

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

Связанные трехчастичные квантовые системы важны для фундаментальной физики, потому что они позволяют проверить квантовую электродинамику и предоставляют доступ к фундаментальным константам атомной физики и свойствам ядер. Молекулярные ионы водорода, простейшие молекулы, являются представителями этого класса. Метастабильность вибрационно-ротационных уровней в их основных электронных состояниях открывает возможность для спектроскопии исключительно высокого разрешения. В результате эти системы дают независимый метод для измерения постоянной Ридберга R_∞ , отношения массы электрона к массам протона (m_e/m_p) и дейтрона (m_e/m_d), ядерных радиусов протона и дейтрона и проверки квантовой электродинамики с высокой точностью.

Традиционные методы спектроскопии для молекулярных ионов уже давно не могут обеспечить точность, конкурентоспособную с теорией *ab initio*, которая была значительно продвинута в последние годы [1]. В работе [2] предлагается новая методика прецизионной ротационной спектроскопии для симпатически охлажденного кластера молекулярных

ионов в линейной радиочастотной ловушке, которая позволяет улучшить точность измерения почти на два порядка. Измерены шесть сверхтонких компонент фундаментального ротационного перехода, что позволило получить наиболее точную проверку предсказаний квантовой электродинамики в трехчастичном секторе на уровне $5 \cdot 10^{-11}$, ограниченном текущими неопределенностями фундаментальных констант. Определено значение комбинаций фундаментальных констант $R_\infty m_e (m_p^{-1} + m_d^{-1})$ и m_p/m_e с относительной точностью $2 \cdot 10^{-11}$. Результаты находятся в согласии со значениями, получаемыми с использованием рекомендуемых группой CODATA величин фундаментальных констант от 2018 г., но они более точны. Эти результаты являются убедительным доказательством правильности предыдущих ключевых прецизионных измерений и более чем в 20 раз улучшают границу для гипотетической пятой силы взаимодействия между протоном и дейтроном.

1. Korobov V. I., Hilico L., Karr J.-P. // Phys. Rev. Lett. 2017. V. 118. P. 233001.

2. Alighanbari S., Giri G. S., Constantin F. L., Korobov V. I., Schiller S. Precise Test of Quantum Electrodynamics and Determination of Fundamental Constants with HD+ Ions // Nature. 2020. V. 581. P. 152; <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2261-5>.

Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics

Bound three-body quantum systems are important for fundamental physics because they enable tests of quantum electrodynamics theory and provide access to the fundamental constants of atomic physics and to nuclear properties. Molecular hydrogen ions, the simplest molecules, are a representative of this class. The metastability of the vibration–rotation levels in their ground electronic states offers the potential for extremely high spectroscopic resolution. Consequently, these systems provide independent access to the Rydberg constant R_∞ , the ratios of the electron mass to the proton mass (m_e/m_p) and of the electron mass to the deuteron mass (m_e/m_d), the proton and deuteron nuclear radii, and high-level tests of quantum electrodynamics. Conventional spectroscopy techniques for molecular ions have long been unable to provide precision competitive with that of *ab initio* theory, which has greatly improved in recent years [1]. In the paper [2] we improve our rotational spectroscopy technique for a sympathetically cooled cluster of molecular ions stored in a linear radiofrequency trap by nearly two orders in accuracy. We measured a set of hyperfine components of the fundamen-

tal rotational transition. An evaluation resulted in the most accurate test of a quantum-three-body prediction so far, at the level of $5 \cdot 10^{-11}$, limited by the current uncertainties of the fundamental constants. We determined the value of the fundamental constants combinations $R_\infty m_e (m_p^{-1} + m_d^{-1})$ and m_p/m_e with a fractional uncertainty of $2 \cdot 10^{-11}$, in agreement with but more precise than current Committee on Data for Science and Technology values. These results also provide strong evidence of the correctness of previous key high-precision measurements and a more than 20-fold stronger bound for a hypothetical fifth force between a proton and a deuteron.

1. Korobov V. I., Hilico L., Karr J.-P. // Phys. Rev. Lett. 2017. V. 118. P. 233001.

2. Alighanbari S., Giri G. S., Constantin F. L., Korobov V. I., Schiller S. Precise Test of Quantum Electrodynamics and Determination of Fundamental Constants with HD+ Ions // Nature. 2020. V. 581. P. 152; <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2261-5>.

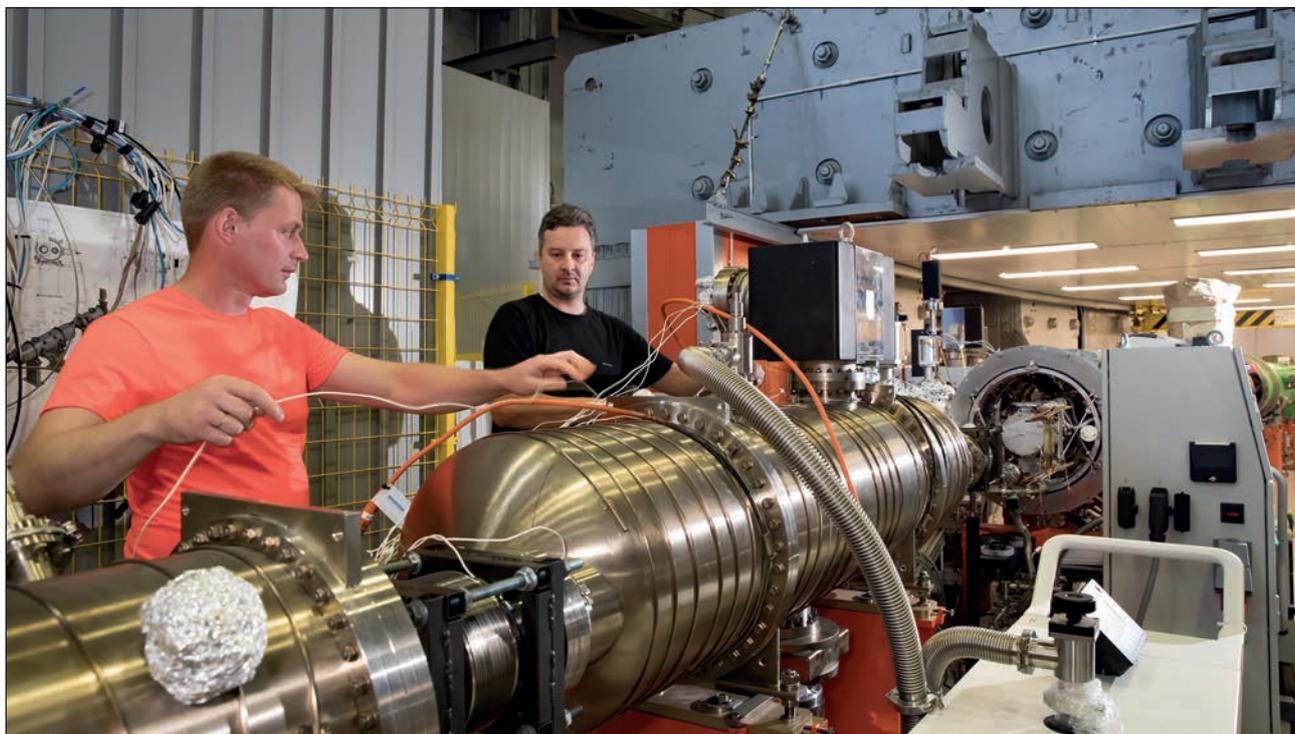
The excitation functions of the production of new heaviest isotopes of superheavy nuclei with charge numbers 112–118 in $1n$ - and $2n$ -evaporation channels were calculated. Employing reactions in the $1n$ - and $2n$ -evapo-

Были рассчитаны функции возбуждения для получения тяжелых изотопов ядер с $Z = 112-118$. Используя $1n$ - и $2n$ -испарительные каналы, можно напрямую получить изотопы, более близкие к центру острова стабильности. Расчеты показали, что сечения в каналах с испарением 1 или 2 нейтронов сравнимы или больше, чем в каналах с испарением протонов и альфа-частиц.

Hong Juhee, Adamian G. G., Antonenko N. V. Could New Isotopes of Superheavies with $Z = 112-118$ Be Produced in ^{48}Ca Induced Cold Fusion Reactions? // Phys. Lett. B. 2020. V. 805. P. 135438.

Возможность существования кинетического ферромагнетизма, не связанного с обменным взаимодействием, исследована с помощью аналитически точной диагонализации системы N сильно коррелированных электронов на кольце, состоящем из L узлов ($L > N$). Показано, что проблема сильно коррелированных электронов на кольце сводится к проблеме бесспиновых фермионов с эффективным потоком, пронизывающим кольцо. Это явление вызвано статистикой квантового «ожерелья», порождаемой отсутствием двойного заполнения узла электронами с разными спинами, что приводит к изменению импульса электрона на дроб-

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина.
Сборка электростатического септума системы инжекции пучка в бустер коллайдера NICA



The Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics. The assembling of the electrostatic septum of the system of beam injection into the NICA collider Booster

ration channels, one can directly produce heaviest isotopes closer to the center of the island of stability. The production cross sections of almost all of these superheavy nuclei are comparable with or even larger than those in the charged particle evaporation channels.

Hong Juhee, Adamian G. G., Antonenko N. V. Could New Isotopes of Superheavies with $Z = 112-118$ Be Produced in ^{48}Ca Induced Cold Fusion Reactions? // Phys. Lett. B. 2020. V. 805. P. 135438.

Performing an exact diagonalization of the effective spin problem, a ferromagnetic ground state of kinetic ori-

gin is shown to emerge in a system of N strongly correlated electrons on an L -site ring ($L > N$). A problem of N constrained spinfull electrons on an L -site ring is argued to reduce to that of the spinless fermions with an effective flux threading through the ring. This phenomenon is brought about by the quantum necklace statistics originated by the no-double occupancy constraint leading to a fractional shifted electron momentum quantization. As a consequence of such a special energy level distribution, the kinetic ferromagnetism is stable only for $N = 3$. For odd $N > 3$ the fully polarized FM state energy is only a

ную величину. Как следствие такого особого распределения уровней энергии, кинетический ферромагнетизм устойчив только при $N = 3$. При нечетном $N > 3$ полностью поляризованное ферромагнитное состояние является локальным энергетическим минимумом системы, отделенным от остальных состояний конечным энергетическим барьером. Такое метастабильное ферромагнитное состояние может выдерживать возмущения малой величины, что открывает возможность его экспериментального обнаружения в массивах квантовых точек, доступных на сегодня.

Ivantsov I., Xavier H.B., Ferraz A., Kochetov E. // Phys. Rev. B. 2020. V.101. P.195107.

Построено $N = 2$ суперсимметричное расширение n -частичной модели Руйзенаарса–Снайдера. Главная особенность конструкции состоит в деформации фазового пространства. Суперзаряды линейны по фермионам, как и в отсутствие взаимодействия, но воспроизводят гамильтониан с четырехфермионным членом, т. е. со взаимодействием. С помощью унитарного преобразования можно перейти к стандартным фермионам, удовлетворяющим каноническим скобкам Пуассона. В этом базисе как суперзаряды, так и гамильтониан приобретают длинные «фермионные

local minimum but it is protected by a finite energy barrier that inhibits spin-flip processes. The metastable ferromagnetic state survives perturbations of small magnitude opening up a possibility of being experimentally observed by an appropriate tuning of interdot tunneling amplitudes in currently available quantum dot arrays.

Ivantsov I., Xavier H.B., Ferraz A., Kochetov E. // Phys. Rev. B. 2020. V.101. P.195107.

We construct an $N = 2$ supersymmetric extension of n -particle Ruijsenaars–Schneider models. The guiding feature is a deformation of the phase space. The supercharges have a “free” form linear in the fermions but produce an interacting four-fermion Hamiltonian. A field-dependent unitary transformation maps to standard fermions obeying conventional Poisson brackets. In this frame, the supercharges and Hamiltonian have long “fermionic tails”. We also comment on previous attempts in this direction.

Krivonos S., Lechtenfed O. On $N = 2$ Supersymmetric Ruijsenaars–Schneider Models // Phys. Lett. B. 2020. V.807. P.135545.

хвосты». Также обсуждаются предыдущие попытки построить такие модели.

Krivonos S., Lechtenfed O. On $N = 2$ Supersymmetric Ruijsenaars–Schneider Models // Phys. Lett. B. 2020. V.807. P.135545.

Лаборатория ядерных реакций им. Г. Н. Флерова

Сотрудник Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ кандидат физико-математических наук Руслан Рымжанов стал одним из победителей в конкурсе по поддержке инициативных исследований молодых ученых Президентской программы исследовательских проектов 2020 г.

Проект Р. Рымжанова «Моделирование формирования наноструктур на поверхности диэлектриков,



Flerov Laboratory of Nuclear Reactions

Ruslan Rymzhanov, an employee of the JINR Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, Candidate of Physics and Mathematics, became one of the winners in the competition to support ambitious research of young scientists of the Presidential Programme of Research Projects 2020.

The project of R. Rymzhanov “Modeling the formation of nanostructures on the surface of dielectrics irradiated with high-energy heavy ions”, which received two-year support from the Russian Science Foundation, is aimed at establishing the fundamental laws of the formation of structural defects on the surface of materials, caused by high-energy heavy ions, for physical and nanotechnological applications. The paper presents a quantitative analysis of the formation of surface defects in dielectric materials for nanotechnological applications (Al_2O_3 , $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, CaF_2 , MgO , SiO_2 , LiF), which will

облучаемых тяжелыми ионами высоких энергий», получивший двухлетнюю поддержку Российского научного фонда, ориентирован на установление фундаментальных закономерностей образования структурных дефектов на поверхности материалов, вызываемых высокоэнергетическими тяжелыми ионами, для физических и нанотехнологических приложений. В работе представлено количественное исследование процессов формирования поверхностных дефектов в диэлектрических материалах для нанотехнологических приложений (Al_2O_3 , $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, CaF_2 , MgO , SiO_2 , LiF), что позволит рассмотреть механизмы образования наноструктур на поверхности и вблизи интерфейсных областей в динамике их развития. Результаты подобных исследований могут быть использованы для прогнозирования наноразмерных структурных изменений и физических свойств композитных материалов, облучаемых тяжелыми ионами.

Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка

В последние годы спектроскопия комбинационного рассеяния стала мощным диагностическим инструментом в науках о жизни. Настоящая работа по-

allow one to consider the mechanisms of the formation of nanostructures on the surface and near the interface areas in real time of their development. The results of such an observation can be used to predict nanosized structural changes and physical properties of composite materials irradiated with heavy ions.

Frank Laboratory of Neutron Physics

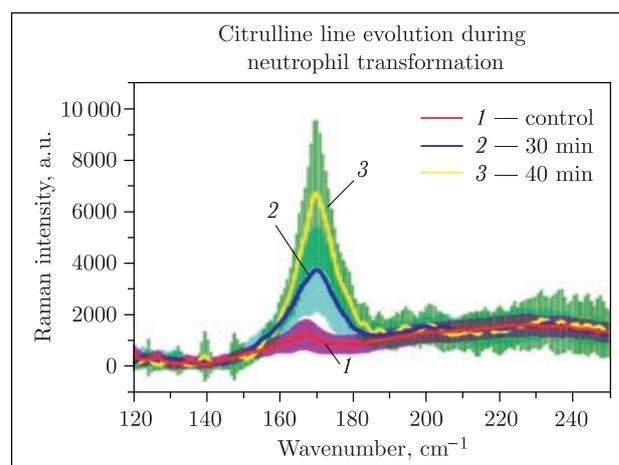
Over the past few years, Raman spectroscopy has become a powerful diagnostic tool in the life sciences. Studies have been performed on the application of Raman spectroscopy for distinction of neutrophils transformed during NETosis. Neutrophils are the most common human blood leukocytes, which are the most important part of the innate immunity and carry out a fast response to microbial invasion.

NETosis is a process of the programmed neutrophil cell death involved in the development of many diseases, including those associated with high mortality. During the NETosis process, neutrophils undergo cardinal transformation resulting in the destruction of the cell with the release of its internal contents. As a result of NETosis, the so-

связана применению рамановской спектроскопии для распознавания нейтрофилов, трансформированных при нетозе. Нейтрофилы являются наиболее распространенными лейкоцитами крови человека и важной частью врожденного иммунитета, обеспечивая быструю реакцию на микробную инвазию.

Нетоз — это процесс запрограммированной гибели клеток нейтрофилов, вовлеченный в развитие многих заболеваний, в том числе связанных с высокой смертностью. Во время процесса нетоза нейтрофилы подвергаются кардинальной трансформации, приводящей к разрушению клетки с высвобождением ее внутреннего содержимого. В результате нетоза возникают так называемые нейтрофильные внеклеточные ловушки (NETs), которые представляют собой комплексы ДНК с нейтрофильными белками, трансформированными в процессе нетоза. Нашей целью был поиск возможных спектральных маркеров в спектрах комбинационного рассеяния нейтрофилов, вызванных

Низкочастотная область спектра комбинационного рассеяния нейтрофилов: эволюция (рост) интенсивности линии цитруллина, указывающая на преактивацию нетоза



Low-frequency range of Raman spectra of neutrophils: citrulline line evolution (growth) indicating the pre-activation of NETosis

called Neutrophil Extracellular Traps (NETs) arise. NETs are composite DNA complexes with neutrophil proteins transformed in the NETosis process. Our goal was to search for possible spectral markers in neutrophil Raman spectra, caused precisely by NETotic transformation of neutrophils. From the point of view of spectroscopy, we were aimed at finding significant differences in the Raman spectra caused by the transformation of neutrophils.

A confocal microspectroscopy setup with high spatial resolution was used for Raman measurements. It comprises a Confotec CARS scanning laser spectrometer

именно нетотическим преобразованием нейтрофилов. С точки зрения спектроскопии мы были нацелены на выявление существенных различий в спектрах комбинационного рассеяния, вызванных трансформацией нейтрофилов.

Для измерений спектров комбинационного рассеяния использовалась конфокальная микроспектроскопическая установка с высоким пространственным разрешением. Она состоит из сканирующего лазерного спектрометра «Confotec CARS» (SOL Instruments Ltd., Белоруссия), соединенного с инвертированным микроскопом NIKON TE2000-E.

На начальной стадии формирования сетей-ловушек (NETs) антимикробные элементы в гранулах нейтрофильной клетки под действием специальных ферментов цитруллинируются, что указывает на начало процесса активации нетоза. Высокочувствительная рамановская спектроскопия позволила выявить в низкочастотном диапазоне спектра эволюцию (рост) пика цитруллина (см. рисунок) в течение 30–40 мин после начала воспалительного процесса, что можно классифицировать как раннюю диагностику нетоза.

Arzumanyan G., Mamatkulov K., Volkov A., Vereschagin K. et al. // J. Raman Spectroscopy. 2020. V.1. P.10; <https://doi.org/10.1002/jrs.5844>.

(SOL Instruments Ltd., Belarus) coupled to the NIKON TE2000-E inverted microscope.

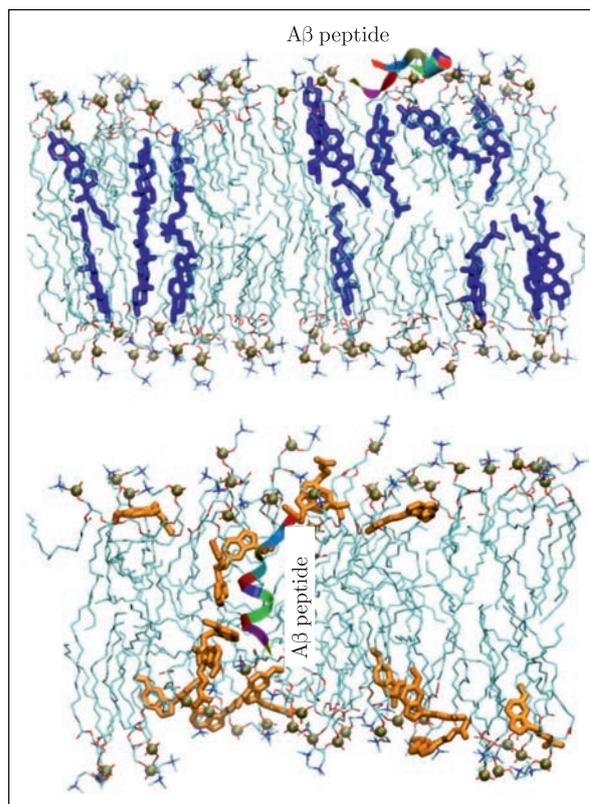
At the initial stage of NETs formation under the action of special enzymes, the antimicrobial elements are citrullinated in the granules of the neutrophil cell, indicating the start of the NETosis activation process. Highly sensitive Raman spectroscopy revealed in the low-frequency range the evolution (growth) of the citrulline peak within 30–40 min after the beginning of the inflammatory process, which can be classified as an early diagnosis of NETosis.

Arzumanyan G., Mamatkulov K., Volkov A., Vereschagin K. et al. // J. Raman Spectroscopy. 2020. V.1. P.10; <https://doi.org/10.1002/jrs.5844>.

The joint efforts of FLNP and LIT, with a support from the Russian Science Foundation (grant No. 19-72-20186), have recently allowed a closer look into the problems of conformational diseases such as Alzheimer's disease. The relevant processes at the preclinical stage are likely imparted by peptide–membrane interactions. The data suggest several intriguing structural properties of biomimetic membranes that modulate such interactions. One of the

Недавно совместными усилиями ЛНФ и ЛИТ при поддержке Российского научного фонда (грант №19-72-20186) более подробно были изучены проблемы, связанные с конформационными заболеваниями, такими как болезнь Альцгеймера. Вероятно, соответствующие процессы на доклинической стадии обусловлены взаимодействиями пептида с мембраной. Полученные данные свидетельствуют о нескольких интригующих структурных свойствах биомиметических мембран, которые регулируют такие взаимодействия. Оказалось, что одну из наиболее важных ролей играют упругомеханические свойства мембраны, которые, в свою очередь, определяются ее составом. При этом, например, в отличие от ожидающего эффекта мелатонина холестерин повышает порядок липидных углеводородных цепей и одновременно увеличивает жесткость мембраны. Оба эти эффекта играют важную роль в процессе развития болезни Альцгеймера.

Конфигурационные картины моделирования биомиметической мембраны со встроенными в нее холестерином (верхний рисунок) и мелатонином (нижний рисунок), демонстрирующие различия в расположении Аβ-пептида в присутствии этих молекул



The snapshots of molecular dynamics simulations depicting the biomimetic membrane loaded with cholesterol (top) and melatonin (bottom) and hence enforced location differences of Aβ peptide

Совместный подход, основанный на сопоставлении структурных данных, полученных в экспериментах по рассеянию нейтронов, и данных молекулярной динамики, имеет особое значение в изучении такой сложной системы. Нейтронные эксперименты выявили различия в локализации Аβ-пептида при его взаимодействии с мембранами, в которых присутствуют холестерин и мелатонин. Визуализация результатов моделирования показывает, что в первом случае пептид локализуется на границе раздела вода–мембрана, где он взаимодействует с полярными липидными головными группами; во втором же случае пептид встраивается внутри гидрофобного ядра мембраны. Результаты демонстрируют ключевую роль вязкости мембраны при встраивании в нее пептида и могут быть использованы в дальнейших исследованиях патогенности этого амилоида, поскольку они могут дать некоторое представление о молекулярном механизме защитной функции мелатонина при болезни Альцгеймера.

Ivankov O., Ermakova E., Murugova T., Badreeva D., Dushanov E., Kondela T., Kholmurodov Kh., Kuklin A., Kučerka N. Interactions in the Model Membranes Mimicking Preclinical Conformational Diseases // *Advances in Biomembranes and Lipid Self-Assembly*. 2020. V. 31. P. 185–214.

most important roles proved to be played by membrane elasto-mechanical properties that in turn are determined by its composition. In this, for example, cholesterol increases the order of lipid hydrocarbon chains while increasing the stiffness of membrane, contrary to the fluidizing effect of melatonin. Both effects have recently been correlated with the development of the disease.

A combined approach based on the structural data extracted from neutron scattering experiments and data obtained by means of molecular dynamics simulations is of a special value when studying such a complex system. Neutron experiments pointed out the differences in amyloid beta peptide populations when interacting with cholesterol-loaded and melatonin-loaded membranes. In the molecular modeling visualizations, one of the peptide populations finds its location at the water–membrane interface where peptides interact with polar lipid headgroups, while the second population is embedded inside the hydrophobic core of membrane. The results demonstrate a key factor of membrane fluidity for the peptide insertion and are of a direct importance for other studies on amyloid toxicity, as they may lend some insight into understanding the molec-

Лаборатория информационных технологий

Поиск возможного образования новой фазы сильновзаимодействующей материи в процессе столкновения тяжелых ионов нуждается в сигнале, который мог бы послужить индикатором ее образования. Считается, что загадочный рост в отношении K^+/π^+ при энергиях столкновения ~ 8 ГэВ может служить сигналом наступления деконфайнмента в среде. Проведено исследование отношения пионов к каонам в рамках $2 + 1$ модели Намбу–Иона-Лазинио с петлей Полякова. Для того чтобы описать взаимодействие связанных состояний в плотной и горячей среде, использовался подход Бета–Уленбека. При таком подходе помимо расщепления в спектре масс положительно и отрицательно заряженных каонов в канале K^+ при больших значениях плотности среды возникает дополнительное низкоэнергетическое связанное состояние. Показано, что влияние данной аномальной моды на отношение K^+/π^+ играет большую роль, если расчет K^+/π^+ происходит вблизи кирального фазового перехода, и теряет свою роль с удалением от него. Выдвинуто предположение, что появление пика в отношении K^+/π^+ может быть связано с проявлением бозе-конденсата пионов при определенных энергиях.

ular mechanism of melatonin’s protection in Alzheimer’s disease.

Ivankov O., Ermakova E., Murugova T., Badreeva D., Dushanov E., Kondela T., Kholmurodov Kh., Kuklin A., Kučerka N. Interactions in the Model Membranes Mimicking Preclinical Conformational Diseases // *Advances in Biomembranes and Lipid Self-Assembly*. 2020. V. 31. P. 185–214.

Laboratory of Information Technologies

To search for the possible formation of new phases of strongly interacting matter during heavy-ion collisions, a signal which could serve as an indicator is required. The puzzling observation of an enhancement of the K^+/π^+ ratio of particle yields in heavy-ion collisions at a collision energy of ~ 8 GeV may serve as a signal for the deconfinement transition in a medium. A study of kaon to pion ratios within a $2 + 1$ flavor PNJL model is carried out. To interpret the behavior of bound states in a dense and hot medium, the Beth–Uhlenbeck approach is used. With this approach, along with the splitting of positively and negatively charged kaons in the mass spectrum, an additional low-energy bound state arises in the K^+ channel at



Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова.
Прецизионный лазерный инклинометр (ПЛИ) — инновационный прибор для измерения наклонов земной поверхности во времени с чувствительностью $2,4 \cdot 10^{-11}$ рад/Гц^{1/2} в частотном диапазоне 10^{-3} –12,3 Гц. В настоящее время ПЛИ используется на интерферометрической гравитационной антенне VIRGO и на коллайдере LHC

The Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems. The Precision Laser Inclinator (PLI) — an innovative device for measuring the inclinations of the Earth surface in time with sensitivity of $2.4 \cdot 10^{-11}$ rad/Hz^{1/2} in the frequency range of 10^{-3} –12.3 Hz. The PLI is currently used at the VIRGO interferometric gravity antenna and at the LHC



Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова.
Подготовка считывающей панели перед сборкой детектора Микромегас

The Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems. Preparation of the read-out panel before the assembling of the Micromegas detector

Blaschke D. et al. Using the Beth–Uhlenbeck Approach to Describe the Kaon to Pion Ratio in a 2 + 1 Flavor PNJL Model // Particles. 2020. V. 3. P. 169–177.

Задачи прогнозирования и экстраполяции напрямую связаны с развитием информационных технологий. Они решаются в самых разных областях научных исследований и практических применений. В рамках недавно разработанного в ЛИТ ОИЯИ метода базисных элементов (МБЭ) предложен новый подход к решению задачи полиномиального прогнозирования и экстраполяции шестого порядка для предсказания значений гладких функций. Прогноз на один шаг вперед рассчитывается с использованием значений МБЭ-многочлена и первой производной функции в двух узлах вспомогательной трехточечной сетки, вложенной в основную равномерную трехточечную сетку. Устойчивость метода к ошибкам вычислений и порядок точности прогноза выше пятого подтверждаются тестированием метода на нетривиальных примерах. Метод апробирован также на численном решении задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Эффективность численного интегрирования обеспечивается тройным

вычислением правой части уравнения и точностью решения $O(h^5)$. МБЭ-прогнозирование может послужить основой для разработки эффективных алгоритмов численного решения задач Коши для ОДУ, в том числе жестких.

Дикусар Н.Д. Полиномиальный прогноз на трехточечных сетках // Математическое моделирование. 2020 (в печати).

Лаборатория радиационной биологии

Продолжаются исследования разработанного в лаборатории метода по усилению биологической эффективности пучков протонов медицинского назначения и гамма-терапевтических установок. В предклинических экспериментах на животных *in vivo* метод продемонстрировал высокую биологическую эффективность протонной терапии при лечении опухолевых заболеваний в присутствии официального препарата 1-β-D-арабинофуранозилцитозина (AraC). При действии AraC происходит трансформация одностранных разрывов ДНК в летальные двустранные разрывы, что приводит к резкому возрастанию гибели клеток.

extremely large values of the medium density. It is shown that the influence of the given anomalous mode on the K^+/π^+ ratio plays a great role in the case of K^+/π^+ calculation near the chiral phase transition and loses its role with distance from it. It is assumed that the appearance of the “horn” effect in the K^+/π^+ ratio can be related to the manifestation of a Bose condensate of pions at certain energies.

Blaschke D. et al. Using the Beth–Uhlenbeck Approach to Describe the Kaon to Pion Ratio in a 2 + 1 Flavor PNJL Model // Particles. 2020. V. 3. P. 169–177.

The tasks of prediction and extrapolation are directly related to the development of information technologies. They are solved in different fields of scientific research and practical applications. Within the basic element method (BEM) recently developed at LIT JINR, a new approach to the solution of the problem of polynomial prediction and extrapolation of the sixth order for smooth functions is elaborated. The one-step forecast is calculated using the values of the BEM polynomial and the first derivative of the function at two nodes of the auxiliary three-point grid embedded in the main uniform three-point grid. The sta-

bility of the method to computational errors and the order of accuracy of the forecast above the fifth one are confirmed by testing the method on nontrivial examples. In addition, the method is tested on the numerical solution of the Cauchy problem for ordinary differential equations (ODEs). The effectiveness of numerical integration is ensured by triple calculation of the right side of the equation and the accuracy of the solution $O(h^5)$. BEM prediction can serve as the basis for the development of effective algorithms for the numerical solution of Cauchy problems for ODEs including stiff ones.

Dikusar N.D. Three-Point Grid Based Polynomial Prediction // Math. Mod. 2020 (in press).

Laboratory of Radiation Biology

Research has been continued to improve the method of increasing the biological effectiveness of medical proton beams and gamma therapy facilities. In preclinical *in vivo* experiments on animals, the method showed high biological effectiveness of the proton therapy of tumors in the presence of the official drug 1-β-D-arabinofuranosyl cytosine (AraC), which transforms DNA single-strand

Результаты этого исследования вошли в доклад президента РАН академика А.М.Сергеева, представленного им 23 июня на Общем собрании РАН. Предваряя часть доклада, посвященную важнейшим результатам за отчетный период, А.М.Сергеев подчеркнул: «Эти результаты отобраны из тех, что были отправлены отделениями РАН. Мы с руководителями отделений и профильными вице-президентами посмотрели и расставили некий рейтинг этих результатов...»

Безусловно, высокая оценка результатов, полученных сотрудниками ЛРБ ОИЯИ (Дубна) и МРНЦ им. А.Ф.Цыба (Обнинск), накладывает большую от-

ветственность за последующее внедрение данного метода в практику лечения онкозаболеваний.

В настоящее время исследования направлены на выяснение механизмов накопления AraC в нормальных тканях и опухолевых образованиях различных локализаций. Как известно, AraC беспрепятственно преодолевает гематоэнцефалический барьер, который обеспечивает физиологическое разграничение между кровеносной системой и центральной нервной системой, что делает данный препарат перспективным при лечении опухолей головного мозга.

Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова. Измерение спектров фотолуминесценции образцов кристаллов LiF и Al₂O₃ после облучения тяжелыми ионами



The Flerov Laboratory of Nuclear Reactions. Measurement of photoluminescence spectra of samples of LiF and Al₂O₃ crystals after heavy-ion irradiation

breaks into lethal double-strand ones, thereby sharply increasing the cell death level.

The results of this study were included in the report presented by the President of the Russian Academy of Sciences (RAS) Academician A. Sergeev at the RAS General Meeting on 23 June. Approaching the main part of the report, which was concerned with the most important results obtained during the period under review, he noted, “These results have been selected from the ones submitted by the RAS branches. Together with the Heads of the branches and core Vice-Presidents, we have reviewed and ranked them...”

Undoubtedly, with the high appraisal of the results obtained by scientists of the JINR Laboratory of Radiation Biology (Dubna) and the Tsyb Medical Radiological Research Center (Obninsk) comes special responsibility for the subsequent introduction of this method into practical cancer therapy.

The LRB current research is aimed at finding out the mechanisms of AraC accumulation in healthy tissues and tumors of different localization. As is known, AraC freely crosses the hematoencephalic barrier, which provides the physiological separation of the blood vascular system and

Ссылка на Общее собрание РАН в режиме видеосвязи: https://www.youtube.com/watch?v=PMB_FeQpdwY.

Учебно-научный центр

В связи с введением мер, препятствующих распространению COVID-19 в России и мире, а также в целях исполнения приказа ОИЯИ о приостановлении всех образовательных мероприятий и программ, мероприятия, традиционно проводимые весной и летом, были отложены и перенесены на более благоприятное время.

Образовательная деятельность УНЦ ОИЯИ переведена в дистанционный режим. Для студентов базовых кафедр было организовано дистанционное обучение.

В режиме онлайн состоялась сдача кандидатского экзамена аспирантами МФТИ по специальности «Теоретическая физика». Также в режиме онлайн 23 июня прошла защита бакалаврских и магистерских работ студентов базовой кафедры фундаментальных и прикладных проблем физики микромира физтех-школы физики и исследований им. Л. Д. Ландау МФТИ.

Не состоялся 1-й этап международной студенческой практики для студентов ЮАР, а участникам летней студенческой программы, чьи кандидатуры были одобрены оргкомитетом в этом году, предложено приехать в ОИЯИ на следующий год.

В настоящее время сотрудниками УНЦ разработана новая онлайн-программа для студентов и аспирантов INTEREST (INTErnational REmote Student Training). Среди главных задач INTEREST: ознакомление с научными направлениями исследований ОИЯИ, работа над научно-исследовательскими проектами под руководством специалистов Института в режиме онлайн, а также возможность проявить себя и быть отобранным для последующего участия в очных студенческих программах ОИЯИ. Ведется активная разработка вебсайта interest.jinr.ru, поиск руководителей и составление базы научно-исследовательских проектов. Тестовый запуск программы запланирован на осень 2020 г.

Завершен первый год обучения школьников в Яндекс.Лицее. 25 старшеклассников, успешно освоивших программу 1-го курса, переведены на 2-й курс, где они продолжают изучение языка программирования Python и реализуют самостоятельные творческие проекты. 30 августа стартует набор первокурсников на

central nervous system, thus being a promising drug for the treatment of brain tumors.

A record of the RAS General Meeting video conference can be found at https://www.youtube.com/watch?v=PMB_FeQpdwY.

University Centre

In light of anti-COVID-19 measures being implemented in Russia and worldwide and in accordance with the JINR Order on suspension of all educational activities and programmes, the events traditionally held in spring and summer were suspended or shifted to a more convenient date.

The educational activities of the JINR UC were continued in the online mode. For students of the JINR-based departments distant learning was arranged.

The PhD exam in theoretical physics for postgraduate students of MIPT took place online. On June 23, the defense of Bachelor's and Master's theses by students of the JINR-based Department of Fundamental and Applied Problems of Microworld Physics (Landau Phystech School of Physics and Research of MIPT) was also held remotely.

Stage 1 of the International Student Practice for South African students was canceled, and the applicants of the Summer Student Programme 2020 approved by the Organizing Committee were offered to visit JINR next year.

However, at the moment, a new online programme for students and postgraduates INTEREST (INTErnational REmote Student Training) is being developed at the JINR UC. The main goals of INTEREST include introduction to the fields of research conducted at the Institute, online working on scientific projects under the supervision of JINR specialists, and an opportunity to make a good impression and raise one's chances to be subsequently selected for participation in the on-site student programmes at JINR. The UC staff members are developing a website interest.jinr.ru, searching for project supervisors and compiling a database of research projects. The test launch of the programme is scheduled for autumn 2020.

Twenty-five high-school students who have successfully mastered the first year of studies at Yandex.Lyceum are going to start their second year. They will continue studying Python and do independent creative projects. On August 30, enrollment of the first-year students for the

2020–2021 учебный год. Учебные группы будут сформированы по результатам конкурса, к которому приглашаются ученики 8-х и 9-х классов вне зависимости от места обучения.

Режим удаленной работы позволил освободить необходимое количество времени для работы по полному обновлению сайта teachers.jinr.ru, которым пользуются тысячи педагогов из стран-участниц. Предполагается, что сайт обретет современный дизайн и архитектуру, будет структурирован обширный архив презентаций и видео, накопившихся за 10 лет работы научных школ для учителей. Это позволит упростить поиск нужных материалов и привлечет новых пользователей и участников в учительские программы УНЦ.

Также ведется активная работа по переводу и коррекции английской версии лабораторных работ, разработанных научно-инженерной группой УНЦ для школьников, студентов и аспирантов стран-участниц.

В конце июня организована проверка знаний требований пожарной безопасности 108 сотрудников ОИЯИ, прошедших обучение по программе «Пожарно-технический минимум для работников, выполняющих газосварочные и другие огневые работы», а также их аттестация Центральной квалификационной комиссией ОИЯИ.

Процесс преподавания иностранных языков также переведен в виртуальное пространство. Широкий выбор онлайн-платформ позволил преподавателям подобрать наиболее удобный инструмент для проведения занятий с сохранением привычного хода урока. Регистрация на курсы иностранных языков 2020–2021 гг. будет традиционно проходить онлайн.

2020–2021 academic year will begin. Study groups will be formed based on the results of a competition intended for the 8th and 9th grade school students, regardless of their place of study.

Working remotely allowed saving time required to work on a total update of the website teachers.jinr.ru used by thousands of teachers from the JINR Member States. It is expected that the new website will have modern design and architecture, and its extensive archive of presentations and videos accumulated over the past 10 years of running scientific schools for teachers will be restructured. This will simplify searching for the necessary materials and attract new users and participants to the UC teachers programmes.

The JINR UC translators and the staff members of the scientific-engineering group are currently cooperating to translate or correct the English version of the laboratory works that the scientific-engineering group previously developed for schoolchildren, students, and postgraduates from the Member States.

The following skill improvement events are scheduled for the end of June: fire safety knowledge test organized for 108 JINR staff members trained in the basics of

fire safety under the programme “Basics of fire safety for workers performing gas welding and other hot works” and their certification by the JINR central qualification commission.

The process of teaching foreign languages was also transferred to the virtual space. A wide selection of online platforms allowed the teachers to choose the most convenient tool for conducting classes while maintaining their usual teaching style. Submission of applications for the foreign language courses 2020–2021 will traditionally take place online.

А. И. Малахов, В. А. Матвеев

Новые результаты и перспективы исследований в эксперименте NA61/SHINE на SPS в ЦЕРН

Программа научно-исследовательских работ эксперимента NA61/SHINE включает несколько направлений [1–3] и является продолжением исследований на установке NA49 [4], нацеленных на поиск критической точки сильно взаимодействующей ядерной материи в релятивистских ядро-ядерных столкновениях и детальное исследование начала деконфайнмента, т. е. поиск и исследование перехода между двумя фазами сильно взаимодействующей материи; измерения сечений выхода заряженных адронов для нейтринной физики; измерения сечений в адрон-ядерных реакциях для физики космических лучей; измерение выхода очарованных кварков в столкновениях ядер свинца при энергиях SPS.

Поиск критической точки сильно взаимодействующей материи ведется в эксперименте NA61/SHINE путем сканирования фазовой диаграммы как по температуре, так и по барионному химическому

потенциалу в процессе проведения измерений при различных энергиях и в исследованиях зависимостей от размеров сталкивающихся систем. Последнее достигается путем изменения типа используемых ядер и исследования столкновений в различных областях центральности.

В эксперименте NA61/SHINE помимо обычных распределений множественности и поперечного импульса частиц исследуются также пособытийные флуктуации так называемых сильноинтенсивных величин. Последние представляют собой комбинации первых и вторых моментов распределений таких физических величин, как множественность, поперечные импульсы вторичных частиц и энергии непроизводивших нуклонов-спектаторов.

Самые последние результаты относятся к свойствам образованных частиц, а также к событийным флуктуациям во взаимодействиях протон–протон,

A. I. Malakhov, V. A. Matveev

New Results and Research Perspectives of NA61/SHINE Experiment at CERN SPS

The research program of NA61/SHINE experiment includes several directions [1–3] and continues the studies at NA49 setup [4]: search for the critical point of strongly interacting nuclear matter in relativistic nucleus–nucleus collisions and a detailed study of deconfinement start-up, i. e., search and investigation of the transition between two phases of strongly interacting matter; measurement of the cross section of the charged hadron yield for neutrino physics; measurement of the cross section in hadron–hadron reactions for the physics of cosmic rays; measurement of the charmed quark yield in the lead nucleus collisions at the SPS energy.

Search for the critical point of strongly interacting matter is performed in NA61/SHINE experiment by means of scanning the phase diagram both on tempera-

ture and baryonic chemical potential that is achieved by measurements at different energy as well as by studying dependences on sizes of colliding systems. The latter is reached by means of changing the type of the used nuclei and studying the collisions in different fields of centrality.

Besides casual distributions of multiplicity and transverse momenta of particles, the NA61/SHINE experiment also studies post-event fluctuations of the so-called strongly intensive values which represent a combination of the first and second distribution momenta of such physical values as multiplicity, transverse momenta of distributions of secondary particles and energy of the having-not-interacted spectator nucleons.

The latest results refer to the properties of the produced particles and event fluctuations in the proton–proton

Be + Be и Ar + Sc при энергиях пучков 19A, 30A, 40A, 75A и 158A ГэВ/с. Проанализированы предварительные результаты по заряженным каонам в Ar + Sc-взаимодействиях с центральностью в 10%.

На рис. 1 показано текущее состояние динамических свойств энергетической зависимости отношения выхода каонов к пионам и параметра наклона спек-

тров каонов по поперечной массе, хорошо известных как «step»- и «horn»-структуры. В столкновениях Pb + Pb такие структуры были предсказаны за счет образования смешанной фазы адронного газа (HG) и кварк-глюонной плазмы (QGP). Обнаружена быстрая смена «horn» в энергетической зависимости K/π в центральных столкновениях Pb + Pb и Au + Au, что интер-

Рис. 1. Вверху: параметр наклона спектров поперечных масс в центральной области быстрот для K^+ - и K^- -мезонов в зависимости от энергии столкновения во взаимодействиях $p + p$, Be + Be, Ar + Sc и Pb + Pb/Au + Au. Внизу: отношение K^+/π^+ в центральной области быстрот и отношение $\langle K^+ \rangle / \langle \pi^+ \rangle$ в полном фазовом пространстве 4π как функция энергии столкновений $p + p$, Be + Be, Ar + Sc и Pb + Pb/Au + Au

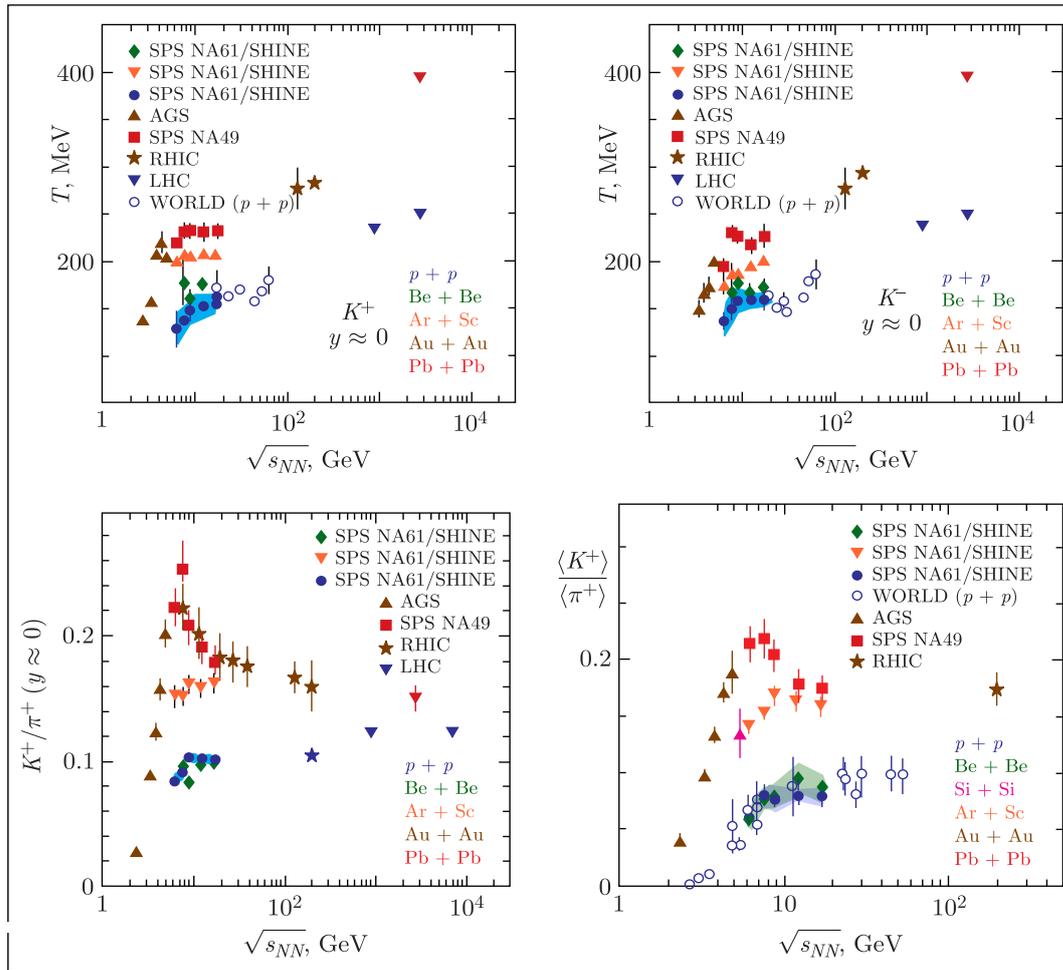


Fig. 1. Top: the inverse slope parameter of the transverse mass spectra in the central rapidity region for K^+ and K^- mesons in dependence on collision energy in the $p + p$, Be + Be, Ar + Sc and Pb + Pb/Au + Au collisions. Bottom: K^+/π^+ ratio in the central rapidity region and $\langle K^+ \rangle / \langle \pi^+ \rangle$ ratio in the total phase space 4π as the function of collision energy of $p + p$, Be + Be, Ar + Sc and Pb + Pb/Au + Au

interactions: Be + Be and Ar + Sc, at the beam energy of 19A, 30A, 40A, 75A and 158A GeV/c. Preliminary results have been obtained on charged kaons in the Ar + Sc interactions with the centrality of 10%.

Figure 1 demonstrates the current state of dynamic properties of the energy dependence of the kaon yield ratio and the inverse slope parameter of the kaon

spectra on the transverse mass well-known as “step” and “horn” structures. In the Pb + Pb collisions these structures have been predicted due to mixed phase of hadron gas production (HG) and quark–gluon plasma (QGP). We have found a rapid change of “horn” in the energy dependence of K/π in the central Pb + Pb and Au + Au collisions that is interpreted by the motivated start-up of deconfinement

претируется как обусловленное началом деконфайнмента в ядерных взаимодействиях, т.е. переходом от HG к QGP. В эксперименте NA61/SHINE эти данные дополнились новыми измерениями в реакциях $p + p$, Be + Be и Ar + Sc, в которых проявляются неожиданные и очень интересные особенности.

Вкратце они состоят в следующем: энергетическая зависимость параметра наклона в $p + p$ -взаимодействиях имеет форму плато «step»; данные по Be + Be-столкновениям близки к результатам для $p + p$ -взаимодействий; данные по взаимодействиям Ar + Sc проявляют зависимость от энергии столкновения, качественно аналогичную данным в реакции $p + p$, но плато находится на значительно более высоком уровне.

Результаты для $p + p$ -взаимодействий, полученные в эксперименте NA61/SHINE, были рассмотрены как указание на возможность проявления деконфайнмента в малых системах.

Удивительно, но в данных взаимодействия Ar + Sc нет указания на структуру «horn».

Данные в Xe + La-столкновениях, зарегистрированные в NA61/SHINE, ожидают своего анализа, чтобы прояснить физику вышеупомянутой картины.

Ранее были представлены предварительные результаты анализа методом «интермиттенци» для протонов в столкновениях Ar + Sc и Be + Be при 150A ГэВ/с. Предварительные результаты анализа данных столкновений Be + Be и Ar + Sc могут быть первым возможным указанием на существование критической точки в реакции Ar + Sc, в то время как в данных столкновения Be + Be нет сигнала. В настоящее время предпринимается попытка улучшить оценку статистической значимости этого результата. Основываясь на доверительном интервале в наблюдаемом факториальном моменте $\Delta F_2(M)$ для экспериментальных данных Ar + Sc (рис. 2, слева), можно сделать вывод, что ~95% значений находятся выше нулевой линии, что указывает на статистически значимое отделение реальных данных от смешанных событий (фона). На рис. 2 (справа) показано, что только 1–5% некоррелированных протонных фоновых событий дают $\Delta F_2(M)$ сигнал, столь же сильный, как и наблюдаемый случайный сигнал. Таким образом, наблюдаемому экспериментальному результату можно приписать 95%-ю статистическую значимость как случайному, т.е. реально скоррелированному.

Группа сотрудников из ЛФВЭ ОИЯИ внесла большой вклад в получение представленных выше экс-

in nuclear interactions, i.e., transition from HG to QGP. The NA61/SHINE experiment has supplemented these data with new measurements in reactions $p + p$, Be + Be and Ar + Sc, which show unexpected and interesting features.

Briefly they are as follows: the energy dependence of the inverse slope parameter in $p + p$ interactions has a form of plateau “step”; the data on Be + Be collisions are close to the results for $p + p$ interactions; the data on Ar + Sc interactions reveal the dependence on the collision energy which is qualitatively analogous to the data in the $p + p$ reaction, but the plateau is located at a significantly higher level.

The results for the $p + p$ interactions obtained in NA61/SHINE experiment have been considered as an indication of the opportunity of demonstrating deconfinement in smaller systems.

It is a surprise that in the Ar + Sc data there is no indication of the “horn” structure.

The data in the Xe + La collisions registered in NA61/SHINE expect to be analyzed to clarify the physics of the above mentioned picture.

Earlier the preliminary results of the analysis have been obtained by means of the intermittence method for protons in the Ar + Sc and Be + Be collisions at 150A GeV/c. The

analysis of preliminary results on the Be + Be and Ar + Sc collisions can be the first possible indication of the existence of the critical point in Ar + Sc reaction, in the meantime, there is no signal in the data on Be + Be. At present there is an attempt to improve the estimate of statistical significance of this result. Based on the observed factorial moment $\Delta F_2(M)$ confidence interval for Ar + Sc experimental data (Fig. 2, left), one can conclude that ~95% of values are above the zero line, indicating a statistically significant separation of real data from mixed events (background). Figure 2 (right) shows that only 1–5% of uncorrelated proton background events produce a $\Delta F_2(M)$ signal as strong as the one observed in experimental result being nonrandom. One may therefore assign 95% statistical significance to the observed experimental result being nonrandom.

A group of employees from the JINR Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics contributed a lot of efforts to obtain the experimental data given above, in particular, in registering spectra of secondary particles and calibration of the time-of-flight system which had earlier been developed and constructed at JINR [4]. The employees from the Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems actively participated in NA61 experiment in

периментальных данных, в частности в получение спектров вторичных частиц и проведение калибровки времяпролетной системы, которая ранее была разработана и создана в ОИЯИ [4]. Сотрудники из ЛЯП активно участвовали в программе эксперимента NA61 по измерению сечений выхода заряженных адронов для нейтринной физики [5]. Физиками ОИЯИ также были выполнены оригинальные работы, в которых использовался разработанный ранее А. М. Балдиным подход к исследованию релятивистских ядерных взаимодействий в пространстве четырехмерных скоростей [6]. Следует отметить, что принципы подобия и автомодельности оказались очень плодотворными при

изучении ядерных взаимодействий при высоких энергиях [7].

В частности, с использованием метода подобия впервые было получено аналитическое представление быстротных распределений пионов при взаимодействии релятивистских ядер, прекрасно описывающих данные NA61/SHINE, полученные при всех налетающих импульсах в диапазоне от 20 до 158 ГэВ/с [8]. Эти результаты представлены на рис. 3 (слева).

На рис. 3 (справа) видно хорошее воспроизведение экспериментальных данных и показано, что метод подобия в пространстве четырехмерных скоростей прекрасно работает при описании взаимодействий ре-

Рис. 2. Слева: факториальный момент $\Delta F_2(M)$ для 10–15% центральных столкновений Ar + Sc при 150A ГэВ/с (черные точки); интервалы ошибок соответствуют «bootstrap» стандартной ошибке; цветные диапазоны указывают на «bootstrap» доверительные интервалы; сплошная синяя линия дает среднее значение «bootstrap» выборки. Справа: те же экспериментальные значения $\Delta F_2(M)$ (черные точки) в сравнении с результатами $\Delta F_2(M)$ для моделируемых случайных фоновых протонов

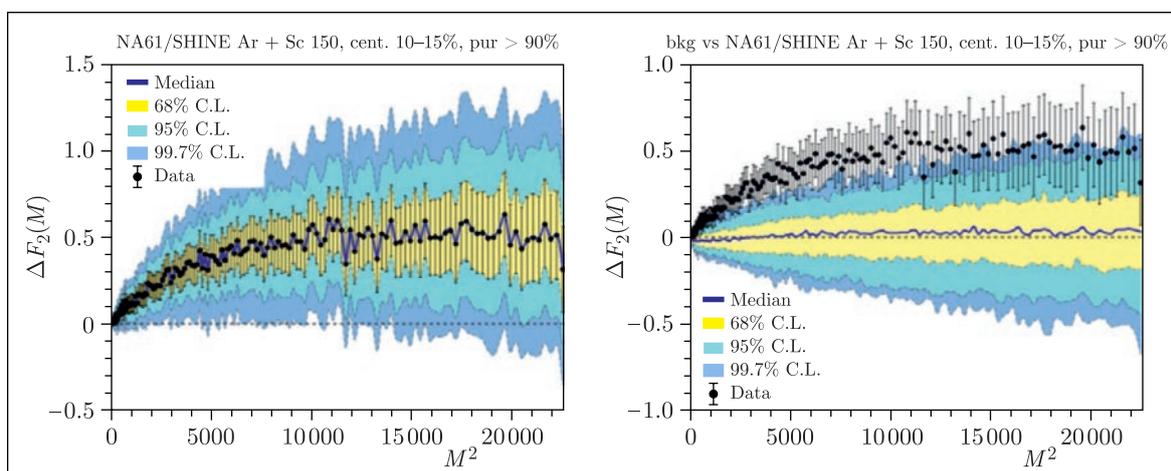


Fig. 2. Left: factorial moment $\Delta F_2(M)$ original sample values for 10–15% central Ar + Sc collisions at 150A GeV/c (black points); the error bars correspond to “bootstrap” of the standard error; the color bands indicate the “bootstrap” confidence intervals; the solid blue line gives the medium value of the “bootstrap” samples. Right: the same experimental $\Delta F_2(M)$ values (black points) compared to the $\Delta F_2(M)$ results for simulated random background protons

measuring the cross section of the charged hadron yield for neutrino physics [5]. Physicists from JINR have also fulfilled original investigations using the approach to the study of relativistic nuclear interactions in the four-dimensional velocity space; this approach was developed earlier by A. Baldin [6]. The principles of similarity and automodelity turned out to be very fruitful in studying nuclear interactions at high energy [7].

In particular, using the similarity principle the physicists for the first time have obtained the analytical description of pion rapidity distributions while interacting with relativistic nuclei, which excellently describe the NA61/SHINE data registered at all projectile momenta in the range from 20 to 158 GeV/c [8]. These results are given in Fig. 3 (left).

Figure 3 (right) shows a good description of the experimental data, and thus it has been shown that the similarity method in the space of four-dimensional velocity is very efficient in defining interactions of relativistic nuclei. It is important to emphasize that there are only two constants required to describe the data at all the energies.

In 2018, the Program Advisory Committee of CERN approved a new physical program for NA61/SHINE experiment after 2021 which includes a study of *D*-meson production in lead nuclei collisions at the energy of 150A GeV [9].

In 2019, at CERN the upgrade of the NA61/SHINE setup began in practically all detector systems necessary to provide experiments after 2020 at increasing the intensity

лятивистских ядер. Важно отметить, что здесь используются только две константы, которые требуются для описания данных при всех энергиях.

В 2018 г. программным комитетом ЦЕРН была одобрена новая физическая программа эксперимента NA61/SHINE после 2021 г., которая дополнительно включает в себя исследование образования D -мезонов в столкновениях ядер свинца при энергии 150А ГэВ [9].

В 2019 г. на установке NA61/SHINE в ЦЕРН начата модернизация практически всех детекторных систем этой установки, которая необходима для проведения экспериментов после 2020 г. при увеличении более чем в 10 раз интенсивности пучка ионов свинца, а следовательно, и скорости срабатывания триггера.

Группа сотрудников из ОИЯИ ответственна за модернизацию времяпролетной системы установки.

Предыдущая времяпролетная система идентификации частиц состояла из двух стенок, содержащих 891 сцинтилляционный детектор каждая. Одна стенка была создана в ОИЯИ. Временное разрешение в среднем составляло 75 пс, что позволяло отделять каоны от пионов вплоть до импульса 8 ГэВ/с [4]. После 20 лет работы большинство частей системы потребовали бы существенной реконструкции. В связи с этим было решено заменить старую систему на новый детектор, основанный на многозачерных резистивных камерах (MRPC) [10], что стало возможным благодаря финансовой поддержке этой работы дирекцией ОИЯИ.

На SPS в ЦЕРН были проведены три испытания детекторов MRPC: в декабре 2016 г. с использованием протонного пучка 30А ГэВ/с, в августе 2018 г. в ореоле

Рис. 3. Слева: быстрое распределения пионов (y) в $p + p$ -столкновениях при начальных импульсах $P_{in} = 158$ ГэВ/с (сплошная красная кривая), 80 ГэВ/с (штриховая красная кривая), 40 ГэВ/с (зеленая кривая), 31 ГэВ/с (синяя кривая), 20 ГэВ/с (красная нижняя кривая) в сравнении с данными эксперимента NA61/SHINE в процессе $p + p \rightarrow \pi^- + x$. Справа: результаты наших вычислений спектров $m_{\pi t}$ в Pb + Pb-, Ar + Sc-, Be + Be- и $p + p$ -столкновениях в центральной области быстрой при начальном импульсе на нуклон $P_{in} = 40$ ГэВ/с в сравнении с данными эксперимента NA61/SHINE [8]

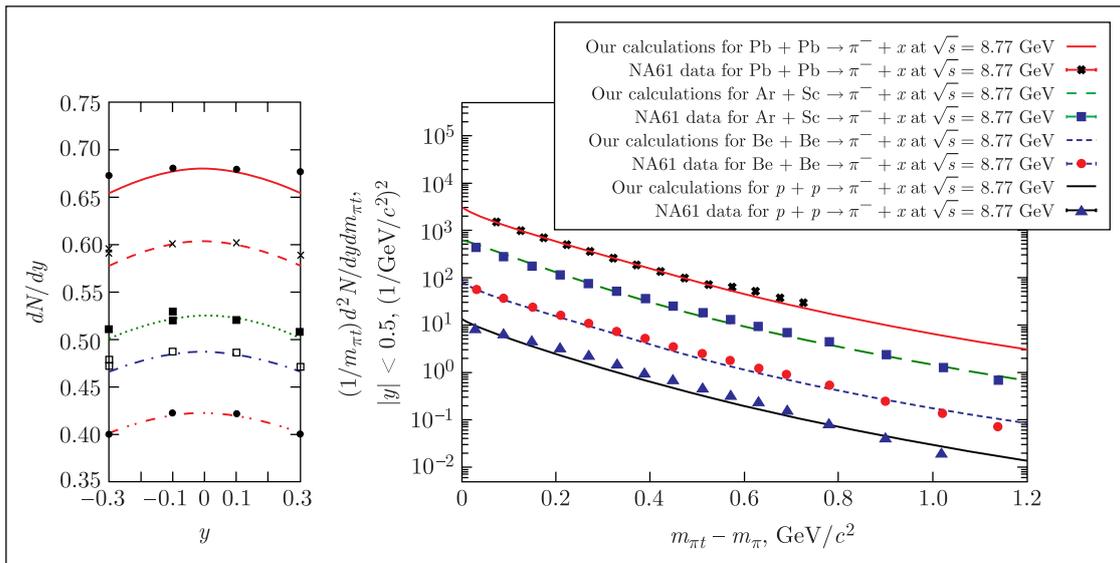


Fig. 3. Left: rapidity pion distributions (y) in $p + p$ collisions at projectile momenta $P_{in} = 158$ GeV/c (solid red curve), 80 GeV/c (dashed red curve), 40 GeV/c (green curve), 31 GeV/c (blue curve), 20 GeV/c (red lower curve) in comparison with NA61/SHINE experiment in the process $p + p \rightarrow \pi^- + x$. Right: the results of our calculations of spectra $m_{\pi t}$ in Pb + Pb, Ar + Sc, Be + Be and $p + p$ collisions in the central rapidity region at the projectile momentum per nucleon $P_{in} = 40$ GeV/c in comparison with the data of NA61/SHINE experiment [8]

of the lead ion beam by more than 10 times and, consequently, the velocity of the trigger operation.

A group of employees from JINR is responsible for upgrading the time-of-flight system (ToF) of the setup. The previous time-of-flight system for particle identification consisted of two walls having 891 scintillation detectors each. One of the walls was made at JINR. The time resolution on the average was 75 ps that provided to separate kaons from pions till the momentum 8 GeV/c [4].

After 20 years of work most of the parts of the system would have required a significant reconstruction. In this connection there was a decision to substitute the old system for the new detector based on Multigap Resistive Plate Chambers (MRPC) [10] that became possible due to the JINR Directorate grant.

There were three tests of MRPC detectors at CERN SPS: in December 2016 on the proton beam of 30А GeV/c, in August 2018 in the aureole of proton beam 150А GeV/c,

протонного пучка 150A ГэВ/с и в ноябре 2018 г. с использованием пучка Pb 150A ГэВ/с.

Измеренное временное разрешение MRPC было стабильно во всех тестах и составило величину, не превышающую 50 пс. В течение 2021–2022 гг. планируется завершить создание новой времяпролетной системы для эксперимента NA61/SHINE. В настоящее время начата работа по производству детекторов.

Данные, полученные в эксперименте NA61/SHINE, крайне важны для построения теории взаимодействий релятивистских ядер. Они широко используются для планирования экспериментов на комплексе MPD/NICA.

Однако, как можно видеть по полученным физическим результатам, представленным выше, еще остается много нерешенных вопросов в области взаимодействий релятивистских ядер. Таким образом, продолжение исследований на установке NA61 в следующий период работы ускорительного комплекса ЦЕРН является чрезвычайно важным. Также важны эксперименты, планируемые на комплексе NICA в ОИЯИ, которые помогут дополнить проводимые исследования и существенно продвинуться в понимании процессов взаимодействия релятивистских ядер.

and in November 2018 using the Pb proton beam of 150A GeV/c.

The measured time resolution of MRPC was stable in all the tests and did not exceed the value of 50 ps. During 2021–2022 it is planned to complete manufacturing the new ToF system for NA61/SHINE experiment. At present the start-up of detector production has begun.

The data obtained in the NA61/SHINE experiment are extremely important to construct a theory of relativistic interactions of nuclei. They are widely used for planning experiments at the MPD/NICA complex.

However, the obtained physical results presented above show that there are still many non-fixed issues in the field of relativistic nucleus interactions. Thus, to continue the research at the NA61 setup of the CERN accelerator complex in the coming period of its operation is extremely important. The research planned at the NICA complex of JINR would enrich the experiments being performed and significantly improve understanding the interaction process of relativistic nuclei.

Список литературы / References

1. *Melkumov G. (NA61 Collab.)*. Recent Results of Strong Interaction Program from NA61/SHINE Experiment at CERN SPS // Eur. Phys. J. Web of Conf. 2019. V.204. P.010.
2. *NA61/SHINE Collab.* Report from the NA61/SHINE Experiment at the CERN. SPSCERN-SPSC-2019-041/SPSC-SR-261 04/10/2019.
3. *Gazdzicki M. (NA61 Collab.)*. Fluctuations and Correlations from NA61/SHINE // PoS CPOD. 2018. V.2017. P.012.
4. *Afanasev S. et al.* A Large Acceptance Hadron Detector // Nucl. Instr. Meth. A. 1999. V.430. P.210–244.
5. *Aduszkiewicz A. (NA61 Collab.)*. Measurements of Production and Inelastic Cross Sections for $p + C$, $p + Be$, and $p + Al$ at 60 GeV/c and $p + C$ and $p + Be$ at 120 GeV/c // Phys. Rev. D. 2019. V.100, No. 11. P. 112004.
6. *Baldin A.M., Malakhov A.I.* Relativistic Multiparticle Processes in the Central Rapidity Region at Asymptotically High Energies // JINR Rapid Commun. 1998. No. 1(87). P. 5–12.
7. *Matveev V.A., Muradyan R.M., Tavkhelidze A.N.* Automodelity in Strong Interactions // Teor. Mat. Fiz. 1973. V. 15, No. 3. P. 332–339.
8. *Malakhov A.I., Lykasov G.I.* Mid-Rapidity Dependence of Hadron Production in $p-p$ and $A-A$ Collisions // Eur. Phys. J. A. 2020. V. 56, No. 4. P. 114.
9. *Aduszkiewicz A. (NA61/SHINE Collab.)*. Study of Hadron–Nucleus and Nucleus–Nucleus Collisions at the CERN SPS: Early Post-LS2. Measurements and Future Plans // Tech. Rep. CERN-SPSC-2018-008. SPSC-P-330-ADD-10, CERN, Geneva, March, 2018; <https://cds.cern.ch/record/2309890>.
10. *Babkin V. et al.* Development of the MRPC for the TOF System of the MultiPurpose Detector // Nucl. Instr. Meth. A. 2016. V.824. P.490–492.

А. А. Зайцев, П. И. Зарубин, А. И. Малахов

Эксперимент BECQUEREL: статус и перспективные задачи

Фрагментация релятивистских ядер, наблюдаемая в ядерной эмульсии (ЯЭ), служит источником ансамблей легчайших ядер, представляющих интерес для современной ядерной физики и ядерной астрофизики. ЯЭ позволяет изучать образование таких ансамблей во всей полноте с рекордным угловым разрешением и идентификацией изотопов He и H. Самые первые исследования взаимодействий релятивистских ядер состоялись в конце 1940-х гг. при анализе слоев ЯЭ, облучавшихся в стратосфере. Тогда же были обнаружены события развала ядер космического происхождения, содержащие группы следов релятивистских α -частиц, сконцентрированных в узком угловом конусе. Проявляясь как природное явление, они отражают α -частичную кластеризацию в ядерной структуре, являющуюся объектом исследований по настоящее время.

В 1970-х гг. начались облучения стопок ЯЭ легкими ядрами на синхрофазотроне (ОИЯИ) и Bevalac

(LBL), а в 1990-х гг. — средними и тяжелыми ядрами на AGS (BNL) и SPS (ЦЕРН). Отмечалось проявление ядерной структуры в конусе предельной фрагментации. Однако электронные эксперименты в этом направлении наталкиваются на принципиальные сложности, обусловленные квадратичной зависимостью ионизации от зарядов ядер, крайне малой угловой расходимостью релятивистских фрагментов и зачастую примерным совпадением по магнитной жесткости с ядрами пучка. Поэтому результаты, полученные в 1970–1990-х гг. методом ЯЭ, и сохранившиеся файлы данных в аспекте состава релятивистской фрагментации от легких до самых тяжелых ядер не утратили актуальности, а облученные слои могут применяться для углубленных исследований.

С начала 2000-х гг. метод ЯЭ применяется на нуклотроне ОИЯИ в эксперименте BECQUEREL для изучения в релятивистском подходе кластеризации легких

A. A. Zaitsev, P. I. Zarubin, A. I. Malakhov

The BECQUEREL Experiment: Status and Future Challenges

The fragmentation of relativistic nuclei observed in nuclear track emulsion (NTE) serves as a source of ensembles of the lightest nuclei, topical for modern nuclear physics and nuclear astrophysics. NTE allows one to study production of such ensembles in full with record angular resolution and identification of He and H isotopes. The very first studies of interactions of relativistic nuclei took place in the late 1940s when analyzing NTE layers irradiated in the stratosphere. At the same time, break-up events of nuclei of cosmic origin containing groups of tracks of relativistic α particles concentrated in a narrow angular cone were discovered. Manifesting as a natural phenomenon, they reflect the α -particle clustering in the nuclear structure which is the research subject to date.

In the 1970s, exposures of NTE stacks to light nuclei at the Synchrotron (JINR) and Bevalac (LBL) began, and in the 1990s to medium and heavy ones at AGS (BNL) and SPS (CERN). The manifestation of the nuclear

structure in the cone of limiting fragmentation was noted. However, electronic experiments in this direction run into fundamental difficulties due to the quadratic drop down of ionization on the charges of the nuclei, extremely small angular divergence of relativistic fragments, and often an approximate coincidence in magnetic rigidity with the beam nuclei. Therefore, the NTE method retains its uniqueness as the composition analysis tool in the relativistic fragmentation cone. In this aspect, the results obtained in the 1970s–1990s by NTE and the preserved data files have not lost their relevance, and the irradiated layers can be used for in-depth studies. One can hope that the progress of image analysis will intensify the use of the NTE method in the near future.

Since the early 2000s, the NTE method is used at the JINR Nuclotron in the BECQUEREL experiment to study the clustering in light stable and radioactive nuclei in the relativistic approach. Known and new structural features

стабильных и радиоактивных ядер. Особенности изотопов ${}^7,9\text{Be}$, ${}^{8,10,11}\text{B}$, ${}^{10,11}\text{C}$, ${}^{12,14}\text{N}$ выявились в вероятностях каналов их диссоциации. Идентификация релятивистских распадов ${}^8\text{Be}$ и ${}^9\text{B}$ указала на возможность поиска троек α -частиц в состоянии Хойла (HS) в релятивистской диссоциации.

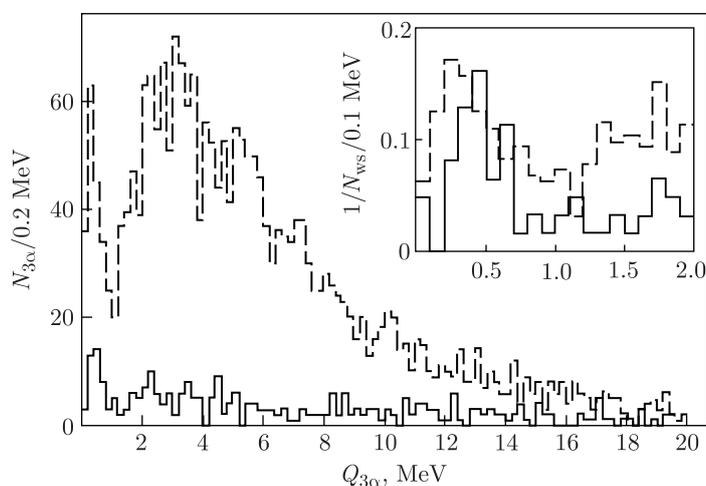
${}^8\text{Be}$ и HS рассматриваются как простейшие состояния α -частичного конденсата Бозе–Эйнштейна. Как 4α -конденсат рассматривается шестое возбужденное состояние 0_6^+ ядра ${}^{16}\text{O}$ при 660 кэВ над 4α -порогом. Его α -распад мог бы идти в последовательности ${}^{16}\text{O}(0_6^+) \rightarrow {}^{12}\text{C}(0_2^+) \rightarrow {}^8\text{Be}(0^+) \rightarrow 2\alpha$ или же ${}^{16}\text{O}(0_6^+) \rightarrow {}^{28}\text{Be}(0^+) \rightarrow 4\alpha$. Кроме того, ядра ${}^9\text{B}$ и HS могут служить основами в ядерных молекулах ${}^9\text{B}p$,

${}^9\text{B}\alpha$ и ${}^{12}\text{C}(0_2^+)p$. Как и α -конденсатным состояниям, нестабильным состояниям с нечетным числом протонов могут отвечать возбуждения сразу над соответствующими порогами, имеющие электромагнитные ширины распадов.

Все эти состояния могут единообразно исследоваться в периферических взаимодействиях релятивистских ядер. Согласно ширинам ядра ${}^8\text{Be}$, ${}^9\text{B}$ и HS являются полноценными фрагментами релятивистской диссоциации. Продукты их распада образуются при пробегах от нескольких тысяч (${}^8\text{Be}$ и HS) до нескольких десятков (${}^9\text{B}$) атомных размеров, т. е. за время на много порядков большее, чем время возникновения других фрагментов. Не будучи непосредственно на-

Распределение числа 3α -троек $N_{3\alpha}$ по инвариантной массе $Q_{3\alpha}$ в 316 «белых» звездах ${}^{12}\text{C} \rightarrow 3\alpha$ (сплошная линия) и в 641 «белой» звезде ${}^{16}\text{O} \rightarrow 4\alpha$ (штриховая линия) при 3,65А ГэВ; на вставке — увеличенная часть $Q_{3\alpha} < 2$ МэВ, нормированная на числа «белых» звезд N_{ws}

Distribution of the number of 3α -triples $N_{3\alpha}$ over invariant mass $Q_{3\alpha}$ in 316 “white” stars ${}^{12}\text{C} \rightarrow 3\alpha$ (solid) and 641 “white” stars ${}^{16}\text{O} \rightarrow 4\alpha$ (dashed) at 3.65A GeV; in inset, enlarged part $Q_{3\alpha} < 2$ MeV normalized to the numbers of “white” stars N_{ws}



of the isotopes ${}^7,9\text{Be}$, ${}^{8,10,11}\text{B}$, ${}^{10,11}\text{C}$, and ${}^{12,14}\text{N}$ are revealed in the dissociation channel probabilities. The identification of the relativistic decays of ${}^8\text{Be}$ and ${}^9\text{B}$ pointed out the possibility to search for triples of α particles in the Hoyle state (HS) in the relativistic dissociation.

${}^8\text{Be}$ and HS are considered as the simplest states of the α -particle Bose–Einstein condensate. The sixth excited state 0_6^+ of the ${}^{16}\text{O}$ nucleus at 660 keV over the 4α threshold is considered as a 4α -condensate. Its decay could go in the sequence ${}^{16}\text{O}(0_6^+) \rightarrow {}^{12}\text{C}(0_2^+) \rightarrow {}^8\text{Be}(0_2^+) \rightarrow 2\alpha$ or ${}^{16}\text{O}(0_6^+) \rightarrow {}^{28}\text{Be}(0^+) \rightarrow 4\alpha$. In addition, the ${}^9\text{B}$ and HS nuclei can serve as bases in the nuclear molecules ${}^9\text{B}p$, ${}^9\text{B}\alpha$ and ${}^{12}\text{C}(0_2^+)p$. Like the α -condensing states the unstable states with an odd number of protons can meet excitations immediately above the corresponding thresholds having electromagnetic decay widths.

All these states can be studied uniformly in the peripheral interactions of relativistic nuclei. According to the widths, ${}^8\text{Be}$, ${}^9\text{B}$, and HS nuclei are real fragments in relativistic dissociation. The products of their decay appear along ranges from several thousands (${}^8\text{Be}$ and HS) to

several tens (${}^9\text{B}$) of atomic sizes, i. e., over the time many orders of magnitude longer than the time of the appearance of other fragments. Not being directly observable, they should manifest themselves as pairs and triples of He and H nuclei with the smallest opening angles due to the smallest decay energy.

Using the available angular measurements of the coherent dissociation events ${}^{12}\text{C} \rightarrow 3\alpha$ and ${}^{16}\text{O} \rightarrow 4\alpha$, the application of the invariant mass method can be easily extended to the identification of relativistic decays of the Hoyle state. In the latter case, HS decays can manifest themselves in the dissociation ${}^{16}\text{O} \rightarrow {}^{12}\text{C}^* (\rightarrow 3\alpha) + \alpha$. Both distributions over the invariant mass of 3α -triples $Q_{3\alpha}$ show similarities (see figure). In both cases, distribution peaks are observed in the region $Q_{3\alpha} < 0.7$ MeV where the HS signal is expected. The contribution of HS decay to ${}^{12}\text{C} \rightarrow 3\alpha$ is $(11 \pm 3)\%$, and in the case of ${}^{16}\text{O} \rightarrow 4\alpha$ it is $(22 \pm 2)\%$.

Being tested in the studies of the light nuclei, a similar selection is applicable to the dissociation of heavier nuclei to search for more complex states. In turn, the products

блюдаемыми, ${}^8\text{Be}$, ${}^9\text{B}$ и HS должны проявляться как пары и тройки релятивистских фрагментов He и H с наименьшими углами разлета вследствие наименьшей энергии распада.

Используя имеющиеся угловые измерения событий когерентной диссоциации ${}^{12}\text{C} \rightarrow 3\alpha$ и ${}^{16}\text{O} \rightarrow 4\alpha$, метод инвариантной массы несложно распространить на идентификацию релятивистских распадов состояния Хойла. В последнем случае распады HS могут проявиться в диссоциации ${}^{16}\text{O} \rightarrow {}^{12}\text{C}^* (\rightarrow 3\alpha) + \alpha$. Оба распределения по инвариантной массе 3α -троек $Q_{3\alpha}$ проявляют сходство (рисунок). В обоих случаях наблюдаются пики распределений в области $Q_{3\alpha} < 0,7$ МэВ, где ожидается сигнал HS. На этой основе вклад распада HS в ${}^{12}\text{C} \rightarrow 3\alpha$ составляет $(11 \pm 3)\%$, а в случае ${}^{16}\text{O} \rightarrow 4\alpha$ — $(22 \pm 2)\%$.

Будучи апробированным при изучении легких ядер, подобный отбор применим к диссоциации более тяжелых ядер для поиска более сложных состояний. В свою очередь, продуктами α -частичного или протонного распада этих состояний могли бы служить состояние Хойла или ${}^9\text{B}$ и затем ${}^8\text{Be}$. Возможен вариант распада с возникновением больше одного состояния из этой тройки. Начальным этапом поисков в любом случае должен служить отбор событий, содержащих

релятивистские распады ${}^8\text{Be}$. С использованием имеющейся статистики по ядрам Si и Au идентифицированы десятки распадов ${}^8\text{Be}$ и ${}^9\text{B}$. В то же время число 3α -троек, относимых к распадам состояния Хойла, составляет единицы, что требует наращивания статистики до современного эквивалента ${}^8\text{Be}$. Тогда станет осуществим поиск возбужденного состояния ${}^{16}\text{O} (0_6^+)$. На этом пути нет принципиальных проблем, поскольку имеется достаточное количество ранее облученных слоев ЯЭ, при поперечном сканировании которых требуемая статистика α -ансамблей достижима.

Полученные результаты позволяют оценить перспективы представленного подхода в современных проблемах ядерной физики. Среди важнейших из них — проверка теоретических представлений о материи, возникающей в результате соединения нуклонов в кластеры, не имеющие возбужденных состояний до порога связи. Это легчайшие ядра ${}^4\text{He}$ (α -частицы), а также дейтроны (d), тритоны (t) и ядра ${}^3\text{He}$, или *гелионы* (h). Предсказана эволюция состава легчайших изотопов при ядерной плотности менее нормальной и температуре несколько мегаэлектронвольт. Прохождение через такую фазу может оказаться необходимым на пути к синтезу тяжелых ядер. Идентификация изотопов ${}^{1,2,3}\text{H}$ и ${}^{3,4}\text{He}$ методом многократного рассеяния

of α -particle or proton decay of these states could be the Hoyle state or ${}^9\text{B}$, and then ${}^8\text{Be}$. A possible decay variant is the occurrence of more than one state from this triple. In any case, the initial stage of searches should be the selection of events containing relativistic ${}^8\text{Be}$ decays.

The available statistics on Si and Au nuclei have identified dozens of ${}^8\text{Be}$ and ${}^9\text{B}$ decays. At the same time, the small number of 3α triples is attributable to the decay of the Hoyle state, which requires increasing statistics to the current ${}^8\text{Be}$ equivalent. Then, the search for the excited state ${}^{16}\text{O} (0_6^+)$ will become feasible. There are no fundamental problems along this path since there are a sufficient number of earlier exposed NTE layers, with transverse scanning of which the required α -ensemble statistics is achievable.

The results obtained make it possible to assess the prospects of the presented approach in modern problems of nuclear physics. Among the most important of them is the verification of theoretical ideas about matter arising from the combination of nucleons in clusters that do not have excited states up to the coupling threshold. These are the lightest ${}^4\text{He}$ nuclei (α particles), as well as deuterons (d), tritons (t) and ${}^3\text{He}$ nuclei, or helions (h). The evolution of the composition of the lightest isotopes is predicted at a

nuclear density less than normal and a temperature of several MeV. Passing through such a phase may be necessary on the way to the synthesis of heavy nuclei. Identification of ${}^{1,2,3}\text{H}$ and ${}^{3,4}\text{He}$ isotopes by multiple scattering allows expanding the analysis of cluster states in the direction of the properties of the rarefied matter.

It is hoped that the rapid progress in image analysis will give a whole new dimension to the use of the NTE method in the study of nuclear structure in the relativistic approach. The solution of the tasks set requires investment in modern automated microscopes and the reconstruction of NTE technology at a modern level. At the same time, such a development will be based on the classical NTE method, the foundations of which were laid seven decades ago in cosmic ray physics. This whole complex of problems united by questions of identification of unstable states was presented at the recent topical meeting on cluster physics [1, 2]. Suggestions for development of the BECQUEREL experiment in the framework of the JINR topic on the physics of relativistic heavy and light ions at the Nuclotron–NICA accelerator complex were reviewed at the January session of the PAC for Nuclear Physics.

позволяет расширить анализ кластерных состояний в направлении свойств разреженной материи.

Стоит надеяться, что быстрый прогресс в анализе изображений позволит придать совершенно новый размах использованию метода ЯЭ при исследовании ядерной структуры в релятивистском подходе. Решение поставленных задач требует инвестиций в современные автоматизированные микроскопы и воссоздание на современном уровне технологии ЯЭ. Вместе с тем такое развитие будет базироваться на классическом методе ЯЭ, основы которого были заложены семь десятилетий тому назад в физике космических лучей. Весь этот комплекс проблем, объединенных проблемой идентификации релятивистских нестабильных состояний, был представлен на недавнем тематическом совещании по кластерной физике [1,2]. Предложения по развитию эксперимента BECQUEREL в рамках темы ОИЯИ по физике релятивистских тяжелых и легких ионов на ускорительном комплексе нуклотрон–NICA были рассмотрены на январской сессии ПКК по ядерной физике.

Список литературы / References

1. Topical Workshop “Light Clusters in Nuclei and Nuclear Matter: Nuclear Structure and Decay, Heavy Ion Collisions, and Astrophysics”, Trento, Italy, 2019. <https://indico.ectstar.eu/event/52/>.

2. Artemenkov D.A., Bradnova V., Chernyavsky M.M., Firu E., Haiduc M., Kornegrutsa N.K., Malakhov A.I., Mitsova E., Neagu A., Peresadko N.G., Rusakova V.V., Stanoeva R., Zaitsev A.A., Zarubina I.G., Zarubin P.I. Unstable States in Dissociation of Relativistic Nuclei. Recent Findings and Prospects of Researches. Preprint. <https://arxiv.org/abs/2004.10277>.

Д. Соловьев, М. Жерненко

Исследование механизмов взаимодействия коронавируса с клеточной мембраной

Вирусы являются внеклеточной формой жизни, имеющей собственный геном. При этом обязательное условие для размножения и распространения вируса — его проникновение внутрь клеток человека или животного. Поэтому вирусные патогены часто являются причиной возникновения эпидемий, парализующих привычный режим функционирования большого количества людей. Последствия пандемии коронавируса SARS-CoV-2 в очередной раз подтвердили важность развития научных направлений, призванных предотвратить распространение вирусных инфекций. В связи с этим учеными из Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ совместно с коллегами из Брукхейвенской национальной лаборатории (США) начаты комплексные исследования в этой области. Планируется использовать преимущества методов нейтронного и синхротронного рассеяния для выявления особен-

D. Soloviov, M. Zhernenkov

Study of the Mechanisms of Interaction of Coronaviruses with the Cell Membrane

Viruses are an extracellular life form that has its own genome. However, a prerequisite for the reproduction and spread of the virus is its penetration into human or animal cells. Therefore, viral pathogens are often the cause of epidemics that paralyze the usual way of life of a large number of people. The recent SARS-CoV-2 coronavirus pandemic has once again highlighted the importance of developing scientific approaches to prevent the spread of viral infections. In light of this, scientists from the Frank Laboratory of Neutron Physics (JINR) in collaboration with their colleagues from the Brookhaven National Laboratory (USA) have launched comprehensive research in this area. It is planned to use the advantages of neutron and syn-

ностей структурных и динамических характеристик клеточной мембраны, содержащей трансмембранный рецепторный белок ACE2, во время взаимодействия с вирусным патогеном SARS-CoV-2 (рис. 1). В рамках работ будут проведены эксперименты на лучших мировых источниках синхротронного излучения: ESRF (Франция), SPring-8 (Япония), APS (США), а также на установках реактора ИБР-2.

Стоит отметить, что запланированные исследования являются логическим продолжением предыдущих работ по изучению липидных мембран. Так, в 2014 г. методом неупругого рассеяния рентгеновских лучей

Рис. 1. Схематическое изображение взаимодействия липидной мембраны, содержащей рецепторный белок ACE2, и коронавируса SARS-CoV-2

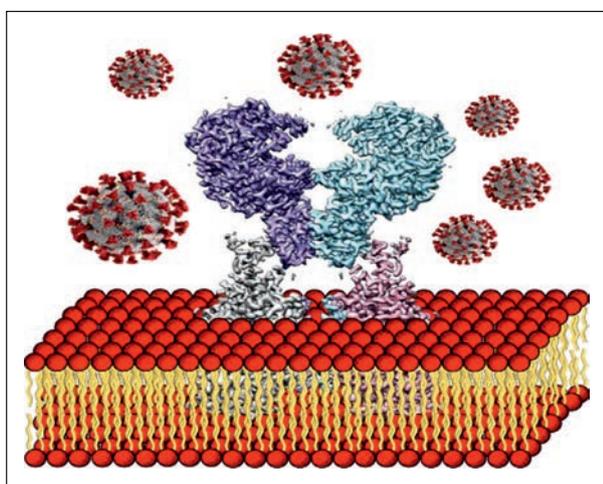


Fig. 1. Schematic illustration of the interaction of the lipid membrane containing the ACE2 receptor protein and SARS-CoV-2 pathogens

chrotron scattering methods to identify the structural and dynamic characteristics of the cell membrane containing the transmembrane receptor protein ACE2 when interacting with the viral pathogen SARS-CoV-2 (Fig. 1). Within the framework of the studies, experiments will be conducted at the world's best synchrotron radiation sources: ESRF (France), SPring-8 (Japan), APS (USA), as well as using the neutron scattering instruments of the IBR-2 reactor.

It is worth noting that the planned investigations are a logical continuation of the previous studies of lipid membranes. So, for example, in 2014, collective vibrations of lipid molecules in single-component membranes of 1,2-dipalmitoyl-sn-glycero-3-phosphocholine (DPPC) were studied using high-resolution inelastic X-ray scattering [1]. Here, for the first time, the existence of a trans-

высокого разрешения были изучены коллективные колебания липидных молекул в однокомпонентных мембранах 1,2-дипальмитоил-sn-глицеро-3-фосфатидилхолин (ДПФХ) [1]. Впервые удалось экспериментально доказать существование поперечной акустической фоновой моды в липидной мембране. Также было показано, что при нагревании липида выше температуры фазового перехода T_m указанная фоновая мода имеет разрыв в области малых значений вектора рассеяния Q (рис. 2).

Наблюдаемый разрыв связан с процессами диффузии и релаксации, происходящими в липидной мем-

Рис. 2. Дисперсионные кривые продольной и поперечной акустических фоновых мод, распространяющихся в липидной мембране ДПФХ

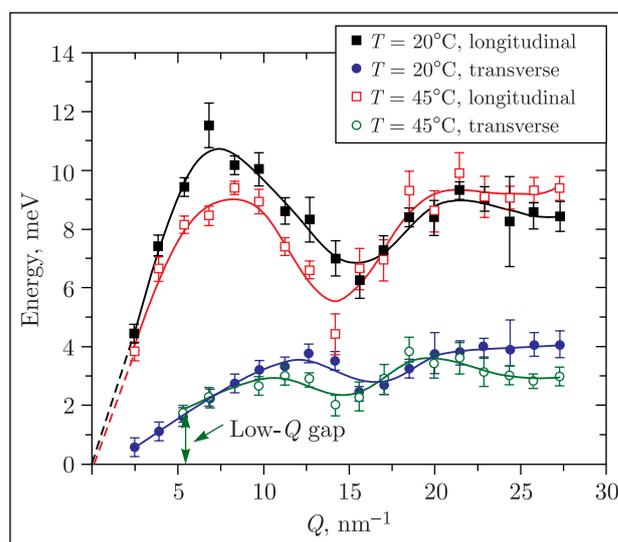


Fig. 2. Dispersion curves of longitudinal and transverse acoustic phonon modes propagating in the DPPC lipid membrane

verse acoustic phonon mode in the lipid membrane was proved experimentally. It was also shown that when the lipid is heated above the phase transition temperature T_m , the above phonon mode exhibits a gap in the region of small values of the scattering vector Q (Fig. 2).

The observed gap is associated with diffusion and relaxation processes occurring in the lipid membrane and is a direct evidence of short-lived (on the order of several picoseconds) spontaneous occurrence of nanometer-sized lipid clusters surrounded by voids in the membrane (Fig. 3). These pores determine the mechanism of passive transport of solutes through the lipid membrane.

The use of inelastic X-ray scattering and molecular dynamics simulations made it possible to study in detail the phase separation processes in more complex two- and

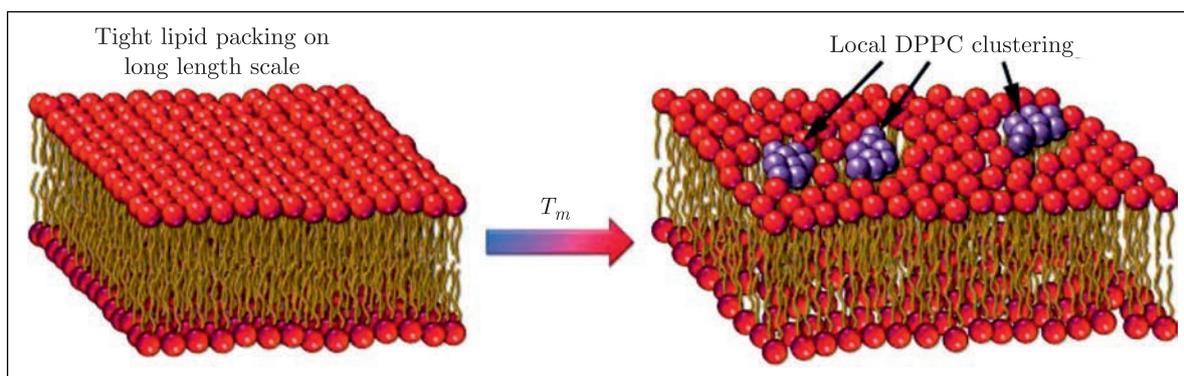


Рис. 3. Спонтанное образование пор в липидной мембране

Fig. 3. Spontaneous formation of pores in the lipid membrane

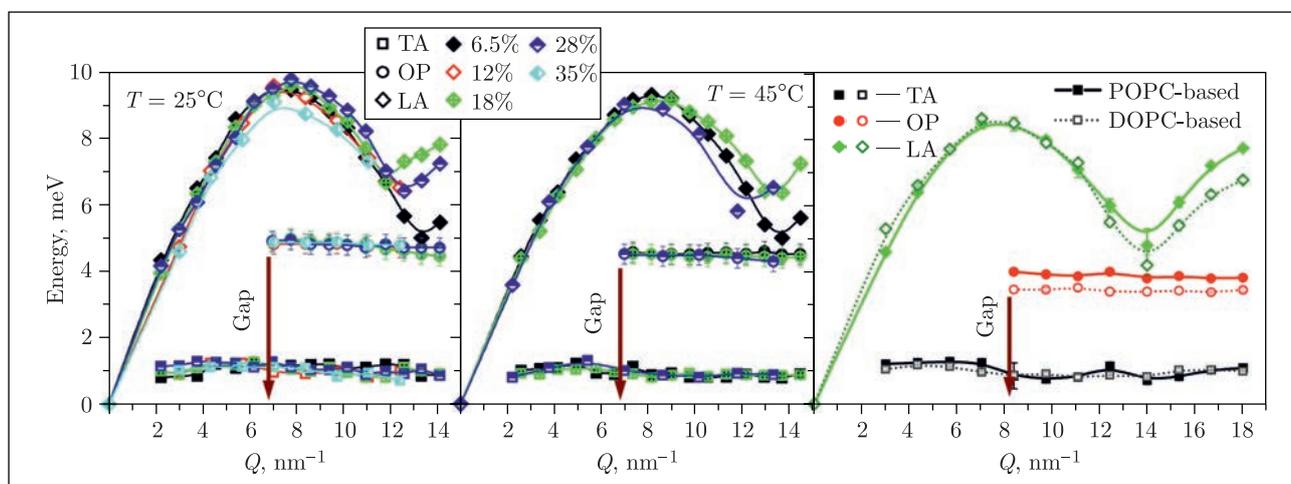


Рис. 4. Дисперсионные кривые: двойных липидных систем ДПФХ–холестерин (слева и посередине) при разных температурах и концентрациях холестерина (см. легенду); тройных липидных систем ПОФХ/ДОФХ–ДПФХ–холестерин при 37°C (справа). Разрыв оптической фоновой моды обозначен стрелкой

Fig. 4. Dispersion curves for the binary DPPC–cholesterol lipid mixtures (left and middle) at different temperatures and mol% of cholesterol (see legend) and ternary POPC/DOPC–DPPC–cholesterol systems at 37°C (right). The phonon gap in the optical mode is indicated by the arrow

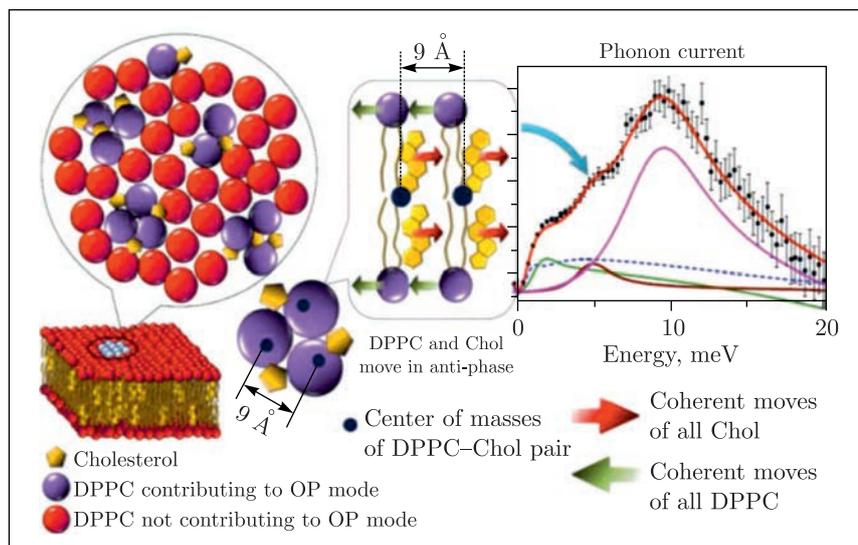


Рис. 5. Схематическое изображение функциональных липидных пар, которые формируют нанодомены. В результате когерентных противофазных колебаний соседних молекул ДПФХ и холестерина относительно их статических центров масс (черные круги) внутри нанодомена поддерживается распространение оптической фоновой моды

Fig. 5. Schematic view of the functional lipid pairs that nucleate into nanodomains. As a result of coherent anti-phase oscillations of neighboring DPPC and cholesterol molecules about their static centers of mass (black circles), the optical phonon mode is confined within the nanodomain

бране, и является прямым признаком кратковременного (порядка нескольких пикосекунд) спонтанного возникновения в мембране липидных кластеров нанометрового размера, окруженных пустотами (рис. 3). Эти поры определяют механизм пассивного транспорта растворенных веществ сквозь липидную мембрану.

Применение метода неупругого рассеяния рентгеновских лучей и компьютерного моделирования методом молекулярной динамики позволило детально изучить процессы фазового разделения в более сложных двух- и трехкомпонентных липидных мембранах ДПФХ–холестерин и ПОФХ/ДОФХ–ДПФХ–холестерин [2]. Возникновение оптических фононных мод на дисперсионных кривых таких систем (рис. 4) свидетельствует о существовании в них стабильных (на пикосекундной шкале времени) функциональных липидных пар молекул ДОФХ, ПОФХ, ДПФХ и холестерина, которые колеблются в противофазе вокруг их центра масс (рис. 5). При этом наблюдаемый разрыв оптических фононных мод является следствием конечного размера областей (нанодоменов), образованных указанными липидными парами.

Известно, что именно свойства липидной мембраны во многом определяют набор биологических функций отдельных клеточных компонентов, вклю-

чая мембранные белки. При этом измеренная нами сверхбыстрая динамика функциональных липидных пар соизмерима по временной и энергетической шкале с процессами релаксации трансмембранных белков. Поэтому изучение структурных и динамических свойств липидных мембран в присутствии вирусной инфекции поможет понять фундаментальные особенности взаимодействия клетки с вирусным патогеном.

Список литературы

1. Zhernenkov M., Bolmatov D., Soloviov D., Zhernenkov K., Toperverg B. P., Cunsolo A., Bosak A., Cai Y. Q. Revealing the Mechanism of Passive Transport in Lipid Bilayers via Phonon-Mediated Nanometre-Scale Density Fluctuations // *Nat. Commun.* 2016. V. 7. P. 11575.
2. Soloviov D., Cai Y. Q., Bolmatov D., Suvorov A., Zhernenkov K., Zav'yalov D., Bosak A., Uchiyama H., Zhernenkov M. Functional Lipid Pairs as Building Blocks of Phase-Separated Membranes // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 2020. V. 117(9). P. 4749–4757.

three-component lipid membranes of DPPC–cholesterol and POPC/DOPC–DPPC–cholesterol [2]. The appearance of optical phonon modes in the dispersion curves of these systems (Fig. 4) suggests the existence of stable (on the picosecond time scale) functional lipid pairs of DPPC, POPC, DOPC and cholesterol molecules that oscillate in antiphase around their centers of mass (Fig. 5). Thus, the observed gap in the optical phonon modes is a consequence of the finite size of the regions (nanodomains) formed by these lipid pairs.

It is known that it is the properties of the lipid membrane that largely determine the set of biological functions of individual cell components, including membrane proteins. The ultrafast dynamics of functional lipid pairs that we observed is comparable on the time and energy scale with the processes of relaxation of transmembrane proteins. Therefore, the study of the structural and dynamic properties of lipid membranes in the presence of viral infection will help to understand the fundamental features of the interaction of the cell with the viral pathogen.

References

1. Zhernenkov M., Bolmatov D., Soloviov D., Zhernenkov K., Toperverg B. P., Cunsolo A., Bosak A., Cai Y. Q. Revealing the Mechanism of Passive Transport in Lipid Bilayers via Phonon-Mediated Nanometre-Scale Density Fluctuations // *Nat. Commun.* 2016. V. 7. P. 11575.
2. Soloviov D., Cai Y. Q., Bolmatov D., Suvorov A., Zhernenkov K., Zav'yalov D., Bosak A., Uchiyama H., Zhernenkov M. Functional Lipid Pairs as Building Blocks of Phase-Separated Membranes // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 2020. V. 117(9). P. 4749–4757.

О. Чулуунбаатар, Ю. В. Попов, И. П. Волобуев

Новые возможности эффекта Комптона

Недавно международная исследовательская группа, в которую в рамках сотрудничества ОИЯИ, МГУ им. М. В. Ломоносова и Университета Гете (Франкфурт-на-Майне, Германия) входили авторы настоящей заметки, провела на синхротроне Petra III (DESY, Гамбург) с помощью детектора COLTRIMS (COLd Target Recoil Ion Momentum Spectroscopy) кинематически полное экспериментальное измерение характеристик комптоновского рассеяния на свободных атомах гелия и дала адекватное теоретическое описание полученных результатов. В эксперименте наблюдалось комптоновское рассеяние фотонов с энергией 2,1 кэВ на атомах гелия вблизи порога ионизации [1], т. е. такие реакции, в которых переданная энергия оказывается близкой к потенциалу однократной ионизации атома гелия $I_p = 24,6$ эВ. В результате было обнаружено заметное отличие наблюдаемого углового распределения излучения, рассеянного связанными электронами, от углового распределения излучения, рассеянного

свободными электронами, которое дается формулой Томсона.

Почти 100 лет назад, в 1922–1923 гг., американский физик Артур Комптон исследовал с помощью рентгеновского спектрографа явление изменения длины волны света при его рассеянии на графите с испусканием электрона. Он обнаружил, что величина смещения рассеянного спектра в область больших длин волн возрастает при увеличении угла рассеяния.

Теоретическое описание комптоновского рассеяния на свободных электронах было дано тогда же, в 1920-х гг., самим Комптоном [2] на основе представления о фотоне как о релятивистской частице. Это описание также было независимо найдено П. Дебаем [3]. Как известно, в то время среди физиков шла знаменитая дискуссия о природе света, и открытие эффекта Комптона стало одним из самых убедительных аргументов в пользу корпускулярной теории. За это откры-

О. Chuluunbaatar, Yu. V. Popov, I. P. Volobuev

New Opportunities of the Compton Effect

An international research group, in which the authors of this article participated within international cooperation of JINR, Moscow State University and Goethe University (Frankfurt am Main, Germany), carried out an experimental measurement of the characteristics of the Compton scattering at free helium atoms using the COLTRIMS (COLd Target Recoil Ion Momentum Spectroscopy) detector at the Petra III synchrotron (DESY, Hamburg) and provided a relevant theoretical description of the obtained results. Compton scattering of photons with an energy of 2.1 keV by helium atoms near the ionization threshold, i.e., the reactions in which the transferred energy is close to the potential of single ionization of the helium atom $I_p = 24.6$ eV, was observed in the experiment [1]. As a result, there was found a noticeable difference between the observed angular distribution of radiation scattered by bound electrons and the angular distribution of radiation scattered by free electrons, which is given by the Thomson formula.

Almost 100 years ago, in 1922–1923, the American physicist Arthur Compton studied the phenomenon of a

change in the wavelength of light scattered on graphite with the emission of an electron. He discovered that the value of the shift of the scattered spectrum to the region of large wavelengths increased with the increasing scattering angle. A theoretical description of the Compton scattering at free electrons was provided by Compton himself in the 1920s [2] on the basis of the concept of a photon as a relativistic particle. This description was also independently found by P. Debye [3]. As is known, at that time there was a famous discussion among physicists about the nature of light, and the discovery of the Compton effect became one of the most convincing arguments in favor of the corpuscular theory. For this discovery, Compton won the Nobel Prize in physics in 1927.

Shortly after the development of quantum mechanics and the description in its framework of the structure of atoms, J. DuMond [4] made the assumption based on the results of his experiments that using Compton scattering it was possible to judge the structure of atoms of the scatterer. He related the broadening of the energy spectrum observed

тие Комптон была присуждена Нобелевская премия по физике за 1927 г.

Вскоре после создания квантовой механики и описания в ее рамках строения атомов Ж. Дюмон [4] на основании результатов своих экспериментов сделал предположение, что с помощью комптоновского рассеяния можно судить о строении атомов рассеивателя. Он связал наблюдаемое при фиксированном угле рассеяния уширение энергетического спектра с импульсным распределением связанных электронов в веществе рассеивателя, предположив, что смещенная линия уширяется в результате рассеяния излучения на хаотично движущихся электронах рассеивателя аналогично тому, как происходит доплеровское уширение оптических линий излучения движущихся атомов. Рассмотрев несколько пробных распределений импульсов для различных электронных состояний, Дюмон обнаружил, что структура наблюдаемого спектра излучения, рассеянного на атомах бериллия, хорошо воспроизводится теоретически, если использовать квантово-механическое описание связанных электронов в атомах.

Со времени опытов Комптона эксперименты в этой области были основаны на методе совпадений

для одновременного детектирования испущенного в результате ионизации электрона и рассеянного фотона, который был предложен немецким физиком В. Боте [5] как раз для изучения эффекта Комптона в 1924 г. В 1954 г. Боте получил Нобелевскую премию «...за изобретение метода совпадений и открытия, сделанные впоследствии с его помощью».

Однако применение электрон-фотонного метода совпадений для прецизионных измерений невозможно в силу ряда технических ограничений. Ситуация изменилась после изобретения нового метода регистрации рассеянных частиц, получившего название спектроскопия импульса отдачи ионов холодной мишени (COLTRIMS) [6], и появилась реальная возможность использовать комптоновское рассеяние для определения угловых и энергетических спектров как рассеянных фотонов, так и испущенных в результате ионизации электронов. Метод COLTRIMS позволяет одновременно измерять импульсы электрона и иона отдачи, что дает возможность проводить измерения методом совпадений с высокой точностью. В частности, с использованием этой техники стало возможным собирать ионы и электроны практически с полного телесного угла $\Omega_{\text{full}} = 4\pi$. При этом импульс рассеян-

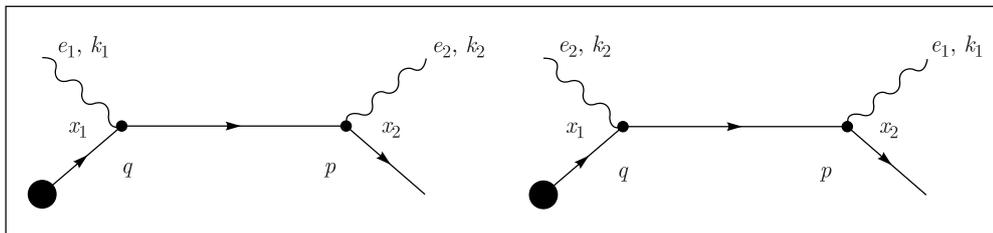


Рис. 1. Диаграммы Фейнмана для комптоновского рассеяния

Fig. 1. Feynman diagrams for the Compton scattering

at a fixed scattering angle with the momentum distribution of bound electrons in the scattering matter, supposing that the shifted line broadened as a result of scattering of radiation at randomly moving electrons of the scatterer, similar to the way the Doppler broadening of optical lines of moving atom radiation occurs. Having examined several test momentum distributions for different electron states, DuMond discovered that the structure of the observed spectrum of radiation scattered at beryllium atoms was well reproduced theoretically if the quantum-mechanical description of bound electrons in atoms was used.

Since Compton's experiments, experiments in this field were based on the coincidence method for simultaneous detection of an electron and a scattered photon emitted by ionization, which was proposed by the German physicist W. Bothe to study the Compton effect in 1924. In 1954, Bothe was awarded the Nobel Prize "for the coincidence method and his discoveries made therewith" [5].

However, the use of the electron-photon coincidence method for precision measurements is impossible due to

a number of technical restrictions. The situation changed after the invention of a new method for detecting scattered particles, which was named COLd Target Recoil Ion Momentum Spectroscopy (COLTRIMS) [6], and a real opportunity to use the Compton scattering for determining angular and energy spectra of both scattered photons and electrons emitted by ionization appeared. The COLTRIMS method allows one to simultaneously measure the momenta of an electron and a recoil ion, which makes it possible to carry out measurements by the coincidence method with high accuracy. In particular, using this method, it became possible to collect ions and electrons from almost the full solid angle $\Omega_{\text{full}} = 4\pi$. In this case, the momentum of a scattered photon can be found from the law of conservation of momentum, as a result of which there is no need to detect the photon itself.

In quantum electrodynamics, the standard theory of Compton ionization is based on two Feynman diagrams (Fig. 1), however, in the case of photons with an energy of several keV, it makes sense to consider the description of

Рис. 2. Схема ионизации при комптоновском рассеянии при $\omega = 2,1$ кэВ. *a)* Волнистые линии обозначают входящий и рассеянный фотоны, стрелка — вектор импульса испущенного электрона. Штриховая линия — дифференциальное сечение Томсона, т. е. угловое распределение рассеяния фотонов на свободном электроне. Черные точки — экспериментальное угловое распределение фотонов при ионизации атома гелия комптоновским рассеянием, проинтегрированное по всем углам и энергиям испускаемых электронов ниже 25 эВ. Статистическая ошибка меньше размера точки. Черная штрихпунктирная линия — аппроксимация A^2 для всех энергий электронов. Сплошная красная линия — аппроксимация A^2 для энергий электронов ниже 25 эВ. Черные линии увеличены в 1,9 раза. *b)* Распределение импульсов электронов, испущенных при комптоновском рассеянии фотонов с энергией 2,1 кэВ на атоме гелия. Система координат такая же, как в *a)*, т. е. плоскость определяется входящим (горизонтальным) и рассеянным фотоном (верхняя полуплоскость). Вектор передачи импульса направлен в переднюю нижнюю полуплоскость. Данные проинтегрированы по компонентам импульса электрона вне плоскости рассеяния. *c)* Распределение импульса иона гелия для тех же условий, что и в *b)*

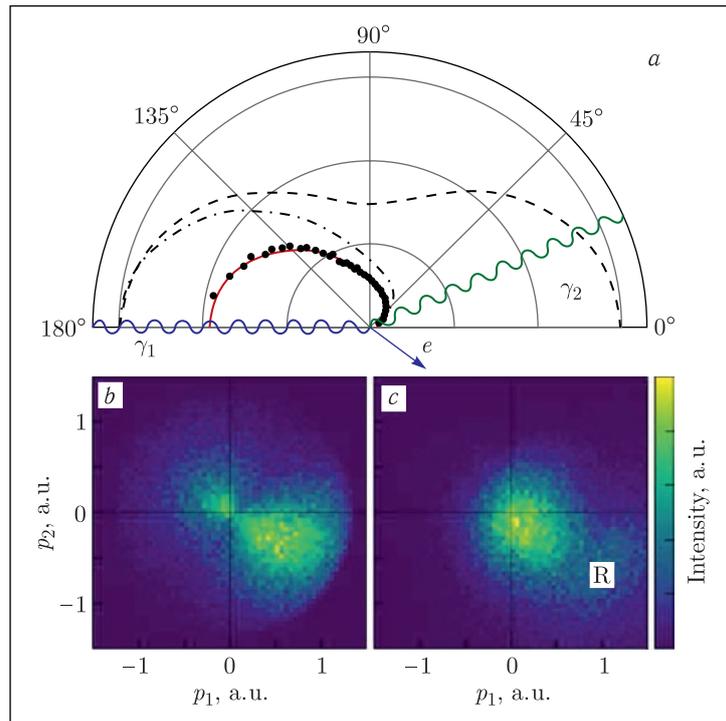


Fig. 2. Scheme of ionization by the Compton scattering at $\omega = 2.1$ keV. *a)* The wavy lines indicate the incoming and scattered photons, and the arrow depicts the momentum vector of the emitted electron. The dashed line shows the Thomson cross section, i.e., the angular distribution of a photon scattering at a free electron. The black dots show the experimental photon angular distribution for ionization of He by the Compton scattering, integrated over all electron emission angles and energies below 25 eV. The statistical error is smaller than the dot size. The black dash-dotted line shows the A^2 approximation for all electron energies, and the solid red line shows the A^2 approximation for electron energies below 25 eV. The black dashed and dash-dotted lines are multiplied by a factor of 1.9. *b)* Momentum distribution of electrons emitted by the Compton scattering of 2.1 keV photons at He. The coordinate frame is the same as in *a)*, i.e., the plane is defined by the incoming (horizontal) and scattered photon (upper half plane). The momentum transfer points to the forward lower half plane. The data are integrated over the out-of-plane electron momentum components. *c)* He⁺ ion momentum distribution for the same conditions as in *b)*

this process using the non-relativistic Schrödinger equation [7]. As a result, the matrix element corresponding to these diagrams splits into the sum of two terms. Both of these terms are of the second order in electron charge; however, the first term traditionally denoted by A^2 resembles in form the first Born approximation in the case of atom ionization by a charged particle (proton, electron), and the second (integral) term coincides in form with the second Born approximation. At the selected photon energy, the term A^2

makes the major contribution, while the second term is extremely small and plays the role of correction.

This theoretical model turned out to be quite simple, which allowed one to consider a number of test functions of the initial and finite states and compare the results with the experiment, as well as to evaluate the possibility of this new method to carry out precision spectroscopy (angular and energy) of the outermost shells of an atom (molecule). The calculations were performed at the “Govorun” supercomputer of JINR, and the obtained results were in a good

ного фотона может быть найден из закона сохранения импульса, вследствие чего отпадает необходимость детектирования самого фотона.

В квантовой электродинамике стандартная теория комптоновской ионизации основана на двух диаграммах Фейнмана (рис. 1), однако в случае фотонов с энергией в несколько килоэлектронвольт имеет смысл рассматривать описание этого процесса с помощью нерелятивистского уравнения Шредингера [7]. В результате отвечающий этим диаграммам матричный элемент распадается на сумму двух слагаемых. Оба эти слагаемые второго порядка по заряду электрона, но первое слагаемое, традиционно обозначаемое A^2 , напоминает по форме первое борновское приближение в случае ионизации атома заряженной частицей (протоном, электроном), а второе (интегральное) слагаемое совпадает по форме со вторым борновским приближением. При выбранной энергии фотона основной вклад дает член A^2 , а второе слагаемое получается чрезвычайно малым и играет роль поправки.

Эта теоретическая модель оказалась достаточно простой, что позволило рассмотреть целый ряд пробных функций начальных и конечных состояний и сравнить результаты с экспериментом, а также оценить возможность этого нового метода проводить преци-

зионную спектроскопию (угловую и энергетическую) внешних оболочек атома (молекулы). Расчеты проводились на суперкомпьютере «Говорун» ОИЯИ, и полученные результаты в значительной степени совпали с экспериментом (рис. 2). В то же время в экспериментах сделано различие наборов пробных функций, что показало возможность использования комптоновской ионизации наряду с известными спектроскопическими методами, такими как $(e, 2e)$, (p, pe) и др.

Таким образом, экспериментальные и теоретические результаты, опубликованные недавно в журнале «Nature Physics» [1], показали новые возможности комптоновской ионизации атома при передаче энергии, близкой к порогу однократной ионизации, как эффективного метода спектроскопии внешних оболочек атомов и молекул. И это получилось благодаря прецизионным измерениям очень маленьких дифференциальных сечений с привлечением современных технических средств и теоретических расчетов этих сечений на суперкомпьютере «Говорун» ОИЯИ. В результате попытки первопроходцев использовать эффект Комптона, открытый почти 100 лет назад, для целей спектроскопии квантовых объектов с использованием несовершенной тогда техники получили сегодня новый импульс.

Список литературы / References

1. Kircher M. et al. Kinematically Complete Experimental Study of Compton Scattering at Helium Atoms near the Threshold // Nature Phys. 2020. V. 16. P. 756–760.
2. Compton A. H. // Phys. Rev. 1923. V. 21. P. 483.
3. Debye P. // Z. Physik. 1923. V. 24. P. 161.
4. DuMond J. W. M. // Phys. Rev. 1929. V. 33. P. 643.
5. Bothe W. Nobel Lecture. 1954.
6. Ullrich J. et al. // Rep. Prog. Phys. 2003. V. 66. P. 1463.
7. Bergstrom P. M., Jr., Surić T., Pisk K., Pratt R. H. // Phys. Rev. A. 1993. V. 48. P. 1134.

agreement with the experiment (Fig. 2). At the same time, the experiments distinguished sets of test functions, which showed the possibility of using Compton ionization along with the well-known spectroscopic methods, such as $(e, 2e)$, (p, pe) , etc.

Thus, the experimental and theoretical results recently published in *Nature Physics* [1] showed new opportunities of the Compton ionization of an atom with the energy transfer close to the threshold of single ionization as an effective method of spectroscopy of the outermost shells of atoms and molecules. This became possible due to the precision measurements of very small differential cross sections using modern technical tools and theoretical calculations of these cross sections at the “Govorun” supercomputer of JINR. As a result, pioneers’ attempts to use the Compton effect, which was discovered almost 100 years ago, for spectroscopy of quantum objects using then imperfect technologies have gained a new impetus today.

Очередная сессия Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ состоялась 19 июня в формате видеоконференции под председательством полномочного представителя Правительства Российской Федерации В. Н. Фалькова.

Заслушав и обсудив доклад директора Института В. А. Матвеева, КПП принял к сведению информацию о действиях дирекции ОИЯИ по обеспечению деятельности Института в условиях пандемии коронавирусной инфекции COVID-19, о решениях по установленному на период приостановления научной и научно-образовательной деятельности режиму работы Института, а также о мерах по охране здоровья работников. КПП отметил усилия дирекции ОИЯИ, предпринимаемые в направлении поэтапного возобновления деятельности Института в полном объеме наряду с тщательным мониторингом эпидемиологической ситуации.

КПП одобрил работу, проведенную международной рабочей группой, по подготовке единого, интегрального проекта Стратегического плана долгосрочного развития ОИЯИ, поддержал рекомендацию Ученого совета ОИЯИ о принятии представленного проекта за основу и поручил дирекции Института продолжить работу по стратегическому планированию в целях разработки Семилетнего плана развития ОИЯИ на 2024–2030 гг. с учетом мнения государств-членов и точного определения их участия в крупных исследовательских проек-

тах, а также необходимых кадровых и материальных ресурсов.

КПП принял к сведению краткий обзор развития научной программы крупных объектов научно-исследовательской инфраструктуры Института: комплекса NICA, фабрики сверхтяжелых элементов, проекта «Baikal-GVD», реактора ИБР-2 с комплексом спектрометров и Многофункционального информационно-вычислительного комплекса ОИЯИ.

КПП одобрил принятые меры по выполнению рекомендаций Комитета по анализу затрат и графику исполнения проекта «Комплекс NICA».

По информации об исполнении бюджета ОИЯИ за 2019 г. КПП утвердил сводную итоговую корректировку доходов и расходов бюджета.

КПП принял к сведению информацию об утверждении уточненного бюджета ОИЯИ на 2020 г. с общей суммой доходов и расходов 277 538,4 тыс. долларов США и разрешил директору Института в 2020 г. вносить корректировки в бюджет ОИЯИ, включая корректировки статей расходов по заработной плате и международному сотрудничеству, в рамках утвержденного бюджета в соответствии с регламентом внесения корректировок в бюджет ОИЯИ.

КПП одобрил предложения дирекции ОИЯИ об обеспечении конкурентоспособного уровня оплаты труда высококвалифицированного персонала Института и ожидает информирования об эффективности исполь-

A regular session of the Committee of Plenipotentiaries of the Governments of the JINR Member States was held on 19 June by videoconference. It was chaired by the Plenipotentiary of the Government of the Russian Federation, V. Falkov.

Having heard and discussed the report presented by JINR Director V. Matveev, the CP took note of the information about the actions by the JINR Directorate to ensure JINR activities under conditions of the pandemic of the COVID-19 coronavirus infection, of the decisions on the mode of JINR's operation set for the period of suspension of scientific and educational activities at the Institute as well as on health protection measures for the staff. The CP noted the efforts being made by the JINR Directorate towards gradual resumption of JINR activities in full, along with careful monitoring of the epidemiological situation.

The CP endorsed the work carried out by the International Working Group on the preparation of a single, integrated draft of the Strategic Plan for the Long-Term Development of JINR, supported the recommendation of the Scientific Council for considering the presented draft as a basis, and commissioned the JINR Directorate to continue work on strategic planning towards developing the Seven-Year Plan for the Development of JINR for 2024–2030 taking into account the opinions of the Member

States and defining precisely their participation in major research projects and the required human and material resources.

The CP took note of the brief overview of the development of the scientific programmes of JINR's major research infrastructure facilities: the NICA complex, the Factory of Superheavy Elements, the Baikal-GVD project, the IBR-2 reactor with its spectrometer complex, and the Multifunctional Information and Computing Complex.

The CP endorsed the measures taken to implement the recommendations of the Committee for the analysis of the expenditure and schedule for implementing the NICA complex project.

Based on the information on the execution of the JINR budget for 2019, the CP approved the consolidated final adjustment of the budget income and expenditure.

The CP took note of the information on the approval of the revised budget of JINR for 2020 with the total income and expenditure amounting to US\$277 538.4 thousand. It allowed the JINR Director to introduce adjustments to the JINR budget in 2020, including those to the expenditure items "Salaries" and "International cooperation", within the approved budget in accordance with the Regulations for the Introduction of Adjustments to the JINR budget.

зования фонда стимулирования высококвалифицированного персонала.

По докладу вице-директора Института Р.Ледницкого «О выборе аудиторской организации для проведения проверки финансовой деятельности ОИЯИ за 2019 г.», КПП утвердил (в виде исключения в текущем году) аудиторскую компанию ООО АК «Корсаков и Партнеры» для проведения проверки финансовой деятельности Института за 2019 г. и определил компанию ООО «МС Аудит» (г.Дубна) в качестве резервной. КПП утвердил план аудиторской проверки за 2019 г., представленный дирекцией ОИЯИ.

Заслушав доклад заместителя директора Института по персоналу А.В.Рузаева «О проекте Положения о персонале ОИЯИ», КПП утвердил и поручил ввести в действие Положение о персонале ОИЯИ со дня принятия настоящего решения.

Заслушав доклад директора Института В.А.Матвеева «Об утверждении в должностях вице-директоров Института», КПП принял к сведению информацию об утверждении в должностях первого вице-директора Г.В.Трубникова, вице-директоров С.Н.Дмитриева и Б.Ю.Шаркова на срок до окончания полномочий директора ОИЯИ 31 декабря 2021 г., а также об издании приказа ОИЯИ от 20.04.2020 №233 «О сроках полномочий членов дирекции ОИЯИ». КПП выразил благодарность М.Г.Иткису за многолетний труд в составе дирекции ОИЯИ, огромный вклад в результаты деятельности

Института и развитие международного научного сотрудничества.

Заслушав и обсудив информацию председателя КПП В.Н.Фалькова и директора Института В.А.Матвеева «О назначении выборов и выдвижении кандидатов для избрания на должность директора ОИЯИ», КПП назначил проведение выборов директора ОИЯИ на сессии Комитета полномочных представителей в ноябре 2020 г., а также поручил дирекции Института подготовить к данной сессии предложения о введении должности научного руководителя ОИЯИ, его статусе и полномочиях.

По докладу главного ученого секретаря Института А.С.Сорина «Об учреждении Премии Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ» КПП принял предложение дирекции Института об учреждении данной премии «за идею создания, разработку и реализацию крупномасштабных проектов ОИЯИ, выполненных на уровне высоких мировых стандартов и требований», которая призвана стимулировать творческие коллективы сотрудников Института и их партнеров в странах-участницах ОИЯИ на крупные достижения в развитии научно-исследовательской инфраструктуры, открывающие принципиально новые возможности для проведения научных исследований мирового уровня.

КПП принял во внимание отчет дирекции Института об исполнении задач Семилетнего плана развития

The CP supported the proposals of the JINR Directorate on ensuring a competitive level of remuneration for JINR's highly qualified staff and wished to be informed about the efficiency of using the incentive fund for highly qualified staff.

Following the report "Selection of an organization for auditing JINR's financial activities for 2019" presented by JINR Vice-Director R.Lednický, the CP approved, on an exceptional basis in the current year, the audit company LLC AC "Korsakov and Partners" for auditing JINR's financial activities for 2019 and identified the LLC "MS Audit" (Dubna) as a backup company. The CP approved the plan for auditing JINR's financial activities for 2019 presented by the JINR Directorate.

Having heard the report "Draft Staff Regulations of JINR" by A.Ruzaev, Deputy Director of JINR for Human Resources, the CP approved the Staff Regulations of JINR enacting it from the date of taking this decision.

Having heard the report "Endorsement of appointments of Vice-Directors of JINR" presented by JINR Director V.Matveev, the CP took note of the information about the endorsement of appointments of First Vice-Director G.Trubnikov, Vice-Directors S.Dmitriev and B.Sharkov until the completion of the term of office of the JINR Director on 31 December 2021 as well as on the issuance of JINR's

Order No.233 of 20.04.2020 "On the terms of office of the JINR Directorate members". The CP expressed gratitude to M.Itkis for his many years of work as a member of the JINR Directorate, for his enormous contribution to the activities of JINR and to the development of international scientific cooperation.

Having heard and discussed the information "Calling of the election and nomination of candidates for the position of Director of JINR" presented by CP Chair V.Falkov and JINR Director V.Matveev, the CP called the election of the JINR Director for the CP session in November 2020; it also commissioned the JINR Directorate to prepare for this session proposals on instituting the position of Scientific Leader of JINR, his status and powers.

Having heard the report "Establishment of the Prize of the JINR Committee of Plenipotentiaries of the Governments of the JINR Member States" presented by A.Sorin, Chief Scientific Secretary of JINR, the CP accepted the proposal by the JINR Directorate to establish this prize "For initiating, developing, and implementing large-scale projects at JINR completed to the highest international standards and requirements". The JINR CP Prize is intended to stimulate creative teams of JINR staff and their partners in Member States for major achievements in the development of research infrastructure which open fun-

ОИЯИ за 2019 г. и постановление КПП ОИЯИ от 25 марта 2019 г., которым отмечено успешное завершение важнейшего этапа в создании уникального ускорительного комплекса, нацеленного на получение прорывных результатов в области синтеза новых сверхтяжелых элементов, и дана высокая оценка научно-технического уровня реализации проекта по созданию циклотрона

ДЦ-280 и участия в нем большинства государств-членов ОИЯИ, а также получение всех необходимых лицензий для начала экспериментальных исследований, и присудил Премию Комитета полномочных представителей правительств государств-членов ОИЯИ коллективу сотрудников ОИЯИ во главе с научным руководителем ЛЯР академиком Ю. Ц. Оганесяном.

Дубна, 19 июня.
Сессия КПП ОИЯИ

Dubna, 19 June.
Regular JINR CP
session



damentally new opportunities for conducting world-class scientific research.

Taking into account the report by the JINR Directorate on implementing the tasks of the Seven-Year Plan for the Development of JINR for 2019 and the statement of the JINR CP dated 25 March 2019, in which the CP noted the

successful completion of the major stage in the construction of a unique accelerator complex aimed at obtaining breakthrough results in the field of the synthesis of new superheavy elements and in which the CP appreciated highly the scientific and technological quality of the realization of the project to build the DC-280 cyclotron and the partici-

По докладу главного ученого секретаря Института А. С. Сорина «Об изменениях в составе Ученого совета ОИЯИ» КПП избрал членом Ученого совета ОИЯИ А. Апраамян (Университет Нотр-Дам, США).

По информации полномочного представителя Правительства Республики Узбекистан Б. С. Юлдашева «О возобновлении полноправного членства Республики Узбекистан в ОИЯИ» КПП выразил готовность возобновить полноправное участие Республики Узбекистан в деятельности ОИЯИ и поручил рабочей группе при председателе КПП по финансовым вопросам ОИЯИ совместно с полномочным представителем Правительства Республики Узбекистан и дирекцией Института проработать финансовые условия возобновления полноправного участия Республики Узбекистан в ОИЯИ.

52-я сессия Программно-консультативного комитета по ядерной физике состоялась 25 июня в формате видеоконференции под председательством профессора М. Левитовича.

Председатель ПКК представил краткое сообщение о выполнении рекомендаций предыдущей сессии. Вице-директор ОИЯИ С. Н. Дмитриев проинформировал ПКК о резолюции 127-й сессии Ученого совета (февраль 2020 г.) и решениях КПП ОИЯИ (июнь 2020 г.).

ПКК был проинформирован дирекцией ОИЯИ о назначении Г. В. Трубникова на должность первого вице-директора ОИЯИ, С. Н. Дмитриева на должность вице-директора ОИЯИ, Б. Ю. Шаркова на должность вице-директора ОИЯИ и С. И. Сидорчука на должность директора ЛЯР. ПКК пожелал им успешной работы на новых должностях, а также отметил плодотворную работу М. Г. Иткиса на посту вице-директора ОИЯИ и С. Н. Дмитриева на посту директора ЛЯР, внесших бесценный вклад в развитие ОИЯИ и лаборатории.

ПКК был проинформирован о состоянии дел на фабрике сверхтяжелых элементов ЛЯР. На ускорителе ДЦ-280 завершён монтаж и ведутся пусконаладочные работы системы «flat-top». На газонаполненном сепараторе ГНС-2 создается система дифференциальной откачки, использование которой в сочетании с системой «flat-top» позволит проводить эксперименты на пучках предельно высокой интенсивности ДЦ-280. Все

pation in it of most JINR Member States, also taking into account the obtaining of all the licenses necessary for conducting experiments, the CP conferred the JINR CP Prize upon the JINR team headed by FLNR Scientific Leader Yu. Oganessian.

Following the report “Changes in the membership of the JINR Scientific Council” presented by A. Sorin, Chief Scientific Secretary of JINR, the CP elected A. Aprahamian (University of Notre Dame, USA) as a new member of the JINR Scientific Council.

Based on the information “Resumption of the full membership of the Republic of Uzbekistan in JINR” presented by B. Yuldashev, Plenipotentiary of the Government of the Republic of Uzbekistan, the CP expressed readiness to resume full participation of the Republic of Uzbekistan in the activities of JINR. It commissioned the Working Group under the CP Chair for JINR Financial Issues together with the Plenipotentiary of the Government of the Republic of Uzbekistan and the JINR Directorate to work out the financial conditions for renewing the full participation of the Republic of Uzbekistan in the activities of JINR.

The 52nd meeting of the Programme Advisory Committee for Nuclear Physics was held on 25 June by videoconference. It was chaired by Professor M. Lewitowicz.

The Chairman of the PAC presented an overview of the implementation of the recommendations taken at the previous meeting. JINR Vice-Director S. Dmitriev informed the PAC about the Resolution of the 127th session of the Scientific Council (February 2020) and about the decisions of the Committee of Plenipotentiaries (June 2020).

The PAC was informed about the appointments of G. Trubnikov as First Vice-Director of JINR, S. Dmitriev as Vice-Director of JINR, B. Sharkov as Vice-Director of JINR, and S. Sidorchuk as Director of FLNR. The PAC wishes them a bright future in these new positions. The Committee also acknowledged the excellent work accomplished by the former JINR Vice-Director M. Itkis and the former FLNR Director S. Dmitriev who had made invaluable contributions to the progress of JINR and FLNR.

The PAC was informed about the status of the Factory of Superheavy Elements (SHE Factory) at FLNR. At present, installation of the “flat-top” system has been completed at the DC-280 cyclotron and is being tested. A differential pumping system is being constructed at the GFS-2 gas-filled separator; if used in combination with the “flat-top”

запланированные ранее тестовые эксперименты завершены. Подготовлен первый эксперимент по получению изотопов московия в реакции $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$.

ПКК заслушал отчет о результатах работ в рамках завершаемой темы «Совершенствование фазотрона ЛЯП (ОИЯИ) и разработка циклотронов для физических и прикладных исследований», представленный Г. А. Карамышевой.

Благодаря проведенной в 2016–2020 гг. модернизации фазотрона и трактов пучков была обеспечена стабильная работа ускорителя в среднем 1000 ч в год, около 80 % из которых использованы на медицинские цели. Исследования по теме в основном фокусировались на разработке и совершенствовании циклотронов для адронной терапии.

Важные работы проведены в сотрудничестве с Институтом ядерной физики Польской академии наук по модернизации циклотрона АИЦ-144 в Кракове и с Институтом физики плазмы Китайской академии наук (Хэфэй) по проектированию и созданию сверхпроводящего изохронного циклотрона SC200 для протонной терапии. В ОИЯИ был разработан физический проект компактного сверхпроводящего циклотрона SC230, имеющего меньшие размеры и необходимый уровень магнитного поля. Ускоритель SC230 может стать кандидатом для дальнейшей реализации медико-биологической исследовательской программы в ОИЯИ.

ПКК констатировал, что для выбора пути реализации современного протонно-терапевтического центра в ОИЯИ необходимо сформулировать четкие критерии, в соответствии с которыми может быть создан ускоритель для медицинских целей, в частности конкретизировать количество пациентов, которое планируется принимать, и количество сеансов протонной терапии для них.

ПКК рекомендовал рассмотреть возможность продолжения коллективом активности в области разработки, создания и модернизации циклотронов, включая сотрудничество в области совершенствования медицинских циклотронов, в рамках одной из тем ЛЯП, а также рекомендовал дирекции ОИЯИ принять в ближайшее время решение по этому направлению и поддержать работы по выбору оптимальной установки для протонной терапии.

ПКК заслушал доклад о планах по развитию ускорителя ЭГ-5 и его экспериментальной инфраструктуры в ЛНФ, представленный А. С. Дорошкевичем, и отметил исключительную важность ЭГ-5 для ОИЯИ и стран-участниц. В подготовленных материалах дано детальное сравнение двух технических решений: модернизации существующего ускорителя ЭГ-5 и покупки нового ускорителя с аналогичными конструкторскими параметрами. Наиболее эффективным решением по материальным затратам является модернизация ускорителя ЭГ-5.

system, it will allow experiments with the highest possible intensity of ion beams produced by DC-280. All previously scheduled test experiments have been completed. The first experiment to produce moscovium isotopes in the $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$ reaction has been prepared.

The PAC heard a report on the results of work under the theme "Improvement of the JINR Phasotron and Design of Cyclotrons for Fundamental and Applied Research" presented by G. Karamysheva.

Due to the upgrade of the Phasotron and its beam lines carried out in 2016–2020, a stable operation of the accelerator was ensured for an average of 1000 h per year; of these, about 80% was used for medical research. Research under the theme was focused mostly on developing and improving cyclotrons used in hadron therapy.

The most important activities were carried out in collaboration with the Institute of Nuclear Physics, Polish Academy of Sciences, on the modernization of the IAC-144 cyclotron in Kraków and with the Institute of Plasma Physics of the Chinese Academy of Sciences (Hefei) on the design and manufacture of the superconducting isochronous SC200 cyclotron for proton therapy. Design of the SC230 compact superconducting cyclotron with smaller dimensions and a required magnetic field level was developed by the project's group members. The SC230

accelerator may become a candidate for the further realization of the biomedical research programme at JINR.

The PAC noted that for choosing the direction towards the realization of a modern proton therapy facility at JINR clear criteria should be formulated according to which the choice of the dedicated medical accelerator could be made, in particular, to present more details on how many patients and fractions for proton therapy would be planned.

The PAC recommended continuing the studies planned by the team in the field of development, construction and upgrade of cyclotrons, including cooperation in the field of medical cyclotrons under one of the DLNP themes. It also recommended that the JINR Directorate make soon a decision on this direction and support the realization of an optimized facility for proton therapy.

The PAC heard a report on the plans for the development of the EG-5 accelerator and its experimental infrastructure at FLNP presented by A. Doroshkevich. The PAC noted the utmost importance of EG-5 for JINR and its Member States. The authors compared in detail two technical solutions: modernization of the existing EG-5 accelerator and purchase of a new accelerator with similar design parameters. The choice of the most cost-effective solution is modernization of the EG-5 accelerator.

The PAC recommended that the FLNP Directorate prepare and open a project to modernize the existing ac-

ПКК рекомендовал дирекции ЛНФ подготовить и открыть проект по модернизации существующего ускорителя и сопутствующей экспериментальной инфраструктуры в рамках темы «Исследования взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств нейтрона» с финансированием в рамках бюджета текущего Семилетнего плана развития ОИЯИ, начиная с 2021 г.

ПКК заслушал предложение по открытию нового проекта «Измерение обычного мюонного захвата для проверки ядерных матричных элементов 2β -распадов» (проект МОНУМЕНТ), представленное Д.Р. Зинатулиной. Целью данного проекта является проведение измерений мюонного захвата на нескольких дочерних (по отношению к кандидатам на 2β -распад) ядрах. Постановка таких экспериментов

Дубна, 25 июня. 52-я сессия ПКК по ядерной физике



Dubna, 25 June. The 52nd meeting of the PAC for Nuclear Physics

celerator and associated experimental infrastructure activities under the theme “Investigations of Neutron Nuclear Interactions and Properties of the Neutron” with financing from the budget of the current Seven-Year Plan for the Development of JINR, starting in 2021.

The PAC heard a proposal to open a new project “Measurement of ordinary muon capture for testing nuclear matrix elements of 2β -decays (project MONUMENT)” presented by D. Zinatulina. This project is aimed at carrying

out experimental measurements of muon capture at several daughter candidates for 2β -decay nuclei. Obtained results would have high importance for checking the accuracy of theoretical calculations of nuclear matrix elements. The measurements of muon capture will be carried out at the meson factory of the Paul Scherrer Institute (PSI) in Switzerland. This application was reviewed and approved by the PSI User Committee in 2020; the beam time was officially granted for a preliminary study of ^{136}Ba with a fur-

важна для проверки точности теоретических расчетов ядерных матричных элементов. Измерения мюонного захвата будут проводиться на мезонной фабрике Института им. П. Шеррера (PSI) в Швейцарии. Заявка на эксперимент была рассмотрена и одобрена программным комитетом PSI, в 2020 г. предоставлено время на пучке для предварительного исследования на ^{136}Ba с дальнейшей программой измерений на три года. Предложенный проект является продолжением и расширением программы измерений обычного мюонного распада, ранее реализованной под руководством сотрудников ОИЯИ в период 1998–2006 г. Участники проекта имеют необходимые знания и богатый опыт в прецизионной ядерной спектроскопии и реализации экспериментов, связанных с изучением не только редких процессов, но и мюонного захвата. ПКК рекомендовал открыть проект МОНУМЕНТ сроком на 2021–2023 гг. с первым приоритетом и обеспечить проект полным запрашиваемым финансированием.

53-я сессия Программно-консультативного комитета по физике частиц состоялась 29 июня в формате видеоконференции под председательством профессора И. Церруа.

Председатель ПКК представил обзор выполнения рекомендаций, принятых на предыдущей сессии, и от-

дельно остановился на резолюции 127-й сессии Ученого совета ОИЯИ, касающейся ПКК по физике частиц.

ПКК заслушал доклад о ходе реализации проекта «Нуклотрон–NICA», представленный А. О. Сидориным. Испытания основных систем бустера завершены. ПКК приветствовал активную подготовку к запуску синхротрона бустера с пучком в августе 2020 г., но выразил обеспокоенность по поводу отсутствия достаточной рабочей силы для строительства и испытания магнитов, что может серьезно повлиять на общий график проекта NICA.

ПКК одобрил успехи в развитии инфраструктуры ЛФВЭ, о которых доложил Н. Н. Агапов. Несмотря на сложную эпидемиологическую ситуацию, все системы инфраструктуры развиваются без простоев и в основном необходимыми темпами.

ПКК отметил успешные результаты подготовки детектора BM@N к сеансам по физике тяжелых ионов, запланированным на 2021 г., представленные М. Н. Капишиным, и рекомендовал команде BM@N в ближайшее время опубликовать результаты, полученные с пучками C и Ar.

ПКК принял к сведению отчет о ходе реализации проекта MPD, представленный А. Кищелем, и рекомендовал продлить проект до конца 2025 г. с первым приоритетом. ПКК приветствовал устойчивый прогресс в сборке и производстве большинства компонентов детектора MPD, предусмотренных в конфигурации первой ступени, выразив обеспокоенность по поводу за-

ther experimental programme for three years. This project continues and extends the previous ordinary muon decay programme proposed and implemented under the leadership of JINR researchers from 1998 to 2006. The participants of the project have the required expertise and experience in the field of high-precision nuclear spectroscopy and its implementation to study not only rare processes but also muon capture. The PAC recommended opening the MONUMENT project for 2021–2023 with first priority and providing the project with full requested funding.

The 53rd meeting of the Programme Advisory Committee for Particle Physics took place on 29 June by videoconference. It was chaired by Professor I. Tserruya.

The Chairman of the PAC presented an overview of the implementation of the recommendations taken at the previous meeting and highlighted the Resolution of the 127th session of the JINR Scientific Council relevant to the PAC for Particle Physics.

The PAC heard a report on the progress towards realization of the Nuclotron–NICA project presented by A. Sidorin. The tests of the main Booster systems were completed. The PAC welcomed the active preparations for launching the Booster synchrotron with beam in August

2020 but expressed its concern with the lack of manpower sufficient for the collider magnet construction and tests that could seriously impact the overall schedule of the NICA project.

The PAC welcomed the progress in the infrastructure developments at VBLHEP presented by N. Agapov. Despite the difficult pandemic situation, all areas of infrastructure development are advancing without downtime and basically at the necessary pace.

The PAC appreciated the progress towards upgrade of the BM@N detector for the heavy-ion physics runs planned for 2021 presented by M. Kapishin. It encouraged the BM@N team to publish the results obtained with the C and Ar beams as soon as possible.

The PAC took note of the report on the progress towards realization of the MPD project presented by A. Kisiel and recommended extension of the project until the end of 2025 with first priority. The PAC welcomed the steady progress in the assembly and production of most MPD detector components foreseen in the first stage configuration. The PAC expressed its concern with the delay in the ECAL construction and the resulting impact on the physics programme, with only half of the coverage foreseen now at the first stage while the second half is expected at a later stage. The PAC appreciated the ongoing Monte Carlo simulations of the detector and physics processes while pre-

держки в создании ECAL и ее влияния на выполнение физической программы. ПКК высоко оценил монте-карло-моделирование детектора и физических процессов при подготовке к первым пучкам ядер в MPD и приветствовал планы по ее активизации.

Приняв к сведению отчет по проекту «Изучение структуры нуклонов и адронов в ЦЕРН — Проект COMPASS-II», представленный А.П.Нагайцевым, ПКК призвал группу ОИЯИ расширить свое участие в анализе данных и развивать совместные работы в физическом анализе, чтобы обеспечить научное признание двадцатилетней работы группы в проекте COMPASS. По завершении проекта в 2022 г. группа должна изучить возможности участия в MPD и SPD, где ее опыт, безусловно, очень необходим. ПКК рекомендовал продлить проект COMPASS-II до конца 2022 г. с первым приоритетом.

ПКК принял к сведению отчет по проекту «Астрофизические исследования в эксперименте TAIGA», представленный Л.Г.Ткачевым, и рекомендовал продлить проект TAIGA до конца 2023 г. с первым приоритетом. Основной зоной ответственности группы ОИЯИ является проектирование атмосферного черенковского телескопа изображений (IACT), изготовление и испытания механики. Третий телескоп был отправлен в Сибирь в апреле 2020 г., четвертый IACT будет построен в 2021–2023 г. ПКК призвал группу, в частности молодых исследователей, усилить свое участие в анализе данных, а также более активно публиковать методические результаты.

ПКК высоко оценил доклад об участии ОИЯИ в экспериментах Daya Bay и JUNO, представленный Д.В.Наумовым. Группа ОИЯИ продолжит анализ нейтринных осцилляций и поиски стерильных нейтрино в

Дубна, 29 июня. 53-я сессия ПКК по физике частиц



Dubna, 29 June. The 53rd meeting of the PAC for Particle Physics

paring the first beams in MPD and welcomed the plans to intensify this effort.

The PAC took note of the report on the project “Studies of the nucleon and hadron structure at CERN — Project COMPASS-II” presented by A.Nagaytsev. The PAC encouraged the JINR team to enhance its participation in the data analysis and develop collaborative work for the physics exploitation of the data to secure scientific recognition of the group’s two-decade-long work in COMPASS. By the project completion in 2022, the group should explore its possible participation in MPD and SPD where its expertise is certainly very much needed. The PAC recommended extension of the COMPASS-II project until the end of 2022 with first priority.

The PAC took note of the report on the project “Astrophysical studies in the TAIGA experiment” presented

by L.Tkatchev and recommended extension of the TAIGA project until the end of 2023 with first priority. The main responsibility of the JINR group is the design of Imaging Atmospheric Cherenkov Telescope (IACT), mechanics manufacturing and tests. The third telescope was sent to Siberia in April 2020, the fourth IACT will be built during 2021–2023. The PAC encouraged the team, in particular its young researchers, to strengthen their participation in the data analysis and to publish the methodological results obtained more actively.

The PAC appreciated the report presented by D.Naumov on JINR’s participation in the Daya Bay and JUNO experiments. The JINR team will continue the neutrino oscillation analysis and searches for sterile neutrinos in the Daya Bay experiment and will contribute to the development, construction and commissioning of various

эксперименте Daya Bay, а также внесет вклад в разработку, создание и ввод в эксплуатацию различных частей проекта JUNO: источников высокого напряжения, детектора Top Tracker, новой испытательной станции для больших фотоумножителей, близкого детектора TAO, пакетов программного обеспечения для обработки данных и для проекта глобального анализа нейтрино (GNA). Ожидается, что дата-центр ОИЯИ станет одним из трех европейских центров, обрабатывающих данные эксперимента JUNO. ПКК отметил качество работы, выполненной группой ОИЯИ, и рекомендовал продолжить реализацию проекта JUNO с первым приоритетом до конца 2023 г.

ПКК с интересом заслушал доклад об участии ОИЯИ в эксперименте NO ν A и новых результатах в исследовании нейтринных осцилляций, представленный А.Г.Ольшевским. С 2014 г. группа ОИЯИ внесла значительный вклад в эксперимент, члены команды активно участвуют в продолжающемся анализе осцилляций нейтрино, исследованиях сверхновых и атмосферных нейтрино и в поисках монополя Дирака, а также выполняют различные руководящие функции, связанные с организацией моделирования детекторов, координацией разработки программного обеспечения для офлайн-обработки данных и для DAQ, экспертной оценкой в DAQ, DDT и ROC.

Группа ОИЯИ представила свои планы в будущем нейтринном проекте LBNF/DUNE во FNAL/SURF, свя-

занные с постепенным увеличением участия в этом крупном международном эксперименте, который, как ожидается, начнется после завершения NO ν A. ПКК рекомендовал продолжить работу в NO ν A и одобрить участие в DUNE до 2023 г. с первым приоритетом. ПКК призвал дирекцию ОИЯИ предоставить необходимые ресурсы для проекта DUNE, чтобы гарантировать значимое участие группы ОИЯИ, которая должна играть роль плацдарма для будущего присоединения к проекту еще большего числа групп, связанных с ОИЯИ.

52-я сессия Программно-консультативного комитета по физике конденсированных сред состоялась 2 июля в формате видеоконференции под председательством профессора Д. Л. Надя.

Приняв к сведению доклад о разработке концепции нового источника нейтронов в ЛНФ, представленный В. Н. Швецовым, ПКК отметил результаты технического проектирования реактора ИБР-3, а также начало сотрудничества ОИЯИ с потенциальным производителем топлива для реактора. Совместно с НИКИЭТ им. Н. А. Доллежала (Москва) подготовлено техническое задание на разработку технического предложения нового источника нейтронов. Группой отделов комплекса спектрометров и исследований конденсированных сред ЛНФ продолжена работа по экспериментальному определению, моделированию и поиску средств подав-

parts of the JUNO project: high-voltage units, Top Tracker detector, new test station for the large detector PMTs, TAO near detector, software packages for data processing and Global Neutrino Analysis. The JINR data centre is expected to be one of the three European centres managing JUNO data. The PAC noted the high quality of the work performed by the JINR group and recommended continuation of the JUNO project with first priority until the end of 2023.

The PAC heard with interest the report on JINR's participation in the NO ν A experiment and on the new results in the study of neutrino oscillations presented by A. Olshevskiy. Since 2014 the JINR group has made significant contributions to the experiment; the team members are well involved in the ongoing neutrino oscillation analyses and the studies of supernova and atmospheric neutrinos, as well as in Dirac monopole searches. JINR employees also act in various leading roles, such as Detector Simulation Convener, offline and DAQ software release managers, DAQ, DDT and ROC experts.

The JINR group also presented its plans for the future LBNF/DUNE neutrino project at FNAL/SURF, with a gradual increase in their participation in this large-scale international experiment expected to start after completion of NO ν A. The PAC recommended continuation of NO ν A and approval of the group's participation in DUNE, both until 2023 with first priority. The PAC encouraged the JINR Directorate to

provide the necessary resources to the DUNE project in order to guarantee visible participation of the group. The JINR group should play the role of bridgehead for the future joining of more groups associated with JINR.

The 52nd meeting of the Programme Advisory Committee for Condensed Matter Physics was held on 2 July by videoconference. It was chaired by Professor D. L. Nagy.

The PAC took note of the report on the development of a new neutron source at FLNP presented by V. Shvetsov. The PAC noted the results achieved in the technical design of the IBR-3 reactor as well as the beginning of JINR's cooperation with the potential fuel manufacturer. The technical requirements for the development of the Technical Proposal of the new neutron source were prepared in cooperation with the N. Dollezhal RDIPE (Moscow). A collaborative workgroup from FLNP's Department of Spectrometer Complex and Department of Neutron Investigations of Condensed Matter continued activities on the experimental determination, modeling and search for means of suppressing the backgrounds at the extracted beams of the IBR-2 reactor. The PAC recommended deeper elaboration of the IBR-3 Technical Proposal and continuation of the ac-

ления фонов на выведенных пучках ИБР-2. ПҚК рекомендовал глубже проработать техническое задание для ИБР-3 и продолжить работы по изучению и подавлению фона нейтронов на спектрометрах ИБР-2.

ПҚК принял к сведению информацию о разработках установки для структурных исследований с использованием синхротронного рентгеновского излучения в Национальном центре синхротронного излучения SOLARIS, представленную Н. Кучеркой. Совместные усилия ОИЯИ и SOLARIS по созданию лаборатории SOLCRYС позволят расширить набор подходов к исследованию конденсированных сред в ОИЯИ. ПҚК приветствовал прогресс в создании лаборатории SOLCRYС и рекомендовал уделять пристальное внимание деталям проекта.

Заслушав отчет по завершающейся теме «Исследования конденсированного состояния вещества с использованием современных методов нейтронографии», представленный Д. П. Козленко, ПҚК рекомендовал открыть новую тему «Исследования функциональных материалов и наносистем с использованием рассеяния нейтронов» на 2021–2025 гг.

ПҚК поддержал предложение об открытии нового проекта «Создание спектрометра неупругого рассеяния нейтронов в обратной геометрии на реакторе ИБР-2» на 2021–2023 гг., представленные Д. Худобой. Расчетные параметры нового спектрометра на два порядка лучше, чем у спектрометра NERA. Ожидается,

что новый спектрометр с предлагаемыми параметрами будет конкурентоспособен по отношению к аналогичным приборам, уже существующим в ведущих европейских нейтронных лабораториях.

ПҚК рекомендовал закрыть завершающуюся тему «Развитие экспериментальной базы для проведения исследований конденсированных сред на пучках ИЯУ ИБР-2», отчет по которой был представлен С. А. Куликовым, и открыть новую тему «Научно-методические исследования и разработки для изучения конденсированных сред на нейтронных пучках ИБР-2» на 2021–2025 гг. ПҚК отметил, что все запланированные работы по завершающейся теме успешно выполнены. ПҚК рекомендовал закрыть завершающиеся в рамках этой темы проекты ДОР и ДТМ, представленные В. В. Кругловым и А. Н. Черниковым соответственно, а также открыть новый проект «Создание широкоапертурного детектора обратного рассеяния (ДОР) для дифрактометра ФДВР» для реализации в 2021–2023 гг.

Рассмотрев письменный отчет о завершающемся проекте «Система нейтронного операндо-мониторинга и диагностики материалов и интерфейсов для электрохимических накопителей энергии на ИЯУ ИБР-2», подготовленный М. В. Авдеевым, ПҚК с удовлетворением отметил, что цели проекта по широкой адаптации методов нейтронного рассеяния и систем окружения образца для изучения эволюции структуры электрохимических интерфейсов и электродных материалов в

tivities on studying and suppressing neutron background at the IBR-2 instruments.

The PAC took note of the information about developments regarding the joint facility for structural research using synchrotron X-rays at the SOLARIS National Synchrotron Radiation Centre presented by N. Kučerka. The JINR–SOLARIS collaborative efforts towards building the SOLCRYС laboratory will extend the suite of condensed matter research approaches at JINR. The PAC welcomed the progress in constructing the SOLCRYС laboratory, while recommending paying close attention to the design details.

The PAC took note of the report on the concluding theme “Investigations of Condensed Matter by Modern Neutron Scattering Methods” presented by D. Kozlenko and recommended opening a new theme “Investigations of Functional Materials and Nanosystems Using Neutron Scattering” for 2021–2025.

The PAC supported the proposal for opening a new project “Development of inverse geometry inelastic neutron scattering spectrometer at the IBR-2 reactor” for 2021–2023 presented by D. Chudoba. The estimated parameters of the new spectrometer are up to two orders of magnitude better than those of the NERA spectrometer. The new spectrometer with the proposed parameters is expected to

be competitive to similar devices already existing in leading European neutron laboratories.

The PAC recommended closure of the theme “Development of Experimental Facilities for Condensed Matter Investigations with Beams of the IBR-2 Facility” as reported by S. Kulikov and opening the new theme “Scientific and Methodological Research and Developments for Condensed Matter Investigations with IBR-2 Neutron Beams” for 2021–2025. The PAC noted with satisfaction that all work planned under the concluding theme had been successfully completed. The PAC recommended closure of the completed BSD and PTH projects, as reported by V. Kruglov and A. Chernikov, respectively, and opening the new project “Construction of a wide-aperture backscattering detector (BSD) for the HRFD diffractometer” for implementation in 2021–2023.

The PAC considered the written report presented by M. Avdeev on the concluding project “A system for neutron operando monitoring and diagnostics of materials and interfaces for electrochemical energy storage devices at the IBR-2 reactor”. The PAC was pleased to note that the project objectives on wide adaptation of neutron scattering methods and sample environment systems for studying the evolution of the structure of electrochemical interfaces and electrode materials in operando mode had been fully achieved and recommended closure of the project.

режиме *operando* полностью достигнуты, и рекомендовал закрыть данный проект.

ПКК рекомендовал продлить тему «Современные тенденции и разработки в области рамановской микроспектроскопии и фотолюминесценции для исследований конденсированных сред», отчет по которой был представлен Г.М. Арзумяном, на 2021–2023 гг. С учетом успешного выполнения ПКК рекомендовал закрыть проект «Нанобиофотоника» и поддержал открытие нового проекта «Биофотоника» для выполнения в 2021–2023 гг.

Заслушав отчет по завершающейся теме и проекту «Новые полупроводниковые детекторы для фундаментальных и прикладных исследований» и предложение по их расширению, представленные Г.А. Шелковым, ПКК рекомендовал продлить данные тему и проект на 2021–2023 гг.

ПКК рекомендовал продлить проект ПАС, отчет по которому был представлен К.Семеком, на 2021–2023 гг., с удовлетворением отметив прогресс в развитии метода ПАС в ЛЯП, включая создание системы реактивного ионного травления и разработку системы упорядочения потока позитронов на основе криогенного источника монохроматических позитронов (КРИМП).

ПКК рекомендовал открыть новый проект «Изучение радиопротекторных свойств белка Damage suppressor (Dsup) на модельном объекте *D. melanogaster* и культуре клеток человека HEK293T», пред-

ставленный Е.В. Кравченко, для реализации в ЛЯП на 2021–2022 гг., отметив новизну предлагаемых в проекте исследований и высокий методологический уровень планируемых экспериментов.

ПКК рекомендовал продлить тему и проект «Исследования биологического действия тяжелых заряженных частиц различных энергий», отчет по которому был представлен А.Н. Бугаев, на 2021–2023 гг.

ПКК принял к сведению письменный отчет о ходе работ по теме «Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных» за 2019–2020 гг., подготовленный Г.Адамом, и приветствовал дальнейшее продолжение рассмотренных направлений деятельности в рамках данной темы.

В качестве общей рекомендации ПКК предложил дирекции ОИЯИ рассмотреть возможность стимулирования молодых ученых выдвигать инициативные проекты в области научных исследований и создания установок.

The PAC recommended extension of the theme “Modern Trends and Developments in Raman Microspectroscopy and Photoluminescence for Condensed Matter Studies” for 2021–2023 reported by G. Arzumanyan. Given the successful realization, the PAC recommended closure of the “Nanobiophotonics” project and supported opening the “Biophotonics” project for implementation in 2021–2023.

The PAC took note of the report on the concluding theme and project “Novel Semiconductor Detectors for Fundamental and Applied Research” and of the proposal for their extension presented by G. Shelkov. The PAC recommended extension of these theme and project for 2021–2023.

The PAC recommended extension for 2021–2023 of the PAS project as reported by K. Siemek. It noted with satisfaction the progress in developing the PAS method at DLNP including construction of a reactive ion etching system and development of a system of positron ordered flux based on Cryogenic Source of Monochromatic Positrons (CSMP).

The PAC recommended opening the new project “Study of the radioprotective properties of the Damage Suppressor (Dsup) protein on a model organism *D. melanogaster* and human cell culture HEK293T” presented by E. Kravchenko for its implementation at DLNP in 2021–2022. The PAC noted the novelty of the research proposed

and the high methodological level of the planned experiments.

The PAC recommended extension of the theme and project “Research on the Biological Effect of Heavy Charged Particles with Different Energies”, as reported by A. Bugay, for 2021–2023.

The PAC took note of the written progress report on the theme “Methods, Algorithms and Software for Modeling Physical Systems, Mathematical Processing and Analysis of Experimental Data” for the period of 2019–2020, prepared by G. Adam, and welcomed further continuation of the reviewed activities within this theme.

As a general recommendation, the PAC suggested that the JINR Directorate consider the possibility of encouraging young scientists to apply for additional projects to develop their own ideas in the field of science and instrumentation.

27 апреля в формате видеоконференции состоялось 42-е заседание комитета Россия—ЦЕРН — первое после вступления в силу нового соглашения между Правительством РФ и ЦЕРН о научно-техническом сотрудничестве. Делегацию ЦЕРН возглавляла ее генеральный директор Ф. Джанотти; сопредседателем комитета со стороны России стал заместитель министра науки и высшего образования РФ С. В. Люлин. От ОИЯИ во встрече принимали участие директор ОИЯИ академик В. А. Матвеев, вице-директор ОИЯИ академик Б. Ю. Шарков и вице-директор ОИЯИ, директор ЛФВЭ член-корреспондент РАН В. Д. Кекелидзе.

Стороны детально обсудили вопросы участия Российской Федерации во второй фазе модернизации LHC и создании LHC высокой светимости, совместном техническом обслуживании и эксплуатации детекторов коллайдера и другие практические вопросы.

Делегацией ЦЕРН были представлены дальнейшие шаги по формированию Европейской стратегии физики частиц. Члены российской делегации проинформировали о ходе имплементации инициатив Российской Федерации по развитию крупной исследовательской инфраструктуры класса «мегасайенс» в рамках национального проекта «Наука», в частности проекта NICA. Б. Ю. Шарков представил ко-

митету стратегию развития Института до 2030 г. и в последующий период.

27–29 мая состоялась 11-я сессия Экспертного комитета по ускорителям проекта NICA (Machine Advisory Committee — MAC), проведенная в режиме видеоконференции. Несмотря на то, что членами MAC являются специалисты из Японии, Европы и США, было выбрано приемлемое для всех время проведения заседаний.

В заседаниях комитета приняли участие директор ОИЯИ В. А. Матвеев, первый вице-директор Г. В. Трубников, вице-директор Б. Ю. Шарков, руководитель проекта «Комплекс NICA» В. Д. Кекелидзе и соруководитель проекта «Комплекс NICA» А. С. Сорин.

В ходе заседаний были заслушаны 13 докладов. В. Д. Кекелидзе представил организационную структуру проекта NICA и проинформировал членов MAC о результатах первого заседания комитета по оценке расходов и графика реализации проекта «Комплекс NICA», проведенного в Дубне 24–26 февраля 2020 г. Состояние работ по вводу в эксплуатацию бустера NICA было основной темой доклада начальника ускорительного отделения ЛФВЭ А. В. Бутенко. Специалистами ОИЯИ и их коллегами из ИЯФ им. Г. И. Будкера были представлены доклады, посвященные основным системам и

On 27 April, the 42nd meeting of the Committee Russia—CERN was held as a videoconference — it was the first meeting after the new Agreement between the RF Government and CERN on scientific-technical cooperation came into force. CERN Director General F. Gianotti headed the delegation from CERN; Co-Chairman of the Committee on the side of Russia was Deputy Minister of Science and Higher Education of the Russian Federation S. Lyulin. JINR was represented by JINR Director Academician V. Matveev, JINR Vice-Director Academician B. Sharkov and JINR Vice-Director, VBLHEP Director RAS Corresponding Member V. Kekelidze.

At the meeting, the parties discussed in detail the participation of the Russian Federation in the second phase of modernization of the Large Hadron Collider (LHC) and establishment of the High-Luminosity LHC, joint maintenance and usage of the LHC detectors, and other practical issues.

CERN delegation presented further steps to form a European Strategy for Particle Physics. For their part, members of the Russian delegation presented information on the implementation of the Russian Federation's initiatives for the fulfilment of projects in the fields of megascience research infrastructure

within the National Project “Science”, in particular, the NICA project. Academician B. Sharkov presented the strategy of JINR development until 2030 and beyond to the Committee.

On 27–29 May, the 11th session of the NICA Machine Advisory Committee (MAC) was held in the format of videoconference. Despite the fact that MAC members are specialists from Japan, Europe, and the USA, the time of broadcast was chosen acceptable for the Committee members.

All meetings of the Committee were attended by JINR Director V. Matveev, First Vice-Director G. Trubnikov, Vice-Director B. Sharkov, Head of the project “NICA Complex” V. Kekelidze, and Co-Head of the project “NICA Complex” A. Sorin.

Thirteen reports were presented. V. Kekelidze described organizational structure of the NICA project and informed the MAC members about the results of the first meeting of the NICA Cost and Schedule Review Committee (CSRC) held at JINR on 24–26 February 2020. Progress on the NICA Booster commissioning was reported by Head of the VBLHEP Accelerator Division A. Butenko. Other reports presented by JINR specialists as well as our colleagues from the Budker

элементам ускорительного комплекса. Специально для МАС при поддержке научно-информационного отдела ОИЯИ было подготовлено несколько обзорных видеоматериалов.

В июне вышел в свет первый выпуск информационного бюллетеня «NICA Bulletin». Наличие периодической информации по флагманскому международному проекту ОИЯИ «Комплекс NICA» востребовано странами-участницами ОИЯИ, международными коллаборациями проекта и научной общественностью. В бюллетене найдут отражение наиболее значимые события, связанные с реализацией проекта «Комплекс NICA». Руководитель дирекции проекта NICA — Г.В. Трубников, руководитель проекта NICA — В.Д. Кекелидзе.

Первый бюллетень был подготовлен при активном участии А.В. Бутенко, Н.А. Молокановой, Д.В. Пешехонова, Ю.К. Потребеникова, А.Ю. Рассадовой и А.О. Сидорина. Следующий номер «NICA Bulletin» выйдет в октябре 2020 г.

27 июня открылся фестиваль технологий и науки GEEK PICNIC в новом для него онлайн-формате. Юбилейное мероприятие в этом году было посвящено теме «Мульти вселенная»: присутствию в других пространствах, исследованию параллельных реальностей и погружению в иные миры.

ОИЯИ продолжил традицию участия в фестивале, представив различные мероприятия на своем виртуальном стенде. Работа стенда была организована группой социальных коммуникаций УНЦ ОИЯИ. Лекцию о нейтринно как ключе к познанию тайн природы прочитал доктор физико-математических наук заместитель директора ЛЯП Д.В. Наумов, ответственный за нейтринную программу ОИЯИ. Слушатели узнали не только об особенностях частицы-призрака, но и о последних новостях, связанных с созданием глубоководного нейтринного телескопа на озере Байкал.

Старший инженер ЛФВЭ Д.О. Понкин в режиме онлайн провел для гостей мастер-класс по проектированию печатной платы и программированию электроники, схожей с той, которая используется для ускорителей заряженных частиц.

С познавательной лекцией о голографической дуальности и черных дырах на виртуальном стенде Института выступила старший научный сотрудник ЛТФ А.А. Голубцова.

Видеоэкскурсию в Лабораторию радиационной биологии провел научный сотрудник сектора радиационной физиологии ЛРБ Ю.С. Северюхин. Он показал, как проводятся поведенческие эксперименты на мелких лабораторных животных, как исследуют влияние космической радиации на мышей и крыс.

INP were dedicated to each of the main systems and elements of the accelerator facility. Specially for the MAC session, a few videos were prepared under support of the JINR Scientific Information Department.

In June, issue 1 of the NICA Bulletin was published. The availability of periodic information on the JINR flagship international project “NICA Complex” is in demand by the JINR Member States, international collaborations of the Project, and the scientific community. Most important events in implementation of the project “NICA Complex” will be discussed in the bulletin. Head of the Directorate of the NICA project is G. Trubnikov, Head of the NICA project is V. Kekelidze.

Issue 1 was prepared with an active participation of A. Butenko, N. Molokanova, D. Peshekhonov, Yu. Potrebenikov, A. Rassadova and A. Sidorin. The next issue of the NICA Bulletin will be published in October 2020.

On 27 June, the festival of technology and science GEEK PICNIC started in a new online format. The main topic of the event was devoted to the theme “Multi-Universe”: other dimensions, parallel realities and other worlds.

JINR continued the tradition of its participation in the festival presenting various events at its virtual stand. The work of the stand was organized by the group of social communications of the JINR UC. Doctor of Physics and Mathematics, Deputy Director of DLNP D. Naumov, who is responsible for the neutrino programme at JINR, made a lecture about neutrino as a key to study secrets of nature. The audience heard not only about peculiarities of the ghost particle but also the latest news about the development of the deep underwater neutrino telescope in Lake Baikal.

Senior engineer of VBLHEP D. Ponkin gave an online master class for the guests on designing a printed circuit board and programming electronics similar to that used for charged particle accelerators.

Senior researcher of BLTP A. Golubtsova made an informative lecture at the virtual stand of JINR on holographic duality and black holes.

Researcher of the sector of radiation physiology of LRB Yu. Severyukhin held a video excursion around the Laboratory of Radiation Biology. He showed how behavioral experiments on small laboratory animals are conducted, how the influence of space radiation

А после экскурсии ответил на вопросы слушателей онлайн.

«Мультивселенная» фестиваля GEEK PICNIC Online объединила на своей площадке множество посетителей, среди которых были как физики, так и фанаты компьютерных игр, научно-популярные блогеры и эксперты в игровой индустрии. Для ОИЯИ это отличная возможность продемонстрировать широкий спектр научных изысканий и достижений Института.

1 июля в формате видеоконференции состоялось очередное, 26-е заседание Координационного комитета по выполнению Соглашения между Министерством науки и образования Германии (BMBF) и ОИЯИ.

Директор ОИЯИ В.А.Матвеев, возглавлявший делегацию ОИЯИ, в своем приветственном слове отметил особую значимость и богатую историю сотрудничества с BMBF, а также важность совместного воспитания кадров.

В немецкую делегацию, возглавляемую координатором BMBF по сотрудничеству с ОИЯИ Ю.Крозенбергом, представляющим отдел BMBF «Вселенная и материя», входили, а также выступали содокладчиками на заседании Г.Ропке (Университет Росток), Ф.Шиллинг (Технологический институт Карлсруэ), Ф.Шрайбер (Тюбингенский универси-

тет), К.-Д.Гросс (GSI), П.Зенгер (GSI), О.Кюнхольц (DESY), Т.Ольтцхоффер (DESY) и А.Верма (Германский центр авиации и космонавтики — DLR).

Вводный доклад о перспективах сотрудничества представил первый вице-директор ОИЯИ Г.В.Трубников, который озвучил приоритетные направления совместной работы: развитие формального статуса Германии в ОИЯИ, поиск новых путей взаимодействия, инструменты привлечения и поддержки научной молодежи и углубление сотрудничества на базе мегасайенс-проекта NICA. Докладчик предложил немецким коллегам, в частности, рассмотреть возможность полноправного членства в ОИЯИ, что могло бы стать удобным форматом для реализации ближайших планов по развитию кооперации, а также упомянул и другие возможности для совместного рассмотрения: информационные центры, программы повышения квалификации для руководителей науки и высшего образования и др.

Состоянию сотрудничества и дальнейшим планам в рамках проектов NICA и FAIR был посвящен отдельный доклад руководителя проекта NICA В.Д.Кекелидзе.

Доклад Ю.Крозенберга о новом формате двустороннего взаимодействия, лежащего в области трех основных направлений, каждое со своим управляющим комитетом, дополнили доклады замдиректора

on mice and rats is studied. After the excursion he answered questions of the audience online.

“Multi-Universe” of the festival GEEK PICNIC Online united many visitors among whom were physicists and fans of computer games, scientific popular bloggers and experts in game industry. For JINR it was a good opportunity to demonstrate a wide range of scientific research and its achievements.

On 1 July, the 26th meeting of the Coordination Committee on the implementation of the Agreement between the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and JINR was held as a videoconference.

JINR Director V. Matveev, who headed the JINR delegation, noted in his welcoming speech special importance and rich history of the cooperation with BMBF, as well as the importance of the joint training of staff.

The German delegation was headed by BMBF Coordinator for cooperation with JINR J. Kroseberg representing the BMBF Department “Universe and matter” and included co-speakers G. Röpke (University of Rostock), F. Schilling (Karlsruhe Institute of Technology), F. Schreiber (University of Tübingen), K.-D. Gross (GSI), P. Senger (GSI), O. Kühnholz (DESY), T. Ueltzhöffer

(DESY) and A. Verma (German Aerospace Centre — DLR).

First JINR Vice-Director G. Trubnikov in his introductory report on the strategic view of the future cooperation highlighted the main priorities and expectations of JINR: the development of the formal status of Germany in JINR, search for new ways of cooperation, tools for attracting and supporting the scientific youth, as well as deepening of cooperation under the megascience project NICA. He also proposed to German colleagues to consider the full membership in JINR in the future as a format corresponding in practice to the current state of the cooperation and noted other opportunities for joint consideration: information centres, programmes for improving qualification for leaders of science and higher education, etc.

The leader of the NICA project V. Kekelidze devoted his report to the state of the cooperation within the NICA and FAIR projects and its further prospects.

J. Kroseberg presented a report about a new format of bilateral interactions in three main directions, each with its managing committee. The first field is the continuation of the Heisenberg—Landau programme. BLTP Deputy Director N. Antonenko and G. Röpke from the University of Rostock reported on it in de-

ЛТФ Н. В. Антоненко и Г. Ропке (Университет Росток) по первому направлению — это продолжение программы «Гейзенберг—Ландау». Расширение тематики совместных исследований в области нейтронной физики предложили Ф. Шиллинг (Технологический институт Карлсруэ) и директор ЛНФ В. Н. Швецов. Третье, самое обширное направление связано с привлечением и поддержкой молодых ученых в рамках совместных исследовательских проектов (программы Учебно-научного центра ОИЯИ, молодежные школы ОМУС, программа JEMS и ряд других молодежных научных мероприятий).

В повестку заседания комитета также вошли презентации научных лабораторий ОИЯИ. О возможностях кооперации по Байкальскому нейтринному телескопу рассказал заместитель директора ЛЯП Д. В. Наумов, идеи о совместных исследованиях с Лабораторией радиационной биологии изложил ее директор А. Н. Бугай, возможности для молодых ученых в ЛЯР озвучил заместитель директора лаборатории А. Г. Попеко, Лабораторию информационных технологий представил директор ЛИТ В. В. Кореньков.

Заседанию комитета BMBF—ОИЯИ предшествовало проведение двусторонних онлайн-обсуждений в формате круглого стола, на которых прорабатывались перспективы развития сотрудничества по привлечению молодых научных кадров, организа-

ции школы JINR—GSI/FAIR, расширению программы нейтронных исследований, поиску путей сотрудничества в физике астрочастиц и в рамках одного из ключевых проектов ОИЯИ — Baikal-GVD. Ряд вопросов и инициатив освещался делегацией ОИЯИ на заседании российско-германской комиссии по научно-техническому сотрудничеству 25 июня, и их обсуждение фактически продолжилось в рамках настоящего заседания.

tail. F. Schilling (Karlsruhe Institute of Technology) and FLNP Director V. Shvetsov presented information on joint research in the fields of neutron physics. They also suggested to expand the scope of joint research. The third one is the most extensive cooperation field in the framework of the new format, namely, the attraction and support of young scientists under joint research projects on a wide scope of joint work (programmes of the JINR University Centre, AYSS schools for young scientists, the JEMS programme, and some other scientific events for young specialists).

The agenda of the meeting included presentations by the JINR scientific laboratories. DLNP Deputy Director D. Naumov told participants about cooperation in the framework of the Baikal Neutrino Telescope. LRB Director A. Bugay shared ideas for cooperation with the Laboratory of Radiation Biology. FLNR Deputy Director A. Popeko reported on the opportunities for young scientists in the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions. LIT Director V. Korenkov represented the Laboratory of Information Technologies.

The meeting of the BMBF—JINR Committee was preceded by a set of bilateral online discussions in a round-table format. Their participants worked out prospects for cooperation development on a wide

scope of issues: attraction of young scientists, organization of the JINR—GSI/FAIR school, expansion of the programme of neutron research, search for ways of cooperation in astroparticle physics and within one of the key JINR projects — Baikal-GVD. Some strategic issues of the cooperation and JINR initiatives were reported on by the JINR delegation at the meeting of the Russian—German joint commission on scientific and technical cooperation on 25 June. In fact, these discussions were continued during the present BMBF—JINR Committee meeting.

ЭЧАЯ — 50!

Журналу «Физика элементарных частиц и атомного ядра» (ЭЧАЯ) исполнилось 50 лет! Этот ставший широко известным в мировом научном сообществе журнал был учрежден и издается Объединенным институтом ядерных исследований (ОИЯИ) с 1970 г.

Появление нового журнала было связано с бурным развитием в 1960-х гг. исследований в области физики элементарных частиц, когда выдающимися физиками-теоретиками мира (в том числе в значительной степени в трудах ученых Дубны) были заложены основы квантовой хромодинамики как калибровочной теории сильных взаимодействий и Стандартной модели элементарных частиц.

В эти годы наряду с прорывными теоретическими исследованиями создавались новые ускорительные центры, строились первые коллайдеры частиц и уникальные экспериментальные установки. В те же годы физика нейтрино — наименее изученных элементарных частиц — стала предметом экспериментальных исследований и была выдвинута идея создания крупномасштабных подземных и глубоководных нейтринных установок — ныне широко известных в мире нейтринных телескопов.

В области ядерной физики наиболее актуальными стали получение и исследования свойств ядер, удаленных от области стабильности, включая и сверхтяжелые ядра. Ярким достижением стало открытие суперде-

формированных состояний стабильности. Программа искусственного синтеза сверхтяжелых элементов на базе уникальных, создаваемых для этих исследований изохронных циклотронов и установок с пучками радиоактивных ядер прославили Дубну. Существенный прогресс был достигнут в создании микроскопической теории ядра.

Одновременно не менее активно развивалась физика конденсированных сред, велись исследования по радиационной биологии и медицине, в том числе с использованием пучков нейтронов уникального дубненского импульсного нейтронного реактора. Экспериментальные исследования требовали создания новых ускорителей заряженных частиц и методов регистрации всех видов ионизирующих излучений, новых методов сбора и обработки данных.

Все эти направления во всем их многообразии входили в программу научных исследований ОИЯИ. И тем очевиднее была необходимость организации научного журнала, который имел бы энциклопедический характер, освещая результаты подобных исследований, проводимых в ОИЯИ и других лабораториях мира. Так возник журнал ЭЧАЯ, который в дальнейшем содействовал развитию всех научных направлений в исследованиях, проводимых в ОИЯИ, от фундаментальных и сугубо теоретических до прикладных. За прошедшие 50 лет журнал внес значительный вклад в формиро-

PEPAN is 50!

The journal "Physics of Elementary Particles and Atomic Nucleus" (PEPAN) is 50! This journal has become widely popular in world scientific community; it was instituted and has been published by the Joint Institute for Nuclear Research (JINR) since 1970.

The institution of the new journal was connected to rapid development in the 1960s of research in the field of elementary particle physics, when outstanding theoretical physicists of the world, including to a considerable degree in the works of Dubna scientists, laid the foundation of chromodynamics as a calibration theory of strong interactions and the Standard Model of elementary particles.

In those years along with breakthrough theoretical research new acceleration centres were established, first particle colliders and unique experimental facilities were constructed. The physics of neutrinos — the least studied elementary particles — became the subject of experimental research; the idea of construction of large-scale underground and underwater neutrino facilities was proposed. Now neutrino telescopes are widely known in the world.

In the field of nuclear physics the production and studies of properties of nuclei far from the stability re-

gion, including superheavy nuclei, became most topical. The discovery of superdeformed states of stability was a bright achievement. The programme of artificial synthesis of superheavy elements on the basis of unique, developed for this research, isochronous cyclotrons and facilities with beams of radioactive nuclei made Dubna famous. Considerable progress has been achieved in establishing the microscopic theory of nucleus.

At this time physics of condensed matter was actively developing, research was conducted in radiation biology and medicine, including the use of neutron beams from the unique Dubna pulsed neutron reactor. Experimental conditions demanded the development of new accelerators of charged particles and methods of registration of all types of ionizing radiation, new methods of data collection and processing.

All these directions in their great variety were included into the programme of scientific research at JINR. The necessity of organizing a scientific journal that would have an encyclopedic character and describe results of such studies at JINR and other laboratories of the world was obvious. So, the PEPAN journal appeared; it promoted the development of all scientific directions in studies held at JINR, from fundamental and theoretical to applied

вание и развитие советской и затем российской школы фундаментальных физических исследований в их тесном и многообразном взаимодействии с научными школами стран-участниц Института и с мировой наукой.

Многие выпуски нашего журнала становились настольными книгами исследователей не только в ОИЯИ, но и во многих научных центрах мира. Особую роль журнал сыграл в укреплении научного сотрудничества стран-участниц ОИЯИ. И в редакционной коллегии, и среди авторов обзоров постоянно присутствуют физики из этих стран. Подробные обзоры по самым современным достижениям теоретических и экспериментальных исследований, по физике ускорителей, импульсных реакторов, нейтринных установок, методике эксперимента, сбора и обработки его результатов являются чрезвычайно полезными для повышения квалификации молодых ученых и инженеров.

С самого начала ЭЧАЯ предназначался для публикации обзорных статей и выходил 4 раза в год. Он был создан по инициативе выдающегося советского физика и математика академика Николая Николаевича Боголюбова, который был назначен главным редактором журнала. Его заместителями стали А.М.Балдин, Нгуен Ван Хьеу и В.Г.Соловьев. С момента основания до 2012 г. ответственным секретарем журнала был П.С.Исаев. Академик Н.Н.Боголюбов был главным редактором до 1992 г. Далее до 2001 г. редакционную коллегию возглавлял академик Александр Михайлович

Балдин. С 2001 по 2014 г. главным редактором был академик Владимир Георгиевич Кадышевский. В 2014 г. его сменил на посту главного редактора директор ОИЯИ академик Виктор Анатольевич Матвеев.

В публикуемых в ЭЧАЯ обзорах отражаются актуальные проблемы теоретической и экспериментальной физики элементарных частиц и атомного ядра, физики конденсированных сред, рассматриваются вопросы создания новых ускорителей и экспериментальных установок, автоматизации обработки экспериментальных данных, вопросы экологии и радиобиологии и пограничных проблем наук о жизни. Для публикации принимаются обзоры как на русском, так и на английском языках. С 1977 г. выходит по шесть выпусков в год. Журнал переводится и издается на английском языке издательской компанией Pleiades Publishing и распространяется издательством Springer. ЭЧАЯ индексируется в основных международных базах цитирования, включая Scopus и Web of Science.

Отмечая 50-летний юбилей журнала ЭЧАЯ, редакционная коллегия выражает глубокую благодарность всем авторам, читателям, редакторам и рецензентам! Особая признательность издательскому отделу ОИЯИ за большой труд и неизменно высокое качество выпусков! Желаем журналу «Физика элементарных частиц и атомного ядра» дальнейшего развития и новых успехов!

Редколлегия журнала ЭЧАЯ

research. For the past 50 years the journal made a considerable contribution to establishing and development of the Soviet and Russian school of fundamental physics research in their close and diversified interactions with scientific schools of the JINR Member States and world science.

Many issues of the journal became indispensable guides for researchers not only at JINR but in many scientific centres of the world. The journal played a special role in strengthening scientific cooperation of the JINR Member States. Physicists from these countries are constant members of the Editorial Board, and among them there are always authors of reviews. Detailed reviews on the latest achievements of theoretical and experimental research, accelerator physics, pulsed reactors, neutrino facilities, experimental methods, collection and processing of data are very useful for improvement of qualification of young scientists and engineers.

From the beginning PEPAN was meant for publication of review papers and was issued four times a year. It was established on the initiative of the outstanding Soviet physicist and mathematician Academician Nikolai Nikolaevich Bogoliubov who was appointed Editor-in-Chief of the journal. Deputy Editors-in-Chief were A.M.Baldin, Nguyen Van Hieu and V.G.Soloviev. From the establishment time to 2012 the Assistant Editor of

the journal was P.S.Isaev. Academician N.N.Bogoliubov was Editor-in-Chief up to 1992. Then the Editorial Board was headed by Academician A.M.Baldin. From 2001 to 2014 Editor-in-Chief was Academician V.G.Kadyshevsky. In 2014 he was succeeded by JINR Director Academician V.A.Matveev.

The reviews published in PEPAN discuss urgent issues of theoretical and experimental physics of elementary particles and atomic nucleus, condensed matter physics, development of new accelerators and experimental facilities, experimental data processing, problems of ecology and radiobiology, and related aspects of life science. Reviews both in Russian and in English are accepted for publication. Since 1977 six issues are published annually. The journal is translated and published in English by Pleiades Publishing and is distributed by Springer. PEPAN is indexed in the main international citation bases, including Scopus and Web of Science.

Celebrating the 50th jubilee of PEPAN, the Editorial Board expresses deep gratitude to all authors, readers, editors and reviewers! Special acknowledgement is for the JINR Publishing Department for the great efforts and high quality of issues! We wish the journal "Physics of Elementary Particles and Atomic Nucleus" further progress and new success!

Editorial Board of PEPAN

20–21 апреля в ЛФВЭ в режиме видеоконференции проходило 5-е коллаборационное совещание эксперимента BM@N на установке NICA.

В ходе совещания были рассмотрены последние результаты, полученные с использованием пучков C и Ar. Основное внимание уделялось данным, набранным в углерод-ядерных взаимодействиях, для подготовки к публикации в реферируемых журналах, а также обсуждался статус результатов, полученных при анализе данных по аргон-ядерным взаимодействиям. Были рассмотрены планы по проведению исследований в области физики тяжелых ионов. На отдельном заседании 20 апреля обсуждались организационные вопросы коллаборации BM@N.

23–24 апреля в ЛФВЭ в формате онлайн-конференции работало 5-е коллаборационное совещание эксперимента MPD на установке NICA. Основной целью встречи была оценка уровня готовности детектора, включая разработку программного обеспечения, обсуждение физических задач и результатов, полученных коллаборацией, а также рассмотрение текущих организационных вопросов MPD.

Совещание включало в себя сессии по физике и по готовности детектора, открытые для всех участников коллаборации MPD, а также закрытое заседание руководящего состава коллаборации MPD.

15 июня в режиме видеоконференции состоялось расширенное собрание совета землячеств, в котором приняли участие представители дирекции ОИЯИ, стран-участниц, руководители землячеств и подразделений Института.

С приветственным словом к участникам обратился директор ОИЯИ В.А.Матвеев. Он поблагодарил присутствующих за активную работу и подчеркнул, что руководство Института прилагает все усилия, чтобы создать атмосферу, которая помогала бы представителям стран-участниц чувствовать себя комфортно вдали от дома.

Г.Стифоров выступил с отчетной презентацией о ходе реализации проекта клуба MC². В обсуждении итогов этой работы приняли участие члены дирекции ОИЯИ, представители ряда подразделений и руководители землячеств.

Результаты анкетирования землячеств по вопросам пребывания нероссийских сотрудников в ОИЯИ представил помощник руководите-

On 20–21 April, the 5th collaboration meeting of the BM@N experiment at the NICA facility was held via videoconference at VBLHEP.

At the meeting, the recent results obtained with C and Ar beams were discussed. The main focus was on the data collected in carbon–nucleus interactions for preparation for publication in a refereed journal, as well as the status of the results obtained in the data analyses of argon–nucleus interactions was discussed. The plans for research in the field of heavy ion physics were reviewed. Organizational issues of the BM@N Collaboration were discussed at a separate meeting on 20 April.

On 23–24 April, the 5th collaboration meeting of the MPD experiment at the NICA facility was held at VBLHEP in the format of an online conference. The main purpose of the meeting was to assess the level of detector readiness, including software development, discussion of physics tasks and results obtained by the collaboration, as well as consideration of current organizational issues of MPD.

The meeting included sessions on physics and detector readiness open for all MPD collaborators, as well as a closed meeting of the MPD collaboration leadership.

On 15 June, an extended meeting of the national groups was held as a videoconference, in which the representatives of the JINR Directorate, the Member States, heads of national groups and divisions of the Institute took part.

The JINR Director V. Matveev addressed the participants with a welcoming speech. He thanked those present for their active work and stressed that the leadership of the Institute is making every effort to create an atmosphere that would help the representatives of the participating countries feel comfortable away from home.

G. Stiforov made a summary presentation about the progress in the implementation of the MC² Club project. Members of the JINR Directorate, representatives of several divisions and heads of national groups took part in the discussion of the presented results of this work.

ля УНОРиМС В. Хмельовски. 125 сотрудникам была направлена анкета, состоящая из 25 вопросов, каждый из которых относился к определенной сфере деятельности: информация об ОИЯИ в вашей стране, процедуры выезда из страны на работу в ОИЯИ, проходные на территорию Института, рабочее место, исследовательская установка, столовая и буфеты, отношения с другими сотрудниками, зарплата, повышение квалификации, использование грантов, место проживания, детские учреждения, медобслуживание, пенсионное страхование и налоги,

культурная жизнь и спорт и т. д. Были получены более 2,5 тыс. отзывов, которые предстоит проанализировать.

С информацией руководства Института о праздновании 65-летия ОИЯИ и предстоящем заседании КПП выступил Д. В. Каманин. Здесь же был затронут вопрос наполнения новостного сайта ОИЯИ. Главный ученый секретарь А. С. Сорин призвал институтское сообщество способствовать наполнению и усилению информационного поля о деятельности Института.

Лаборатория физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина, июль. Участники работ по монтажу магнита детектора MPD



The Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics, July. Participants of the assembling of the MPD detector magnet

The results of a survey carried out among members of national groups on the issues of stay of non-Russian staff members in JINR were presented by the Assistant to Head of the JINR Science Organization and International Cooperation Office W. Chmielowski. 125 staff members were sent a questionnaire of 25 questions. Each question was related to a particular area of activities: information about JINR in your country, procedures of leaving your country to work at JINR, checkpoints, workplace, research facilities, canteens, relations with other employees, salary, professional development,

use of grants, place of living, organizations for children, medical care, pension insurance and taxes, cultural life and sports, etc. More than 2.5 thousand reviews were received for further analysis.

D. Kamanin presented information of the Institute Directorate about the celebration of the 65th anniversary of JINR and the upcoming CP session. The issue of filling the JINR news website was also raised here. JINR Chief Scientific Secretary A. Sorin called the Institute community to contribute to the scope and strengthening the information field about the activities of the Institute.

18 июня состоялся *семинар Лаборатории радиационной биологии и Лаборатории информационных технологий*, посвященный совместному проекту, направленному на создание информационной системы (ИС) для анализа поведенческих и патоморфологических изменений в центральной нервной системе при исследовании результатов воздействия ионизирующего излучения и других факторов на биологические объекты. Идея совместного проекта возникла на основе задач, стоящих перед сектором радиационной физиологии ЛРБ ОИЯИ, для эффективного решения которых и возникла необходимость привлечения современных ИТ-решений. ИС создается на базе гетерогенной вычислительной платформы HybriLIT (ЛИТ ОИЯИ), имеющей в своем распоряжении как средства для разработки таких систем, так и мощные вычислительные ресурсы суперкомпьютера «Говорун».

В работе семинара, проведенного в удаленном формате, приняли участие более 70 человек, как сотрудников ЛИТ и ЛРБ, так и специалистов из Германии, Швейцарии и других стран.

На семинаре были представлены шесть докладов, темы которых можно разделить на три группы: 1) радиобиологические исследования и методы обработки полученных экспериментальных данных

(докладчики — И. А. Колесникова, Ю. С. Северюхин); 2) архитектура проектируемой информационной системы (докладчики — Ю. А. Бутенко, Д. М. Маров); 3) разработка алгоритмов на базе компьютерного зрения и на основе технологий глубокого обучения (докладчики — А. В. Стадник, А. С. Булатов).

Представленные доклады достаточно подробно осветили суть деятельности рабочих групп, сформировали представление у слушателей о рабочем процессе, актуальности задач, возникающих трудностях и способах их преодоления. Доклады радиобиологов можно приравнять к виртуальной экскурсии: описаны общие схемы экспериментов, этапы исследований, применяемые способы анализа данных, примеры промежуточных и конечных результатов. В докладах были представлены разработанная клиент-серверная архитектура приложения и спроектированная база данных, прототип пользовательского веб-интерфейса, основные компоненты и инструментарий для визуализации и анализа данных, взаимодействия с системой хранения данных для различных групп исследователей. В алгоритмической части было рассказано о возможности автоматизации процесса выделения, сегментации и классификации клеток головного мозга на изображениях гистологических препаратов, а в качестве

On 18 June, a *joint workshop of the Laboratory of Radiation Biology (LRB) and the Laboratory of Information Technologies (LIT)* was held online. It was dedicated to their joint project of an information system (IS) for analyzing behavioral and pathomorphological changes in the central nervous system after exposure of biological objects to ionizing radiation and other factors. The idea of the joint project emerged from the problems facing the Radiation Physiology Sector of LRB JINR, the effective solution of which requires a modern IT infrastructure. The IS is being created on the basis of the HybriLIT heterogeneous computing platform (LIT JINR), which has both the means to develop such systems and powerful computing resources of the “Govorun” supercomputer.

More than 70 people, both LIT and LRB employees and specialists from Germany, Switzerland and other countries, took part in the seminar, held in a remote format.

The workshop comprised six reports, which actually represented three fields: 1) radiobiological research and experimental data processing (I. Kolesnikova, Yu. Severiukhin); 2) the architecture of the information

system under development (Yu. Butenko, D. Marov); and 3) design of algorithms based on computer vision and deep learning technologies (A. Stadnik, A. Bulatov).

The reports were concerned with the working groups' activity and formed an understanding of the work process among the audience, the relevance of the tasks, and the arising difficulties and ways to solve them. The reports of radiobiologists could be equated to a virtual tour showing the layout of the experiments, research stages, data analysis methods, and examples of intermediate and final results. The reports on IS development covered the created client-server architecture of the application and the designed database, the user web interface prototype, and the main components and tools for data visualization and analysis, as well as for interaction with the data storage system for different research groups. In the algorithmic part, the possibility was described of automating the process of isolation, segmentation, and classification of brain cells in histological preparation images. The use of different architectures of deep neural networks was proposed as the main tool, and a data set consisting of images previously labeled by LRB experts, where brain cell classes were highlighted

основного инструмента предлагалось использование различных архитектур глубоких нейронных сетей, для обучения которых создан набор данных, состоящий из предварительно размеченных экспертами из ЛРБ изображений с выделенными классами клеток головного мозга согласно типу их нарушения.

Представленные в рамках семинара результаты совместной деятельности подтверждают возможность их применения для решения задач патогистологии и нейрогистологии, что поможет повысить качество получаемых результатов и скорость их получения за счет разработки алгоритмов, позволяющих автоматизировать процессы анализа данных.

В рамках проекта решаются проблемы хранения экспериментальных данных и доступа к ним. Разрабатываемая ИС сможет учесть все нюансы работы сотрудников сектора радиационной физиологии ЛРБ и создать удобную информационную среду, которая позволит упростить и автоматизировать комплексный анализ всех полученных данных, нивелировать риск потери информации, обеспечить долговременное хранение экспериментальных данных и удобство доступа к ним.

Доклады вызвали большой интерес у слушателей, были заданы многочисленные вопросы, прозвучали

предложения о расширении информационной системы для решения других задач в области радиационной биологии.

Семинар завершили выступления директора ЛИТ В. В. Коренькова и директора ЛРБ А. Н. Бугая со словами поддержки совместного проекта и о перспективах его расширения на другие направления исследований, проводимых в ЛРБ.

С материалами работ участников семинара можно ознакомиться по ссылке <https://indico-hlit.jinr.ru/event/196/>.

23 июня в Лаборатории нейтронной физики состоялась общелабораторный мемориальный семинар «60 лет пуска реактора ИБР». Семинар проводился в конференц-зале лаборатории, а также, одновременно, в формате видеоконференции.

Семинар открыл директор ЛНФ В. Н. Швецов, который представил собравшимся небольшой исторический обзор. Директор Института электроники Болгарской АН профессор П. Петров поздравил сотрудников лаборатории со славной датой и пожелал новых высоких научных достижений.

Первый импульсный реактор ЛНФ ИБР открыл династию импульсных реакторов ОИЯИ, позже про-

according to the type of their damage, was created to train the networks.

The results of the cooperation between the two laboratories presented as a part of the workshop are promising as regards their application to solve problems of pathohistology and neurohistology, which will help to increase the quality of the obtained results and the speed of their acquisition due to the development of data analysis automation algorithms.

The project, in particular, addresses the problems of storing and accessing experimental data. The IS being developed will be able to take into account all the specifics of the work of the LRB's Radiation Physiology Sector and provide a convenient information environment, which will simplify and automate the comprehensive analysis of all the data obtained, minimize the risk of information loss, and ensure long-term storage of experimental data and easy access to them.

The reports arose great interest among the audience. Numerous questions were asked; proposals were made to expand the information system into solving other problems of radiation biology.

Speaking at the end of the workshop, the LIT Director V. Korenkov and the LRB Director A. Bugay supported the joint project and welcomed the prospects for its expansion into other areas of research underway at the LRB.

The materials of the workshop are available at <https://indico-hlit.jinr.ru/event/196/>.

On 23 June, the all-laboratory memorial seminar “*The 60th Anniversary of the IBR Reactor Start-Up*” was held at the Frank Laboratory of Neutron Physics. The seminar took place in the conference hall of the Laboratory in a videoconference format.

The FLNP Director V. Shvetsov opened the event with a brief historical overview. The Director of the Institute of Electronics of the Bulgarian Academy of Sciences Professor P. Petrov congratulated employees of the Laboratory on the glorious date and wished them new high scientific achievements.

The first pulsed reactor of FLNP launched the dynasty of JINR pulsed reactors that was continued later by the IBR-30 and the IBR-2. The high-flux pulsed reactor IBR-2M currently operating at the Frank Laboratory of Neutron Physics of JINR with a neutron flux of $\sim 10^{13} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

долженную ИБР-30 и ИБР-2. Действующий в настоящее время в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ высокопоточный импульсный реактор ИБР-2М с плотностью потока нейтронов на уровне $\sim 10^{13} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ к концу 2030-х гг. исчерпает свой ресурс и будет остановлен. На семинаре был представлен тематический доклад по концепции нового импульсного реактора периодического действия ИБР-4, суть которой состоит в следующем: источник реализуем, надежен и безопасен при минимальных объемах опытно-конструкторских работ. Эти условия предполагают использование в полной мере уже готовых и апробированных на других ядерных установках технических решений. Главное отличие от ИБР-2 — органы системы управления и защиты реактора будут перемещены внутрь активной зоны. Это позволит приблизить замедлители нейтро-

нов вплотную к корпусу реактора и поднять уровень защиты. Также среди преимуществ проекта — возможность использовать модуль реактивности, разработанный для модернизированного ИБР-2, и часть его спектрометров.

По итогам доклада и в зале, и в интернете развернулась оживленная дискуссия. В. Н. Швецов поблагодарил докладчика, отметив, что выбор проекта нового источника нейтронов уже сделан, однако к этому варианту, содержащему ценные исследования, можно вернуться в любой момент.

В завершение семинара его участники услышали поздравления с юбилейной датой, переданные участником создания и пуска ИБР Е. П. Шабалиным, не присутствовавшим на семинаре.

Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка, 23 июня.
Общелабораторный мемориальный семинар «60 лет пуска реактора ИБР»



The Frank Laboratory of Neutron Physics, 23 June. The all-laboratory memorial seminar “The 60th Anniversary of the IBR Reactor Start-Up”

will have exhausted its resource by the end of the 2030s and will be shut down. At the seminar, a thematic report was presented on the concept of the new pulsed reactor of periodic operation IBR-4, the essence of which is as follows: the source is realizable, reliable and safe with a minimum amount of development work. These terms presuppose the use of ready-made and tested technical solutions at other nuclear installations in full measure. The main difference from the IBR-2 is that reactor control and protection systems will be placed inside the core. This will allow bringing neutron moderators closer to the reactor's body and raise the protection level. Another advantage of the project is that it is possible to use the reactivity module developed for the modernized IBR-2 and a number of its spectrometers.

At the end of the report, the animated discussion took place in the hall and on the internet. V. Shvetsov thanked

the speaker, noting that the choice of the project for a new neutron source had already been made; however, one could return to this version, which contains valuable research, at any time.

At the end of the seminar, its participants received congratulations on the jubilee from a participant of the creation and start-up of IBR E. Shabalin, who was not present at the seminar.

США

24 февраля, Международный комитет по ускорителям будущего (ICFA), Менло Парк, Калифорния, США. Опубликовано постановление ICFA по проекту Международного линейного коллайдера (ILC).

- ICFA вновь подтверждает международные договоренности по фабрике частиц Хиггса и выражает пожелание строительства ILC в Японии в необходимые сроки.

- ICFA признает и приветствует межгосударственную дискуссию между Японией, США и европейскими государствами по международному сотрудничеству по проекту ILC.

- ICFA отмечает необходимость подготовительного этапа создания лаборатории ILC и строительства ILC в Японии.

- ICFA поддерживает создание международной группы для обеспечения перехода к подготовительному этапу.

- Международная группа должна находиться в центре KEK, ее руководство должно быть выбрано при содействии ICFA.

- Группа должна разработать план подготовительного этапа строительства ILC, включая технические, организационные и правительственные аспекты. Перед ней также будет стоять задача понимания мероприятий и ресурсов, необходимых для подготовительного этапа. В процессе разработки плана

должны участвовать заинтересованные лаборатории и сообщества.

- ICFA предполагает, что разработка плана будет закончена в течение примерно одного года, когда можно будет начать подготовительный этап для ILC, при условии, что Япония выразит намерение сделать это вместе с международными партнерами.

- С учетом осуществления проекта ILC в Японии ICFA поддерживает заинтересованных членов сообщества физики высоких энергий, лаборатории и народы в их содействии и участии в этой подготовке, направленной на успешное создание ILC.

ЕВРОПА

17 июня, Национальная лаборатория Гран-Сассо (INFN), Италия. В эксперименте XENON1T по поиску темной материи наблюдается превышение количества событий.

Ученые из международной коллаборации XENON объявили, что данные их эксперимента XENON1T, самого чувствительного эксперимента по поиску темной материи, содержат неожиданное превышение количества событий. Ученые не заявляют, что они обнаружили темную материю. Вместо этого они утверждают, что наблюдали неожиданный рост событий, источник которого еще до конца не определен. Этот рост может быть результатом небольшого остаточного количества трития (атом во-

USA

24 February, International Committee for Future Accelerators (ICFA), Menlo Park, CA, USA. ICFA Statement on the International Linear Collider Project (ILC) has been published:

- ICFA reconfirms the international consensus for a Higgs factory and wishes to see the timely construction of the ILC in Japan.

- ICFA acknowledges and welcomes the inter-governmental discussion between Japan, the United States and European nations to advance international collaborative activities for the ILC.

- ICFA notes the need for a preparatory phase ahead of the establishment of the ILC laboratory and the construction of the ILC in Japan.

- ICFA advocates establishment of an international development team to facilitate transition into the preparatory phase.

- The development team should be hosted by KEK, with leadership chosen with the help of ICFA.

- The team would develop a plan for the preparatory phase for the construction of the ILC, including technical, organizational and governance issues. It also would be tasked with understanding the activities and resources required in the preparatory phase. The pro-

cess of developing the plan should involve the interested laboratories and community.

- ICFA anticipates that these development activities could be completed in approximately one year, at which point it would be possible to launch the preparatory phase for the ILC, provided Japan expresses intent to do so together with international partners.

- In view of progress towards realization of the ILC in Japan, ICFA encourages the interested members of the high energy physics community, laboratories, and nations to support and participate in these preparations aimed at the successful establishment of the ILC.

EUROPE

17 June, Laboratori Nazionali del Gran Sasso (INFN), Italy. Observation of Excess Events in the XENON1T Dark Matter Experiment.

Scientists from the international XENON collaboration announced today that data from their XENON1T, the world's most sensitive Dark Matter experiment, show a surprising excess of events. The scientists do not claim to have found Dark Matter. Instead, they say to have observed an unexpected rate of events, the source of which is not fully understood yet. The signature of the excess is similar to what might result from a tiny residual

дорода с одним протоном и двумя нейтронами), но может быть и знаком чего-то более неожиданного, например существования новой частицы, известной как солнечный аксион, или свидетельством ранее неизвестных свойств нейтрино.

Эксперимент XENON1T проводился под землей в Национальной лаборатории Гран-Сассо с 2016 по 2018 г. Его основной целью было обнаружение темной материи, которая составляет до 85% всей материи Вселенной. Пока ученые наблюдали только косвенное свидетельство существования темной материи. Так называемые частицы WIMPs (слабовзаимодействующие массивные частицы) теоретически являются главными кандидатами, и в эксперименте XENON1T установлен лучший предел на вероятность их взаимодействия в широком диапазоне масс WIMP-частиц. В эксперименте XENON1T также показана чувствительность к различным типам новых частиц и взаимодействий, которые могли бы объяснить другие открытые вопросы в физике. В прошлом году, используя тот же самый детектор, ученые опубликовали в журнале Nature информацию о наблюдении самого редкого ядерного распада, измеренного когда-либо напрямую.

19 июня, ЦЕРН, Женева. Эстония станет ассоциированным членом ЦЕРН.

Представители ЦЕРН и правительства Эстонии подписали договор, по которому Эстония становится

ассоциированным членом на этапе подготовки вступления в ЦЕРН в качестве члена. Из-за пандемии COVID-19 церемония подписания происходила в онлайн-режиме между Женевой и Таллинном, впервые за 66-летнюю историю ЦЕРН. Договор вступит в силу, как только власти Эстонии проинформируют ЦЕРН о том, что все необходимые согласования завершены.

«Взаимовыгодное сотрудничество с ЦЕРН важно для Эстонии. Ассоциированное членство — это большой шаг для Эстонии в углублении сотрудничества с ЦЕРН перед тем, как стать полноправным членом центра. Перед Эстонией на этапе ассоциированного членства откроется много важных возможностей, ученые будут работать вместе, что станет большим подспорьем для бизнес-сектора Эстонии и экономики в целом, и мы сможем делиться нашим опытом. Я уверен, что ЦЕРН станет важным партнером Эстонии, а Эстония будет важным партнером ЦЕРН», — сказал премьер-министр Эстонии Ю. Ратас на церемонии подписания.

Сотрудничество Эстонии с ЦЕРН началось в 1996 г. В 1997 г. Эстония стала активным участником деятельности ЦЕРН, присоединившись к эксперименту CMS на LHC. В 2004–2016 гг. новые схемы взаимодействия в рамках коллабораций постепенно укрепляли научное и техническое сотрудничество между Эстонией и ЦЕРН и усиливали участие эстонских ученых в области физики частиц в эксперимен-

amount of tritium (a hydrogen atom with one proton and two neutrons), but could also be a sign of something more exciting — such as the existence of a new particle known as the solar axion or the indication of previously unknown properties of neutrinos.

XENON1T was operated deep underground at the INFN Laboratori Nazionali del Gran Sasso in Italy from 2016 to 2018. It was primarily designed to detect Dark Matter, which makes up 85% of the matter in the Universe. So far, scientists have only observed indirect evidence of Dark Matter, and a definitive, direct detection is still to be made. So-called WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles) are among the theoretically preferred candidates, and XENON1T has thus set the best limit on their interaction probability over a wide range of WIMP masses. In addition to WIMP Dark Matter, XENON1T was also sensitive to different types of new particles and interactions that could explain other open questions in physics. Last year, using the same detector, these scientists published in Nature the observation of the rarest nuclear decay ever directly measured.

19 June, CERN, Geneva. Estonia is to become an Associate Member in the Pre-Stage to Membership of CERN.

The representatives of CERN and of the Government of Estonia signed an Agreement admitting Estonia as an Associate Member in the Pre-Stage to Membership of CERN. Due to the COVID-19 pandemic, the signing ceremony took place via a live feed between Geneva and Tallinn, a first in the 66-year history of CERN. The Agreement will enter into force once CERN has been informed by the Estonian authorities that all the necessary approval processes have been finalized.

“Mutually beneficial cooperation with CERN is important for Estonia. Becoming an associate member is the next big step for Estonia to deepen its co-operation with CERN before becoming a full member. As an associate member, many important opportunities open up for Estonian entrepreneurs, scientists and researchers to work together on innovation and R&D, which will greatly benefit Estonia’s business sector and the economy as a whole and, vice versa, we can also share our experiences, and I am convinced that CERN will become a valued partner for Estonia and Estonia a valued partner for CERN”, said J. Ratas, Estonia’s Prime Minister, at the signing ceremony.

Estonia’s co-operation with CERN was established in 1996. After joining the CMS experiment at the Large Hadron Collider — CERN’s flagship accelerator — in 1997, Estonia became an active member of the CERN

тах по физике высоких энергий в ЦЕРН. В сентябре 2018 г. Эстония обратилась с просьбой принять ее в качестве члена ЦЕРН.

19 июня, ЦЕРН, Женева. Ученые в области физики частиц обновляют стратегию дальнейших исследований в Европе.

После почти двухлетнего обсуждения и принятия различных решений Совет ЦЕРН объявил об обновлении стратегии, которая будет использоваться в дальнейших исследованиях по физике частиц в Европе в рамках общемирового масштаба. Новая стратегия была представлена на открытой части заседания Совета, проходившего удаленно из-за продолжающейся пандемии.

Благодаря исследованиям в области все больших энергий, направленным на поиск частиц все меньших масштабов, в физике частиц сделаны открытия, которые изменили научное мировоззрение во всем мире. Тем не менее многие тайны Вселенной, такие как природа темной материи, преобладание материи над антиматерией, еще окончательно не изучены. Обновление европейской стратегии в физике частиц 2020 г. содержит как ближайшие, так и отдаленные планы в этой области, что позволит сохранить ведущую роль Европы в исследованиях важных вопросов в физике частиц и инновационных технологиях.

ЦЕРН, Женева. Коллаборация ATLAS подтвердила факт эффективного обнаружения четырех топ-кварков.

Коллаборация ATLAS в ЦЕРН объявила об очевидных доказательствах получения четырех топ-кварков. Этот редкий процесс Стандартной модели может происходить один раз на 70 тыс. пар топ-кварков, полученных на LHC, и его, как оказалось, очень трудно измерить.

Топ-кварк — самая массивная элементарная частица Стандартной модели, появляющаяся при 173 ГэВ и эквивалентная по массе атому золота. Но в отличие от золота, масса которого объясняется ядерной энергией связи, топ-кварк получает всю свою массу из взаимодействия с полем Хиггса. Поэтому, когда четыре топ-кварка получены в одном событии, они создают конечное состояние самой тяжелой частицы, обнаруженной когда-либо на LHC, с общей энергией почти 700 ГэВ. Это идеальная среда для исследования новой физики с неизвестными частицами, которые вносят свой вклад в процесс. Если они существуют, то физики будут наблюдать дополнительное образование четырех топ-кварков сверх того, что предсказано Стандартной моделью. Это позволит изучать процесс еще более детально.

community. In 2004–2016, new collaboration frameworks gradually boosted scientific and technical co-operation between Estonia and CERN and further strengthened the participation of the Estonian particle physics community in the high-energy physics experiments at CERN. In September 2018, Estonia applied for CERN Membership.

19 June, CERN, Geneva. Particle physicists update strategy for the future of the field in Europe.

Following almost two years of discussion and deliberation, the CERN Council announced that it has updated the strategy that will guide the future of particle physics in Europe within the global particle-physics landscape. The new strategy was presented during the open part of the Council's meeting, held remotely due to the ongoing COVID-19 pandemic.

By probing ever-higher energy and thus smaller distance scales, particle physics has made discoveries that have transformed the scientific understanding of the world. Nevertheless, many of the mysteries about the Universe, such as the nature of Dark Matter and the preponderance of matter over antimatter, are still to be explored. The 2020 update of the European Strategy for Particle Physics proposes a vision for both near- and long-term future of the field, which maintains Europe's

leading role in addressing the outstanding questions in particle physics and in the innovative technologies being developed within the field.

CERN, Geneva. The ATLAS experiment finds evidence of spectacular production of four top quarks.

The ATLAS Collaboration at CERN has announced strong evidence of the production of four top quarks. This rare Standard Model process is expected to occur only once for every 70 thousand pairs of top quarks created at the Large Hadron Collider (LHC) and has proven extremely difficult to measure.

The top quark is the most massive elementary particle in the Standard Model, clocking in at 173 GeV, which is equivalent to the mass of a gold atom. But contrary to gold, whose mass is mostly due to the nuclear binding force, the top quark gets all its mass from the interaction with the Higgs field. So when four top quarks are produced in a single event, they create the heaviest particle final state ever seen at the LHC, with almost 700 GeV in total. This is an ideal environment to search for new physics with yet unknown particles contributing to the process. Should they exist, physicists will see additional production of four top quarks above what is predicted by the Standard Model, further motivating a detailed study of the process.

- International Symposium on Exotic Nuclei (9; 2018; Petrozavodsk). Proceedings of the International Symposium on Exotic Nuclei (EXON 2018), Petrozavodsk, Russia, Sept. 10–15, 2018. — New Jersey [etc.]: World Sci., 2020. — XXIII, 577 p.: ill. — Bibliogr.: end of papers.
- Search for the Muon Charged Lepton Flavor Violation Processes at DLNP / Comp.: Yu. Budagov, V. Glagolev, Y. Davydov, P. Evtukhovich, N. Kuchinsky, N. Khomutov, I. Titkova, Z. Tsamalaidze. — Dubna: JINR, 2019. — 113 p.: ill. — (JINR; 2019-54). — Bibliogr.: p. 99–113.
- Дубна шахматная / В. Г. Березин, С. Вокал, С. И. Кукарников, А. В. Слесаренко; Ред.: Б. М. Старченко. — Дубна: ОИЯИ, 2019. — 120 с.: цв. ил. — (ОИЯИ; 2019-45).
Chess in Dubna / V. G. Berezin, S. Vokal, S. I. Kukarnikov, A. V. Slesarenko; Ed.: B. M. Starchenko. — Dubna: JINR, 2019. — 120 p.: col. ill. — (JINR; 2019-45).
- Боголюбов А. Н. Н. Н. Боголюбов. Советский классик на мировом олимпе физико-математических наук. Жизнь. Творчество / Общ. ред.: В. Г. Кадышевский; Науч. ред.: П. Н. Боголюбов, П. С. Исаев. — Изд. 2-е. — М.: URSS, 2018. — 182[52] с.: ил. — (Биографии выдающихся личностей; № 77).
Bogoliubov A. N. N. N. Bogoliubov. A Soviet Classic in the World Stardom of Physical and Mathematical Science. Life. Creative Activities / Gen. ed.: V. G. Kadyshesky; Sci. eds.: P. N. Bogoliubov, P. S. Isaev. — Ed. 2. — M.: URSS, 2018. — 182[52] p.: ill. — (Biographies of outstanding personalities; No. 77).
- Ф. Л. Шапиро: ученый и человек: книга воспоминаний / Сост.: Л. Б. Пикельнер, А. В. Стрелков. — 2-е изд. — Дубна: ОИЯИ, 2019. — 220[35] с.: ил.
F. L. Shapiro: A Scientist and a Man: A Book of Memories / Comp.: L. B. Pikelner, A. V. Strelkov. — Ed. 2. — Dubna: JINR, 2019. — 220[35] p.: ill.
- Зельдович Я. Б., Мышкис А. Д. Элементы математической физики. Среда из невзаимодействующих частиц. — Изд. 3-е, стер. — М.: URSS, 2019. — 351 с.: ил.
Zeldovich Ya. B., Myshkis A. D. Elements of Mathematical Physics. A Medium of Non-Interacting Particles. — Ed. 3, ster. — M.: URSS, 2019. — 351 p.: ill.
- Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики: учебное пособие. — Изд. стер. — М.: URSS, 2019. — 664 с.: ил. — (Физико-математическое наследие: физика (квантовая механика)).
Blokhintsev D. I. Basics of Quantum Mechanics: Manual. — Ed. ster. — M.: URSS, 2019. — 664 p.: ill. — (Physical-mathematical heritage: physics (quantum mechanics)).
- Гинзбург В. Л. О теории относительности. — Изд. стер. — М.: URSS, 2019. — 238[3] с.: ил. — Библиогр. в конце глав.
Ginzburg V. L. On Relativity Theory. — Ed. ster. — M.: URSS, 2019. — 238 [3] p.: ill. — Bibliogr.: end of chap.
- Окунь Л. Б. Физика элементарных частиц. — Изд. стер. — М.: URSS, 2020. — 216 с.: ил.
Okun L. B. Elementary Particle Physics. — Ed. ster. — M.: URSS, 2020. — 216 p.: ill.
- Вадим Васильевич Волков: Воин. Гражданин. Ученый / Под общ. ред. Ю. Ц. Оганесяна, С. Н. Дмитриева; Ред.-сост.: Е. М. Молчанов. — Дубна: ОИЯИ, 2020. — 128 с.: ил.
Vadim Vasilievich Volkov: Warrior. Citizen. Scientist / Eds.: Yu. Ts. Oganessian, S. N. Dmitriev; Ed.-comp.: E. M. Molchanov. — Dubna: JINR, 2020. — 128 p.: ill.
- Очерки по современной физике частиц / Общ. ред.: В. А. Матвеев, И. А. Голутвин; Ред.-сост.: Г. А. Козлов. — Дубна: ОИЯИ, 2020. — 335 с.: цв. ил. — (ОИЯИ; 2018-50). — Библиогр. в конце статей.
Articles on Modern Particle Physics / Gen. ed.: V. A. Matveev, I. A. Golutvin; Ed.-comp.: G. A. Kozlov. — Dubna: JINR, 2020. — 335 p.: col. ill. — (JINR; 2018-50). — Bibliogr.: end of papers.
- Рубаков В. А. Классические калибровочные поля. — Изд. 5-е, испр. и суц. доп. — М.: URSS, 2020. — (Классический учебник МГУ).
Rubakov V. A. Classical Gauge Fields. — Ed. 5, corr. and consid. suppl. — M.: URSS, 2020. — (Classical MSU manual).
Ч. 1: Бозонные теории / Валерий Анатольевич Рубаков. — 2020. — 334 с.: ил. — Библиогр.: с. 327–334.
P. 1: Boson Theories / Valerij Anatolievich Rubakov. — 2020. — 334 p.: ill. — Bibliogr.: p. 327–334.
- «Дубна, мечта моя...» / Сост.: Л. Н. Орелович. — Дубна: ОИЯИ, 2020. — 79 с.: цв. ил.
“Dubna, My Dream...” / Comp.: L. N. Orelovich. — Dubna: JINR, 2020. — 79 p.: col. ill.