для становления и развития Объединенного института ядерных исследований. Когда-то основатель Дубны М. Г. Мещеряков очень хорошо сказал: «Нам многое удалось сделать, так как мы всегда занимались конкретными делами для получения конкретных результатов». И это был главный урок, который я получил, когда работал в группе Ю. М. Казаринова в качестве аспиранта в далекие 1960–1970-е гг.

Л. Глonti (ИФВЭ–ОИЯИ)

with this attitude. It is especially pleasant for me to recollect his saying that he was fortunate in contacts with Georgian physicists, meaning probably N. Amaglobeli, M. Dzhgarkava and, I hope, me. When I began to work in Dubna, Yu. Kazarinov was already the group leader, and soon he became the Head of the Hadron Physics Department. For many years he was member of the Scientific Council and the expert group of the State Commission for Academic Degrees and Titles, chairman of the examination commission on diploma defense, but this did not affect his work in the synchrocyclotron hall. Though there was an age difference of 16 years between us, this difference was not felt in our work and later in our personal relationships. He was easy to deal with and always ready to do any currently required work with all others as an equal. At times it seemed that he could work 20 hours a day. It should be mentioned that it was not his personal feature but rather a remarkable ideology of the entire Laboratory of Nuclear Problems.

Yu. Kazarinov was a talented, experienced, and persevering experimenter, a bright member of the remarkable assemblage of the first generation of physicists in Dubna. Under severe conditions of a secret institution of the 1950s, these people created a wonderful scientific team with democratic traditions. It may seem strange to somebody, but it was so. These traditions later became a good basis for the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna founder M. Meshcheryakov once well put it: “We managed to do much because we always did particular work to get particular results.” And that was the main lesson that I learned when I worked as a postgraduate in Yu. Kazarinov’s group in the remote 1960s–1970s.

L. Glonti (IHEP–JINR)

19–20 сентября состоялась 126-я сессия Ученого совета ОИЯИ под председательством директора Института В. А. Матвеева и профессора Национального института физики и ядерной технологии им. Х. Хулубея К. Борчи (Бухарест, Румыния).

В. А. Матвеев сделал всесторонний доклад, посвященный последним достижениям Института по основным направлениям исследований, развитию физических установок в рамках крупных проектов Института, решениям сессии Комитета полномочных представителей ОИЯИ (март 2019 г.), событиям в области международного сотрудничества.

Ученый совет заслушал доклады о подготовке проекта Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ, представленные заместителем директора ЛЯП Д. В. Наумовым (физика частиц), заместителем директора ЛФВЭ Р. Ценовым (физика релятивистских тяжелых ионов и спиновая физика), ученым секретарем ЛЯР А. В. Карповым (ядерная физика при низких и промежуточных энергиях), советником при дирекции ЛНФ А. И. Иоффе (физика конденсированных сред и нейтронная ядерная физика), старшим научным сотрудником ЛРБ Е. А. Насоновой (радиобиология) и научным сотрудником ЛИТ Н. Н. Войтишиным (информационные технологии).

С докладами о рекомендациях программно-консультативных комитетов выступили: И. Церруя (ПКК по

физике частиц), М. Г. Иткис (ПКК по ядерной физике), Д. Л. Надь (ПКК по физике конденсированных сред).

Ученый совет заслушал научный доклад «Центр им. Бруно Понтекорво в Пизе: статус и перспективы сотрудничества с ОИЯИ», представленный В. Кавазинни (Италия).

Состоялось награждение премией им. Б. М. Понтекорво и вручение дипломов лауреатам премий ОИЯИ за 2018 г. Были заслушаны лучшие научные доклады молодых ученых, рекомендованные ПКК.

На сессии состоялись выборы на должности директоров ЛФВЭ и ЛРБ; были объявлены вакансии на должности в дирекциях лабораторий ОИЯИ.

Участники сессии посетили ЛФВЭ, где состоялась презентация Вычислительного центра NICA.

Общие положения резолюции. Ученый совет поздравил директора ОИЯИ В. А. Матвеева с исчерпывающей презентацией, высоко оценив новые результаты, вытекающие из выбора правильной стратегии и четких приоритетов, которые отличают ОИЯИ как международную научно-исследовательскую организацию мирового уровня.

Ученый совет поддержал усилия дирекции ОИЯИ по созданию базовой конфигурации комплекса NICA, отметив завершение создания основных систем бустерного синхротрона и изготовления ядра соленоидального магнита детектора MPD. Ученый совет при-

The 126th session of the JINR Scientific Council took place on 19–20 September. It was chaired by JINR Director V. Matveev and Professor C. Borcea of the H. Hulubei National Institute of Physics and Nuclear Engineering (Bucharest, Romania).

V. Matveev delivered a comprehensive report, covering the recent achievements of JINR in its major research directions, the progress in developing physics facilities within JINR's large projects, the decisions of the latest session of the JINR Committee of Plenipotentiaries (March 2019), as well as events in JINR's international cooperation and in the field of training highly qualified scientific personnel.

The Scientific Council heard reports concerning the current preparation of the draft Strategic Plan for the Long-Term Development of JINR in its major sections, presented by DLNP Deputy Director D. Naumov (particle physics), VBLHEP Deputy Director R. Tsenov (relativistic heavy-ion physics and spin physics), FLNR Scientific Secretary A. Karpov (nuclear physics at low and intermediate energies), FLNP Directorate Adviser A. Ioffe (condensed matter physics and neutron nuclear physics), LRB Senior Researcher E. Nasonova (radiobiology), and by LIT Researcher N. Voytishin (information technology).

The recommendations of the Programme Advisory Committees were reported by I. Tseruya (PAC for Particle Physics), M. Itkis (PAC for Nuclear Physics), and D. L. Nagy (PAC for Condensed Matter Physics).

The Scientific Council heard the scientific report "The Bruno Pontecorvo Centre in Pisa: Status and future collaboration with JINR" presented by V. Cavasinni (Italy).

The award of the B. Pontecorvo Prize took place at the session, and diplomas were presented to the winners of JINR prizes for the year 2018. The Scientific Council heard the best reports by young scientists as recommended by the PACs.

Elections of the Directors of VBLHEP and LRB were held at the session. The vacancies of positions in the directorates of JINR Laboratories were announced.

The participants of the session visited VBLHEP to attend the inauguration of the NICA Computing Centre.

General Considerations of the Resolution. The Scientific Council congratulated JINR Director V. Matveev for his comprehensive presentation and appreciated the emerging results which follow from choosing a good strategy and from selection of coherent priorities distinguishing JINR as a world-class international scientific research organization.

СЕССИЯ УЧЕНОГО СОВЕТА ОИЯИ
SESSION OF THE JINR SCIENTIFIC COUNCIL



Дубна, 19–20 сентября.
126-я сессия Ученого совета ОИЯИ

Dubna, 19–20 September.
The 126th session of the JINR Scientific Council





ветствовал получение первых физических результатов в эксперименте BM@N и продолжающийся анализ набранных экспериментальных данных, а также введение в эксплуатацию обновленного компьютерного кластера ЛФВЭ для задач комплекса NICA.

Ученый совет принял к сведению информацию о проведении в ОИЯИ 17 апреля 2019 г. 3-го совместного совещания коллабораций MPD и BM@N, на котором обсуждалась физическая программа экспериментов MPD и BM@N, ход работ по детекторным подсистемам и анализ экспериментальных данных.

Ученый совет приветствовал открытие в Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова экспериментального корпуса фабрики сверхтяжелых элементов (СТЭ) и запуск основной базовой установки фабрики — нового циклотрона ДЦ-280, высоко оценив научно-технический уровень реализации проекта по созданию ДЦ-280 и участие в нем большинства государств-членов ОИЯИ.

Ученый совет отметил проведение в ОИЯИ 30–31 мая 2019 г. международного симпозиума «Настоящее и будущее Периодической таблицы химических элементов» в рамках Международного года Периодической таблицы химических элементов с участием представителей ЮНЕСКО, ИЮПАК, ИЮПАП, известных ученых из институтов и университетов государств-членов ОИЯИ и других стран.

Ученый совет оценил введение в эксплуатацию двух новых кластеров создаваемого глубоководного нейтринного детектора «Байкал-ГВД», эффективный объем которого достиг $\sim 0,25 \text{ км}^3$, а также дальнейшее развитие нейтринных экспериментов на Калининской АЭС.

Ученый совет одобрил усилия дирекции ОИЯИ, направленные на подготовку высококвалифицированных научных кадров, в частности, приветствовал начало работы с 1 сентября 2019 г. новых диссертационных советов ОИЯИ, функционирующих на основе права самостоятельного присуждения ученых степеней в Российской Федерации. Ученый совет ожидает, что реализация этого права будет способствовать дальнейшему привлечению в Институт молодых ученых из государств-членов ОИЯИ.

О подготовке проекта Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ. Ученый совет принял к сведению доклады о подготовке проекта Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ по главным разделам. Докладчики представили информацию о том, какие новые научные исследования и эксперименты будут проводиться и готовиться к проведению в период 2023–2030 гг., какие научные и технологические результаты должны быть достигнуты, какая исследовательская инфраструктура должна будет раз-

The Scientific Council supported the efforts of the JINR Directorate towards constructing the basic configuration of the NICA complex, noting the completion of the main systems of the Booster synchrotron and of the fabrication of the yoke of the solenoidal magnet for the MPD detector. The Scientific Council appreciated the first physics results produced in the BM@N experiment and the continued analysis of the data taken earlier in this experiment, and also noted the commissioning of the updated computer cluster at VBLHEP to meet the challenges of the NICA complex.

The Scientific Council took note of the holding at JINR, on 17 April 2019, of the 3rd Joint Meeting of the MPD and BM@N Collaborations, which covered the physics programmes of the MPD and BM@N experiments, and progress in detector subsystems work and in analysis of experimental data.

The Scientific Council welcomed the opening of the experimental building of the Factory of Superheavy Elements (SHE) at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions and the launching of the Factory's main facility — the DC-280 cyclotron, highly appreciating the scientific and technological quality of the realization of the project to build the DC-280 cyclotron and the participation of most JINR Member States.

The Scientific Council noted the holding at JINR, on 30–31 May 2019, of the international symposium “Present

and Future of the Periodic Table of Chemical Elements”, which was attended by representatives of UNESCO, IUPAC, and IUPAP and by eminent scientists from institutes and universities of JINR Member States and other countries.

The Scientific Council noted the commissioning of two new clusters of the Baikal-GVD detector under construction, the effective volume of which has now reached $\sim 0.25 \text{ км}^3$, as well as the further development of the neutrino experiments at the Kalinin Nuclear Power Plant.

The Scientific Council supported the efforts being taken by the JINR Directorate to train highly qualified scientific personnel. In particular, the Scientific Council welcomed the beginning of operation at JINR, from 1 September 2019, of new dissertation councils on the basis of JINR's right to independently confer academic degrees in the Russian Federation. Implementation of this right will further attract young scientists from Member States to JINR.

Preparation of the Draft Strategic Plan for the Long-Term Development of JINR. The Scientific Council took note of the reports concerning the current preparation of the draft Strategic Plan for the Long-Term Development of JINR in its major sections. The speakers presented information concerning new scientific research and experiments prepared and to be carried out over the period 2023–2030 and beyond. They also suggested what scientific and tech-

виваться, а также каковы будут кадровые потребности в будущем. Отмечена информация о составах тематических подгрупп и об организации их работы (встречи, рабочие совещания, видеоконференции и т. д.).

Ученый совет рекомендовал международной рабочей группе обеспечить подготовку единого, интегрального документа на основе материалов, представленных тематическими подгруппами, с описанием общей стратегии, флагманскими проектами и приоритетами партнерства, и проинформировать Комитет полномочных представителей на сессии в ноябре 2019 г. о ходе подготовки Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ.

Рекомендации в связи с работой ПКК. Ученый совет поддержал рекомендации, выработанные на сессиях программно-консультативных комитетов в июне 2019 г. и представленные председателем ПКК по физике частиц И. Церруя, вице-директором ОИЯИ М. Г. Иткисом от имени председателя ПКК по ядерной физике М. Левитовича и председателем ПКК по физике конденсированных сред Д. Л. Надем, и просил дирекцию ОИЯИ учесть эти рекомендации при формировании Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 2020 г.

Физика частиц. Ученый совет с удовлетворением отметил активную работу по установке магнитов бустера NICA и планы по введению его в эксплуатацию с пучком к концу 2019 г.; поддержал предложение улучшить системы диагностики ускорительного комплекса, чтобы доставлять пользователям хорошо идентифицированные и чистые пучки; одобрил усилия ЛФВЭ по сокращению задержек в графике строительных работ для инфраструктуры ускорительного комплекса.

Ученый совет приветствовал прием двух новых институтов в коллаборацию MPD, отметив количество и качество выполняемого моделирования и предпринимаемые усилия для завершения первой стадии детектора к 2021 г. Ученый совет поздравил команду BM@N с получением первых физических результатов по образованию лямбда-гиперонов и высоко оценил усилия по подготовке установки BM@N для работы с пучками тяжелых ионов в 2021 г.

Ученый совет поддержал принятый ПКК подход к оценке участия ОИЯИ в экспериментах на LHC (ALICE, ATLAS и CMS); в частности, данные дирекции ОИЯИ рекомендации объединить проект, посвященный физическому анализу и участию в работе установки, и проект, нацеленный на модернизацию детектора и научно-исследовательские разработки, в один. Это позволит достичь лучшего контроля и регулирования исполнения этих проектов. Ученый совет также поддер-

nological results should be achieved, what research infrastructure should be developed, and what the future staffing needs should be. In addition, information was given about the memberships of the thematic subgroups and the organization of their work (meetings, workshops, videoconferences, etc.).

The Scientific Council recommended that the international Working Group ensure the preparation of a single, integrated document based on materials presented by the thematic subgroups describing the overall strategy with its flagship projects and partnership priorities and inform the Committee of Plenipotentiaries, at its session in November 2019, about the progress in preparing the Strategic Plan for the long-term development of JINR.

Recommendations in Connection with the PACs. The Scientific Council took note of the recommendations made by the PACs at their meetings in June 2019, as reported at this session by I. Tserruya, Chairman of the PAC for Particle Physics, by JINR Vice-Director M. Itkis on behalf of M. Lewitowicz, Chairman of the PAC for Nuclear Physics, and by D.L. Nagy, Chairman of the PAC for Condensed Matter Physics. The Scientific Council requests the JINR Directorate to consider these recommendations while preparing the JINR Topical Plan of Research and International Cooperation for the year 2020.

Particle Physics. The Scientific Council noted with satisfaction the active work on the mounting of the NICA Booster magnets and that commissioning with beam is expected to be completed by the end of 2019; supported the request to improve the diagnostics of the accelerator complex in order to deliver pure well-defined beams to the users, and acknowledged the efforts of VBLHEP to reduce the delay in the construction work schedule for the infrastructure of the collider complex.

The Scientific Council welcomed the admission of two new institutions to the MPD collaboration, the magnitude and quality of simulations being carried out, and the collaboration efforts to complete the first stage of the detector by 2021. The Scientific Council congratulated the BM@N team for the presentation of first physics results on the production of lambda hyperons and appreciated the ongoing efforts for the preparation of the BM@N set-up for heavy-ion beams in 2021.

The Scientific Council supported the PAC's approach for the evaluation of the JINR's participation in the LHC experiments, in particular, the recommendation given to the JINR Directorate for each of the three LHC themes (ALICE, ATLAS and CMS) to combine the project concerning physics analysis and operations and the project concerning detector upgrade and associated R&D into one single project. Thus, better monitoring and regulating the execution of

жал предложение о проведении всесторонних ежегодных обзоров этих экспериментов на одной сессии ПКК и рассмотрении их кратких отчетов на последующей сессии через 6 месяцев.

Ученый совет поздравил группу CMS в ОИЯИ с высоким качеством работ, выполненных в различных подсистемах детекторов с основным участием ОИЯИ, и с успехами в физических исследованиях. Ученый совет также поддержал рекомендацию ПКК группе приложить больше усилий для повышения производительности с точки зрения физического анализа и научных публикаций, соразмерных вкладу ОИЯИ в CMS. Необходимо подготовить план физического анализа, содержащий задачи, которые позволят группе достичь большей научной значимости, с большим числом молодых исследователей и участвующих студентов. В связи с этим вызывает беспокойство наличие большого количества участников с 0,1 FTE.

Ученый совет высоко оценил прогресс в проведении различных физических анализов с ответственностью ОИЯИ в эксперименте ATLAS, большое количество научных публикаций при непосредственном участии сотрудников ОИЯИ и слаженность в работе исследовательских подгрупп, включающих ряд молодых ученых. Ученый совет поддержал рекомендации ПКК группе сосредоточиться на исследованиях, где возможно достичь заметного влияния в рамках сотрудничества

ATLAS с точки зрения координирующих ролей, привлечения новых молодых исследователей и выступлений на крупных конференциях.

Приняв к сведению участие группы ALICE в физическом анализе, ее вклад в поддержание и развитие системы GRID-ALICE в ОИЯИ и модернизацию фотонного спектрометра, Ученый совет разделил обеспокоенность ПКК относительно низкой научной значимости команды ОИЯИ, работающей в ALICE, о чем свидетельствует, например, отсутствие докладов на крупных конференциях по данной тематике.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК продолжить участие ОИЯИ в проектах CMS, ATLAS и ALICE на период 2020–2023 гг. с первым приоритетом и ожидает принятия корректирующих мер по устранению вышеуказанных проблем.

Ученый совет поддержал рекомендации ПКК по продлению ряда проектов в области физики частиц. В частности, одобрил продление проекта SCAN-3 на период 2020–2022 гг. с первым приоритетом при условии, что это не помешает работе по проекту NICA. Ученый совет также поддержал решение ПКК отложить рассмотрение проекта NA64, предоставив авторам возможность подготовить обновленное предложение с учетом рекомендаций, сделанных ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике на их совместной сессии в январе 2019 г., по улучшению соотношения FTE

the so far distinct projects will be achieved. The Scientific Council also supported the proposal to have a thorough yearly review of all the three LHC experiments at the same PAC meeting, followed six months later by a brief status report.

The Scientific Council congratulated the JINR CMS group on the quality of the work carried out in various detector subsystems with major JINR responsibilities and on the progress in physics studies with direct participation of JINR staff members. It also seconded the PAC's recommendations to make larger efforts towards a higher productivity in terms of physics analysis and scientific publications, commensurate with the global contribution of JINR to CMS. A physics analysis plan should be prepared which includes subjects that would allow the group to achieve higher visibility, with identified JINR responsibilities and an increased number of young researchers and students involved. In this regard, the presence of a large number of participants with 0.1 FTE is a matter of concern.

The Scientific Council appreciated the progress in many physics analyses with JINR responsibility in the ATLAS experiment, the large number of scientific publications with direct participation of JINR staff members and the consistency of the research subgroups involving several young researchers. The Scientific Council supported the PAC's recommendations to concentrate on studies for

which the group could achieve a leadership role with a visible impact within the ATLAS collaboration, in terms of coordination roles, involvement of new young researchers, and presentations at major conferences.

Taking note of the involvement of the ALICE group at JINR in physics analyses, the group's contribution to the GRID-ALICE system and to the photon spectrometer upgrade, the Scientific Council shared the PAC's concern about the relatively low visibility of the JINR team working in ALICE as reflected for example by the lack of talks at major conferences in the field.

The Scientific Council supported the PAC's recommendations on the continuation of JINR's participation in the CMS, ATLAS and ALICE projects for the period 2020–2023, with first priority, pending the setting in place of corrective actions to address the above-mentioned concerns.

The Scientific Council supported the PAC's recommendations on the continuation of ongoing projects in particle physics. In particular, it endorsed the recommendation on continuation of the SCAN-3 project for the period 2020–2022 with first priority, making sure that it does not interfere with NICA operation. It also supported the PAC's decision to postpone any recommendation on the NA64 project till the authors present to the PAC a revised proposal where the recommendations made at the joint session of two PACs to improve the ratio of FTE to participants, to

и числа участников, привлечению студентов и участию в анализе данных.

Ученый совет поддержал сделанную ПКК оценку проекта FASA и просьбу к авторам подготовить улучшенный проект с уточненным научным обоснованием с учетом результатов экспериментов в Фермилаб, CERN-PS, Bevatron и Bevalac, проведенных 40 лет назад. Необходимо представить убедительное подтверждение того, как они могут решить все еще открытый вопрос о распаде или термализации в процессе множественной фрагментации ядер.

Ученый совет обратил внимание руководителей завершающихся в 2019 г. проектов BOREXINO, PANDA и COMET, что они должны представить отчеты на сессии ПКК в феврале 2020 г.

Ядерная физика. Ученый совет отметил выдающиеся достижения ЛНФ в исследованиях фундаментальных симметрий с поляризованными нейтронами, широкий спектр превосходных результатов в области прикладных исследований в рамках международных программ и важность работ, выполненных по развитию ускорительной установки ИРЕН.

Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК по ядерной физике продлить тему «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» на 2020–2022 гг. с первым приоритетом для продолжения научных исследований по ядерной физике с использо-

ванием нейтронных установок ЛНФ: высокоинтенсивного импульсного источника нейтронов ИРЕН и импульсного реактора ИБР-2. Дирекции ЛНФ следует сконцентрироваться на модернизации экспериментальных залов и павильонов на пучках установки ИРЕН, создании поляризованной ядерной мишени для работы с поляризованными нейтронами на ИРЕН, модернизации электростатического генератора ЭГ-5. Особое внимание необходимо обратить на системы транспортировки пучков с целью увеличения потоков нейтронов.

Ученый совет признал важность проекта «Разработка и развитие метода меченых нейтронов для определения элементной структуры вещества и изучения ядерных реакций» (TANGRA), поддержав рекомендацию ПКК продлить этот проект на 2020–2022 гг. с первым приоритетом.

Ученый совет одобрил работы в рамках проекта GDH&SPASCHARM&NN, который фактически состоит из трех независимых экспериментов, связанных с изучением спиновой структуры нуклона в сильных и электромагнитных взаимодействиях и технически полностью опирающихся на поляризованные протонные и дейтериевые мишени с замороженным спином, созданные и обслуживаемые группой ОИЯИ. Отметив важную роль группы во всех трех экспериментах, Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК о прод-

attract students and to get involved in data analysis were properly addressed.

The Scientific Council seconded the PAC's evaluation of the FASA project and the request that the authors submit an improved proposal, better focusing its scientific content, taking into account data obtained 40 years ago at Fermilab, CERN-PS, Bevatron and Bevalac, and presenting a convincing argument on how they could solve the still open question of break-up or thermalization in the multifragmentation of nuclei.

The Scientific Council drew to the attention of the leaders of the BOREXINO, PANDA and COMET projects to be concluded in 2019 that they should present their reports at the meeting of the PAC in February 2020.

Nuclear Physics. The Scientific Council appreciated FLNP's outstanding achievements in the research of fundamental symmetries with polarized neutrons, the wide range of excellent results in the field of applied research within international programmes, and the importance of the work for the development of the accelerator facility carried out at IREN.

The Scientific Council supported the recommendation of the PAC for Nuclear Physics to extend the theme "Investigations of Neutron Nuclear Interactions and Properties of the Neutron" for 2020–2022 with first priority for further research activities in nuclear physics using

FLNP's neutron facilities: the highly intense pulsed neutron source IREN and the IBR-2 pulsed reactor. The FLNP Directorate is advised to focus on the modernization of experimental halls and pavilions with beams of the IREN facility, on the construction of a polarized nuclear target for the work with polarized neutrons at IREN, and on the upgrade of the EG-5 electrostatic generator. Special attention should be given to the beam delivery systems in order to increase neutron fluxes.

The Scientific Council recognized the importance of the project "Research and development of the tagged neutron method for identification of the elemental structure of matter and studies of nuclear reactions" (TANGRA) and supported the PAC's recommendation to extend this project for 2020–2022, with first priority.

The Scientific Council commended the work under the GDH&SPASCHARM&NN project, which consists in fact of three independent experimental activities connected by the study of the nucleon spin structure in strong and electromagnetic interactions, and technically strongly supported by the frozen spin polarized proton and deuteron targets built and maintained by JINR's group. Acknowledging the important role of the Dubna group in all the three experiments, the Scientific Council supported the PAC's recommendation to extend this project for 2020–2022, with first priority.

лении этого проекта на 2020–2022 гг. с первым приоритетом.

Ученый совет согласился с рекомендацией ПКК об открытии нового проекта «Создание прототипа начальной секции сильнотоочного линейного ускорителя тяжелых ионов, нацеленного на получение интенсивных пучков радиоактивных ионов для фундаментальных исследований» на двухлетний период 2020–2021 гг. В результате этой работы в рамках проекта ожидается создание прототипа начального участка линейного ускорителя и проработка конструкции ускорителя LINAC-100.

Физика конденсированных сред. Ученый совет отметил важность работ по теме «Развитие исследовательской ядерной установки ИБР-2 с комплексом криогенных замедлителей нейтронов» и проекту «Создание комплекса криогенных замедлителей ИЯУ ИБР-2» и поддержал их продление на 2020–2022 гг.

Приняв к сведению сотрудничество ОИЯИ с Национальным синхротронным центром SOLARIS (Краков, Польша) в направлении совместного развития установки для структурных исследований с использованием синхротронного рентгеновского излучения, Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК по физике конденсированных сред об открытии новой темы «Создание лаборатории структурных исследований SOLCRYS в Национальном центре синхротронного излучения

SOLARIS» на 2020–2022 гг. с учетом интереса ряда организаций государств-членов ОИЯИ к участию в этих работах.

Ученый совет приветствовал результаты обсуждения ПКК состояния исследований в области неупругого рассеяния нейтронов на ИБР-2 в контексте современных тенденций в области нейтронной спектроскопии. Учитывая, что два рассмотренных ПКК спектрометра являются единственными приборами неупругого рассеяния нейтронов в ОИЯИ, Ученый совет одобрил разработку новых установок неупругого рассеяния нейтронов и намерение ЛНФ представить предложение об открытии нового проекта, направленного на развитие двух существующих спектрометров.

Ученый совет удовлетворен состоянием работ по реализации проекта «Система нейтронного operando мониторинга и диагностики материалов и интерфейсов для электрохимических накопителей энергии на ИЯУ ИБР-2» и поддержал рекомендацию ПКК о его продолжении.

Ученый совет высоко оценил результаты, полученные при разработке новых математических методов, алгоритмов и комплексов программ, необходимых для решения задач физики конденсированных сред. Решение этих задач возможно благодаря, с одной стороны, высококлассному компьютерному обеспечению для сбора и обработки данных на спектрометрах ИБР-2

The Scientific Council concurred with the PAC's recommendation on the opening of a new project "Construction of a prototype of the initial section of a high-current heavy-ion linear accelerator aimed at producing intense radioactive ion beams for basic research" for the period 2020–2021. The proposed work plan aims at constructing a prototype of the initial section of the linear accelerator and at designing the LINAC-100 accelerator.

Condensed Matter Physics. The Scientific Council noted the importance of activities within the theme "Development of the IBR-2 Facility with a Complex of Cryogenic Neutron Moderators" and project "Construction of a complex of cryogenic moderators at the IBR-2 facility" and supported their extension for 2020–2022.

The Scientific Council took note of the status of the cooperation between JINR and the SOLARIS National Synchrotron Centre (Kraków, Poland) focusing on the development of a joint facility for structural research using synchrotron X-rays. The Scientific Council supported the recommendation of the PAC for Condensed Matter Physics on the opening of a new theme "Development of the SOLCRYS Structural Research Laboratory at the SOLARIS National Synchrotron Centre" for 2020–2022, noting the interest of several organizations from JINR Member States in taking part in this activity.

The Scientific Council welcomed the results of discussion of the inelastic neutron scattering instruments at IBR-2 within the context of the current trends in neutron spectroscopy worldwide. Considering that the two spectrometers reviewed by the PAC are the only inelastic neutron scattering instruments available at JINR, the Scientific Council supported the development of new inelastic neutron scattering instruments and FLNP's intention to present a proposal for opening a new project to further develop the two existing instruments.

The Scientific Council was satisfied with the progress of the project "A system for neutron operando monitoring and diagnostics of materials and interfaces for electrochemical energy storage devices at the IBR-2 reactor" and supported the PAC's recommendation on its continuation.

The Scientific Council appreciated the results obtained in the development of new mathematical methods, algorithms, and software packages for condensed matter physics, which are represented, on the one hand, through high-class computer support of the data acquisition and processing at IBR-2 spectrometers and, on the other hand, through important computer developments for the numerical solution of theoretical models describing either dynamic phenomena or structural properties of complex materials. The Scientific Council supported the PAC's recommendation on further extension of the theme "Methods,

и, с другой стороны, важным компьютерным разработкам для численного решения теоретических моделей, описывающих как динамические явления, так и структурные свойства сложных материалов. Ученый совет поддержал рекомендацию ПКК о продлении темы «Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных» на 2020–2023 гг., полагая, что основой будущих разработок в рамках этой темы будут являться максимальная реализация возможностей, предоставляемых гетерогенной вычислительной платформой HybriLIT, включающей суперкомпьютер «Говорун» и учебно-тестовый узел.

Ученый совет удовлетворен результатами, достигнутыми Медико-техническим комплексом ЛЯП как в области клинических исследований по применению протонной терапии для лечения различных заболеваний, так и в области радиобиологии. Ученый совет поддержал продление темы «Проведение медико-биологических и радиационно-генетических исследований с использованием различных типов ионизирующих излучений» и проектов «Совершенствование методов, технологий, режимов планирования и проведения лучевой терапии» и «Радиоген: молекулярная генетика радиационно-индуцированных изменений гена, гено-

ма и транскриптома *Drosophila melanogaster*» на 2020–2022 гг.

Ученый совет согласился с рекомендацией ПКК о продлении завершающейся темы и проекта «Исследование космического вещества на Земле и в космосе; исследование биологических и геохимических особенностей ранней Земли» на 2020–2022 гг., отметив, что исследования в предложенных направлениях могли бы внести значимый вклад в развитие астробиологии.

Общие вопросы. Ученый совет ожидает получения информации о решении, касающемся нейтринной программы, оценка которой была проведена на совместной сессии ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике в январе 2019 г., а также о том, когда и как эта программа будет оценена вновь. В целом Ученый совет рекомендовал лучше распределять научные темы по соответствующим ПКК.

Ученый совет отметил существенный прогресс, достигнутый на пути разработки технического обоснования концепции нового источника нейтронов ОИЯИ, и поддержал рекомендацию ПКК по физике конденсированных сред и ПКК по ядерной физике об открытии темы «Разработка концептуального проекта нового перспективного источника нейтронов в ОИЯИ» на 2020–2022 гг. В то же время особое внимание следует уделить разработке научной программы для нового источника в области физики конденсированных сред

Algorithms and Software for Modeling Physical Systems, Mathematical Processing and Analysis of Experimental Data” for 2020–2023, with the understanding that the basis for future developments within this theme will to the extent possible to realize the opportunities offered by the heterogeneous computing platform HybriLIT through its Govorun supercomputer and its education and testing site.

The Scientific Council was pleased with the results achieved by DLNP’s Medico-Technical Complex both in the field of clinical research on proton radiotherapy applications for the treatment of different diseases and in the field of radiobiology. The Scientific Council supported extension of the theme “Biomedical and Radiation-Genetic Studies Using Different Types of Ionizing Radiation” and the projects “Further development of methods, technologies, schedule modes and delivery of radiotherapy” and “RADIOGENE: Molecular genetics of radiation-induced changes at the gene, genome and transcriptome level in *Drosophila melanogaster*” for 2020–2022.

The Scientific Council agreed with the PAC’s recommendation on extension of the concluding theme and project “Research on Cosmic Matter on the Earth and in Space; Research on the Biological and Geochemical Specifics of the Early Earth” for 2020–2022, expecting that research in the fields of this theme would make a remarkable contribution to astrobiology.

Common Issues. The Scientific Council looks forward to being informed of the decision concerning the Neutrino programme evaluated by the joint session of the PAC for Particle Physics and of the PAC for Nuclear Physics in January 2019, and to knowing when and how this programme will be re-evaluated. In general, the Scientific Council recommended that better allotment of scientific themes to respective PACs be made.

The Scientific Council noted the significant progress achieved in developing a technical justification for the concept of a new neutron source at JINR and supported the recommendations made by the PAC for Condensed Matter Physics and the PAC for Nuclear Physics on the opening of the theme “Development of the Conceptual Design of a New Advanced Neutron Source at JINR” for 2020–2022. At the same time, special attention should be paid towards developing the scientific programme for the new source in the field of condensed matter physics and nuclear physics as well as to defining a management structure and a time schedule, specifying milestones and expected results of this new theme.

The Scientific Council supported the development of JINR information systems aimed at providing information and software support for the JINR research and management activities within the theme “Information and Computing Infrastructure of JINR”. The Scientific Council appreciat-

и ядерной физики, а также определению структуры руководства темой и плана-графика реализации работ с указанием ключевых этапов и ожидаемых результатов.

Ученый совет одобрил развитие информационных систем ОИЯИ, направленных на обеспечение информационной и программной поддержки научно-исследовательской деятельности ОИЯИ, в рамках темы «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ». Ученый совет отметил усилия, принятые ЛИТ по развитию и совершенствованию телекоммуникационной и сетевой инфраструктуры ОИЯИ, модернизации инженерной инфраструктуры Многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК), наращиванию производительности вычислительных ресурсов и систем хранения данных. Ученый совет поддержал рекомендации ПКК по ядерной физике и ПКК по физике частиц продлить тему «Информационно-вычислительная инфраструктура ОИЯИ» и проект МИВК на 2020–2023 гг. с первым приоритетом.

Доклады молодых ученых. Ученый совет с одобрением заслушал доклады молодых ученых, которые были выбраны программно-консультативными комитетами для представления на данной сессии: «Осцилляционный анализ в эксперименте NOvA», «Исследование тонких пленок нанокompозитов полистирол-фуллерен методами нейтронной и рентгеновской

рефлектометрии», и поблагодарил соответствующих докладчиков: Л.Д. Колупаеву (ЛЯП) и Т.В. Тропина (ЛНФ). Ученый совет будет приветствовать такие доклады и в будущем.

О составе ПКК. По предложению дирекции ОИЯИ, представленному вице-директором ОИЯИ Р.Леднички, Ученый совет назначил Фуцян Вана (Университет Пердью, Уэст-Лафайетт, США) в состав ПКК по физике частиц сроком на три года, выразив благодарность Ну Сюю за успешную работу, проделанную в качестве члена этого ПКК.

Ученый совет назначил М.Козака (Университет им. А. Мицкевича, Познань, Польша) в состав ПКК по физике конденсированных сред сроком на три года, выразив благодарность Я.Вонсицкому за успешную работу, проделанную в качестве члена этого ПКК.

Премии и награды. Ученый совет поздравил Ф.Халзена (Висконсинский университет, Мадисон, США) с присуждением премии им. Б.М.Понтекорво за ведущую роль в создании детектора IceCube и экспериментальное открытие космических нейтрино сверхвысоких энергий и поблагодарил за превосходное выступление.

Ученый совет поздравил лауреатов ежегодных премий ОИЯИ за лучшие научные, научно-методические и научно-технические прикладные работы.

ed LIT's efforts to achieve development and upgrade of the JINR telecommunication and network infrastructure; modernization of the MICC engineering infrastructure, increase in performance of computing resources and data storage systems. The Scientific Council supported the recommendations of the PAC for Nuclear Physics and of the PAC for Condensed Matter Physics to extend the theme "Information and Computing Infrastructure of JINR" and the MICC project for 2020–2023, with first priority.

Reports by Young Scientists. The Scientific Council appreciated the reports by young scientists, selected by the PACs for presentation at this session: "Neutrino oscillation analysis in the NOvA experiment" and "Investigations of polystyrene–fullerene nanocomposite thin films by neutron and X-ray reflectometry", and thanked the respective speakers: L. Kolupaeva (DLNP) and T. Tropin (FLNP). The Scientific Council will welcome such selected reports in future.

Memberships of the PACs. On the proposal of the JINR Directorate presented by JINR Vice-Director R. Lednický, the Scientific Council appointed Fuqiang Wang (Purdue University, West Lafayette, USA) as a new member of the PAC for Particle Physics for a term of three years. It thanked the outgoing member Nu Xu for his successful work in this PAC.

The Scientific Council appointed M.Kozak (Adam Mickiewicz University, Poznań, Poland) as a new member of the PAC for Condensed Matter Physics for a term of three years. It thanked the outgoing member J. Wąsicki for his successful work in this PAC.

Prizes and Awards. The Scientific Council congratulated F. Halzen (University of Wisconsin, Madison, USA) on the award of the B. Pontecorvo Prize for his leading role in the construction of the IceCube detector and experimental discovery of very-high-energy cosmic neutrinos, and thanked him for his excellent presentation.

The Scientific Council congratulated the winners of JINR annual prizes for best papers in the fields of scientific research, instruments and methods, and applied research.

The Scientific Council congratulated LRB Director E. Krasavin on the award of the Diploma of Doctor Honoris Causa of the National University of Mongolia, presented at this session.

Elections and Announcement of Vacancies in the Directorates of JINR Laboratories. In the elections of the Director of the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics, the nominated candidate did not obtain the required majority of votes. As proposed by JINR Director V. Matveev, the Scientific Council will announce new elections at the 129th session in February 2021.

Ученый совет поздравил директора ЛРБ Е. А. Красавина с вручением ему диплома почетного доктора Монгольского государственного университета, состоявшимся на этой сессии.

Выборы и объявление вакансий в дирекциях лабораторий ОИЯИ. При избрании на должность директора Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина выдвинутый кандидат А. С. Водопьянов не набрал необходимого количества голосов. По предложению директора ОИЯИ В. А. Матвеева Ученый совет объявит новые выборы на 129-й сессии в феврале 2021 г.

Ученый совет избрал А. Н. Бугая директором Лаборатории радиационной биологии (ЛРБ) сроком на пять лет. Ученый совет поблагодарил Е. А. Красавина за успешную работу, проделанную в качестве директора этой лаборатории.

Ученый совет объявил вакансии на должности заместителей директора ЛРБ. Утверждение в должностях состоится на следующей сессии Ученого совета в феврале 2020 г.

Благодарность. Ученый совет поздравил Лабораторию физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина с вводом в действие вычислительного центра NICA. Это знаковое событие на пути создания

комплекса NICA и важный элемент его научно-исследовательской инфраструктуры.

Ученый совет поблагодарил В. Кавазинни, координатора Центра им. Бруно Понтекорво физического факультета Пизанского университета (Италия), за доклад о статусе этого центра и перспективах сотрудничества с ОИЯИ, пожелав Центру им. Бруно Понтекорво успехов в его деятельности.

Правила процедуры Ученого совета. Ученый совет обсудил изменения, предложенные директором ОИЯИ В. А. Матвеевым, в Положении о выборах директоров и об утверждении в должности заместителей директоров лабораторий ОИЯИ, являющемся частью Правил процедуры Ученого совета, и принял решение продолжить их рассмотрение на следующей сессии.

The Scientific Council elected A. Bugay as Director of the Laboratory of Radiation Biology (LRB) for a term of five years. The Scientific Council thanked E. Krasavin for his successful tenure as Director of this Laboratory.

The Scientific Council announced the vacancies of positions of LRB Deputy Directors. The endorsement of appointments will take place at the next session of the Scientific Council in February 2020.

Appreciation. The Scientific Council congratulated the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics on the commissioning of the NICA Computing Centre. This is a landmark event on the way to realizing the NICA complex and an important element of its research infrastructure.

The Scientific Council thanked V. Cavasinni, Coordinator of the Bruno Pontecorvo Centre of the Physics Department of the University of Pisa (Italy), for his report on the status of this centre and future collaboration with JINR, and wished the Bruno Pontecorvo Centre success in its activity.

Rules of Procedure of the Scientific Council. The Scientific Council discussed the amendments proposed by JINR Director V. Matveev to the Regulations for the election of Directors and for the endorsed appointment of Deputy Directors of JINR Laboratories, which are part of the Rules of procedure of the JINR Scientific Council, and decided to continue their consideration at the next session.

**Директор Лаборатории радиационной биологии
А. Н. БУГАЙ**

Александр Николаевич Бугай — доктор физико-математических наук.

Дата и место рождения:
7 апреля 1983 г., Гвардейск, Калининградская обл., СССР

Образование:
2000–2005 Физический факультет, Калининградский государственный университет

2005–2008 Аспирантура Российского государственного университета им. И. Канта (Калининград), специализация — теоретическая физика

2008 Кандидат физико-математических наук («Квазидномерные уединенные волны в твердых телах»)

2019 Доктор физико-математических наук («Нелинейное взаимодействие квазимонохроматических и широкополосных импульсов в анизотропных средах»)

Профессиональная деятельность:
2008–2015 Научный сотрудник ЛРБ ОИЯИ
2015–2019 Начальник сектора ЛРБ ОИЯИ
С 2019 Директор ЛРБ ОИЯИ

Научно-организационная деятельность:
Член программных и организационных комитетов ряда международных конференций

Педагогическая деятельность:
Профессор кафедры биофизики Государственного университета «Дубна»; руководитель дипломных и диссертационных работ; лектор на международных школах

Научные интересы:
Монте-Карло моделирование взаимодействия заряженных частиц с биосистемами, моделирование репарации ДНК и радиационно-индуцированного мутагенеза, моделирование радиационно-индуцированных нарушений функционирования нейронных сетей, нелинейная динамика биополимеров, воздействие терагерцового излучения на биосистемы, генерация терагерцового излучения, предельно короткие лазерные импульсы, нелинейные волны и солитоны

Научные публикации:
Автор и соавтор более 120 научных работ

Гранты и премии:
2006–2012 Стипендиат фонда «Династия» (по теоретической физике)
2005–2019 Исполнитель в нескольких грантах РФФИ (по физике, по радиобиологии)
2017–2019 Основной исполнитель в гранте РНФ (по математике)
2017 Премия ОИЯИ за серию работ «Исследование нелинейной динамики волн терагерцового диапазона частот в конденсированных средах и живых системах»



**A. N. BUGAY
Director of the Laboratory of Radiation Biology**

Aleksandr N. Bugay, Doctor of Science (Physics and Mathematics).

Date and place of birth:
7 April 1983, Gvardeisk, Kaliningrad Region, USSR

Education:
2000–2005 Physics Department, Kaliningrad State University
2005–2008 Postgraduate study at the Immanuel Kant Russian State University (Kaliningrad)
2008 Candidate of Physics and Mathematics (“Quasi-one-dimensional solitary waves in solids”)
2019 Doctor of Physics and Mathematics (“Nonlinear interaction of quasimonochromatic and broadband pulses in anisotropic media”)

Professional career:
2008–2015 Researcher, LRB, JINR
2015–2019 Head of Sector, LRB, JINR
Since 2019 Director, LRB, JINR

Scientific and organizational activities:
Member of programme and organizing committees of international workshops and conferences

Educational activities:
Professor, Biophysics Department, Dubna State University; supervisor of theses and diploma papers; lecturer at international schools

Research interests:
Monte Carlo simulation of the interaction of charged particles with biological systems; modeling of DNA repair and radiation-induced mutagenesis; modeling of radiation-induced disturbances in the functioning of neural networks; nonlinear dynamics of biomolecules; effect of terahertz radiation on biological systems; generation of terahertz radiation; extremely short laser pulses; nonlinear waves and solitons

Scientific publications:
Author and co-author of more than 120 publications

Grants and awards:
2006–2012 Stipendiary and grant holder of the Dynasty Foundation (theoretical physics)
Since 2005 Co-investigator in several grants of the Russian Foundation for Basic Research (physics, radiation biology)
Since 2017 Principal investigator in the grant of the Russian Science Foundation (mathematics)
2017 JINR Prize for the series of works “Study of the nonlinear dynamics of the waves of the terahertz frequency range in condensed matter and living systems”

12 июля состоялся визит в ОИЯИ представителей Министерства науки и высшего образования РФ, МГТУ им. Н.Э.Баумана и МФТИ с целью обсуждения вопросов подготовки высококвалифицированных научных и инженерных кадров для реализации уникальных проектов ОИЯИ.

Делегацию возглавляли первый заместитель министра науки и высшего образования РФ Г.В. Трубников, директор департамента инноваций и перспективных исследований Минобрнауки В.В. Медведев, ректор МГТУ А.А. Александров и ректор МФТИ Н.Н. Кудрявцев. В состав делегации также входили: от МФТИ — проректор по исследованиям и разра-

боткам С.Н. Гаричев и проректор по научной работе и программам развития В.А. Баган, от МГТУ — проректор по экономике и инновациям Е.А. Старожук, декан факультета «Энергомашиностроение» А.А. Жердев и помощник ректора М.Д. Сафронов, а также помощник первого заместителя министра науки и высшего образования РФ А.О. Дряхлов. Стороны обсудили конкретные шаги в сфере подготовки кадров и привлечения выпускников ведущих профильных вузов к работе в Объединенном институте.

В сопровождении директора ОИЯИ академика В.А. Матвеева и главного ученого секретаря ОИЯИ А.С. Сорина гости посетили объекты науч-



Дубна, 12 июля. Визит в ОИЯИ представителей Министерства науки и высшего образования РФ, МГТУ им. Н. Э. Баумана и МФТИ

Dubna, 12 July. Representatives of the RF Ministry of Science and Higher Education, the Bauman MSTU and MIPT on a visit to JINR

On 12 July, representatives of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Minobrnauki), the Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), and the Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT) visited JINR with the aim to discuss issues of training highly qualified scientific and engineer staff to implement unique projects of JINR.

The delegation was headed by First Deputy Minister of Minobrnauki G. Trubnikov, Director of the Department of Innovation and Advanced Research of Minobrnauki V. Medvedev, BMSTU Rector A. Alexandrov, and MIPT Rector N. Kudryavtsev. The del-

egation also included Vice-Rector for Research and Development S. Garichev and Vice-Rector for Science and Development Programmes V. Bagan (representing MIPT), as well as Vice-Rector for Economy and Innovations E. Starozhuk, Dean of the Faculty of Power Plant Engineering A. Zherdev, Assistant to Rector M. Safronov (representing BMSTU), and Assistant to First Deputy Minister of Minobrnauki A. Dryakhlov. The sides discussed specific measures in training staff and attraction of graduates of leading specialized universities to work at JINR.

During the visit, the guests, accompanied by JINR Director Academician V. Matveev and JINR Chief Scien-



Дубна, 15–18 июля. Визит в ОИЯИ делегации из Республики Польша

Dubna, 15–18 July. A delegation from the Republic of Poland on a visit to JINR

tific Secretary A. Sorin, were acquainted with objects of the JINR scientific infrastructure and had meetings with heads of the JINR laboratories. The delegation visited the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics where they saw the NICA accelerator complex being constructed and the factory of superconducting magnets. The guests had a meeting with JINR Vice-Director, VBLHEP Director V. Kekelidze and VBLHEP Scientific Secretary D. Peshekhonov. FLNR Director S. Dmitriev and FLNR Scientific Secretary A. Karpov welcomed the delegation at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions. The delegation visited the Factory of Superheavy Elements and had a meeting with FLNR Scientific Leader Academician Yu. Oganessian.

From 15 to 18 July, a Polish delegation stayed in Dubna. The delegation was represented by Chief Specialist of the Ministry of Science and Higher Education of Poland A. Bereza, Head of the Office in the Department of this Ministry M. Piątek, Head of the Office in the Department of the Ministry of Foreign Affairs of Poland M. Grodzki, and Director of the Ministry's Department J. Hofmokl, Plenipotentiary of the Government of the Republic of Poland to

JINR Professor M. Waligórski as well as Chairman of the Commission on Cooperation with JINR under the Plenipotentiary Professor M. Budzyński. Ambassador of the Republic of Poland to Russia W. Marciniak took part in meetings held in Dubna.

On the arrival, members of the delegation met their compatriots working at JINR. On 16 July, in the JINR Directorate, the delegation had a meeting with JINR Director V. Matveev, JINR Chief Scientific Secretary A. Sorin, VBLHEP Director and JINR Vice-Director V. Kekelidze, FLNR Deputy Director S. Sidorchuk, and Assistant to Head of the Science Organization & International Cooperation Office W. Chmielowski. Much attention was paid to the participation of Polish scientists and specialists in the JINR flagship projects, namely, development of the NICA complex and the Factory of Superheavy Elements, as well as to the progress towards the creation of the SOLARIS laboratory at the Krakow Institute of Nuclear Physics. The delegation had an excursion to FLNR and VBLHEP.

On 17 and 18 July, the guests went on an excursion to Tver and the memorial complex "Mednoe", and to Serguiev Posad where they were acquainted with treasures of the Trinity Lavra.

ной инфраструктуры Института, встретились с руководителями лабораторий ОИЯИ. Делегация посетила Лабораторию физики высоких энергий, осмотрела строящийся ускорительный комплекс NICA и фабрику сверхпроводящих магнитов, а также встретилась с вице-директором ОИЯИ, директором ЛФВЭ В.Д.Кекелидзе и ученым секретарем Д.В.Пешехоновым. В Лаборатории ядерных реакций делегацию приветствовали директор ЛЯР С.Н.Дмитриев и ученый секретарь А.В.Карпов, ознакомившие гостей с направлениями научной деятельности ЛЯР. Посетив фабрику сверхтяжелых элементов, члены делегации встретились с научным руководителем ЛЯР академиком Ю.Ц.Оганесяном.

С 15 по 18 июля проходил визит в Дубну польской делегации, в которую входили главный специалист Министерства науки и высшего образования Польши А.Береза, начальник отдела этого министерства М.Пионтек, начальник отдела Министерства иностранных дел Польши М.Гродзки, директор департамента МИД Я.Хофмоклъ, полномочный представитель правительства РП в ОИЯИ профессор М.Валигурски и председатель комиссии по сотрудничеству с ОИЯИ при полномочном представителе РП профессор М.Будзыньски. Во встречах в Дубне участвовал посол Республики Польши в РФ В.Марциняк.

В день приезда состоялась встреча членов делегации с соотечественниками, работающими в ОИЯИ. На следующий день в дирекции Института гости встретились и обсудили ряд вопросов сотрудничества с директором ОИЯИ В.А.Матвеевым, главным ученым секретарем А.С.Сориним, директором ЛФВЭ, вице-директором ОИЯИ В.Д.Кекелидзе, заместителем директора ЛЯР С.И.Сидорчуком, по-

мощником руководителя УНОРиМС В.Хмельовским. Большое внимание было уделено участию польских ученых и специалистов во флагманских проектах ОИЯИ — создании комплексов NICA, фабрики сверхтяжелых элементов, а также в создании лаборатории SOLARIS в краковском Институте ядерной физики. Для польской делегации была организована экскурсия в ЛЯР и ЛФВЭ.

17 и 18 июля гости совершили экскурсионные поездки в Тверь и на мемориальный комплекс «Медное», а также в Сергиев Посад, где ознакомились с памятниками Троице-Сергиевой лавры.

29 августа ОИЯИ с ознакомительным визитом посетила делегация из Федеративной Республики Германии. В ее состав входили представители ВМБФ — референт по вопросам образования в странах ЕС и международного сотрудничества в образовании З.Карл, референт по вопросам сотрудничества со странами Восточной Европы, Россией и Центральной Азией А.Шварц, а также представители Федерального института профессионального образования, Германского центра авиации и космонавтики, Немецкого культурного центра им. И.В.Гёте в Москве, исследовательских центров в Юлихе и Дармштадте. Делегацию сопровождали начальник отдела труда, социальных вопросов и охраны здоровья посольства Германии в Москве Е.Бохданович, ведущий научный сотрудник Федерального института развития образования (Москва) профессор Е.Есенина. Визит был организован в рамках реализации дорожной карты сотрудничества России и Германии в области образования, науки, научных исследований и инноваций, которая была подписана в декабре 2018 г.

Дубна, 3–4 августа.
Награждение победителей юбилейного, 20-го теннисного турнира, посвященного памяти Венедикта и Бориса Дзелеповых

Dubna, 3–4 August.
Awarding ceremony for the winners of the jubilee 20th tennis tournament dedicated to the memory of Venedikt and Boris Dzheleпов



Делегация ознакомилась с лабораториями физики высоких энергий и нейтронной физики, где гости осмотрели объекты научной инфраструктуры, узнали об основных направлениях исследований и встретились с руководством. В завершение визита состоялась встреча с представителями руководства ОИЯИ, в которой принимали участие вице-директора ОИЯИ Р. Ледницки и В. Д. Кекелидзе, главный инженер Б. Н. Гикал, помощник директора ОИЯИ по инновационному развитию А. В. Рузаев, начальник отдела международных связей Д. В. Каманин и его заместитель А. А. Котова, директор ЛНФ В. Н. Швецов, заместитель директора УНЦ ОИЯИ А. С. Жемчугов, начальник отдела ЛФВЭ С. А. Костромин. В ходе дискуссии стороны, в частности, обсудили ряд вопросов профессионального обучения и повышения квалификации инженерного и технического персонала на базе Института.

С 1 сентября в ОИЯИ открыты диссертационные советы, работающие на основе права самостоятельного присуждения ученых степеней. В соответствии с федеральными законами государства местопребывания ОИЯИ Российской Федерации ОИЯИ имеет право:

- создавать на своей базе диссертационные советы, определять и изменять составы этих советов, устанавливать их полномочия, определять перечень научных специальностей, по которым этим советам предоставляется право приема диссертаций для защиты, осуществлять контроль за деятельностью этих советов, приостанавливать, возобновлять и прекращать деятельность этих советов;
- устанавливать порядок присуждения ученых степеней, включая критерии, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней, порядок представления, защиты диссертаций на

Дубна, 29 августа. Делегация из Федеративной Республики Германии на экскурсии в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина



Dubna, 29 August. A delegation from the Federal Republic of Germany on an excursion to the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics

On 29 August, a reference visit of a delegation from the Federal Republic of Germany to the Joint Institute for Nuclear Research was held. It included representatives of the Federal Ministry of Education and Research, namely, S. Carl, Desk Officer for EU Education Programmes and International Cooperation in Education, and A. Schwartz, Desk Officer for Co-

operation with Eastern Partnership Countries, Russia, and Central Asia. The delegation also comprised representatives of the Federal Institute for Vocational Education and Training, the German Aerospace Centre, the Goethe Institute in Moscow, as well as research centres in Jülich and Darmstadt. The delegation was accompanied by J. Bohdanowicz, Head

соискание ученых степеней, порядок лишения, восстановления ученых степеней, рассмотрения апелляций;

— утверждать положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, формы дипломов об ученых степенях, технические требования к таким документам, порядок их оформления и выдачи.

В ОИЯИ предусмотрено функционирование шести диссертационных советов. Пять из них действуют на постоянной основе: по физике частиц при ЛФВЭ, физике тяжелых ионов при ЛЯР, ядерной физике при ЛЯП, физике конденсированных сред при ЛНФ, информационным технологиям и вычислительной физике при ЛИТ. Диссертационный совет по теоретической физике при ЛТФ формируется на разовой основе для каждой представленной к защите диссертации.

ОИЯИ предусматривает первичную подачу документов в диссертационные советы в электронном виде, для чего в Институте разработана и введена в действие информационная система научной аттестации. Подробная информация о порядке присуждения ученых степеней в ОИЯИ доступна на странице <https://dissertations.jinr.ru/>.

9 сентября в ОИЯИ стартовала 13-я международная стажировка для научно-административного персонала «Опыт ОИЯИ для стран-участниц и государств-партнеров» (JEMS-13) с участием руководителей и специалистов исследовательских и образовательных организаций из Болгарии, Вьетнама, Египта, Кубы, Румынии, Сербии и ЮАР. Программу стажировки JEMS традиционно открыла ознакомительная лекция об ОИЯИ, прочитанная начальником отдела международных связей Д. В. Каманиным.

В день открытия стажировки ее участники встретились в Доме ученых с вице-директорами Института Б. Ю. Шарковым и Р. Ледницким. Гости высказали свои пожелания по развитию сотрудничества с ОИЯИ и поделились первыми впечатлениями от посещения Института.

11 сентября состоялась рабочая встреча делегации из Республики Сербии с представителями руководства ОИЯИ. В состав делегации входили ректор Нови-Садского университета профессор Д. Якшич, вице-ректор этого университета профессор С. Подунавац-Кузманович, заместитель директора Института ядерных наук «Винча» доктор Л. Хадзиевски, накануне прибывшие в Дубну для участия в 13-й международной стажировке (JEMS-13). С сербской стороны во встрече также принял участие координатор по сотрудничеству Сербии

of the Division of Labour, Social Affairs and Health of the German Embassy in Moscow, and Professor E. Esenina, Leading Researcher of the Federal Institute of Education Development (Moscow). The visit was organized as part of implementation of the Roadmap for Russian–German cooperation in the fields of education, science, research, and innovations signed in December 2018.

The delegation was acquainted with the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics and the Frank Laboratory of Neutron Physics, where the guests visited the objects of the scientific infrastructure, learned about major fields of research, and met leaders of the laboratories. The visit was concluded by a thematic discussion at a meeting of the delegation with representatives of the JINR leadership. JINR was represented by Vice-Directors R. Lednický and V. Kekelidze, Chief Engineer B. Gikal, Assistant Director for Innovative Development A. Ruzayev, Head of the International Cooperation Department D. Kamanin and his Deputy A. Kotova, FLNP Director V. Shvetsov, Deputy Director of the University Centre A. Zhemchugov, and Head of the VBLHEP Department S. Kostromin. The sides discussed in particular issues

of professional training and skills development of engineers and technicians on the basis of the Institute.

Since 1 September, Dissertation Councils have been launched in JINR, operating due to the right to award academic degrees independently. According to the Federal Laws of JINR's country residence (the Russian Federation), JINR exercises the right:

— to establish JINR-based dissertation councils; to appoint and change their membership; to determine their authority; to select scientific specialities of dissertations these councils are granted the right to accept for defence; to control, suspend, resume and terminate the activities of these councils;

— to set the procedure for degree awarding, including the requirements for dissertations, the order of presentation, defence of dissertations to confer scientific degrees, the order of withholding, restoration of academic degrees, the appeal proceedings;

— to approve regulations for the Council for the defence of dissertations for attaining the degrees of candidate of sciences, doctor of sciences, the formats of academic degrees diplomas, technical requirements for such documents, the procedure for their processing and issuance.



Дубна, 20 сентября. На встрече президента Академии наук Узбекистана Б. С. Юлдашева (в центре) с директором ОИЯИ академиком В. А. Матвеевым и вице-директором профессором М. Г. Иткисом

Dubna, 20 September. At the meeting of the President of the Academy of Sciences of Uzbekistan B. Yuldashev (centre) with JINR Director Academician V. Matveev and Vice-Director M. Itkis

JINR provides six dissertation councils. Five of them operate permanently: the Dissertation Council on Particle Physics (under VBLHEP), the Dissertation Council on Heavy Ion Physics (under FLNR), the Dissertation Council on Nuclear Physics (under DLNP), the Dissertation Council on Condensed Matter Physics (under FLNP), and the Dissertation Council on Information Technologies and Computational Physics (under LIT). The Dissertation Council on Theoretical Physics (under BLTP) is formed on a one-time basis for each thesis submitted to the defence.

JINR provides an opportunity to make a preliminary submission of the documents (in electronic form) to the dissertation councils. For this aim, JINR established the Information System for Scientific Certification. More details about the procedure for obtaining scientific degrees at JINR are available on the website <https://dissertations.jinr.ru/>.

On 9 September, the 13th international training programme for decision-makers in science and international scientific cooperation JEMS — “JINR Expertise for Member States and Partner Countries” (JEMS-13) started at JINR. Leaders and specialists of research and educational organizations of Bulgaria, Cuba, Egypt, Romania, the RSA, Serbia, and Vietnam took part in the training programme. The programme of the JEMS training traditionally started with an orien-

tation lecture about JINR, presented by Head of the International Cooperation Department D. Kamanin.

On the opening day, the participants met with JINR Vice-Directors B. Sharkov and R. Lednický. The guests expressed their suggestions about the development of cooperation with JINR and shared their first impressions of their visit to the Institute.

On 11 September, a working meeting was held of the delegation of the Republic of Serbia with JINR leaders. The Serbian delegation was represented by Rector of the University of Novi Sad Professor D. Jakšić, Vice-Rector of the University of Novi Sad Professor S. Podunavac-Kuzmanovic, and Deputy Director of the Vinča Institute of Nuclear Sciences Dr. L. Hadziewski, all of whom took part in the 13th international training programme for decision-makers in science and international scientific cooperation JEMS — “JINR Expertise for Member States and Partner Countries” (JEMS-13) opened the day before. Moreover, the delegation was represented by Coordinator for Serbia–JINR cooperation, Director of Physics Department of the Vinča Institute of Nuclear Sciences Professor S. Petrović.

The Joint Institute was represented by JINR Vice-Director R. Lednický, Head of the International Cooperation Department D. Kamanin, Director of the JINR University Centre S. Pakuliak, and Secretary for the JINR–Serbia Cooperation Yu. Polyakova.

с ОИЯИ, руководитель отделения физики Института ядерных наук «Винча» профессор С. Петрович.

Объединенный институт на встрече представляли вице-директор ОИЯИ Р. Ледницки, начальник отдела международных связей Д. В. Каманин, директор Учебно-научного центра С. Пакуляк и секретарь по сотрудничеству ОИЯИ—Сербия Ю. Полякова.

Стороны обсудили актуальные вопросы сотрудничества, при этом сербские партнеры выразили заинтересованность в подготовке высококвалифицированных сербских специалистов на базе ОИЯИ, а также подчеркнули важность информирования сербской общественности, как молодежи, так и должностных лиц, о возможностях ОИЯИ. По итогам визита были сформированы предложения для рассмотрения на заседании очередного объединенного координационного комитета по сотрудничеству ОИЯИ—Сербия. В заключение встречи стороны инициировали подготовку соглашения о сотрудничестве между Нови-Садским университетом и ОИЯИ.

20 сентября состоялась встреча президента Академии наук Узбекистана Б. С. Юлдашева, вступившего в должность полномочного представителя правительства Республики Узбекистан в ОИЯИ, с директором ОИЯИ академиком В. А. Матвеевым и вице-директором профессором М. Г. Иткисом. Во встрече принимал участие главный научный сотруд-

ник ЛЯП ОИЯИ А. Х. Иноятлов. На встрече обсуждался процесс восстановления полноправного членства Республики Узбекистан в Объединенном институте.

20 сентября ОИЯИ посетила делегация из Республики Кубы, в состав которой входили сотрудник Центра передовых исследований Кубы О. Перес и советник Агентства ядерной энергетики и передовых технологий Х. Л. Дона. Делегацию сопровождал руководитель национальной группы кубинских сотрудников в ОИЯИ А. Л. Фабело.

Гости побывали на экскурсии в наноцентре и на фабрике сверхтяжелых элементов Лаборатории ядерных реакций, а также на участке производства и исследования детекторов медипикс и микромегас в Лаборатории ядерных проблем.

Состоялась встреча с вице-директором ОИЯИ академиком Б. Ю. Шарковым и заместителем директора Учебно-научного центра ОИЯИ А. С. Жемчужовым. Во встрече также принял участие директор Центра прикладных технологий и ядерного развития, член Ученого совета ОИЯИ И. П. Диас. В ходе обсуждения направлений сотрудничества особое внимание было уделено вопросам подготовки высококвалифицированных кадров на базе ОИЯИ как для Республики Кубы, так и для других стран Латинской Америки.

At the meeting, the parties discussed urgent issues of cooperation between Serbia and JINR. The Serbian partners expressed their special interest in training highly qualified Serbian specialists on the JINR basis. The parties highlighted the importance of informing the Serbian society, both the youth and senior officers, about JINR opportunities. Concluding the visit, proposals were formed for discussion at the meeting of the regular Joint Coordination Committee on JINR—Serbia Cooperation. At the end of the meeting, the parties initiated the drafting of an agreement on cooperation between the University of Novi Sad and JINR.

On 20 September, President of the Academy of Sciences of Uzbekistan B. Yuldashev, who came into office of the Plenipotentiary of the Government of the Republic of Uzbekistan to JINR, met with the JINR leadership represented by JINR Director Academician V. Matveev and Vice-Director M. Itkis. Head of the national staff group of the Republic of Uzbekistan at JINR and Principal Researcher of DLNP A. Inoyatov also participated in the meeting. The process of the restoration of the full membership of the Republic of Uzbekistan in JINR was discussed.

On 20 September, a delegation from the Republic of Cuba visited JINR. The delegation was represented by the staff member of the Centre of Advanced Research of Cuba O. Perez and the Councillor of the Nuclear Energy and Advanced Technology Agency H. L. Dona. Head of the national group of Cuban staff members at JINR A. Fabelo accompanied the delegation.

The guests visited the Nanocentre and the Factory of Superheavy Elements at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions. The delegation visited the production and research site of the Medipics and MicroMegs detectors at the Dzheleпов Laboratory of Nuclear Problems as well.

A meeting with JINR Vice-Director B. Sharkov and Deputy Director of the JINR University Centre A. Zhemchugov took place. The meeting was also attended by Director of the Centre for Applied Technologies and Nuclear Development I. P. Diaz. During the discussion of areas of cooperation, special attention was paid to the issues of training highly qualified staff on the JINR basis for the Republic of Cuba and other countries of Latin America.



И. Н. Мешков

I. N. Meshkov



В. Д. Кекелидзе

V. D. Kekelidze

Общим собранием членов РАН 14–15 ноября 2019 г., согласно уставу РАН, академиком РАН по Отделению физических наук (ядерная физика) избран главный научный сотрудник ЛЯП ОИЯИ **Игорь Николаевич Мешков**; членом-корреспондентом РАН по Отделению физических наук (ядерная физика) избран вице-директор ОИЯИ, директор ЛФВЭ ОИЯИ **Владимир Дмитриевич Кекелидзе**.

On 14–15 November 2019, the General Meeting of the Russian Academy of Sciences elected, according to the RAS Charter, Chief Researcher of JINR DLNP **Igor Nikolaevich Meshkov** Academician of RAS in the Department of Physical Sciences (nuclear physics); JINR Vice-Director and Director of JINR VBLHEP **Vladimir Dimitrievich Kekelidze** RAS Corresponding Member in the Department of Physical Sciences (nuclear physics).



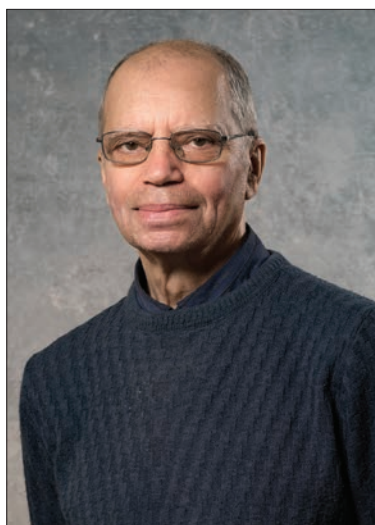
29 июля на совещании дирекции ОИЯИ состоялось торжественное вручение медали ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени почетному директору ЛФВЭ ОИЯИ профессору **Игорю Алексеевичу Савину** — выдающемуся ученому в области физики элементарных частиц и ядерной физики высоких энергий.

Под руководством И.А.Савина выполнен цикл фундаментальных экспериментальных исследований на синхрофазотроне ОИЯИ, ускорителях в Протвино, в ЦЕРН, Германии и США. Все эти работы, направленные на решение самых актуальных проблем современной физики, отличаются новизна и высокий научный и методический уровень. Исследования, выполненные на крупнейших ускорителях мира при активном участии И.А.Савина, сыграли большую роль в экспериментальной проверке квантовой хромодинамики. Участники совещания тепло поздравили коллегу с заслуженной наградой.

On 29 July, a festive awarding of the Medal of the Order “For Merit to the Fatherland”, class II, to Honorary Director of JINR VBLHEP Professor **Igor Alekseevich Savin** was held at the meeting in the JINR Directorate.

Professor Savin is an outstanding scientist in the fields of particle physics and high energy nuclear physics.

I. Savin supervised a set of fundamental experimental research conducted at the JINR Synchrophasotron, accelerators in Protvino, CERN, Germany, and the USA. All these studies, aimed at solving topical issues of modern physics, are innovative and at a high scientific and methodological level. Research carried out at the world-largest accelerators with active participation of I. Savin played a significant role in the experimental test of quantum chromodynamics. Participants of the meeting warmly congratulated the colleague on receiving a well-deserved award.



Медаль Российского нейтронографического общества «За выдающийся вклад в развитие теории и практики нейтронного рассеяния» в 2019 г. вручена главному научному сотруднику Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка ОИЯИ профессору, доктору физико-математических наук **Анатолию Михайловичу Балагурову**, внесшему неоценимый вклад в развитие метода нейтронной дифракции по времени пролета на импульсном реакторе ИБР-2 в Дубне.

Научная деятельность А.М.Балагурова неразрывно связана с ЛНФ ОИЯИ, куда он поступил на работу в 1968 г. по окончании Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова. При его участии и руководстве было создано и запущено несколько нейтронных дифрактометров для исследований в области физики твердого тела и кристаллографии на импульсных источниках ЛНФ: реакторах ИБР-30 и ИБР-2. А.М.Балагуров возглавлял в ЛНФ отдел физики конденсированных сред (1993–1999) и сектор дифракции (1999–2007). Широко известны достижения А.М.Балагурова — успешное применение методик фурье-дифрактометрии высокого разрешения в дифрактометрах ФДВР и ФСД на ИБР-2, классические работы по структуре и фазовым состояниям высокотемпературных сверхпроводников, изучение атомных и магнитных фазовых переходов в многочисленных кристаллических материалах, включая перспективные прикладные материалы (конструкционные материалы, электродные материалы и др.).

Медаль Российского нейтронографического общества вручается ежегодно, начиная с 2018 г. Награждение состоялось в рамках 7-й Европейской конференции по рассеянию нейтронов (ECNS-2019), которая проходила в Санкт-Петербурге 30 июня – 5 июля 2019 г. Дирекция ОИЯИ поздравляет А.М.Балагурова с высокой наградой!

The Medal of the Russian Neutron Scattering Society for “Outstanding Achievements in the Field of Neutron Scattering” in 2019 was awarded to **Anatoly Mikhailovich Balagurov**, chief researcher of the JINR Frank Laboratory Neutron Physics, Professor, Doctor of Physics and Mathematics, who has made an invaluable contribution to the development of the time-of-flight neutron diffraction technique at the IBR-2 pulsed reactor in Dubna.

The scientific activity of A. Balagurov is inextricably linked with FLNP, JINR, where he started to work in 1968 after graduating from the Lomonosov Moscow State University. He participated in and supervised the construction of several neutron diffractometers intended for research in the areas of solid state physics and crystallography at FLNP pulsed sources: IBR-30 and IBR-2 reactors. A. Balagurov headed the FLNP Department of Condensed Matter Physics (1993–1999) and the Sector of Diffraction (1999–2007). His scientific achievements are widely known and include the successful application of high-resolution Fourier diffraction techniques in HRFD and FSD diffractometers at IBR-2, classical works on the structure and phase states of high-temperature superconductors, studies of atomic and magnetic phase transitions in numerous crystalline materials, including advanced applied materials (engineering materials, electrode materials, etc.).

The Medal of the Russian Neutron Scattering Society has been awarded annually since 2018. The awarding ceremony took place within the framework of the VII European Conference on Neutron Scattering (ECNS-2019) held in St. Petersburg on 30 June – 5 July 2019. The JINR Directorate congratulates A. Balagurov on winning this prestigious award!



16 сентября состоялась торжественная церемония вручения члену-корреспонденту РАН, директору Лаборатории радиационной биологии ОИЯИ профессору **Евгению Александровичу Красавину** диплома почетного доктора отделения фундаментальных наук Монгольского государственного университета за подготовку высококвалифицированных специалистов и большой вклад в развитие научного сотрудничества с Монголией.

В мероприятии участвовали известные монгольские ученые: члены Ученого совета ОИЯИ заведующий лабораторией Института физики и технологий Монгольской АН академик Б.Цэпэлдорж, руководитель департамента Центра ядерно-физических исследований Монгольского государственного университета профессор Х.Гончигдорж и заместитель директора Лаборатории информационных технологий ОИЯИ, академик Монгольской АН О.Чулуунбаатар. На церемонии также присутствовали научный сотрудник ЛРБ из Монголии Б.Лхагваа и ведущий инженер ОМС М.Г.Лошчилов.

On 16 September 2019, a festive ceremony was held to award the diploma of Doctor Honoris Causa of the Department of Fundamental Sciences of the Mongolian National University to RAS Corresponding Member, Director of the JINR Laboratory of Radiation Biology, Professor **Evgeny Aleksandrovich Krasavin** for training highly qualified specialists and a significant contribution to the development of scientific cooperation with Mongolia.

Prominent Mongolian scientists, members of the JINR Scientific Council took part in the event, namely Head of Laboratory of the Institute of Physics and Technology of the Mongolian Academy of Sciences Academician B.Tseepeldorj, Head of Department of the Nuclear Research Centre of the Mongolian University Professor Kh.Gonchigdorj, and Deputy Director of the JINR Laboratory of Information Technologies Academician O.Chuluunbaatar. LRB Researcher from Mongolia B.Lkhagvaa and Leading Engineer of the International Cooperation Department M.Loshchilov attended the awarding ceremony.

С 6 по 14 июля на двух центральных площадках в Санкт-Петербурге и Москве проходил фестиваль науки, технологий и искусства «Geek Picnic», в котором принял участие ОИЯИ. На фестивале, который ежегодно собирает около 100 тысяч человек, известными учеными и специалистами не только России, но и мира было прочитано около ста лекций о последних исследованиях и открытиях в науке. В числе лекторов были и ученые ОИЯИ: начальник сектора Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка, координатор Программы ООН по воздуху Европы М. В. Фронтасьева выступила с лекцией «Оценка воздушных загрязнений экосистемы методом нейтронного активационного анализа мхов-биомониторов»; директор Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова член-корреспондент РАН Д. И. Казаков прочел лекцию «Темная материя в космосе»; профессор А. Б. Арбузов в лекции «Загадки космологии» рассказал о современном статусе фундаментальной физики микро- и макромира; научный сотрудник ЛФВЭ Д. К. Дряблов в лекции «Теория Большого

On 6–14 July, JINR took part in one of largest festivals of science, technology and arts “Geek Picnic” that annually gathers about 100,000 people at its two sites in St. Petersburg and Moscow. Prominent scientists and specialists not only from Russia but from all over the world delivered about a hundred lectures in the framework of the festival, which were devoted to the latest scientific research and discoveries in science.

Among the lecturers were JINR scientists: Head of Sector of the Frank Laboratory of Neutron Physics M. Frontasyeva, Coordinator of the UN Programme for air in Europe, gave the lecture “Assessment of air pollution of ecosystems using the method of the neutron activation analysis of the moss as a biomonitor”; Director of the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics RAS Corresponding Member D. Kazakov delivered the lecture “Dark matter in space”; Professor A. Arbuzov in his lecture “Secrets of cosmology” told the audience about the present state of fundamental physics of

взрыва. Эволюция Вселенной» представил современное понимание возникновения и эволюции Вселенной и рассказал о строящемся ускорительном комплексе NICA, который позволит ученым узнать о еще не изученных первых мгновениях эволюции Вселенной; научный сотрудник Лаборатории радиационной биологии Ю.С.Северюхин выступил с лекцией «Влияние радиации на организм в космосе и на Земле».

На проходившей с 25 по 30 августа в рамках Международного года Периодической таблицы химических элементов (IYPT 2019) в Вильгельмс-

схафене (Германия) 6-й Международной конференции по химии и физике трансактинидных элементов (TAN-19) состоялась встреча первооткрывателей новых химических элементов. Профессора П. Армбрустер и Г. Мюнценберг из Центра по изучению тяжелых ионов им. Г. Гельмгольца (GSI, Дармштадт) внесли основополагающий вклад в работы по синтезу элементов 107–112 (борий, хассий, мейтнерий, дармштадтий, рентгений и коперниций). Доктор К. Моримото из Центра ускорительных наук RIKEN Nishina (Япония) был членом команды по синтезу 113-го



Вильгельмсхафен (Германия), 25–30 августа. Первооткрыватели химических элементов (слева направо): профессор П. Армбрустер и профессор Г. Мюнценберг (GSI, Германия), доктор К. Моримото (Центр ускорительных наук RIKEN Nishina, Вако, Япония), профессор Ю. Ц. Оганесян (ОИЯИ, Дубна). Фото: Бьерн Люббе, *Wilhelmshavener Zeitung*

Wilhelmshaven (Germany), 25–30 August. The four element discoverers (left to right): Professor P. Armbruster and Professor G. Münzenberg (GSI, Germany), Dr. K. Morimoto (RIKEN Nishina Center for Accelerator-Based Science, Japan), and Professor Yu. Oganessian (JINR, Dubna). Photo: Björn Lübbe, *Wilhelmshavener Zeitung*

the micro- and macroworld; VBLHEP researcher D. Dryablov in his lecture “Big Bang Theory. Evolution of the Universe” presented the modern understanding of the origin and evolution of the Universe and told participants about the NICA accelerator complex being constructed now thanks to which scientists will be able to learn about the first moments of the Universe evolution that have not been studied yet; researcher of the Laboratory of Radiation Biology Yu. Severiukhin delivered the lecture “Impact of radiation on the organism in space and on the Earth”.

At the 6th International Conference on the Chemistry and Physics of Transactinide Elements (TAN) taking place in Wilhelmshaven, Germany, from 25 to 30 August in the framework of the International Year of the Periodic Table of Chemical Elements 2019, a meeting of the discoverers of new chemical elements was held. Professors P. Armbruster and G. Münzenberg from the Helmholtz Centre for Heavy Ion Research (GSI) made fundamental contributions to research on the synthesis of elements 107–112 (bohrium, hassium, meitnerium, darmstadtium, roentgenium

элемента. Профессор Ю.Ц.Оганесян (ОИЯИ) возглавлял работы по синтезу элементов 114–118 (флеровий, московий, ливерморий, теннессин и оганесон) в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. В конференции также приняли участие руководители GSI, ЛЯР ОИЯИ и RIKEN Nishina — научных центров, где были синтезированы соответствующие элементы.

Организаторами TAN-19 выступили GSI и Майнцкий университет им. Иоганна Гутенберга. Всего в конференции приняли участие 120 исследователей из 19 стран мира, представлявшие 4 континента. ОИЯИ на TAN-19 представляли вице-директор ОИЯИ М.Г.Иткис, директор ЛЯР ОИЯИ С.Н.Дмитриев, заместитель директора ЛЯР А.Г.Попеко, а также научный сотрудник ЛЯР П.Штайнгер.

9 сентября в Санкт-Петербурге состоялась торжественная церемония открытия 21-го Менделеевского съезда по общей и прикладной химии, в которой приняли участие Председатель Правительства РФ Д.А.Медведев, заместитель Председателя Правительства РФ Т.А.Голикова, министр науки и высшего образования РФ М.М.Котюков, президент РАН А.М.Сергеев. Свое приветствие в адрес участников съезда

направил Президент Российской Федерации В.В.Путин. В работе съезда приняли участие около 3000 человек, в том числе 300 иностранных ученых из 52 стран мира, включая нобелевских лауреатов. Больше половины участников съезда — молодые ученые.

Менделеевские съезды проводятся с интервалом 4–5 лет в основных научных и культурных центрах России и определяют главные направления развития химической науки, образования и промышленности нашей страны. Это важные международные научные форумы, в рамках которых традиционно демонстрируются достижения мировой и отечественной химической науки.

По мнению участников съезда, его тематика выходит далеко за рамки химической и за обсуждаемыми вопросами будут следить исследователи, специализирующиеся на многих других темах.

В день открытия съезда с докладами выступили лауреаты Нобелевской премии Ж.-П.Соваж и У.Мёрнер, а также выдающийся российский ученый академик РАН Ю.Ц.Оганесян и британский химик, популяризатор науки профессор М.Полякофф.

and copernicium). Dr. K. Morimoto from Japan of the RIKEN Nishina Centre for Accelerator-Based Science was a member of the element 113 discovery team. Professor Yu. Oganessian (JINR, Dubna) was head of the discovery team of elements 114 to 118 (flerovium, moscovium, livermorium, tennessine and oganesson) at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions (FLNR) of the Joint Institute for Nuclear Research. The current heads of GSI, FLNR and the RIKEN Nishina Centre, where the respective elements were discovered, also participated in the conference.

The GSI and the Johannes Gutenberg University Mainz were the organizers of this year's TAN conference. A total of 120 researchers from 19 countries and 4 continents took part in the TAN conference. JINR was represented at the conference by Vice-Director M. Itkis, FLNR Director S. Dmitriev, FLNR Deputy Director A. Popeko and FLNR staff member P. Steinegger.

On 9 September in St. Petersburg, the festive opening ceremony of the XXI Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry was held attended by RF Prime Minister D. Medvedev, Deputy

Prime Minister of Russia T. Golikova, Minister of Science and Higher Education M. Kotyukov, and RAS President A. Sergeev. President of the Russian Federation V. Putin sent his greetings to the participants of the event. About 3000 people, including 300 foreign scientists from 52 countries and Nobel laureates, took part in the event. More than half of the participants were young scientists.

Every 4 or 5 years, the Mendeleev Congress welcomes scientists from all over the world to the scientific and cultural centres of Russia. These are important scientific forums where achievements of the world and Russian chemical science are traditionally demonstrated.

According to the opinion of the participants of the congress, its topics are far beyond chemical science, and discussions of issues will be interesting to researchers who specialize in many other topics.

On the first day of the congress, Nobel Prize holders J.-P. Sauvage and W. Moerner, as well as the outstanding Russian scientist Academician Yu. Oganessian and the British chemist, science popularizer Professor M. Poliakov, delivered their reports.

С 1 по 5 июля в Высоких Татрах (Словакия) проходила 10-я Международная конференция «*Математическое моделирование и вычислительная физика*» (ММСР'2019). Конференция была посвящена 50-летию факультета электротехники и информатики Технического университета Кошице. Организаторами этой конференции выступили Лаборатория информационных технологий ОИЯИ, Национальный научно-исследовательский институт физики и ядерной технологии им. Х. Хулубея (IFIN-HH) (Бухарест, Румыния), Институт экспериментальной физики Словацкой академии наук (Кошице, Словакия), Технический университет (Кошице, Словакия), Университет им. П. Й. Шафарика (Кошице, Словакия).

Сопредседателями ММСР'2019 были В. В. Кореньков (ЛИТ ОИЯИ) и П. Совак (Университет им. П. Й. Шафарика), сопредседателями организационного комитета — Г. Адам (ЛИТ ОИЯИ, IFIN-HH) и М. Гнатич (Университет им. П. Й. Шафарика, ЛТФ ОИЯИ, Институт экспериментальной физики САН).

Научная тематика конференции охватывала широкий круг вопросов:

— математические методы и инструменты для моделирования сложных физико-технических систем, вычислительной биохимии и биоинформатики;

— методы, программное обеспечение и программные пакеты для обработки экспериментальных данных;

— методы компьютерной алгебры, квантовых вычислений и квантовой обработки информации;

— машинное обучение и аналитику больших данных;

— алгоритмы параллельных и гибридных вычислений.

В работе ММСР'2019 приняли участие более 100 ученых и специалистов из ОИЯИ и 15 стран: Армении, Белоруссии, Болгарии, Великобритании, Германии, Египта, Индии, Канады, Молдовы, России, Румынии, Словакии, США, Финляндии и Чехии. Надо особенно отметить большое количество российских научных центров и университетов, среди которых НИЦ «Курчатовский институт», ИМПБ РАН, ИПМ РАН, МГУ, МГИМО, РУДН, СПбГУ и др.

На открытии конференции с приветственными словами к участникам обратились директор ЛИТ ОИЯИ В. В. Кореньков и М. Гнатич. Пленарные и секционные доклады охватывали широкий круг вопросов применения методов математического моделирования в различных областях, связанных с теоретическими

The traditional international conference “*Mathematical Modeling and Computational Physics*” (ММСР'2019) was held in the High Tatra Mountains in Slovakia on 1–5 July. The conference was dedicated to the 50th anniversary of the Faculty of Electrical Engineering and Computer Science of the Technical University of Košice. Organizers of the conference were the Laboratory of Information Technologies of JINR, the Horia Hulubei National Institute for R&D in Physics and Nuclear Engineering (IFIN-HH) (Bucharest, Romania), the Institute of Experimental Physics of the Slovak Academy of Sciences (Košice, Slovakia), the Technical University of Košice (Slovakia) and the Pavol Jozef Šafárik University (Košice, Slovakia).

The co-chairmen of ММСР'2019 were V. Korenkov (LIT, JINR) and P. Sovák (Pavol Jozef Šafárik University); the co-chairmen of the Organizing Committee were G. Adam (LIT, JINR; IFIN-HH) and M. Hnatič (Pavol Jozef Šafárik University; BLTP, JINR; Institute of Experimental Physics, SAS).

The conference topics covered a wide range of issues including:

— mathematical methods and tools for modeling complex physical and technical systems, computational biochemistry and bioinformatics;

— methods, software and program packages for data processing and analysis;

— methods of computer algebra, quantum computing and quantum information processing;

— machine learning and big data analytics;

— algorithms for parallel and hybrid calculations.

More than 100 scientists and specialists from JINR and 15 countries (Armenia, Belarus, Bulgaria, Canada, the Czech Republic, Egypt, Finland, Germany, India, Moldova, Romania, Russia, Slovakia, the United Kingdom, and the USA) participated in the conference. Moreover, many Russian scientific centres and universities such as the Kurchatov Institute, IMPB RAS, ITAM RAS, MSU, Moscow State Institute of International Relations, the Peoples' Friendship University of Russia, SPSU, and others also took part in the conference.

At the conference opening, Director of JINR's LIT V. Korenkov and the co-chairman of the Organizing Committee M. Hnatič greeted the participants. Plenary and sectional reports covered a wide range of issues related



Стара-Лесна (Словакия), 1–5 июля. Участники международной конференции «Математическое моделирование и вычислительная физика» (ММСП'2019)

Stará Lesná (Slovakia), 1–5 July. Participants of the international conference “Mathematical Modelling and Computational Physics” (MMCP'2019)

to the application of mathematical modeling methods in various fields of theoretical research, experimental data analysis, and engineering applications.

Corresponding Member of RAS V.Voevodin (Moscow State University) opened the plenary session with a report on the implementation of a software and hardware environment monitoring system on the Lomonosov supercomputer. V.Braguta (BLTP, JINR) presented the simulation results of lattice QCD on the resources of the Govorun supercomputer (LIT, JINR). D.Podgainy (LIT, JINR) spoke about the HybriLIT heterogeneous platform, consisting of the education and testing polygon and the Govorun supercomputer, and about tasks calculated on its resources.

A number of plenary lectures were devoted to the problems of computational mathematics and modeling of complex systems. In his plenary report, V.Melezhik (BLTP, JINR) presented a quantum quasiclassical model for calculating heating and cooling processes in hybrid atom-ion traps. H.Safouhi (University of Alberta, Canada) made a presentation on the use of double exponential transformations to calculate molecular orbitals. Professor A.Bogdanov (St. Petersburg State University, Russia) in his report talked about analytical and numerical features of the solution of nonlinear problems using wave equations of the KdVB and Kadomtsev–Petviashvili-I type as examples. Gh.Adam (LIT, JINR; IFIN-HH, Romania) presented new results of constructing the Bayesian automatic adaptive quadrature. J.Honkonen (Finnish National Defense University, Finland) devoted his report to the

study of the renormalization of groups in the nonrelativistic quantum statistics.

One of the traditional areas of computational mathematics covered at all MMCP conferences is the area associated with the development of symbolic computation methods and computer algebra, as well as the development of quantum computation methods and their applications. In the framework of this direction, a number of interesting reports were made. A.Isar (National Institute of Physics and Nuclear Engineering, Romania) made a presentation on the dynamics of quantum correlations in Gaussian bosonic channels. V.GerdT (LIT, JINR) spoke about main stages in the development of quantum information from 1970 to 2019 and experimental manifestations of main theoretical developments. In his plenary report, D.Bondar (Tulane University, USA) gave an idea of a new systematic approach, Operational Dynamical Modeling (ODM), which can help in solving problems of quantum statistical dynamics.

A whole series of plenary lectures was devoted to various aspects of bioinformatics and the application of mathematical methods in biophysics. The conference participants were especially interested in the report of Corresponding Member of RAS V.Lakhno (IMPB, RAS, Russia) on theoretical foundations of nanobioelectronics and its potential application. Professor U.Hansmann (University of Oklahoma, USA) presented a report on the use of computer modeling in the study of protein folding. Professor S.Fritzsche (Helmholtz Institute Jena, Germany) presented the Jena Atomic Calculator toolkit for perform-

исследованиями, анализом экспериментальных данных и инженерными приложениями.

Открыл пленарную сессию член-корреспондент РАН В. В. Воеводин (МГУ, Москва) докладом о внедрении системы мониторинга программной и аппаратной среды на суперкомпьютере «Ломоносов». В. В. Брагута (ЛТФ ОИЯИ) представил результаты моделирования решеточной КХД на ресурсах суперкомпьютера «Говорун» (ЛИТ ОИЯИ). Д. В. Подгайный (ЛИТ ОИЯИ) рассказал о гетерогенной платформе HybriLIT, включающей в свою структуру учебно-тестовый полигон и суперкомпьютер «Говорун», и задачах, которые считаются на ее ресурсах.

Ряд пленарных докладов был посвящен вопросам вычислительной математики и моделированию сложных систем. В своем пленарном докладе В. С. Мележик (ЛТФ ОИЯИ) представил квантово-квазиклассическую модель для расчета процессов нагрева и охлаждения в гибридных атом-ионных ловушках. Х. Сафоху (Университет Альберты, Канада) выступил с докладом о применении двойных экспоненциальных преобразований для вычисления молекулярных орбиталей. Профессор А. В. Богданов (СПбГУ, Россия) представил аналитические и численные особенности решения нелинейных задач на примерах волновых уравне-

ний типа KdVB и Кадомцева–Петвиашвили. Г. Адам (ЛИТ ОИЯИ, IFIN-HH, Румыния) сообщил о новых результатах построения байесовской автоматической адаптивной квадратуры. Ю. Хонконен (Университет национальной обороны, Финляндия) посвятил свой доклад исследованию перенормировки групп в нерелятивистской квантовой статистике.

Одной из традиционных областей вычислительной математики, освещаемой на конференциях ММСР, является область, связанная с развитием методов символьных вычислений и компьютерной алгебры, а также с развитием методики квантовых вычислений и их приложений. В рамках этого направления был сделан ряд интересных докладов. А. Изар (Национальный институт физики и ядерной технологии им. Х. Хулубея, Румыния) выступил с докладом о динамике квантовых корреляций в гауссовских бозонных каналах. В. П. Гердт (ЛИТ ОИЯИ) рассказал об основных этапах развития квантовой информации с 1970 по 2019 г. и экспериментальных проявлениях основных теоретических разработок. В пленарном докладе Д. Бондаря (Тулейнский университет, США) было дано представление о новом систематическом подходе Operational Dynamical Modeling (ODM), который может помочь в решении задач квантовой статистической динамики.

ing (relativistic) calculations of atomic structures of various types and complexity.

The conference focused on the problem of experimental data processing and analysis, and Big Data technologies. A. Klimentov (Brookhaven National Laboratory, USA) spoke about the experience of integrating and using BigPanDA on high-performance computing systems in other scientific projects (SKA, DUNE, LSST, BELLE-II, JUNO), in addition to the ATLAS experiment at the Large Hadron Collider (CERN). Professor K. De (University of Texas at Arlington, USA) described future software and computing challenges for the ATLAS experiment after upgrading the Large Hadron Collider to higher luminosity (HL-LHC). In his plenary report, O. Rogachevsky (VBLHEP, JINR) presented a review of software for the MPD experiment at the NICA accelerator complex (Dubna). V. Friese (GSI, Darmstadt, Germany) devoted his report to the aspects of event reconstruction in the STS detector of the CBM experiment.

Nineteen plenary and more than 75 section talks were presented in the course of MMCP'2019.

In addition, the international IT school “Machine Learning, Parallel and Hybrid Computations & Big Data

Analytics” was held as part of the conference with the support of the JINR Directorate. The school programme included both lectures and practical classes with master classes.

Within the school, the participants listened to a lecture by D. Podgainy about the HybriLIT heterogeneous platform and the ecosystem provided on its basis for the software development using parallel programming technologies, and machine learning and deep learning tools. The lecture of G. Ososkov (LIT, JINR) devoted to the use of neural networks for solving problems in the field of high-energy physics and the subsequent practical lesson of P. Goncharov (Sukhoi State Technical University of Gomel, Belarus) on the use of ultra-precise neural networks were of great interest.

The school participants attended lectures and took part in workshops on parallel programming technologies conducted by the HybriLIT heterogeneous computing group (LIT, JINR). A. Ayriyan (LIT, JINR) and J. Buša, Jr. (LIT, JINR; Institute of Experimental Physics, Slovak Academy of Sciences, Slovakia) talked about the OpenMP technology for programming multithreaded applications on multiprocessor systems with shared memory; E. Zemlyanaya

Целая серия пленарных докладов была посвящена различным аспектам биоинформатики и применению математических методов в биофизике. Особый интерес участников конференции вызвали доклады члена-корреспондента РАН В. Д. Лажно (ИМПБ РАН, Россия) о теоретических основах нанобиоэлектроники и ее потенциальном применении. Профессор У. Хансманн (Университет Оклахомы, США) представил доклад о применении компьютерного моделирования в процессах изучения фолдинга белков. Профессор С. Фрише (Йенский институт им. Г. Гельмгольца, Германия) рассказал о наборе инструментов Jena Atomic Calculator для выполнения (релятивистских) расчетов атомных структур различного типа и сложности.

Особое внимание в рамках конференции было уделено проблеме обработки и анализа экспериментальных данных и технологиям больших данных. А. А. Климентов (Бруксгейвенская национальная лаборатория, США) рассказал об опыте интеграции и использовании BigPanDA на высокопроизводительных вычислительных системах в других научных проектах (SKA, DUNE, LSST, BELLE-II, JUNO), помимо эксперимента ATLAS на Большом адронном коллайдере (ЦЕРН). Профессор К. Де (Техасский университет в Арлингтоне, США) описал будущие задачи в обла-

сти программного обеспечения и вычислительной техники для эксперимента ATLAS после модернизации Большого адронного коллайдера для работы на более высокой светимости (HL-LHC). В пленарном докладе О. В. Рогачевского (ЛФВЭ ОИЯИ) был представлен обзор программного обеспечения для эксперимента MPD на ускорительном комплексе NICA (Дубна). В. Фризе (GSI, Дармштадт, Германия) посвятил свой доклад аспектам реконструкции событий в детекторе STS эксперимента CBM.

Всего на ММСР'2019 было представлено 94 доклада, из них 19 пленарных и 75 секционных.

В рамках конференции, при поддержке дирекции ОИЯИ, была организована международная компьютерная школа «Машинное обучение, параллельные и гибридные вычисления и аналитика больших данных». Программа школы включала в себя как лекционную часть, так и практические занятия с мастер-классами.

В рамках школы участники прослушали лекцию Д. В. Подгайного о гетерогенной платформе HybriLIT и предоставляемой на ее базе экосистеме для разработки программного обеспечения с применением технологий параллельного программирования и инструментов машинного и глубокого обучения. Большой

(LIT, JINR) and M. Bashashin (LIT, JINR) spoke about the use of the MPI technology for computations on computer systems with shared memory. O. Streltsova (LIT, JINR) and M. Zuev (LIT, JINR) reported on the CUDA technology, which allows increasing the computational performance through the use of Nvidia graphics accelerators. In addition, M. Bashashin held a master class on profiling and debugging tools for applications provided by Intel; M. Vala (P. J. Šafárik University, Slovakia) and Sh. Torosyan (LIT, JINR) talked about the basics of working with the GitLab joint code management system; D. Priakhina (LIT, JINR) held a master class on working with the machine learning library scikits.learn for the Python programming language.

Trainings were held on the HybriLIT heterogeneous platform with the support of the heterogeneous computing group of JINR's LIT.

The students also participated in the hackathon "Tatrathon 2019", in the course of which several teams developed their algorithms for solving mathematic tasks. The winners were awarded. The winners of the hackathon were A. Smetanin (Dubna University, Russia), M. Mogylnaya (P. J. Šafárik University, Slovakia), B. Beke (SPSE Košice, Slovakia), J. Čegiň (P. J. Šafárik Uni-

versity, Slovakia), L. Kopnický (Comenius University in Bratislava, Slovakia), D. Marov (Dubna University, Russia), E. Rezvaya (Dubna University, Russia), and M. Sefcik (P. J. Šafárik University, Slovakia).

The 13th workshop "*Modern Problems of Nuclear and Particle Physics*" was jointly organized by the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics, JINR, and the Asia Pacific Centre for Theoretical Physics (APCTP). The sponsors of the event were JINR and APCTP. The meeting was held from 14 to 20 July at JINR, Dubna.

About 70 scientists from JINR, Russia (PNPI SIC KI, the Dubna State University, the Novosibirsk State University), the Republic of Korea, China, Bulgaria, and Moldova took part in the meeting. It should be noted that in 2019 a massive delegation from China came to the conference. Fifty-seven reports were presented on various topics of nuclear physics (nuclear physics at high and low energies; mechanisms of nuclear reaction and nuclear structure; heavy and superheavy elements; nuclear physics with radioactive ions; nuclear astrophysics; study of radioactive materials and solid state physics), elementary particle physics (effective quantum field theories and had-

интерес вызвала лекция Г. А. Ососкова (ЛИТ ОИЯИ), посвященная применению нейронных сетей для решения задач в области физики высоких энергий, и последовавшее за ней практическое занятие П. Гончарова (ГГТУ им. П. О. Сухого, Белоруссия) по использованию сверточных нейронных сетей.

Участники школы также прослушали лекции и приняли участие в практических занятиях по технологиям параллельного программирования, которые провели сотрудники группы по гетерогенным вычислениям HybriLIT (ЛИТ ОИЯИ). А. С. Айриян (ЛИТ ОИЯИ) и Я. Буша-мл. (ЛИТ ОИЯИ, Институт экспериментальной физики Словацкой академии наук, Словакия) рассказали о технологии OpenMP для программирования многопоточных приложений на многопроцессорных системах с общей памятью, Е. В. Земляная (ЛИТ ОИЯИ) и М. В. Башашин (ЛИТ ОИЯИ) — о применении технологии MPI для проведения расчетов на вычислительных системах с разделяемой памятью, О. И. Стрельцова (ЛИТ ОИЯИ) и М. И. Зуев (ЛИТ ОИЯИ) — о технологии CUDA, позволяющей увеличить вычислительную производительность за счет использования графических ускорителей компании Nvidia. Помимо этого, М. В. Башашин провел мастер-класс об инструментах профилирования и отладки приложений, предоставляемых компанией Intel, М. Валя (Университет им. П. Й. Шафарика, Словакия) и Ш. Г. Торосян (ЛИТ ОИЯИ) рассказали об основах работы с системой совместного управления кодом GitLab, Д. И. Пряхина (ЛИТ ОИЯИ) провела мастер-класс по работе с библиотекой машинного обучения scikits.learn для языка программирования Python.

Практические занятия проводились на гетерогенной платформе HybriLIT при поддержке группы по гетерогенным вычислениям ЛИТ ОИЯИ.

В рамках школы прошел хакатон «Tatrathon'2019», в ходе которого смешанные команды из студентов и аспирантов соревновались между собой в разработке и написании параллельных алгоритмов для решения математических задач. Победителями хакатона стали А. Сметанин (университет «Дубна», Россия), М. Могильная (Университет им. П. Й. Шафарика, Словакия), Б. Беке (Электротехническая средняя школа, Кошице, Словакия), Ю. Чегинь (Университет им. П. Й. Шафарика, Словакия), Л. Копницкий (Университет им. Я. Коменского, Словакия), Д. Маров (университет «Дубна», Россия), Е. Резвая (университет «Дубна», Россия), М. Шефчик (Университет им. П. Й. Шафарика, Словакия). Победители были награждены ценными призами.

Всего в работе конференции-школы приняли участие 26 студентов и аспирантов из Словакии, Румынии и России.

Материалы ММСР'2019 и школы доступны на информационном сайте конференции <http://mmsr.jinr.ru/2019>.

С 14 по 20 июля в Дубне было проведено 13-е совещание «*Современные проблемы ядерной физики и физики элементарных частиц*», организованное совместно Лабораторией теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова ОИЯИ и Азиатско-Тихоокеанским центром теоретической физики (АТЦТФ).

В его работе приняло участие около 70 ученых из ОИЯИ, России (ПИЯФ НИЦ КИ, государственного



Дубна, 29 сентября. Юбилейный, 50-й легкоатлетический пробег им. академика В. И. Векслера



Dubna, 29 September. The 50th anniversary track and field run named in honor of Academician V. Veksler

университета «Дубна», Новосибирского государственного университета), Республики Кореи, Китая, Болгарии, Молдавии. Нужно отметить, что в 2019 г. на конференцию приехала значительная делегация из Китая. Было представлено 57 докладов по различным темам ядерной физики (ядерная физика при высоких и низких энергиях, механизмы ядерных реакций и структура ядер, тяжелые и сверхтяжелые элементы, ядерная физика с радиоактивными ионами, ядерная астрофизика, изучение радиоактивных материалов и физика твердого тела), физики элементарных частиц (эффективные квантово-полевые теории и спектроскопия адронов, адронная физика, горячая и плотная ядерная материя, физика нейтрино, прецизионные тесты Стандартной модели, темная энергия и темная материя), а также физики конденсированных состояний.

Открыл совещание профессор В. В. Воронов, который, в частности, выразил уверенность в необходимости и перспективности дальнейшего сотрудничества между АТЦТФ и ЛТФ ОИЯИ.

Помимо докладов по теоретическим аспектам различных моделей на совещании были представлены доклады по планируемым экспериментальным установкам. Так, профессор Хуронг Чен рассказал о разрабатываемом в Китае электрон-ионном коллайдере,

а профессор Кевин Хан сделал обзор планируемых ядерных экспериментов на установках KoBRA и Y2L в Республике Кореи. Научную часть совещания завершил профессор Джи Менг из Пекинского университета интересным докладом о релятивистском описании ядерной структуры *ab initio*.

Итоги совещания подвел сопредседатель оргкомитета Йонсек О, который сделал обзор всех проведенных совместных конференций. Он подчеркнул важность проводимых встреч для развития научных связей в свете подписанного в мае 2019 г. плана сотрудничества между ОИЯИ и АТЦТФ на период 2019–2020 гг.

22–28 августа на физическом факультете МГУ им. М. В. Ломоносова проходила **19-я Международная Ломоносовская конференция по физике элементарных частиц**, приуроченная к 150-летию Периодической таблицы химических элементов Д. И. Менделеева. Традиционно организаторами международного научного события выступили МГУ, ОИЯИ, ИЯИ РАН при поддержке РФФИ и Минобрнауки РФ.

В конференции приняли участие 400 ученых, представлявших 28 стран мира и 12 регионов России, более 200 спикеров выступили с научными докладами. Широкий тематический диапазон докладов охватывал

ron spectroscopy; hadron physics; hot and dense nuclear matter; neutrino physics; precision tests of the Standard Model; dark energy and dark matter), and condensed matter physics.

The workshop was opened by Professor V. Voronov, who greeted the participants on behalf of the Organizing Committee and expressed confidence in the necessity and prospects of further cooperation between APCTP and BLTP, JINR.

At the meeting, in addition to talks on the theoretical aspects of various models, reports on planned experimental facilities were also presented. Therefore, Professor Xurong Chen talked about the electron–ion collider being developed in China, and Professor K. Hahn reviewed planned nuclear experiments at the KoBRA and Y2L facilities in the Republic of Korea. The scientific part of the workshop was accomplished by Professor Jie Meng from the Peking University, who made an interesting presentation on a relativistic *ab initio* description of the nuclear structure.

The meeting was closed by the co-chair of the Organizing Committee Professor Yongseok Oh, who reviewed all the joint workshops held. He emphasized the importance

of the meetings for the development of scientific relations in the light of the cooperation plan signed in May 2019 between JINR and APCTP for the period 2019–2020.

On 22–28 August, the **19th International Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics** was held at the Faculty of Physics of the Moscow State University. It was dedicated to the 150th anniversary of the Mendeleev Periodic Table of Chemical Elements. Traditionally, the conference was organized by the Moscow State University, the Joint Institute for Nuclear Research, the Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences, and supported by the Ministry of Science and Higher Education of Russia and the Russian Foundation for Basic Research.

The conference was attended by 400 scientists, including representatives from 28 countries and 12 regions of Russia; more than 200 speakers made scientific reports. A wide thematic range of reports covered neutrino physics, the theory of electroweak interactions, verification of the Standard Model and its generalizations, elementary particle astrophysics, gravity and cosmology, heavy quark physics, nonperturbative effects in quantum chromody-

физику нейтрино, теорию электрослабых взаимодействий, проверку Стандартной модели и ее обобщений, астрофизику элементарных частиц, гравитацию и космологию, физику тяжелых кварков, непертурбативные эффекты в квантовой хромодинамике и физику на действующих и будущих ускорителях частиц.

В числе лекторов — руководители крупнейших научно-исследовательских институтов в области физики элементарных частиц, гравитации и космологии. В их числе вице-директор ОИЯИ Р. Ледницки, руководитель европейского проекта Virgo по детектированию гравитационных волн Йван ден Бранд, руководитель научной программы Европейского космического агентства С. Витале, директор проекта «Европейский рентгеновский лазер на свободных электронах» Р. Фейденханс, руководитель исследовательского проекта NA61/SHINE в ЦЕРН М. Гаджиски, руководитель исследовательского проекта MoEDAL в ЦЕРН Дж. Пинфолд и директор ИФВЭ (Пекин), академик Китайской академии наук, руководитель проекта по физике нейтрино JUNA Ю. Ванг.

С 26 по 31 августа в Ереване проходило очередное международное рабочее совещание «*Суперсимметрии и квантовые симметрии*» (SQS'19), орга-

низованное Лабораторией теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова совместно с Ереванским физическим институтом.

Проведение совещания в столице Армении — страны-участницы ОИЯИ — было нацелено на дальнейшее укрепление связей армянских ученых с коллегами из Дубны, Москвы, Томска и других городов, а также способствовало установлению новых научных контактов. Немаловажным обстоятельством было и то, что основатель серии совещаний SQS В. И. Огиевецкий неоднократно посещал Ереван и имел дружеские связи с учеными Армении.

Как и в прошлые годы, совещание SQS'19 было представительным и результативным. В нем приняли участие 120 ученых из Австралии, Армении, Бельгии, Болгарии, Бразилии, Великобритании, Германии, Греции, Грузии, Ирана, Ирландии, Испании, Италии, Кипра, Нидерландов, Польши, Республики Кореи, России, США, Таиланда, Турции, Франции, Хорватии, Чехии, Чили, Швеции и Японии. Среди них — ведущие специалисты в области теории элементарных частиц, суперсимметричной квантовой теории поля, гравитации и теории струн, некоммутативной геометрии и теории интегрируемых систем, такие как Г. Арутюнов (Гамбург), И. Бандос (Бильбао), Г. Барнич

namics and physics on current and future particle accelerators.

Among the lecturers were leaders of largest scientific-research institutes of elementary particle physics, gravity and cosmology. They were JINR Vice-Director R. Lednický, the leader of the European project Virgo on detecting gravitation waves Jo van den Brand, the leader of the scientific programme of the European Space Agency S. Vitale, the director of the project “European X-ray Laser on Free Electrons” R. Feidenhans, the head of the research project NA61/SHINE in CERN M. Gazdzicki, the head of the research project MoEDAL in CERN J. Pinfold, and IHEP Director (China) Academician of the Chinese Academy of Sciences, and leader of the project on neutrino physics JUNA Y. Wang.

The international workshop “*Supersymmetries and Quantum Symmetries*” (SQS'19) was held in Yerevan from 26 to 31 August. It was organized by the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics of the Joint Institute for Nuclear Research jointly with the Yerevan Physical Institute (Co-Chairs — E. Ivanov, BLTP, JINR, and

A. Nersessian, YerPhI, Scientific Secretary — S. Sidorov, BLTP, JINR).

The organization of the meeting in the capital of Armenia, the JINR Member State, was intended to further strengthen the ties of Armenian scientists with their colleagues from Dubna, Moscow, Tomsk and other cities. An important circumstance was the fact that the founder of biennial SQS workshops V. I. Ogievetsky visited Yerevan several times and had many friends among Armenian scientists.

As in the previous years, SQS'19 was representative and productive. The attendance was 120 scientists from Armenia, Australia, Belgium, Brazil, Bulgaria, Chile, Croatia, Cyprus, the Czech Republic, France, Georgia, Germany, Greece, Great Britain, Iran, Ireland, Italy, Japan, the Republic of Korea, the Netherlands, Poland, Russia, Spain, Sweden, Thailand, Turkey and the USA. The plenary speakers were the leading experts in the theory of elementary particles, supersymmetric quantum field theory, gravity and string theory, non-commutative geometry and integrable systems theory, such as G. Arutyunov (Hamburg), I. Bando (Bilbao), G. Barnich (Brussels), N. Boulanger (Mons), B. de Wit (Utrecht), M. Cederwall

(Брюссель), М. Васильев (ФИАН), Б. де Вит (Утрехт), Е. Лукерски (Вроцлав), С. Кузенко (Перт), Н. Буланже (Монс), О. Лехтенфельд (Ганновер), Р. Минасян (Сакле), М. Сидерволл (Гетеборг) и многие другие.

В SQS'19 участвовало большое количество молодых ученых из России, Армении, Ирана и Турции, наряду с научной молодежью из теоретических центров других стран. Стоит отметить, что участие молодых ученых из стран Ближнего Востока было поддержано Международным центром теоретической физики (ICTP). Многие из молодых теоретиков впервые участвовали в совещаниях такого уровня. Совещание SQS'19 не смогло бы состояться без финансовой поддержки со стороны Лаборатории теоретической физики ОИЯИ, Комитета по науке Республики Армении, Фонда Фольксвагена и Международного центра теоретической физики в Триесте.

На SQS'19 было представлено 93 доклада, из них 26 пленарных, 57 секционных и 10 постерных. Они были посвящены таким актуальным направлениям, как теории суперструн и высших спинов, квантовые и геометрические аспекты суперсимметричных теорий, интегрируемые модели и их суперрасширения, квантовые группы и некоммутативная геометрия, Стандартная модель, гравитация и космология.

Сборник трудов совещания SQS'19 будет опубликован в 2020 г., но большинство докладов уже доступны на странице <http://theor.jinr.ru/sqs19/participants.html>.

Результаты совещания еще раз подчеркнули основополагающую роль суперсимметрии и квантовых симметрий в нелегкой проблеме построения будущей единой теории всех взаимодействий, а также плодотворность международного сотрудничества, в частности в рамках Объединенного института ядерных исследований. Многие из представленных докладов базировались на такой международной кооперации, включая сотрудничество между ЛТФ и ЕрФИ. В ходе совещания обсуждались планы дальнейших совместных проектов.

Со 2 по 6 сентября в ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова проходило *18-е совещание по спиновой физике при высоких энергиях (DSPIN-19)* — очередное в серии конференций, первая из которых состоялась в 1981 г. по инициативе выдающегося физика-теоретика Л. И. Липидуса. С тех пор каждый нечетный год подобные встречи организовывались в Протвино и Дубне.

Особенностью данной конференции была широкая география и большое число участников из разных

(Gothenburg), D. Kazakov (Dubna), S. Kuzenko (Perth), O. Lechtenfeld (Hannover), J. Lukierski (Wroclaw), R. Minasyan (Saclay), R. Mkrtchian (Yerevan), K. Stelle (London), M. Vasiliev (Moscow) and many others.

A lot of young scientists from Russia, Armenia, Iran and Turkey and from theoretical centres of other countries took part in SQS'19. It should be mentioned that participation of young scientists from countries of the Middle East was supported by the International Centre of Theoretical Physics (ICTP). Many of the young theoreticians came to the meeting of this class for the first time. SQS'19 could not have taken place without the financial support from the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics of JINR, the Science Committee of the Republic of Armenia, the Volkswagen Foundation and the International Centre for Theoretical Physics in Trieste.

93 reports, with 26 plenary, 57 section and 10 poster ones, were presented at SQS'19. They were devoted to such urgent trends as superstring and top spins theory, quantum and geometric aspects of supersymmetric theories, integrable models and their super extension, quantum groups and non-commutative geometry, the Standard Model, gravitation and cosmology.

More information on the workshop and files of the talks are available on the website <http://theor.jinr.ru/sqs19/>.

The results of the workshop once more highlighted the fundamental role of supersymmetry and quantum symmetries in a very difficult problem of building a future unified theory of all interactions, as well as showed fruitfulness of international cooperation, in particular, within the framework of the Joint Institute for Nuclear Research. Many of the talks presented were based on such cooperation, including joint investigations of researchers from BLTP and YerPhI.

XVIII Workshop on High-Energy Spin Physics (DSPIN-19) was held at the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics of JINR from 2 to 6 September. It is one of a series of conferences the first of which took place in 1981 on the initiative of the outstanding theoretical physicist L. I. Lapidus. Since then, each odd year similar meetings have been organized in Protvino and Dubna.

A specific feature of this workshop is a wide geography and a large number of participants from different countries including Russia, the USA, the Republic of Belarus, Ukraine, Poland, Germany, the Czech Republic,

стран: России, США, Белоруссии, Украины, Польши, Германии, Чехии, Италии, Словакии, Китая, Бельгии, Болгарии, Индии. Как обычно, в конференции приняли участие физики из лабораторий ОИЯИ.

Причиной большой популярности конференции стало то, что за последние годы было получено много новых экспериментальных (RHIC, COMPASS, LHC) и теоретических результатов. Большинство из них связаны со спиновыми партонными распределениями и другими партонными распределениями, зависящими от внутреннего поперечного импульса.

Научная программа DSPIN-19 охватывала достаточно широкие области спиновой феноменологии при высоких и промежуточных энергиях, такие как последние экспериментальные данные по спину, спиновая структура нуклонов и ОНР, спиновая физика и КХД, спиновая физика и расширения Стандартной модели, спиновые эффекты и Т-нечетность, поляризация и физика тяжелых ионов, спин в гравитации и астрофизике, спиновая физика на NICA и на других планируемых установках, поляриметры для поляризованных пучков при высоких энергиях, ускорение и сохранение поляризованных пучков, новые технологии в поляризации, спинотроника наноструктур. В частности, в контексте спиновой структуры адронов были представлены ре-

зультаты вычислений для гравитационных формфакторов $A(t)$, $B(t)$ и $D(t)$, впервые выполненных в рамках правил сумм КХД на световом конусе в лидирующем порядке (И. В. Аникин, ОИЯИ).

Были продемонстрированы и рассмотрены методы, современные результаты и перспективы для будущих экспериментов на BESIII в связи со спиновой поляризацией гиперонов и проверкой CP-нарушения (А. Патрик, Университет Уппсалы, Швеция). Поляризация каскадов гиперонов ($XI0$ и XI^-) и их античастиц обсуждалась в связи с их высокой чувствительностью к механизму формирования гиперонов (В. Абрамов, ИФВЭ, Протвино). Коллаборация COMPASS/CERN представила доклад о программе измерений нескольких наблюдаемых, связанных с функциями фрагментации, при изучении полуинклюзивного процесса при высоких энергиях. Было объявлено о предварительных результатах на протонной мишени (Я. Бэдфер, CEA Сакле, Франция). Обсуждались результаты исследований эволюции спина нейтрино во внешней среде, электромагнитных и гравитационных полях (М. Дворников, ИЗМИРАН, Москва). Был представлен обзор современного статуса исследований партонных распределений, зависящих от поперечных импульсов в КХД (А. Владимиров, Университет Регенсбурга,

Italy, Slovakia, China, Belgium, Bulgaria, and India. Traditionally, many physicists of JINR participated in the conference.

The reason for the constantly increasing popularity of the conference relates to the fact that recent years have brought many new experimental (RHIC, COMPASS, LHC) and theoretical results. Many of them are related to the hadron spin together with the primordial transverse-momentum-dependent parton distributions.

The scientific programme covered a rather wide range of spin phenomena at high and intermediate energies such as recent experimental data on spin physics, nucleon spin structure and GPDs, spin physics and QCD, spin physics in the Standard Model and beyond, T-odd spin effects, polarization and heavy ion physics, spin in gravity and astrophysics, spin physics at NICA, future spin physics facilities, polarimeters for high-energy polarized beams, acceleration and storage of polarized beams, new polarization technologies and related subjects, the spintronics of nanostructures. In particular, in connection with the hadron spin structure, it was reported on the calculations of the gravitational form factors $A(t)$, $B(t)$ and $D(t)$ implemented

for the first time within the light-cone QCD sum rules at the leading order (I. Anikin, JINR).

The methods, recent results and prospects for future BESIII experiments in the context of the hyperon spin polarization and CP tests (A. Patrik, University of Uppsala, Sweden) were outlined. The polarizations of cascade hyperons ($XI0$ and XI^-) and their corresponding antihyperons were discussed due to their high sensitivity to the mechanism of formation of hyperons (V. Abramov, IHEP, Protvino). The COMPASS collaboration at CERN informed on a programme of measurements of several observables related to the fragmentation functions in Semi-Inclusive DIS. Preliminary analysis of the latest data, obtained on a proton target, was first presented. Also, the results obtained on deuteron at large value of the energy fraction carried by the produced hadron were reviewed (Y. Bedfer, CEA Saclay, France). The study of the evolution of the neutrino spin in background matter, electromagnetic and gravitational fields (M. Dvornikov, IZMIRAN, Moscow) was presented. The review of the status of transverse-momentum-dependent distributions (TMDs) in QCD perturbation theory were given (A. Vladimirov, University of Regensburg, Germany). Besides, a few reviews on the



Москва–Дубна, 9–13 сентября. Международная Боголюбовская конференция «Проблемы теоретической и математической физики»

Moscow–Dubna, 9–13 September. The International Bogoliubov Conference “Problems of Theoretical and Mathematical Physics”

Германия). Также были представлены обзоры о различных современных экспериментальных и теоретических результатах в спиновой физике высоких энергий (О. В. Теряев, С. В. Селюгин, С. В. Голоскоков, А. В. Гуськов и др.).

Успех конференции был обусловлен поддержкой Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» и программ международного сотрудничества ОИЯИ «Гейзенберг–Ландау», «Боголюбов–Инфельд» и «Блохинцев–Вотруба».

С 9 по 10 сентября в Москве в Математическом институте им. В. А. Стеклова РАН (МИРАН) и с 11 по 13 сентября в Дубне в ОИЯИ проходила Международная Боголюбовская конференция *«Проблемы теоретической и математической физики»*, которая была посвящена 110-летию со дня рождения выдающегося ученого — математика и физика, академика РАН и АН УССР, директора ОИЯИ (1965–1989), основателя и первого директора ЛТФ ОИЯИ (1956–1965) Николая Николаевича Боголюбова (21.08.1909–13.02.1992).

Боголюбовская конференция была организована Российской академией наук, Объединенным институтом ядерных исследований и Математическим институтом им. В. А. Стеклова РАН. Проведение Бого-

любовской конференции стало возможным благодаря финансовой поддержке ОИЯИ и Российского фонда фундаментальных исследований.

Главными темами Боголюбовской конференции 2019 г. были математика и нелинейная механика, квантовая теория поля, теория элементарных частиц, статистическая механика и кинетика, квантовая теория конденсированного состояния, ядерная физика — области, в развитие которых Николай Николаевич Боголюбов внес фундаментальный вклад.

В работе конференции приняли участие более 230 ученых, представлявших Белоруссию, Болгарию, Великобританию, Германию, Грецию, Грузию, Египет, Испанию, Италию, Китай, Кубу, Молдову, Монголию, Польшу, Португалию, Республику Корею, Россию, Словакию, Сербию, США, Узбекистан, Украину, Францию, Чехию, Чили и Швецию. Среди них — ведущие физики и математики, являющиеся как учениками Н. Н. Боголюбова, так и представителями многих школ, созданных великим ученым. В конференции участвовали не только известные зарубежные ученые, но и российские физики и математики, представлявшие ведущие отечественные научные центры, в том числе МИРАН, ФИ им. П. Н. Лебедева РАН, ИЯИ РАН, ИТЭФ, Санкт-Петербургский институт ядер-

present status of modern experimental and theoretical results in the spin high-energy physics were presented (O. Teryaev, S. Selyugin, S. Goloskokov, A. Guskov).

The success of the conference was provided by the support of the National Research Nuclear University (Moscow Engineering Physics Institute) and the JINR programmes for international collaboration: Heisenberg–Landau, Bogoliubov–Infeld and Blokhintsev–Votruba.

From 9 to 10 September in Moscow at the Steklov Mathematical Institute of RAS (MIRAN) and from 11 to 13 September in Dubna at the Joint Institute for Nuclear Research, the International Bogoliubov conference *“Problems of Theoretical and Mathematical Physics”* was held, which was dedicated to the 110th anniversary of the birth of the outstanding scientist — mathematician and physicist, Academician of the Russian Academy of Sciences and AS of the Ukrainian SSR, director of JINR (1965–1989), founder and first director of JINR BLTP (1956–1965) Nikolai Nikolayevich Bogoliubov (21.08.1909–13.02.1992).

The Bogoliubov conference was organized by the Russian Academy of Sciences, the Joint Institute for

Nuclear Research and the Steklov Mathematical Institute of RAS, Moscow. The Bogoliubov conference was possible thanks to the financial support of JINR and the Russian Foundation for Basic Research.

The main topics of the 2019 Bogoliubov Conference were mathematics and nonlinear mechanics, quantum field theory, elementary particle theory, statistical mechanics and kinetics, quantum condensed matter theory, nuclear physics — the areas in which N. N. Bogoliubov worked and made a fundamental contribution.

The conference was attended by more than 230 scientists from Belarus, Bulgaria, Chile, China, Cuba, the Czech Republic, Egypt, France, Georgia, Germany, Great Britain, Greece, Italy, the Republic of Korea, Moldova, Mongolia, Poland, Portugal, Russia, Serbia, Slovakia, Spain, Sweden, Ukraine, the USA and Uzbekistan. Among them are leading physicists and mathematicians who are both students of N. N. Bogoliubov and representatives of many schools created by the great scientist. The well-known foreign scientists participated in the conference. Russian physicists and mathematicians represented leading domestic scientific centres, including the Steklov MI RAS, Lebedev PI RAS, INR RAS, ITEP, St. Petersburg

ной физики РАН, ИЯФ СО РАН, ИФВЭ, ОИЯИ, МГУ им. М.В.Ломоносова, Новосибирский, Самарский, Саратовский государственные университеты и др. Среди участников было много активно работающих молодых ученых как из Дубны и Москвы, так и из многих российских и международных центров. В программу конференции вошли 30 пленарных и 104 секционных доклада.

9 сентября в конференционном зале Математического института им. В.А.Стеклова конференцию открыли вице-президент РАН академик В.В.Козлов и директор ОИЯИ академик В.А.Матвеев. Затем были представлены пленарные доклады. Академик В.В.Козлов (Москва) посвятил свой доклад полиномиальным законам сохранения квантовых систем; член-корреспондент И.В.Волович (Москва) обсуждал идеи Н.Н.Боголюбова в неравновесной статистической механике и достижения в проблеме необратимости; П.Экснер (Чехия) рассказал об изучении свойств сингулярных операторов Дирака с дельта-оболочечными взаимодействиями; В.Загребнов (Франция) обсуждал формулы произведений Троттера–Като для полугрупп Гиббса; В.А.Казаков (Франция) рассматривал свойства конформных теорий в разных измерениях; А.Горский (Москва) рассказал об изучении пересум-

мирования инстантонов в статсумме суперсимметричных теорий Янга–Миллса; К.Зарембо (Швеция) представил точные результаты в голографической дуальности; академик В.П.Незнамов (Саров) представил квантовую механику стационарных состояний частиц во внешних сингулярных полях черных дыр с горизонтами событий нулевой толщины.

Во второй день конференции с пленарными докладами выступили: академик Д.В.Трещёв (Москва) — об энтропии унитарных операторов, Л.Аккарди (Италия) — о расширениях квантовой механики и квантовой теории поля, канонически вытекающих из теории ортогональных многочленов, Г.Саввиди (Греция) — о максимально хаотических динамических системах Аносова–Колмогорова, Е.И.Зеленов (Москва) — об увеличении энтропии в p -адических квантовых каналах.

С 11 по 13 сентября Боголюбовская конференция продолжила работу в Дубне, в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ, носящей имя Н.Н.Боголюбова. Заседание в Дубне началось докладом директора ОИЯИ академика В.А.Матвеева о научной школе Н.Н.Боголюбова в Дубне. В следующем обзорном докладе академик Р.И.Илькаев (Саров) рассказал о работе Николая Николаевича Боголюбова в РФЯЦ-ВНИИЭФ

Institute of Nuclear Physics of RAS, INP SB RAS, IHEP, JINR, Lomonosov Moscow State University, Novosibirsk, Samara, Saratov State Universities, etc. Among the participants there were many actively working young scientists from Dubna and Moscow, as well as from many Russian and international centres. The programme of the conference included 30 plenary and 104 section reports.

On 9 September, Vice-President of the Russian Academy of Sciences Academician V. Kozlov and JINR Director Academician V. Matveev opened the conference in the conference hall of the Steklov Mathematical Institute of RAS. Then plenary reports were presented. Academician V. Kozlov (Moscow) devoted his report to the polynomial conservation laws of quantum systems; Corresponding Member I. Volovich (Moscow) discussed the ideas of N. N. Bogoliubov in nonequilibrium statistical mechanics and advances in the problem of irreversibility; P. Exner (Czech Republic) studied the properties of singular Dirac operators with delta-shell interactions; V. Zagrebnoy (France) discussed the Trotter–Kato product formulae for Gibbs semigroups; V. Kazakov (France) considered the properties of conformal fishnet theory at any dimensions; A. Gorsky (Moscow) reported on the studies of the resum-

mation of instantons in the partition function of supersymmetric Yang–Mills theories; C. Zarembo (Sweden) presented exact results in holographic duality; Academician V. Neznamov (Sarov) introduced the quantum mechanics of stationary states of particles in external singular fields of black holes with event horizons of zero thickness.

On the second day of the conference, plenary reports were made by: Academician D. Treschev (Moscow), on the entropy of unitary operators; L. Accardi (Italy), on extensions of quantum mechanics and quantum field theory canonically emerging from the theory of orthogonal polynomials; G. Savvidy (Greece), on the maximally chaotic dynamical Anosov–Kolmogorov systems; E. Zelenov (Moscow), on entropy gain in p -adic quantum channels.

From 11 to 13 September, the Bogoliubov conference continued its work in Dubna, at the JINR Laboratory of Theoretical Physics, named after N. N. Bogoliubov. The conference in Dubna began with a report of JINR Director Academician V. Matveev about the scientific school of N. N. Bogoliubov in Dubna. In the next review report, Academician R. Ilkaev (Sarov) spoke about Bogoliubov's work in the RFNC-ARSRIEPH in the 50s of the 20th century. In plenary reports of this working day of the con-

в 50-х гг. XX в. В пленарных докладах этого рабочего дня конференции директор ЛТФ ОИЯИ член-корреспондент РАН Д. И. Казаков обсуждал R -операцию Боголюбова в неперенормируемых теориях, И. Я. Арефьева (Москва) рассказала об изучении голографических принципов в непertурбативных методах исследования квантово-полевых теорий, в частности, КХД, Ч. Бай (Китай) рассматривал деформации и управляющие когомологии O -операторов и их применение для описания деформаций кососимметричных r -матриц, В. Добрев (Болгария) представил конструкцию многопараметрического квантового пространства-времени Минковского и квантовой иерархии Максвелла.

На следующий день с пленарными докладами выступили академик В. А. Рубаков (Москва) — о космологических решениях отскоком и генезисом, Г. Корчемский (Франция) — об энергетических корреляциях на «конформном коллайдере», К. Г. Четыркин (Германия) — о последних исследованиях многопетлевой ренормализационной группы в КХД, член-корреспондент РАН В. С. Фадин (Новосибирск) — о статусе уравнения Балицкого–Фадиной–Кураева–Липатова и проблемах в его применении, С. Деркачев (Санкт-Петербург) — о разделении переменных и корреляторах Бассо–Диксона в двумерной сеточной конформной

теории поля, В. П. Спиридонов (Дубна) — о суперконформных индексах, дуальности Зайберга и использовании специальных функций в суперконформных теориях.

В пленарных докладах, сделанных в последний день Боголюбовской конференции, С. Флах (Республика Корея) рассмотрел динамику эргодизации в слабо неинтегрируемых системах многих тел на примере динамического стекла, Н. М. Плакида (Дубна) обсуждал сверхпроводимость в электронных системах с сильными корреляциями, В. И. Захаров (Москва) продемонстрировал проявления квантовых аномалий в квантовой статистической механике, член-корреспондент РАН Д. С. Горбунов (Москва) рассказал о современном статусе инфляционной теории, Э. Боос (Москва) обсудил подход эффективной теории в выходе за пределы Стандартной модели, Р. Н. Фаустов (Москва) рассмотрел свойства тяжелых барионов в релятивистской кварковой модели.

Секционные заседания проходили по отдельным научным направлениям, тесно связанным с научной деятельностью Н. Н. Боголюбова.

В докладах секции «Математика и нелинейная механика», представленных в основном в Москве, обсуждались боголюбовские микроскопические ре-

ference, Director of the JINR Laboratory of Theoretical Physics RAS Corresponding Member D. Kazakov discussed the Bogoliubov R -operation in non-renormalizable theories; I. Aref'eva (Moscow) presented research on holography for nonperturbative study of quantum field theories, in particular, QCD; C. Bai (China) examined deformations and their controlling cohomologies of O -operators and their application for describing deformations of skew-symmetric r -matrices; V. Dobrev (Bulgaria) presented the construction of a multiparameter quantum Minkowski space-time and quantum Maxwell hierarchy.

The next day plenary reports were made by: Academician V. Rubakov (Moscow), towards bouncing and Genesis cosmologies; G. Korchemsky (France), about energy correlations at “conformal collider”; K. Chetyrkin (Germany), on the latest studies on the multiloop renormalization group in QCD; RAS Corresponding Member V. Fadin (Novosibirsk), on the status of the Balitsky–Fadin–Kuraev–Lipatov equation and problems in its application; S. Derkachev (St. Petersburg), on the separation of variables and Basso–Dixon correlators in two-dimensional conformal field fishnet theory; V. Spiridonov (Dubna),

on superconformal indices, Seiberg duality and the use of special functions in superconformal theories.

In plenary lectures on the last day of the Bogoliubov conference, S. Flah (Republic of Korea) examined the dynamics of ergodization in weakly nonintegrable many-body systems using dynamic glass as an example; N. Plakida (Dubna) discussed superconductivity in electron systems with strong correlations; V. Zakharov (Moscow) demonstrated the manifestations of quantum anomalies in quantum statistical mechanics; RAS Corresponding Member D. Gorbunov (Moscow) spoke about the current status of inflationary theory; E. Boos (Moscow) discussed the approach of an effective theory to beyond the Standard Model; R. Faustov (Moscow) considered the properties of heavy baryons in the relativistic quark model.

Sectional sessions were held in separate scientific areas, closely related to the scientific activity of N. N. Bogoliubov.

The reports of the section “Mathematics and nonlinear mechanics”, presented mainly in Moscow, discussed the Bogoliubov microscopic solutions of the Boltzmann–Enskog kinetic equation, the correlation functions of integrable models, the connection of super-Yangians and

шения кинетического уравнения Больцмана–Энскога, корреляционные функции интегрируемых моделей, связь суперянгманов с супералгебрами квантовых петель, макроскопическая дальнедействующая динамика фермионов и квантовых спинов на решетке, аспекты современных алгебраических представлений и факторная структура квантовых интегрируемых многочастичных моделей, современные проблемы в гравитации, неравновесная двумерная теория Юкавы на фоне сильных скалярных волн, нелинейное взаимодействие сильных гравитационных и электромагнитных волн расширяющейся Вселенной, свойства вращающихся черных дыр, свойства структур Ли–Пуассона, космологические модели с членами Гаусса–Бонне и неминимально связанными скалярными полями и др.

На секции «Квантовая теория поля и теория элементарных частиц» подробно рассматривались вопросы дифракционного рассеяния в КХД, поиск светлой темной материи на ускорителях, составная модель Хиггса и генерация асимметрии барионов, легкие скаляры в NMSSM, диджет-корреляции в многоструйных процессах в реджевском пределе КХД, боголюбовский компенсационный подход и эффективные взаимодействия в Стандартной модели, схема NSVZ в неабелевых суперсимметричных калибровочных теориях,

преодоление двухпетлевого барьера для обобщенного метода сокращения ИВР, преобразования Ландау–Халатникова–Фрадкина и загадка четных дзета-значений, нарушение конформной симметрии в безмассовых аналитических РТ-выражениях для D -функции Адлера и правила поляризованной суммы Бьёркена, техника обрезания четырехпетлевых безмассовых пропагаторов, эллиптические главные интегралы в нерелятивистской КХД, суммирование коллинеарных операторных разложений в $N = 4$ суперсимметричной теории Янга–Миллса и др.

Основными рассматриваемыми вопросами на секции «Статистическая механика, кинетика и квантовая теория конденсированного вещества» были топологические и геометрические квантовые явления в нанореконструкциях полупроводников и сверхпроводников, метод Хартри–Фока–Боголюбова в теории бозе-конденсированных систем, резонансные особенности джозефсоновских контактов сверхпроводник–ферромагнетик–сверхпроводник, классические и квантовые кристаллические радужные процессы, временная эволюция открытых неравновесных систем и необратимость, аномальный скейлинг в явлениях турбулентности, квантовые корреляции в квазиоднородной макромолекулярной цепи с одновибранным возбуждением.

quantum loop superalgebras, macroscopic long-range dynamics of fermions and quantum spins on a lattice, aspects of current algebra representations and factorized structure of quantum integrable many-particle models, modern problems in gravity, out-of-equilibrium two-dimensional Yukawa theory in a strong scalar wave background, nonlinear interaction of strong gravitational and electromagnetic waves of the expanding universe, the properties of rotating black holes, the properties of the Lie–Poisson structures, cosmological model with the Gauss–Bonnet term and non-minimally coupled scalar fields, etc.

The section “Quantum field theory and elementary particle theory” addressed in detail the issues of diffraction scattering in QCD, the search for light dark matter on accelerators, the Higgs composite model and the generation of baryon asymmetry, light scalars in NMSSM, dijet correlation in multijet processes in the Regge limit of QCD, Bogoliubov compensation approach and effective interactions in the Standard Model, NSVZ scheme in non-Abelian supersymmetric gauge theories, nonleptonic decays of doubly charmed baryons, Landau–Khalatnikov–Fradkin transformations and the mystery of even zeta-values in Euclidean mass correlators, conformal symmetry

breaking in massless analytic PT expressions for the Adler D -function and the Björken polarized sum rule, cut-off technique for four-loop massless propagators, elliptic principal integrals in nonrelativistic QCD, collinear OPE in $N = 4$ supersymmetric Yang–Mills theory, etc.

The main topics addressed in the section “Statistical mechanics, kinetics and quantum theory of condensed matter” were topology- and geometry-driven quantum phenomena in nanoarchitectures of semiconductors and superconductors, the Hartree–Fock–Bogoliubov method in the theory of Bose-condensed systems, resonance features of superconductor–ferromagnet Josephson junctions, classical and quantum crystal rainbow processes, time evolution of open nonequilibrium systems and irreversibility, anomalous scaling in the turbulence phenomena, and quantum correlation in a quasihomogeneous macromolecular chains with single-vibronic excitation.

The section “Nuclear physics” discussed the Bohr–Sommerfeld quantization rule in the case of decreasing power potential, resonances in the Friedrichs–Faddeev model, proton charge radius and Rydberg constant from HD + spectroscopy, confinement-induced resonances

На секции «Ядерная физика» обсуждалось правило квантования Бора–Зоммерфельда в случае малого потенциала, резонансы в модели Фридрихса–Фаддеева, радиус заряда протона и постоянная Ридберга из спектроскопии HD^+ , резонансы, вызванные конфайнментом, в двухцентровой задаче, системы Ван-дер-Ваальса для трех тел и др.

Боголюбовская конференция 2019 г. показала сохранение научных традиций, заложенных Николаем Николаевичем Боголюбовым, в мировом научном сообществе.

Более подробную информацию о конференции и материалы докладов можно найти на сайте: <http://theor.jinr.ru/~bog2019/>. Труды конференции будут изданы в журнале ЭЧАЯ.

Д. И. Казаков

В Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова с 16 по 19 сентября проходило 2-е Международное совещание «*Теория адронной материи при экстремальных условиях*». Как и ранее, оно имело характер встречи большой рабочей группы теоретиков из разных стран, ведущих исследования в области свойств адронной материи при высоких плотностях энергии и барионного заряда, сверхсильных электромагнитных полях. Для ОИЯИ эта очень важная и интересная область теоретической физики имеет особое значение в связи с экспериментальным мегапроектом NICA в области физики релятивистских тяжелых ионов.

В совещании приняло участие около 80 человек, включая более 50 участников из Австрии, Великобритании, Германии, Италии, Монголии, Польши,

Дубна, 16–19 сентября. Участники 2-го Международного совещания «Теория адронной материи при экстремальных условиях»



Dubna, 16–19 September. The participants of the 2nd international workshop “Theory of Hadronic Matter under Extreme Conditions”

caused in two-centre problem, the Van der Waals three-bodies systems, etc.

The 2019 Bogoliubov Conference showed the preservation of the scientific traditions laid down by N. N. Bogoliubov in the world scientific community.

More detailed information about the conference and report files can be found on the website: <http://theor.jinr.ru/~bog2019/>. The proceedings of the conference will be published in the journal “Particles and Nuclei”.

D. Kazakov

The 2nd international workshop within the JINR project “*Theory of Hadronic Matter under Extreme Conditions*” was held on 16–19 September at the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics. As before, the workshop had the character of a meeting of a large working group of theoreticians from many countries carrying out research of the properties of hadronic matter under high energy and baryonic charge densities and super-strong electromagnetic fields. This highly interesting field of theoretical physics is particularly important for JINR in view

Словакии, Франции, Украины, Южной Африки, Японии, ряда российских институтов и университетов (МГУ, СПбГУ, ИФВЭ, ИТЭФ, МИФИ, ПИЯФ, ДВГУ, Иркутский НЦ РАН).

Главная цель серии совещаний, как и проекта в целом, состоит в комплексном развитии широкого спектра теоретических методов исследования горячей плотной адронной материи (кинетические и статистические модели, гидродинамическое приближение, решеточные и функциональные методы КХД, эффективные модели, голографический подход и др.) и их применении к задачам физики релятивистских ионов и астрофизики. Всего в ходе совещания было сделано около 50 получасовых докладов, включая два обзора экспериментальных результатов. В фокусе совещания были исследования свойств плотной адронной материи численными методами решеточной КХД и функциональной ренормгруппы, наблюдаемые следствия завихренности адронной материи и сильных электромагнитных полей, механизмы деконфайнмента и восстановления киральной $U_A(1)$ симметрии, комплексное моделирование столкновений релятивистских тяжелых ионов в кинетических, статистических и гидродинамических подходах.

Закрывая совещание, профессор Йорг Айхелин (SUBATECH, Франция) подчеркнул: «Совещания не организуются сами по себе, нужны люди, которые знают, кого нужно собрать вместе, люди, которые прилагают усилия, чтобы все прошло успешно». Совещания по теории адронной материи в Дубне организуются усилиями большой международной команды теоретиков, накопивших многолетний опыт научного сотрудничества и участвующих в проекте ОИЯИ по теории адронной материи, который развивается в тесной кооперации с аналогичной европейской инициативой THOR («Theory of hot matter and relativistic heavy-ion collisions») европейской программы COST (European Cooperation in Science and Technology).

Совещание было поддержано ЛТФ в рамках темы «Теория фундаментальных взаимодействий» и грантом дирекции ОИЯИ. Подробная информация о совещании доступна на сайте <https://indico.jinr.ru/event/834/>.

of the experimental megascience project NICA in the field of relativistic heavy ion physics.

About 80 scientists participated in the workshop, including more than 50 participants from Austria, France, Germany, Japan, Italy, Mongolia, Poland, Slovakia, South Africa, Ukraine, United Kingdom and several Russian research centres (MSU, SPbSU, IHEP Moscow, ITEP Moscow, PNPI Gatchina, FEFU Vladivostok, and Irkutsk Research Centre of RAS).

The main goal of the meetings within the project was the comprehensive development of a wide spectrum of theoretical methods for studying hot and dense hadronic matter (kinetic and statistical models, hydrodynamical approaches, lattice and functional methods in QCD, effective models, holographic approach) and their application to the problems of relativistic heavy-ion physics and astrophysics. About 50 thirty-minute talks, including two reviews of the experimental results, were given during the four working days of the meeting. The programme was focused on properties of dense matter within the lattice QCD and functional renormalization group approaches, observable signals of vorticity and strong electromagnetic fields in heavy-ion collisions, mechanisms of deconfinement and

restoration of chiral $U_A(1)$ symmetry, complex modeling of heavy ion collisions in combined statistical, kinetic and hydrodynamical approaches.

In his closing talk, Professor J. Aichelin (SUBATECH, France) noted that “the workshops are not organized by themselves, they need people knowing who should be brought together, and people who work hard to make the meeting successful”. Dubna meetings on the theory of hadronic matter are organized by a large international team of theoreticians who have been working together for many years. At the present time, they are collaborating within the Dubna project “Theory of Hadronic Matter under Extreme Conditions” which is developing in close cooperation with a very similar European action THOR (“Theory of hot matter and relativistic heavy-ion collisions”) within the programme COST (European Cooperation in Science and Technology).

The workshop was supported by BLTP within the theme “Theory of fundamental interactions” and by the grant of JINR Directorate. Detailed information is available on the workshop website <https://indico.jinr.ru/event/834/>.

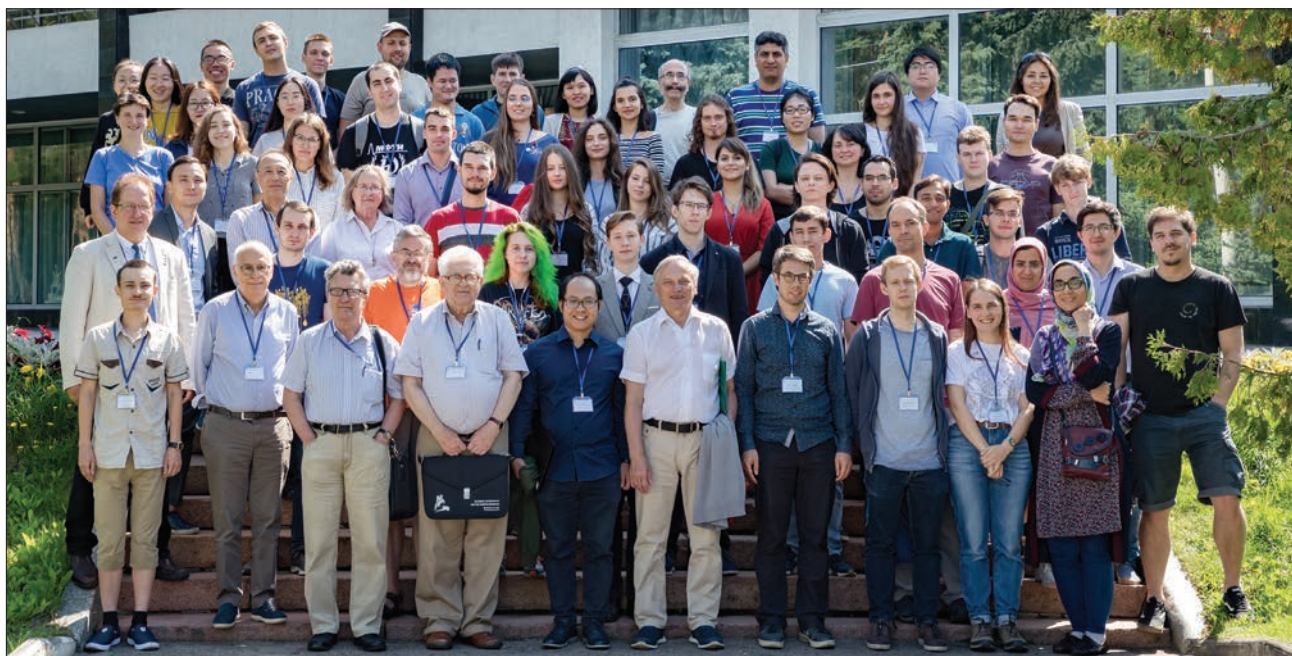
С 22 июля по 2 августа в Доме международных совещаний ОИЯИ проходила Гельмгольцевская международная школа «*Квантовая физика предельных состояний: от сильных полей до тяжелых кварков*». В ней участвовали около 90 человек из Армении, Болгарии, Германии, Индии, Ирана, Италии, Казахстана, Китая, Польши, России, Румынии, Хорватии и Чили.

Проекты Гельмгольцевской международной школы поддерживаются совместно ОИЯИ и центрами Гельмгольца, в том числе FZ Juelich, GSI Darmstadt, DESY Hamburg, HZ Dresden-Rossendorf и KIT Karlsruhe.

ruhe. Поддержка конкретных школ осуществляется в соответствии с интересами центров. Школе «Квантовая физика предельных состояний: от сильных полей до тяжелых кварков» финансовую поддержку оказали центры в Юлихе, Дармштадте, Россендорфе и ОИЯИ.

В программу школы входили следующие направления: физика флейворов и CP-нарушение, физика за пределами Стандартной модели, эффективные теории и модели в физике тяжелых кварков, b -адроны и их распады, физика топ-кварков, XYZ-состояния, сильные поля КЭД, физика высокоинтенсивной плазмы, про-

Дубна, 22 июля – 2 августа. Организаторы и слушатели Гельмгольцевской международной школы «Квантовая физика предельных состояний: от сильных полей до тяжелых кварков»



Dubna, 22 July – 2 August. Organizers and participants of the Helmholtz international school “Quantum Field Theory at the Limits: From Strong Fields to Heavy Quarks”

The Helmholtz international school “*Quantum Field Theory at the Limits: From Strong Fields to Heavy Quarks*” was held in the International Conference Hall from 22 July to 2 August. About 90 scientists from Armenia, Bulgaria, Chile, China, Croatia, Germany, India, Iran, Italy, Kazakhstan, Poland, Romania, and Russia took part in the event.

The projects of the Helmholtz international school are jointly supported by JINR and the Helmholtz centres, including FZ Jülich, GSI Darmstadt, DESY Hamburg, HZ Dresden-Rossendorf and KIT Karlsruhe. Under this project, responsibilities for specific schools are divided according to the interests of the centres. For the school “Quantum Field Theory at the Limits: From Strong Fields

to Heavy Quarks”, financial support was provided by Jülich, Darmstadt, Rossendorf and JINR.

The programme of the school covered the following topics: flavor physics and CP violation, physics beyond the Standard Model, effective theories and models in heavy quark physics, b hadrons and their decays, top quark physics, XYZ states, strong-field QED, high-intensity plasma physics, production and transport of heavy flavors in nuclear collisions.

The school included 38 hours of lectures and 12 seminars. Twenty-one lecturers from leading institutes of Germany, Italy, Japan, Kazakhstan, and Russia were invited for this purpose. Participants of the school presented 9 reports. The best reports were chosen by a jury of

изводство и транспортировка тяжелых флейворов при ядерных столкновениях.

Всего было прочитано 38 часов лекций по тематике школы, более 20 приглашенных лекторов из ведущих институтов Германии, Италии, Казахстана, России и Японии провели 12 семинарских занятий. В свою очередь, участники школы представили 9 устных докладов. 25 научных сотрудников ОИЯИ оценивали их работы и выбирали лучшие доклады. Лекции и доклады доступны на сайте школы <https://indico.jinr.ru/event/797/page/11>. Материалы школы будут опубликованы в специальном выпуске журнала *Particles*.

Участники школы побывали на экскурсии в Лаборатории ядерных реакций. К. Гикал и В. Семин сделали интересный обзор нового ускорителя ДЦ-280.

Школа прошла в традиционно дружественной атмосфере, позволила ее участникам познакомиться с коллегами и ведущими учеными из разных стран, обсудить результаты своих исследований и начать совместные работы.

Лектор из Университета Наполи П. Санторелли выступил с идеей учредить приз для лучшего участника школы (которого определит группа лекторов и организаторов), чтобы поощрять и стимулировать участ-

ников. Оргкомитетом было решено вручать дипломы лучшему участнику, начиная со следующей школы.

В июле на базе отдыха «Волга» ОИЯИ проходил 26-й сезон образовательного проекта «*Летняя школа*», в рамках которого в 4-й раз работала «Мастерская физики „105-й элемент“», организованная УНЦ ОИЯИ при помощи ОМУС и сотрудников Института. Рассчитанная на 31 день плотная программа школы включала 36 мастерских, на которые в 2019 г. приехало более полутора тысяч человек.

Основная задача мастерской физики «105-й элемент» — знакомство участников, студентов физических факультетов вузов, с разными направлениями физики в ОИЯИ, популяризация достижений и проектов Института. Это и лекторий от ведущих ученых и специалистов лабораторий ОИЯИ, и экскурсии. Практические задания в лабораториях Института позволили участникам «прикоснуться к науке» в буквальном смысле.

Кроме того, лаборатории и музей науки и техники ОИЯИ приняли в 2019 г. около 300 представителей других мастерских школы: «Астрогео», «МедО», «Геотрек», «Школа научной журналистики». Каждая экскурсия, каждая лекция для участников всей шко-

25 JINR researchers. The lectures and reports are available on the website of the school <https://indico.jinr.ru/event/797/page/11>. It is planned that the proceedings of the school will be published in a special issue of the “*Particles*” journal.

The participants of the school took an excursion to the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions. K. Gikal and V. Semin guided a fascinating tour around a new accelerator DC-280.

Following the tradition, the school was held in a friendly atmosphere, allowed its participants to meet their colleagues and leading scientists of the field from various countries, to discuss results of their research, and to launch joint projects.

At the end of the school, a lecturer from Napoli University P. Santorelli suggested to establish a special prize to the best participant to encourage and stimulate participants of school events. A group of lecturers and organizers will choose the winner. Starting from the next school, the Organizing Committee will award certificates to the most active participants.

In July the 26th season of the *Summer School* educational project was held at the Volga recreation facility of the Joint Institute for Nuclear Research, within the framework of which the physics workshop “Element 105” was organized for the fourth time, by JINR UC with the help of AYSS and Institute staff. The solid 31-day programme of the school included 36 workshops, to which more than one and half thousand people came this year.

The main task of the physics workshop “Element 105” is to introduce participants, students of physics departments of universities, to different areas of physics at JINR, to popularize the achievements and projects of the Institute. The workshop also offered lectures from the leading scientists and specialists of JINR laboratories and excursions. The practical tasks in the laboratories of the Institute allowed the participants to “touch science” literally.

In addition, the JINR laboratories and the Museum of Science and Technology received in 2019 about 300 representatives of other workshops of the school: Astrogeo, MedO, Geotrek, and the School of Scientific Journalism. Each excursion, each lecture for participants of the entire

лы — это также средство привлечения молодых талантливших специалистов в научное сообщество.

С 4 по 17 августа в Доме международных совещаний ОИЯИ проходила Гельмгольцевская международная летняя школа «*Космология, струны и новая физика*», организованная ЛТФ им. Н. Н. Боголюбова в рамках программы DIAS-TH при финансовой поддержке ОИЯИ и гельмгольцевских центров Германии в Карлсруэ и Дрездене-Россендорфе.

Открывая школу, Д. Блашке (Университет Вроцлава и ЛТФ ОИЯИ) рассказал о сотрудничестве ЛТФ ОИЯИ и центров им. Г. Гельмгольца в Германии в организации международных летних школ в Дубне.

Научная программа школы была посвящена современной космологии. Д. Горбунов (ИЯИ РАН) прочитал вводные лекции о теории горячего Большого

взрыва и бариогенезисе в ранней Вселенной. Кроме того, он сделал обзор существующих моделей темной материи. О поиске легкой темной материи в эксперименте NA64 рассказал Н. Красников (ИЯИ РАН). В лекциях А. Викмана (FZU, Прага) также рассматривалась «темная сторона» Вселенной: темная материя и темная энергия. Была представлена как история проблемы космологической постоянной, так и современные наблюдательные данные, рассмотрена связь темной энергии с квантовыми флуктуациями. Некоторые известные в литературе модели модифицированной гравитации были проанализированы с точки зрения согласия с наблюдениями.

В лекциях А. Старобинского обсуждались инфляция на ранней и поздней стадиях эволюции Вселенной и постинфляционный разогрев в моделях модифицированной гравитации. Во многом именно за эти ис-

Дубна, 5 августа. Гельмгольцевская международная школа «Космология, струны и новая физика»



Dubna, 5 August. The Helmholtz international school “Cosmology, Strings and New Physics”

school is also a resource of attracting young talented specialists to the scientific community.

The Helmholtz international summer school “*Cosmology, Strings and New Physics*” was held at the JINR International Conference Hall from 4 to 17 August. The school was organized by the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics in the framework of the DIAS-TH programme with the financial support from JINR and the German Helmholtz Centres in Karlsruhe and Dresden-Rossendorf.

Opening the school, D. Blaschke (University of Wrocław and BLTP, JINR) spoke about the collaboration of JINR BLTP and the German Helmholtz Centres in organizing international summer schools in Dubna.

The scientific programme of the school was devoted to modern cosmology. D. Gorbunov (INR, RAS) gave

introductory lectures on the theory of the hot Big Bang and baryogenesis in the early Universe. In addition, he reviewed existing models of dark matter. N. Krasnikov (INR, RAS) spoke about the search for light dark matter in the NA64 experiment. The “dark side of the Universe” — dark matter and dark energy — was also considered in the lectures by A. Wikman (FZU, Prague). He recalled the history of the cosmological constant problem, presented modern observational data, and dwelled upon the relationship between dark energy and quantum fluctuations. Some well-known models of modified gravity were analyzed in terms of agreement with observations.

A comprehensive survey of inflation, pre-inflation and post-inflationary heating in the modified gravity theories was presented by A. Starobinsky, to whom together with V. Mukhanov and R. Sunyaev, the Abdus Salam International Centre for Theoretical (ICTP) has awarded

следования Международного центра теоретической физики им. А. Салама (ICTP) присудил премию и медаль Дирака за 2019 г. А. Старобинскому, В. Муханову и Р. Сюняеву. Эта информация поступила как раз во время работы школы. Об истории, трудностях и современном состоянии теорий массивной гравитации говорилось в лекциях М. Волкова (Университет Тура). Приложениям нетрадиционных полевых теорий к моделям ранней Вселенной посвятил свои лекции В. Рубаков (ИЯИ РАН).

О важнейших открытиях последних лет — регистрации гравитационных волн от слияния черных дыр и нейтронных звезд — рассказывалось в лекциях К. Постнова (ГАИШ МГУ). Содержанием курса, прочитанного А. Долговым (ИТЭФ), стал обзор современной физики черных дыр. Проблема исчезновения информации в черной дыре обсуждалась в лекциях В. Емельянова (Университет Карлсруэ).

В течение первой недели участники школы прослушали курс лекций И. Бухбиндера (ТГПУ, Томск) «Введение в супергравитацию». Этот курс послужил базой для лекций А. Вестфала (DESY), который изложил описание ранней фазы космологической инфляции с точки зрения теории струн. В лекциях Е. Мусаева (МФТИ) рассматривались приложения

D-бран в струнных феноменологических моделях физики частиц и космологии.

В лекциях Д. И. Казакова было дано определение R -операции и ренормализационной группы для неперенормируемых теорий поля. О связи суперконформных индексов в калибровочных теориях с эллиптическими гипергеометрическими интегралами, роли последних в доказательстве дуальностей Зайберга и в теории квантовых интегрируемых систем рассказывалось в лекциях В. Спиридонова (ЛТФ ОИЯИ).

Таким образом, программа школы охватывала не только теоретическую и наблюдательную космологию, эксперименты по поиску гравитационных волн и темной материи, но и смежные вопросы квантовой теории поля и математической физики. Молодые ученые также получили возможность представить результаты своих исследований.

В школе приняли участие студенты, аспиранты и молодые ученые из Армении, Белоруссии, Болгарии, Германии, Индии, Ирана, Испании, России, Чехии, Швеции, ОИЯИ. Многие из них впервые были в Дубне и благодаря школе познакомилась с ОИЯИ.

Участникам школы особенно запомнилась экскурсия, которую провел В. Худоба в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова. В свободный от лекций день

its 2019 Dirac Medal and Prize “for important contributions to the understanding of the early Universe in the context of inflationary cosmology”. This information was received during the school. The history, difficulties and current state of massive gravity theories were discussed in the lectures of M. Volkov (University of Tours). V. Rubakov (INR, RAS) devoted his lectures to applications of unconventional field theories to models of the early Universe.

The gravitational waves from the black holes and neutron stars mergers, which are recognized as the most important discovery of recent years, were the content of the lectures by K. Postnov (SAI, Moscow State University). The modern black hole physics was reviewed in the course by A. Dolgov (ITEP). The problem of the information loss in black hole physics was in the focus of the lectures by V. Emelyanov (Karlsruhe University).

During the first week, school participants attended a lecture course “Introduction to Supergravity” by I. Bukhbinder (Tomsk State Pedagogical University, Tomsk). This course served as the basis for lectures by A. Westphal (DESY), who described the early phase of cosmological inflation in terms of string theory. In the lectures of E. Musaev (MIPT) the applications of D-branes in string

phenomenological models of particle physics and cosmology were considered.

In the lectures of D. Kazakov, the definition of the R -operation and the renormalization group for non-renormalizable field theories was given. The connection of superconformal indices in gauge theories with elliptic hypergeometric integrals, the role of the latter in proving Seiberg dualities and in the theory of quantum integrable systems was discussed in the lectures of V. Spiridonov (BLTP, JINR).

Thus, the school programme covered not only theoretical and observational cosmology, the pursuit of gravitational waves and dark matter, but also related issues of quantum field theory and mathematical physics. Young scientists also had the opportunity to present the results of their research.

The school was attended by students, graduate students and young scientists from Armenia, Belarus, Bulgaria, the Czech Republic, Germany, India, Iran, Spain, Russia, Sweden, and JINR. For many participants it was their first visit to Dubna, and thanks to the school they got acquainted with JINR. They highly appreciated the excursion conducted by V. Khudoba at the Flerov Laboratory of

они посетили музей-заповедник Абрамцево и Троице-Сергиеву лавру.

С лекциями и другими материалами школы можно ознакомиться на сайте <http://indico.jinr.ru/event/736/>.

С 4 по 17 сентября в Санкт-Петербурге проходила ежегодная, 27-я по счету, *Европейская школа по физике высоких энергий (ESHEP-2019)*. Эта серия школ, хорошо известных также как школы ЦЕРН–ОИЯИ, традиционно привлекает большое внимание молодежи благодаря серьезной научной программе, хорошо отработанному формату и тщательному подбору лекторов и лидеров дискуссий.

Школы проводятся поочередно в одной из стран-участниц международных организаций — ЦЕРН и ОИЯИ. В 2019 г. местом проведения была выбрана Российская Федерация. В организации и поддержке 27-й школы также приняли участие Министерство науки и высшего образования РФ, Российская академия наук и Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

На школу прибыло около 100 слушателей из более чем 30 стран. Большинство участников — аспиранты, завершающие работу над диссертациями, обладающие высоким научным потенциалом и задействованные в актуальных исследованиях. В качестве лекторов

и лидеров дискуссий выступили ведущие ученые по основным направлениям современной физики высоких энергий.

Традиционные лекции о научных программах ОИЯИ и ЦЕРН, а также перспективах исследований в области физики высоких энергий и элементарных частиц представили на школе директор ОИЯИ академик РАН В. А. Матвеев и генеральный директор ЦЕРН профессор Ф. Джанотти.

6 сентября в большом зале Санкт-Петербургского научного центра РАН в рамках проведения школы состоялось специальное мероприятие — встреча, посвященная обсуждению роли фундаментальной науки в развитии современного общества, с участием широкой общественности, слушателей школы, руководства ЦЕРН и ОИЯИ, представителей науки и финансирующих науку организаций. На встрече с публичной лекцией выступила Ф. Джанотти, после чего состоялась дискуссия с участием приглашенных гостей: директора ОИЯИ академика РАН В. А. Матвеева, заместителя академика-секретаря и руководителя секции ядерной физики Отделения физических наук академика РАН В. А. Рубакова, первого заместителя министра науки и высшего образования академика РАН Г. В. Трубникова, президента НИЦ КИ члена-корре-

Nuclear Reactions. On their free day the students visited the Abramtsevo Museum-Reserve and the Holy Trinity-St. Sergius Lavra.

Lectures and other materials of the school can be found on the website <http://indico.jinr.ru/event/736/>.

From 4 to 17 September, the annual *27th European School on High Energy Physics (ESHEP-2019)* was held in Saint-Petersburg. This series of schools, known as CERN–JINR schools, traditionally attract much attention of the youth thanks to a sophisticated scientific programme, well-developed format, and a careful choice of lecturers and leaders of discussions.

These schools are held successively in the Member States of two international organizations, namely, the European Organization for Nuclear Research and the Joint Institute for Nuclear Research. In 2019, the Russian Federation was chosen to hold the event. The Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, the Russian Academy of Sciences, and the National Research Centre “Kurchatov Institute” also took part in the organization of the School-2019.

About 100 listeners from more than 30 countries participated in the 27th school. Most of them were post-graduate students who finish their dissertations, possess a high scientific potential, and take part in recent research. Leading scientists delivered their lectures in the main topics of modern high energy physics.

CERN Director-General Professor F. Gianotti and JINR Director RAS Academician V. Matveev presented traditional lectures on scientific programmes and prospects for research in the fields of high energy and particle physics.

On 6 September a discussion of the role of fundamental science in the development of the modern society with the participation of the public, listeners of the school, CERN and JINR leadership, representatives of science and organizations financing science was held in the Big Hall of the St. Petersburg RAS Scientific Centre. CERN Director-General F. Gianotti made a public lecture and a discussion was held with the participation of guests: JINR Director RAS Academician V. Matveev, Deputy Academician Secretary and Head of the RAS Department of Physical Sciences Academician V. Rubakov, First Deputy Minister of Science and Higher Education RAS Academician

спондента РАН М. В. Ковальчука, ректора СПбПУ академика РАН А. И. Рудского, ректора СПбГУ профессора Н. М. Кропачева.

Таким образом, вся серия Европейских школ по физике высоких энергий, которую организуют совместно ЦЕРН и ОИЯИ, продолжает на высоком уровне выполнять свою научную и культурную миссию, постоянно совершенствуя программу и формы общения со слушателями и общественностью.

С 1 по 10 сентября в Синае (Румыния) проходила **8-я Международная школа по физике нейтрино им. Б. М. Понтекорво**. Она продолжила традиции школ, состоявшихся в Дубне, Алуште, Горны-Смоковце и Праге в 1998, 2003, 2007, 2010, 2012, 2015 и 2017 гг.

Организаторы школы — ОИЯИ, Международный центр образования и исследований в области физики (Бухарест, Румыния), Чешский технический университет, Карлов университет (Прага, Чехия), Университет им. Я. Коменского (Братислава, Словакия).

Программа охватывала широкий круг вопросов, связанных с физикой нейтрино и нейтринной космологией. Цель школы — обзор современного состояния экспериментальной и теоретической физики нейтрино. Всего в школе приняло участие около 80 человек,

увлеченных этой тематикой и проводящих исследования в области физики нейтрино.

В программу школы традиционно входили семинары, практические занятия, сессии вопросов и ответов для наиболее полного вовлечения студентов и молодых ученых в ее работу. Молодые участники представили на школе постеры, дающие представление об их научно-исследовательской работе. Материалы постерной сессии студентов и молодых ученых опубликованы на сайте школы.

С 3 по 8 сентября в пансионате ОИЯИ «Дубна» (Алушта, Крым) проходил **13-й Международный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц**, посвященный памяти В. П. Саранцева. Организаторами мероприятия выступили ОИЯИ, ИЯФ им. Г. И. Будкера СО РАН, Научный совет РАН по проблеме ускорителей заряженных частиц.

Целью семинара является обмен информацией и обсуждение вопросов ускорительной науки и техники, физики пучков заряженных частиц, разработки новых проектов лептонных и адронных коллайдеров, совершенствования действующих установок, использования ускорителей для научных и прикладных целей, привлечение молодых ученых к решению проблем

G. Trubnikov, President of the NRC “Kurchatov Institute” RAS Corresponding Member M. Kovalchuk, SPbSTU Rector RAS Academician A. Rudskoy, and SPbSU Rector Professor N. Kropachev.

Thus, the whole series of European Schools of High-Energy Physics organized by CERN and JINR continues to fulfil its scientific and cultural mission at a high level, constantly enhancing the programme and formats of interaction with the audience and the public.

From 1 to 10 September, the **8th Pontecorvo International Neutrino Physics School** was held in Sinaia (Romania). This school continued traditions of schools held in Dubna, Alushta, Horny Smokovec and Prague in 1998, 2003, 2007, 2010, 2012, 2015 and 2017.

The school was organized by the Joint Institute for Nuclear Research, the International Centre of Education and Research in Physics (Bucharest, Romania), the Czech Technical University, Charles University (Prague, Czech Republic), and J. Comenius University (Bratislava, Slovakia).

The programme of the school covered a wide range of issues related to neutrino physics and neutrino cosmology.

The aim of the school was to review the modern status of experimental and theoretical neutrino physics. About 80 participants attended the event; they were the scientists who were interested in this theme and conducted research in neutrino physics.

Traditionally, the programme of the school included seminars, practice classes, sessions of questions and answers to involve maximally students and young scientists in the work of the school. Young participants presented posters about their scientific research activities. The proceedings of the poster session of students and young scientists are published on the school website.

From 3 to 8 September, the 13th International scientific workshop in memory of Professor V. P. Sarantsev **“Problems of Colliders and Charged Particle Accelerators. Applied Research on Accelerators”** was held in the resort hotel of the Joint Institute for Nuclear Research in Alushta (Crimea). Organizers of the event were the Joint Institute for Nuclear Research, the Institute of Nuclear Physics of SB RAS, the Scientific Council on Charged Particle Accelerators of the Russian Academy of Sciences.

ускорительной техники. С 2005 г. семинар проводится в Алуште.

Среди докладчиков — представители крупнейших ускорительных центров России, таких как ИЯФ СО РАН (Новосибирск), ОИЯИ (Дубна), ИТЭФ (Москва), ИФХЭ им. А. Н. Фрумкина РАН (Москва), ИЯИ РАН (Москва), МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва), НИЦ «Курчатовский институт» (Москва), НИЯУ МИФИ (Москва), высокотехнологичных предприятий Millab и АО «НПП Торий» (Москва), НГУ (Новосибирск), ФТЦ ФИАН (Протвино), СПбГУ, НИИЭФА (Санкт-Петербург), ИЯИ (Троицк), а также IFIN-HH, NRC NP (Бухарест).

Тематика семинара охватывала такие важные вопросы ускорительной физики, как проекты коллайдеров сверхвысоких энергий, современные ионные ускорители и коллайдеры, циклические электрон-позитронные коллайдеры, генерация когерентного излучения в ЛСЭ, динамика пучков заряженных частиц, новые методы ускорения, ускорители для прикладных целей.

17 сентября в Доме ученых ОИЯИ состоялся *юбилейный научный семинар, посвященный 70-летию профессора В. В. Бурова*, главного научного сотрудника Лаборатории теоретической физи-

Дубна, 17 сентября. Юбилейный научный семинар, посвященный 70-летию главного научного сотрудника Лаборатории теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова ОИЯИ профессора В. В. Бурова



Dubna, 17 September. The jubilee seminar dedicated to the 70th anniversary of Chief Researcher of the JINR Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics Professor V. Burov

The workshop is aimed at encouraging the information exchange and discussion of issues in the fields of accelerator science and technologies, physics of beams of charged particles, the development of new projects of lepton and hadron colliders, modernization of operating facilities, the use of accelerators for scientific and applied aims, attracting young scientists to solve the problems of acceleration technologies. The workshop has been held in Alushta since 2005.

Reporters represented the largest accelerator centres of Russia, such as INP SB RAS (Novosibirsk), JINR (Dubna), IТЭP (Moscow), IPCE RAS (Moscow), INP RAS (Moscow), MSU (Moscow), NRC “Kurchatov Institute” (Moscow), MEPhI (Moscow), high-tech organizations Millab and Research and Production Enterprise “Toriy” (Moscow), NSU (Novosibirsk), LPI PTC (Protvino), St.

Petersburg State University, SRCEPE (St. Petersburg), INR (Troitsk), as well as IFIN-HH, NRC NP (Bucharest).

The topics of the workshop included such important issues of accelerator physics as projects of ultra-high energy colliders, modern ion accelerators and colliders, circular electron–positron colliders, generation of coherent radiation of free-electron lasers, dynamics of beams of charged particles, new methods of acceleration, and accelerators for applied purposes.

On 17 September, a *jubilee scientific seminar dedicated to the 70th anniversary of Professor V. Burov*, chief researcher at the Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics of JINR, was held at the JINR Scientists Club. The seminar was opened by JINR Director V. Matveev, who congratulated Professor Burov on his anniversary and

ки им. Н. Н. Боголюбова. Открыл семинар директор ОИЯИ В. А. Матвеев, который поздравил Валерия Васильевича и отметил его большой вклад в развитие релятивистской ядерной физики в ОИЯИ.

Продолжили семинар научные доклады С. С. Шиманского — «От „флуктонов“ до „холодной сверхплотной барионной компоненты“ ядерной материи» и С. Г. Бондаренко — «Малонуклонные системы в формализме Бете–Солпитера», в которых были представлены различные аспекты научной деятельности В. В. Булова. В своем «Слове о юбиляре» профессор А. И. Малахов (ЛФВЭ) охарактеризовал коллегу и друга как ученого, организатора, человека. В завершение официальной части семинара юбиляр выступил с презентацией «По волнам моей памяти», представив основные вехи своего творческого пути — от Дальнего Востока до Дубны, рассказал об учителях и учениках, о знаковых событиях в истории Института, участником которых ему довелось быть.

Немало других штрихов к портрету юбиляра добавили вице-директор ОИЯИ М. Г. Иткис, заместитель директора ЛТФ Н. А. Антоненко, который вел семинар, Д. Блашке, В. П. Гердт, а также В. Э. Прох и С. Ф. Дзюба, рассказавшие об активной работе В. В. Булова на посту председателя городского совета молодых ученых и специалистов. В неформальной обстановке профессора В. В. Булова поздравили также многие сотрудники ОИЯИ.

noted his great contribution to the development of relativistic nuclear physics at JINR.

The seminar was continued by the scientific reports of S. Shimansky, “From ‘fluctons’ to ‘cold super-dense baryon component’ of the nuclear matter”, and S. Bondarenko, “Few-nucleon systems in the Bethe–Salpeter approach”, which presented various aspects of scientific activity of the hero of the day. In his “A few words about V. Burov”, Professor A. Malakhov (VBLHEP) described his colleague and friend as a scientist, organizer, and person. The official part of the seminar ended with the report of the hero of the day “Through the waves of my memory”, in which he touched on the main milestones of his career — from the Far East to Dubna, spoke about teachers and students, and numerous illustrations plunged the audience into the atmosphere of significant events in the history of the Institute, the participant of which was the author of the presentation.

JINR Vice-Director M. Itkis, BLTP Deputy Director N. Antonenko, who led the seminar, D. Blaschke, and V. Gerdt added many other touches to the portrait of the hero of the day, and V. Prokh and S. Dzyuba spoke about the active work of V. Burov as chairman of the City Council of Young Scientists and Specialists. In an informal setting, many JINR staff members also congratulated Professor V. Burov.

Женева и Гамбург. Две команды старшеклассников, одна из гимназии Прединуса в Гронингене (Нидерланды), другая из Западной общеобразовательной школы в Солт-Лейк-Сити (США), выиграли конкурс «BL4S» 2019 г. В октябре обе команды были приглашены в исследовательский центр DESY в Гамбурге (Германия) для выполнения предложенных ими экспериментов вместе с учеными из ЦЕРН и DESY.

Конкурс «BL4S» (Beamline for Schools — ускорительные исследования для школьников) — это уникальный международный конкурс для старшеклассников со всего мира. Школьникам предлагается прислать предложение эксперимента с использованием пучка синхротронного излучения. Из таких пучков на установку поступает поток субатомных частиц, и это дает возможность изучать свойства и процессы в различных научных дисциплинах. Конкурс проводится с 2014 г.; в нем приняли участие около 10000 школьников из 84 стран. В 2019 г. 178 команд из 49 стран прислали свои предложения.

«Мы все очень рады принимать у нас в DESY победителей конкурса. Как обычно, более 60 добровольцев-экспертов из ЦЕРН и DESY оценивали предложения по творческим критериям, мотивации, предложенной

Geneva and Hamburg: Two teams of high-school students, one from the Praedinius Gymnasium (the Netherlands) and one from the West High School in Salt Lake City, USA, have won the 2019 Beamline for Schools competition (BL4S). In October, these teams were invited to the DESY research centre in Hamburg, Germany, to carry out their proposed experiments together with scientists from CERN and DESY.

Beamline for Schools is a unique international competition that is open to high-school students all over the world. The students are invited to submit a proposal for an experiment that uses a beamline. Beamlines deliver a stream of subatomic particles to any given setup, making it possible to study a broad variety of properties and processes in various scientific disciplines. They are operated at laboratories such as CERN and DESY. Since Beamline for Schools was launched in 2014 almost 10,000 students from 84 countries have participated. In 2019, 178 teams from 49 countries worldwide submitted a proposal for the sixth edition of the competition.

“We are all very excited to welcome this year’s winners to DESY. This is a new chap-

методике, обоснованности и общей возможности изучать различные аспекты современной физики частиц», — сказала менеджер проекта С. Арец.

Обе команды, победившие в конкурсе 2019 г., рассмотрят фундаментальные различия между материей и антиматерией. Команда «Particle Peers» из гимназии Прединиуса предложила сравнить свойства потоков частиц, полученных от электронов, со свойствами частиц, полученных от позитронов — партнеров электронов в антиматерии.

Команда «DESY Chain» из Западной общеобразовательной школы в Солт-Лейк-Сити предложила изучить свойства сцинтилляторов и сравнить их чувствительность к электронам и позитронам. Возможно, будут разработаны более совершенные детекторы частиц для широкого применения.

«Я все время улыбался, когда услышал новость, что мы победили. Не могу поверить, что у нас будет возможность проводить наш эксперимент вместе с потрясающими учеными и познакомиться с другими школьниками, которые увлечены физикой так же, как и я», — сказал Ф. де Брюне из команды «Particle Peers».

«С волнением жду поездку в DESY этой осенью, такая возможность бывает раз в жизни. Я горжусь, что я член первой американской команды, выигравшей конкурс «BL4S», особенно потому, что мы получим доступ к аппаратуре и системам, которые я и не мечтал увидеть», — сказал О. Мюллер из команды «DESY Chain».

«Beamline for Schools» — образовательный просветительский проект (https://cernandsocietyfoundation.cern/projects?field_project_type_target_id=55), финансируемый фондом CERN & Society и отдельными спонсорами, фондами и компаниями.

DESY. Ученые в DESY получили новый мировой рекорд для экспериментального типа миниатюрного ускорителя частиц: впервые на ускорителе мощностью порядка терагерц энергия инжектированных электронов увеличена вдвое. В то же время на установке значительно улучшено качество электронного пучка по сравнению с предыдущими экспериментами по этой методике.

«Этот результат означает важный шаг к практическому применению ускорителей на энергию порядка терагерц», — подчеркнул руководитель группы ультрабыстрой оптики и рентгеновского излучения в DESY Ф. Картнер. Ускорители лабораторного размера на энергию порядка терагерц дают возможность применять их для совершенно новых задач, например, как компактные источники рентгеновского излучения в материаловедении и даже в медицинской интроскопии. Идет разработка данной технологии.

Национальная лаборатория им. Э. Лоуренса (Беркли, США). Ученые готовят самый большой в США эксперимент по изучению темной материи. В июне в Южной Дакоте получена большая часть оставшихся компонентов, необходимых для полной сборки подземного детектора LUX-ZEPLIN (LZ) по

ter in the history of this competition because, for the first time, we are taking the finals of the competition to another research laboratory. As always, more than 60 voluntary experts from CERN and DESY evaluated all the proposals for their creativity, motivation, proposed methodology, feasibility and their overall ability to explore some of the concepts of modern particle physics”, said Sarah Aretz, BL4S project manager.

The two winning teams of 2019 will look at fundamental differences between matter and antimatter. The team “Particle Peers” from the Praedinius Gymnasium, Groningen, the Netherlands, has proposed to compare the properties of the particle showers originating from electrons with those created from positrons, the antimatter partner of the electron.

The “DESY Chain” team from the West High School, Salt Lake City, USA, focused on the properties of scintillators in its proposal. These are materials that are used for particle detection. This may lead to more efficient particle detectors for a wide range of applications.

“I couldn’t stop smiling when I heard the news that we’d won. It’s unbelievable that we’ll get the opportunity to conduct our experiment with amazing scientists and meet new students who are just as enthusiastic about physics as I am,” said Frederiek de Bruine from the “Particle Peers” team.

“I’m so excited by the prospect of working at DESY this autumn, it’s such a once-in-a-lifetime opportunity. I’m proud to be a part of the first USA team to win the BL4S competition, especially because it provides access to equipment and systems I would otherwise never have dreamt of even seeing,” said August Muller from the “DESY Chain” team.

Beamline for Schools is an Education and Outreach project (https://cernandsocietyfoundation.cern/projects?field_project_type_target_id=55) funded by the CERN & Society Foundation and supported by individual donors, foundations and companies.

DESY. Scientists at DESY have achieved a new world record for an experimental type of miniature particle accelerator: For the first time, a terahertz powered accelerator more than doubled the energy of the injected electrons. At the same time, the setup significantly improved the electron beam quality compared to earlier experiments with the technique.

“This result represents a critical step forward for the practical implementation of terahertz-powered accelerators,” emphasized Franz Kärtner. The terahertz approach promises lab-sized accelerators that will enable completely new applications, for instance, as compact X-ray sources for materials science and maybe even for medical imaging. The technology is currently under development.

поиску темной материи. Когда установка LZ будет собрана, это станет самым большим и самым чувствительным экспериментом в США по детектированию частиц темной материи.

Ученые во всем мире десятилетиями пытаются разгадать тайну темной материи, которая составляет 85% всей материи во Вселенной, однако пока она была косвенно зарегистрирована посредством гравитационных эффектов.

По материалам сайта www.interactions.org

Lawrence Berkeley National Laboratory (USA). Scientists piece together the largest U.S.-based dark matter experiment. Most of the remaining components needed to fully assemble an underground dark matter-search experiment called LUX-ZEPLIN (LZ) arrived at the project's South Dakota home during a rush of deliveries in June.

When complete, LZ will be the largest in the USA to directly detect dark matter particles.

Scientists around the world have been trying for decades to solve the mystery of dark matter, which makes up about 85 percent of all matter in the universe though we have so far only detected it indirectly through observed gravitational effects.

Following www.interactions.org

- ❑ *Башишин М. В., Земляная Е. В., Стрельцова О. И.* Практическое введение в технологию MPI на кластере HybriLIT: учебное пособие. — Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2019. — 50 с.: ил. — Библиогр.: с. 45.
Bashashin M. V., Zemlyanaya E. V., Streltsova O. I. Practical Introduction to MPI Technology on the HybriLIT Cluster: Manual. — Dubna: Dubna State University, 2019. — 50 p.: ill. — Bibliogr.: p. 45.
- ❑ *Окунь Л. Б.* Лептоны и кварки. — Изд. 8-е, стер. — М.: URSS, 2019. — 345, [3] с.: ил. — Библиогр.: с. 284–324.
Okun L. B. Leptons and Quarks. — Ed. 8, stereotyped. — M.: URSS, 2019. — 345, [3] p.: ill. — Bibliogr.: p. 284–324.
- ❑ *Сморodinский Я. А.* Избранные труды / Ред.: Ю. А. Данилов, В. Г. Кадышевский, А. Н. Сисакян; Сост.: В. Г. Кадышевский, А. Н. Сисакян, [и др.]. — Изд. 3-е. — М.: URSS, 2017. — 566 с.: ил. — (Классики науки; № 2). — Библиогр.: с. 542–561.
Smorodinsky Ya. A. Selected Works / Eds.: Yu. A. Danilov, V. G. Kadyshevsky, A. N. Sissakian; Compiled: V. G. Kadyshevsky, A. N. Sissakian, [et al.]. — Ed. 3. — M.: URSS, 2017. — 566 p.: ill. — (Classic Scientists; No. 2). — Bibliogr.: p. 542–561.
- ❑ Библиографический указатель работ сотрудников Объединенного института ядерных исследований / Объединенный институт ядерных исследований. Научно-техническая библиотека. — Дубна: ОИЯИ, 1966–2018. Ч. 58: 2018 / Сост.: В. В. Лицитис, И. В. Комарова. — Дубна: ОИЯИ, 2019. — 252 с. — (ОИЯИ; 2019-44).
Bibliographic Index of Papers by Staff Members of the Joint Institute for Nuclear Research / The Joint Institute for Nuclear Research. Scientific-Technical Library. — Dubna: JINR, 1966–2018. Part 58: 2018 / Compiled: V. V. Litsitis, I. V. Komarova. — Dubna: JINR, 2019. — 252 p. — (JINR; 2019-44).
- ❑ *Швидкий С.* Слово — дает опору и основу. — Дубна: ОИЯИ, 2019. — 61 с.
Shvidky S. The Word — Gives the Support and Basis. — Dubna: JINR, 2019. — 61 p.
- ❑ *Каманина И. З., Каплина С. П., Макаров О. А., Кликодуева Н. А.* Комплексная оценка экологического состояния наукограда Дубна. — Дубна: ОИЯИ, 2019. — 168 с.: цв. ил. — Библиогр.: с. 157–168.
Kamanina I. Z., Kaplina S. P., Makarov O. A., Klikodueva N. A. Complex Evaluation of the Ecological Condition of the Science City Dubna. — Dubna: JINR, 2019. — 168 p.: col. ill. — Bibliogr.: p. 157–168.