

Due to the worldwide pandemic, the 54th meeting of the Programme Advisory Committee for Particle Physics was held via videoconference with a reduced agenda.

### **I. Preamble**

The Chair of the PAC for Particle Physics, I. Tserruya, presented an overview of the implementation of the recommendations taken at the previous meeting and highlighted the Resolution of the 128th session of the JINR Scientific Council (September 2020) relevant to the PAC for Particle Physics. The Scientific Council supported all the recommendations of the PAC on the evaluation of new projects and on the continuation of ongoing projects in particle physics within the suggested timescale, as outlined in the PAC's recommendations.

The PAC joins the Committee of Plenipotentiaries in expressing gratitude to the former JINR Director V. Matveev for his outstanding work in this position. The PAC congratulates G. Trubnikov on his appointment as Director of JINR and wishes him success in his new function.

### **II. Reports on ongoing projects with an emphasis on the effect of the pandemic**

The PAC takes note of the progress report on the infrastructure developments at VBLHEP including the Nuclotron facility presented by N. Agapov. The Committee notes with satisfaction that, despite problems caused by the pandemic, all areas of the infrastructure development are advancing, basically, at the necessary pace. In particular, the progress on reconstruction of power supply lines, commissioning of power substations, equipment assembly in the compressor station, and civil construction are acknowledged.

The PAC takes note of the report on the realization of the MPD project presented by A. Kisiel. The production of all components of the MPD first stage detector configuration is progressing, their commissioning is planned for 2021–2022. Work on software and algorithm development, detector performance optimization and physics simulations continue within the physics working groups. The PAC congratulates the team on reaching the important milestones: the completion of the magnet yoke assembly, the delivery of the solenoidal magnet and the start of the installation of MPD elements at their place inside the MPD hall.

The PAC appreciates the progress towards the realization of the BM@N project presented by M. Kapishin. The team is focused on the preparation of detectors, simulations and development of data analysis methods for the forthcoming runs of the BM@N detector with ion beams in 2021. The GSI/FAIR group that recently joined the BM@N collaboration aims at developing a wide-aperture tracking system based on silicon strip detectors, using

expertise from the CBM experiment. The PAC congratulates the BM@N Collaboration on the first publication of short-range correlations results in Nature Physics.

### **III. Reports on the projects approved for completion in 2020 and proposals for their continuation**

The PAC heard the progress report on the realization of the Nuclotron-NICA project presented by A. Sidorin. The PAC congratulates the Booster team for the smooth and successful first beam circulation in the Booster, confirming the high quality of all the preoperational works. The PAC is pleased to note the progress achieved by JINR in constructing and commissioning the new compressor station of the cryogenic complex, in developing the beam transport channels with corresponding magnetic optics, in the serial production of the Collider cryo-magnetic system, beam pipe and other NICA elements - as preparation for the start configuration with colliding ion beams.

Recommendation. The PAC recommends continuation of the Nuclotron-NICA project till the end of 2023.

The PAC takes note of the report on the Compressed Baryonic Matter (CBM) project presented by V. Ladygin. The CBM experiment at the future FAIR accelerator concentrates on investigating hadronic matter at the highest baryon densities and moderate temperatures, including the deconfinement and chiral symmetry restoration phase transitions. The JINR physicists are involved in various hardware projects, software development and preparations for data-taking and analysis within the FAIR Phase-0 programme. The experience obtained by JINR physicists in the development of silicon detectors and reconstruction software in FAIR/CBM is valuable for the MPD, SPD and BM@N experiments at NICA.

Recommendation. The PAC recognizes the long-lasting collaboration between JINR and GSI as well as the large synergies between the NICA and FAIR research programmes. The PAC recommends continuation of the JINR group's participation in the CBM project till the end of 2025.

### **IV. Proposal for a new project PANDA**

The PAC takes note of the report on JINR participation in the PANDA experiment presented by G. Alexeev. The PANDA experiment planned at the FAIR High Energy Storage Ring (HESR) is devoted to the search of possible exotic states (such as hybrids and glue-balls) and to the investigation of the structure of nucleons performed with an

antiproton beam of high intensity and homogeneity. The team plans to contribute to various hardware projects and in particular to the construction of the PANDA Muon System made of mini drift tubes. The JINR group suggested several studies for PANDA, namely, measuring proton structure functions in a new kinematical region, and measuring elastic and deep inelastic antiproton-nuclei processes.

Recommendation. The PAC recognizes the high degree of synergy between the muon systems of PANDA and of the JINR flagship SPD experiment and appreciates the strong cooperation between Germany and NICA. The PAC recommends JINR's participation in the PANDA project for the period of 2022–2024. However, the PAC is concerned about the high average age of the JINR team and the large fraction of participants of low FTE (0.3 or less). The PAC advises the team to adapt the team's commitments to the available resources.

#### **V. Conceptual design report for the SPD experiment**

The PAC heard the presentation of the Conceptual Design Report (CDR) for the SPD experiment made by A. Guskov. The main goal of the experiment is to study the polarized gluon structure of proton and deuteron in the production of charmonium, open charm and direct photons. At its initial stage, SPD is supposed to focus on various unpolarized and spin-dependent effects in interactions of protons, deuterons and light nuclei. The SPD facility is meant as a universal  $4\pi$ -detector for registration and identification of secondary particles at high luminosity.

Recommendation. The PAC thanks the SPD (proto-)collaboration for the preparation of the comprehensive CDR and recommends the NICA management to appoint an appropriate detector advisory committee (DAC) for a thorough review of the CDR and its subsequent evolution into an SPD TDR (Technical Design Report). The PAC encourages the team to pursue every effort to form an international collaboration, find adequate resources and attract students and young scientists.

#### **VI. Written reports on the projects approved for completion in 2020**

The PAC takes note of the written report on the project "Upgrade of CMS Detector through 2020" for the period of 2013–2020 presented by A. Zarubin and of the written report on JINR's participation in "R&D for the ALICE Photon Spectrometer Upgrade" for the period of 2019–2020 presented by A. Vodopyanov.

**VII. Reports on the scientific results obtained by the JINR groups in the LHC experiments**

The PAC takes note of the report presented by V. Pozdnyakov on the results obtained by the JINR group in the ALICE experiment on femtoscopic di-kaon correlations and on vector mesons production in ultra-peripheral collisions (UPC) of heavy ions. The femtoscopy studies comprise  $K^+K^-$ -pair production in Pb-Pb collisions and charged pion and kaon correlations in pp collisions. The cross-section of  $\rho^0$ -meson coherent photoproduction was measured in Pb-Pb UPC. The results were published and reported at conferences as well as the analysis of  $J/\psi$  coherent photoproduction.

The PAC takes note of the new results and current activities of the JINR group in the ATLAS experiment presented by E. Khramov. Topics under study include applicability of the Standard Model and verification of its predictions, search for additional exotic bosons in Drell-Yan and two-jet processes, search for manifestations of Long-Lived Supersymmetry and supersymmetric charged Higgs bosons. The PAC acknowledges the significant contribution made by the group within the ATLAS upgrade programme, in particular, in the production of the Micromegas quadruplets for the New Small Wheel.

The PAC takes note of the report presented by I. Gorbunov on the results obtained by the JINR group in the CMS experiment. The team was engaged in the upgrade of detectors, data processing and physics analysis of the data collected in the LHC Run 2. Precision tests of the Standard Model were performed with dimuons and inclusive jets. Other studies were focused on verification of extended gauge models, scenarios of extra spatial dimensions and extended Higgs sector, as well as some simplified dark matter models. JINR physicists also participated in the development of electronics and cooling system of the CMS muon station.

**VIII. Next meeting of the PAC**

The next meeting of the PAC for Particle Physics is scheduled for 21–22 June 2021.

Its preliminary agenda includes:

- follow-up to the to-do list from this PAC meeting;
- status report on the Nuclotron-NICA project;
- status report on infrastructure issues including Nuclotron;
- report from the Coordinator of the experimental programme with Nuclotron beams;
- status report on the MPD project including simulation results;
- report on the BM@N project including simulation and physics results;
- report on the SPD CDR by the SPD DAC;

- progress reports on JINR's participation in the LHC experiments;
- consideration of new projects;
- reports and recommendations on the projects to be completed in 2021;
- posters from young physicists.



I. Tserruya

Chair of the PAC  
for Particle Physics



A. Cheplakov

Scientific Secretary of the PAC  
for Particle Physics

**RECOMMENDATIONS OF THE JOINT SESSION  
OF THE PAC FOR PARTICLE PHYSICS AND THE PAC FOR NUCLEAR PHYSICS  
OF 21 JANUARY 2021  
FOR THE ASSESSMENT OF JINR NEUTRINO PROJECTS**

---

At its 123rd session, the Scientific Council approved the proposal of both PACs to have joint sessions for the evaluation of the JINR neutrino projects. Following that, on January 21, 2021, the PAC for Particle Physics and the PAC for Nuclear Physics held a joint session for the evaluation of five neutrino projects under the theme “Non-Accelerator Neutrino Physics and Astrophysics”.

Following the guidelines outlined by JINR Director G. Trubnikov, the evaluation aimed at classifying the various projects into three categories, using the scheme adopted in the previous joint session in January 2019, based primarily on the scientific merit of the project, and the performance, impact and visibility of the JINR group. For that, the project leaders were requested to answer a short common questionnaire prepared by representatives of the two PACs. Each project was reviewed by one referee from the PAC for Particle Physics and one from the PAC for Nuclear Physics. The questionnaire itself, the answers to the questionnaire and the referee reports have been uploaded to the Indico webpage of the joint session. The final evaluation of each project was made taking into account the opinions of the two relevant referees and the subsequent discussion of the project at the joint session of the two PACs.

**GERDA (LEGEND) project**

The PAC heard the report presented by K. Gusev on the GERDA (LEGEND) project dedicated to searching for the neutrinoless double-beta decay of  $^{76}\text{Ge}$  with open Ge-detectors directly immersed in liquid argon. The GERDA project is carried out at Gran Sasso in Italy by a large international collaboration.

After reaching the planned exposure of 100 kg yr, Phase II of the GERDA experiment (2015–2020) was completed. An unprecedented background level of  $5 \cdot 10^{-4}$  counts/(keV·kg·yr) was achieved. The analysis of the full GERDA data set of 127.2 kg · yr collected in Phase I and II enabled setting a new world-best half-life limit on the neutrinoless double-beta decay of  $^{76}\text{Ge} > 1.8 \cdot 10^{26}$  years.

The impressive GERDA performance gives confidence on the feasibility of the new generation ton-scale  $^{76}\text{Ge}$  experiment LEGEND. LEGEND is foreseen to proceed in two phases as was the case for GERDA. The first phase will operate with up to 200 kg of germanium detectors inside the existing GERDA cryostat. It is planned to achieve a sensitivity of  $10^{27}$  years thus requiring to improve the present background by factor 5.

**RECOMMENDATIONS OF THE JOINT SESSION  
OF THE PAC FOR PARTICLE PHYSICS AND THE PAC FOR NUCLEAR PHYSICS  
OF 21 JANUARY 2021  
FOR THE ASSESSMENT OF JINR NEUTRINO PROJECTS**

---

The full-scale project with 1 t of  $^{76}\text{Ge}$  aims for a sensitivity of  $10^{28}$  years by reducing the background by a factor 10 and then for a potential answer to the question about neutrino mass hierarchy.

Recommendation. The PAC acknowledges the important role played by the JINR group in the GERDA (LEGEND) experiments and recommends continuation of this project in 2022–2024 with A ranking.

### **SuperNEMO project**

The PAC heard the report presented by V. Tretyak on the SuperNEMO project dedicated to the search for neutrinoless double beta decay ( $0\nu 2\beta$ ) employing tracker-calorimeter techniques, which allow the reconstruction of angles and energies of the betas for each event. The long-standing participation of DLNP JINR in the first-generation NEMO-2/3 experiments has led to world-class results for the two-neutrino and neutrinoless double-beta decays of the  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{82}\text{Se}$ ,  $^{96}\text{Zr}$ ,  $^{100}\text{Mo}$ ,  $^{116}\text{Cd}$ ,  $^{130}\text{Te}$  and  $^{150}\text{Nd}$  isotopes.

With SuperNEMO, a new generation of the detector is under construction at LSM (Modane) with a design capability of measuring of the order of 100 kg of various isotopes, for maximum sensitivity of the ultimate detector to half-lives  $T_{1/2}(0\nu 2\beta) \geq 10^{26}$  years. The “SuperNEMO Demonstrator” is the first module (out of twenty) now in commissioning phase that will be ready in 2022 to search for  $0\nu 2\beta$  decays in  $\sim 7$  kg of enriched  $^{82}\text{Se}$ . The JINR group plays an important role in the project, notably in the construction of the passive shielding, the VETO system, the calorimeter, software and data handling, and in the development of radiochemical purification methods.

Despite the achievements, the PAC notes that the present generation of the project features several years of delay, for which the group provided convincing justifications, but that anyhow hamper the potential impact of the experiment within the harsh international competition already aimed at high-sensitivity third-generation detectors exploiting Germanium and Xenon. Nevertheless, the tracking-calorimeter capability, as well as the free selectivity for any of the candidate isotopes, could make SuperNEMO contributing to the assessment of a possible  $0\nu 2\beta$  signal once found by other searches.

Recommendation. The PAC acknowledges the potentialities of the technique used by SuperNEMO and recommends continuation of this project in 2022–2024 with ranking B,

**RECOMMENDATIONS OF THE JOINT SESSION  
OF THE PAC FOR PARTICLE PHYSICS AND THE PAC FOR NUCLEAR PHYSICS  
OF 21 JANUARY 2021  
FOR THE ASSESSMENT OF JINR NEUTRINO PROJECTS**

---

encouraging the proponents to set up a focused and timely productive group for the exploitation of the Demonstrator detector.

**DANSS project**

The PAC heard the report presented by Yu. Shitov on the DANSS reactor neutrino project at the Kalinin Nuclear Power Plant dedicated to the search for sterile neutrinos. DANSS safely installed a compact neutrino spectrometer near the reactor and in five years of operation during 2016–2020, registered world record statistics of four million reactor antineutrinos (one million events per year, or five thousand per day). This allowed DANSS to obtain world-class results among which:

- No significant effect of oscillations of reactor antineutrinos into sterile neutrinos after analysing most of the collected statistics (~ 3M events). As a result, the largest area (in comparison with competitors) of the parameter phase space ( $\sin^2(2\theta_{14})$ ,  $\Delta m_{14}^2$ ) of possible oscillations was excluded, including the point of the best fit of the reactor antineutrino anomaly, excluded at a level of more than  $5\sigma$ .
- Ability to monitor the reactor power with a statistical error of ~ 1.5% in two days of measurements, and to determine the composition of the nuclear fuel (Uranium / Plutonium ratio), thus confirming the applicability of the proposed technology for reactor control.

The main task of the next stage of the project is the upgrade of the DANSS-2 spectrometer with a factor of two better energy resolution, which will allow expanding significantly the tested phase space region in the search of sterile neutrino, including the region ( $\sin^2(2\theta_{14}) \sim 0.25$ ,  $\Delta m_{14}^2 \sim 7 \text{ eV}^2$ ) where the NEUTRINO-4 experiment reported a signal and obtaining a better-quality spectrum of reactor antineutrinos, which is important for solving the spectral anomaly problem.

In addition, it is planned to continue working on the development of a mini-spectrometer S<sup>3</sup> (S-cube) (~ 64L with improved detecting elements). Such a detector will register ~ 300–400 neutrinos per day and, together with DANSS-2, will help to better understand the systematics of the used measurement method.

DANSS is a relatively small collaboration. The operation in a nuclear reactor restricts the possibilities to open up the DANSS project to a more international collaboration or a remotely controlled operation.



**RECOMMENDATIONS OF THE JOINT SESSION  
OF THE PAC FOR PARTICLE PHYSICS AND THE PAC FOR NUCLEAR PHYSICS  
OF 21 JANUARY 2021  
FOR THE ASSESSMENT OF JINR NEUTRINO PROJECTS**

---

Recommendation. Compared with other neutrino experiments, the DANSS experiment is unique in its capability to operate close to a high flux nuclear reactor and to produce data of high scientific value with unprecedented statistics.

The PAC recommends continuation of the DANSS project in 2022–2024 with ranking A.

**$\nu$ GeN (GEMMA) project**

The PAC heard the report presented by A. Lubashevskiy on the proposal for the extension of the  $\nu$ GeN (GEMMA) project, which is performed by a JINR group at the Kalinin Nuclear Power Plant. The measurements are focused on studying reactor neutrino properties such as the search for neutrino magnetic moment and the coherent elastic neutrino-nucleus scattering, a process recently identified for the first time with accelerator neutrinos.

The experiment makes use of high-purity low-threshold Germanium detectors (200 eV) of low background of 1 cts / (keV · kg · day) and total mass up to about 5.5 kg, placed at a short distance from the reactor centre, under a flux exceeding  $5 \cdot 10^{13}$  antineutrinos/(cm<sup>2</sup>s). The 50 m w.e. overburden and the movable spectrometer, which allows varying the antineutrino flux, are qualifying features of the project. The experiment is in its first phase of data taking.

Recommendation. Despite delays in the realization of the project and a consequent reduced scientific production, the PAC acknowledges the strong commitment of the JINR group. The group is capable to conduct the research autonomously, as well as within the strong international competition, in particular, concerning the observation of neutrino coherent scattering.

The PAC recommends continuation and full financing of the  $\nu$ GeN project in 2022–2024 with ranking B.

**EDELWEISS-RICOCHET project**

The PAC heard the report presented by E. Yakushev on the latest results of the EDELWEISS experiment and on the continuation of its research programme with new cryogenic HPGe detectors-bolometers, that will be expanded to include Coherent Elastic Neutrino( $\nu$ )-Nucleus Scattering (CE $\nu$ NS) studies. The PAC notes the successful development

**RECOMMENDATIONS OF THE JOINT SESSION  
OF THE PAC FOR PARTICLE PHYSICS AND THE PAC FOR NUCLEAR PHYSICS  
OF 21 JANUARY 2021  
FOR THE ASSESSMENT OF JINR NEUTRINO PROJECTS**

---

of bolometer detectors, which will enable EDELWEISS-RICOCHET to carry out high precision spectrometric measurements at energies down to very low ones (with an energy threshold below 100 eV) where the manifestation of new physics in the electroweak sector is expected to be seen as distortions in the recoil nuclei energy spectrum induced by CE $\nu$ NS.

The first phase of the RICOCHET programme, with a large (kg scale) experiment, will be carried out at the ILL research reactor (Grenoble, France). At the same time, the newest detectors will continue to be used at EDELWEISS for the direct search of Dark Matter particles from the galactic halo in the low-mass WIMP region (1 GeV/c<sup>2</sup> and below) that has been inaccessible by the large experiments using liquefied noble gas (Ar / Xe) detectors.

The PAC is pleased to note that EDELWEISS-RICOCHET is focused at addressing intriguing problems of modern physics, has produced world-leading results and maintains strong competitive capabilities.

Recommendation. The PAC recommends continuation of the EDELWEISS research programme on the direct search for dark matter particles and its expansion to the RICOCHET project for the precision measurement of CE $\nu$ NS in 2022–2024 with ranking A.



M. Lewitowicz  
Chair of the PAC  
for Nuclear Physics



I. Tserruya  
Chair of the PAC  
for Particle Physics

В связи с мировой пандемией коронавируса 54-е заседание Программно-консультативного комитета по физике частиц было проведено в формате видеоконференции с сокращенной повесткой дня.

### **I. Введение**

Председатель ПКК по физике частиц И. Церруя представил обзор выполнения рекомендаций, принятых на предыдущем заседании, и отдельно остановился на резолюции 128-й сессии Ученого совета ОИЯИ (сентябрь 2020 года), касающейся ПКК по физике частиц. Ученый совет поддержал все рекомендации ПКК по оценке новых проектов и продолжению текущих проектов в области физики элементарных частиц в предлагаемые сроки, как изложено в материалах ПКК.

ПКК присоединяется к Комитету полномочных представителей и выражает благодарность бывшему директору ОИЯИ В. А. Матвееву за выдающуюся работу на этом посту. ПКК поздравляет Г. В. Трубникова с избранием на должность директора ОИЯИ и желает ему успехов в новой должности.

### **II. Отчеты о текущих проектах с учетом влияния пандемической ситуации**

ПКК принимает к сведению отчет о ходе развития инфраструктуры ЛФВЭ, включая установку Нуклотрон, представленный Н. Н. Агаповым. Комитет с удовлетворением отмечает, что, несмотря на проблемы, вызванные пандемией, все направления развития инфраструктуры продвигаются, в целом, необходимыми темпами. В частности, отмечены успехи в реконструкции линий электропередач, вводе в эксплуатацию электрических подстанций, монтаже оборудования на компрессорной станции и капитальном строительстве.

ПКК принимает к сведению отчет о реализации проекта MPD, представленный А. Кищелем. Производство всех компонентов начальной конфигурации детектора MPD продолжается, их ввод в эксплуатацию запланирован на 2021–2022 годы. В физических рабочих группах продолжается работа над развитием программного обеспечения и алгоритмов, оптимизацией характеристик детекторов и моделированием физических процессов. ПКК поздравляет команду с достижением важных вех: завершением сборки ядра магнита, доставкой соленоидного магнита и началом установки элементов MPD на их место в павильоне MPD.

ПКК высоко оценивает успехи в реализации проекта VM@N, представленного М. Н. Капишиным. Команда сосредоточена на подготовке детекторов,

моделировании и разработке методов анализа данных для предстоящих сеансов работы установки BM@N с пучками ионов в 2021 году. Недавно к коллаборации BM@N присоединилась группа GSI/FAIR для разработки широкоапертурной трековой системы на основе кремниевых стриповых детекторов с учетом опыта эксперимента CBM. ПКК поздравляет коллаборацию BM@N с первой публикацией результатов анализа короткодействующих корреляций в журнале Nature Physics.

### **III. Отчеты по проектам, одобренным к завершению в 2020 году, и предложения об их продлении**

ПКК заслушал доклад о ходе реализации проекта «Нуклотрон-NICA», представленный А. О. Сидориным. ПКК поздравляет сотрудников с надежной и успешной циркуляцией первого пучка в бустере, подтвердившей высокое качество всех подготовительных работ. ПКК с удовлетворением отмечает успехи, достигнутые ОИЯИ при подготовке стартовой конфигурации коллайдера со встречными ионными пучками — в строительстве и вводе в эксплуатацию новой компрессорной станции криогенного комплекса, разработке каналов транспортировки пучка с соответствующей магнитной оптикой, серийном производстве компонентов криомагнитной системы коллайдера, пучковой камеры и других элементов NICA.

Рекомендация. ПКК рекомендует продолжить проект «Нуклотрон-NICA» до конца 2023 года.

ПКК принимает к сведению отчет о проекте «Сжатое барионное вещество» (CBM), представленный В. П. Ладыгиным. Эксперимент CBM на будущем ускорителе FAIR сосредоточен на исследовании адронной материи при самых высоких плотностях барионов и умеренных температурах, включая деконфайнмент и фазовые переходы с восстановлением киральной симметрии. Физики ОИЯИ участвуют в разработке различных детекторных систем, развитии программного обеспечения и подготовке к набору и анализу данных в рамках программы FAIR Phase-0. Опыт, полученный физиками ОИЯИ в разработке кремниевых детекторов и программного обеспечения для реконструкции событий в FAIR/CBM, будет полезен для экспериментов MPD, SPD и BM@N на NICA.

Рекомендация. ПКК приветствует долгосрочное сотрудничество между ОИЯИ и GSI, а также тесную координацию между исследовательскими программами NICA и FAIR. ПКК рекомендует продолжить участие группы ОИЯИ в проекте CBM до конца 2025 года.

**IV. Предложение нового проекта PANDA**

ПКК принимает к сведению отчет Г. Д. Алексеева об участии ОИЯИ в эксперименте PANDA. Эксперимент PANDA, запланированный на FAIR High Energy Storage Ring (HESR), посвящен поиску возможных экзотических состояний (таких как гибриды и глюболы) и исследованию структуры нуклонов с помощью антипротонного пучка высокой интенсивности и однородности. Команда планирует внести свой вклад в создание различных подсистем установки, в частности, в создание мюонной системы PANDA, состоящей из миниатюрных дрейфовых трубок. Группа ОИЯИ предложила несколько исследований для PANDA, а именно: измерение структурных функций протонов в новой кинематической области и измерение упругих и глубоконеупругих антипротон-ядерных процессов.

Рекомендация. ПКК отмечает высокую степень согласованности в создании мюонных систем PANDA и флагманского эксперимента SPD в ОИЯИ и высоко оценивает тесное сотрудничество между Германией и NICA. ПКК рекомендует участие ОИЯИ в проекте PANDA на период 2022–2024 годы. В то же время ПКК обеспокоен высоким средним возрастом сотрудников ОИЯИ, занятых в проекте, и большой долей участников с низким FTE (0,3 и менее). ПКК рекомендует команде адаптировать обязательства команды к имеющимся ресурсам.

**V. Концептуальный проект эксперимента SPD**

ПКК заслушал презентацию концептуального проекта (CDR) эксперимента SPD, сделанную А. В. Гуськовым. Основная цель эксперимента — изучение поляризованной глюонной структуры протона и дейтрона при образовании чармония, открытого чарма и прямых фотонов. Предполагается, что на начальном этапе работа SPD будет сосредоточена на анализе различных неполяризованных и спинзависимых эффектов во взаимодействиях протонов, дейтронов и легких ядер. Установка SPD задумана как универсальный 4π-детектор для регистрации и идентификации вторичных частиц при высокой светимости.

Рекомендация. ПКК благодарит (прото-)коллораацию SPD за подготовку всеобъемлющего CDR и рекомендует руководству NICA назначить соответствующий консультативный комитет по детекторам для тщательного анализа CDR и последующей разработки технического проекта SPD. ПКК призывает команду приложить все усилия для налаживания международного сотрудничества, поиска необходимых ресурсов и привлечения студентов и молодых ученых.

**VI. Письменные отчеты по проектам, завершившимся в 2020 году**

ПКК принимает к сведению письменный отчет по проекту «Модернизация детектора CMS до 2020 года» за период 2013–2020 годы, представленный А. В. Зарубиным, и письменный отчет об участии ОИЯИ в «Научно-исследовательских разработках по модернизации фотонного спектрометра ALICE» за период 2019–2020 годы, представленный А. С. Водопьяновым.

**VII. Доклады о научных результатах, полученных группами ОИЯИ в экспериментах на LHC**

ПКК принимает к сведению доклад В. Н. Позднякова о результатах, полученных группой ОИЯИ в эксперименте ALICE по фемтоскопическим корреляциям пар каонов и по рождению векторных мезонов в ультрапериферических столкновениях (УПС) тяжелых ионов. Фемтоскопические исследования включают изучение образования  $K^+K^-$ -пар в Pb-Pb столкновениях и корреляций заряженных пионов и каонов в pp-столкновениях. Измерено сечение когерентного фоторождения  $\rho^0$ -мезонов в УПС Pb-Pb. Результаты были опубликованы и доложены на конференциях, также был проведен анализ когерентного фоторождения  $J/\psi$ .

ПКК принимает к сведению новые результаты и отчет о текущей деятельности группы ОИЯИ в эксперименте ATLAS, представленные Е. В. Храмовым. Исследуемые темы включают применимость Стандартной модели и проверку ее предсказаний, поиск дополнительных экзотических бозонов в процессах Дрелла–Яна и двухструйных процессах, поиск проявлений долгоживущей суперсимметрии и суперсимметричных заряженных бозонов Хиггса. ПКК отмечает значительный вклад группы в программу модернизации ATLAS, в частности, в создание квадруплетов по технологии Micromegas для малых мюонных колес спектрометра.

ПКК принимает к сведению доклад И. Н. Горбунова о результатах, полученных группой ОИЯИ в эксперименте CMS. Команда занималась модернизацией детекторов, обработкой и физическим анализом данных, набранных во время второго сеанса на LHC. Была проведена прецизионная проверка Стандартной модели в событиях с димюонами и инклюзивными струями. Другие исследования были сосредоточены на проверке расширенных калибровочных моделей, сценариев дополнительных пространственных измерений и расширенного сектора Хиггса, на изучении некоторых упрощенных моделей темной материи. Физики ОИЯИ также участвовали в разработке электроники и системы охлаждения мюонной станции CMS.

**VIII. Следующее заседание ПКК**

Следующая сессия ПКК по физике частиц состоится 21–22 июня 2021 года.

В повестку сессии предлагается включить следующие вопросы:

- об исполнении решений ПКК;
- доклад о ходе работ по реализации проекта «Нуклотрон-NICA»;
- доклад о ходе работ по развитию инфраструктуры, включая Нуклотрон;
- доклад координатора экспериментальной программы на пучках Нуклотрона;
- доклад о ходе работ по реализации проекта MPD, включая результаты моделирования;
- доклад о ходе работ по реализации проекта BM@N, включая результаты моделирования и физические результаты;
- доклад консультативного комитета по детектору SPD об анализе CDR;
- отчеты о результатах участия ОИЯИ в экспериментах на LHC;
- рассмотрение новых проектов;
- отчеты и рекомендации по проектам, завершающимся в 2021 году;
- стендовые сообщения молодых ученых.

И. Церруя  
председатель ПКК  
по физике частиц

А. П. Чеплаков  
ученый секретарь ПКК  
по физике частиц

**РЕКОМЕНДАЦИИ СОВМЕСТНОЙ СЕССИИ  
ПКК ПО ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ И ПКК ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ  
ОТ 21 ЯНВАРЯ 2021 г.  
ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ  
НЕУСКОРИТЕЛЬНЫХ НЕЙТРИННЫХ ПРОЕКТОВ ОИЯИ**

---

В ходе 123-й сессии Ученый совет одобрил предложение ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике о проведении совместных заседаний для оценки нейтринных проектов ОИЯИ. 21 января 2021 года ПКК по физике частиц и ПКК по ядерной физике провели совместное заседание для оценки пяти проектов по теме «Неускорительная нейтринная физика и астрофизика».

В соответствии с принципами, предложенными директором ОИЯИ Г. В. Трубниковым, конечной целью была классификация проектов и присвоение каждому одной из трех категорий с использованием схемы, принятой на предыдущем совместном заседании в январе 2019 года, исходя, прежде всего, из научной значимости проекта, эффективности и результатов работы группы ОИЯИ. Руководителям проектов было предложено ответить на вопросы из короткого общего списка, подготовленного представителями двух ПКК. Каждый проект был рассмотрен одним рецензентом из ПКК по физике частиц и одним из ПКК по ядерной физике. Сама анкета, ответы на вопросы и отчеты рецензентов были размещены на веб-странице Indico совместной сессии. Окончательная оценка каждого проекта проводилась с учетом мнений двух соответствующих рецензентов и последующего обсуждения проекта на совместном заседании двух ПКК.

### **Проект GERDA (LEGEND)**

ПКК заслушал доклад К. Н. Гусева о проекте GERDA (LEGEND), посвященном поиску безнейтринного двойного бета-распада  $^{76}\text{Ge}$  с помощью открытых Ge-детекторов, непосредственно погруженных в жидкий аргон. Проект GERDA реализуется в Гран-Сассо (Италия) усилиями большого международного коллектива.

После достижения запланированной экспозиции 100 кг·год вторая фаза эксперимента GERDA (2015–2020) была успешно завершена. Был достигнут беспрецедентный уровень фона  $5 \cdot 10^{-4}$  отсчетов / (кэВ·кг·год). Анализ полного набора данных GERDA, соответствующего суммарной экспозиции 127,2 кг·год первой и второй фазы, позволил установить новый рекордный предел периода полураспада для безнейтринного двойного бета-распада  $^{76}\text{Ge}$  — свыше  $1,8 \cdot 10^{26}$  лет.

Впечатляющие характеристики GERDA вселяют уверенность в осуществимости эксперимента нового поколения LEGEND с 1 т  $^{76}\text{Ge}$ . Предполагается, что LEGEND будет проходить в два этапа, как и GERDA. На первом этапе будет использоваться



**РЕКОМЕНДАЦИИ СОВМЕСТНОЙ СЕССИИ  
ПКК ПО ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ И ПКК ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ  
ОТ 21 ЯНВАРЯ 2021 г.  
ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ  
НЕУСКОРИТЕЛЬНЫХ НЕЙТРИННЫХ ПРОЕКТОВ ОИЯИ**

---

до 200 кг германиевых детекторов внутри существующего криостата GERDA. Планируется достичь чувствительности  $10^{27}$  лет, что потребует снижения текущего фона в пять раз. Полномасштабный проект с 1 т  $^{76}\text{Ge}$  нацелен на достижение чувствительности  $10^{28}$  лет за счет уменьшения фона в десять раз с потенциальной целью ответить на вопрос об иерархии масс нейтрино.

Рекомендации. ПКК признает важную роль группы ОИЯИ в эксперименте GERDA (LEGEND) и рекомендует продолжить этот проект в 2022–2024 годах с рейтингом А.

### **Проект SuperNEMO**

ПКК заслушал доклад В. И. Третьяка о проекте SuperNEMO, посвященном поиску безнейтринного двойного бета-распада ( $0\nu2\beta$ ) с использованием треко-калориметрической методики, которая позволяет реконструировать углы и энергии продуктов распада для каждого события. Многолетнее участие ЛЯП ОИЯИ в экспериментах первого поколения NEMO-2/3 привело к результатам мирового уровня для двухнейтринного и безнейтринного двойного бета-распада изотопов  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{82}\text{Se}$ ,  $^{96}\text{Zr}$ ,  $^{100}\text{Mo}$ ,  $^{116}\text{Cd}$ ,  $^{130}\text{Te}$  и  $^{150}\text{Nd}$ .

В LSM (Модан, Франция) создается детектор SuperNEMO нового поколения с проектной возможностью измерять порядка 100 кг различных изотопов с максимальной чувствительностью детектора к периодам полураспада  $T_{1/2}(0\nu2\beta) \geq 10^{26}$  лет. «SuperNEMO Demonstrator» (первый модуль из двадцати), который сейчас находится на этапе ввода в эксплуатацию, в 2022 году будет готов к поиску распадов  $0\nu2\beta$  в  $\sim 7$  кг обогащенного  $^{82}\text{Se}$ . Группа ОИЯИ играет важную роль в этом проекте, в частности, в создании пассивной защиты, системы VETO, калориметра, программного обеспечения и в обработке данных, а также в разработке методов радиохимической очистки.

ПКК отмечает, что, несмотря на эти достижения, исполнение проекта задерживается на несколько лет и, хотя группа представила убедительные обоснования, это препятствует успеху эксперимента в условиях жесткой международной конкуренции, уже нацеленной на создание высокочувствительных детекторов третьего поколения, использующих германий и ксенон. Тем не менее возможности трекового калориметра, а также свободная селективность по любому из

**РЕКОМЕНДАЦИИ СОВМЕСТНОЙ СЕССИИ  
ПКК ПО ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ И ПКК ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ  
ОТ 21 ЯНВАРЯ 2021 г.  
ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ  
НЕУСКОРИТЕЛЬНЫХ НЕЙТРИННЫХ ПРОЕКТОВ ОИЯИ**

---

изотопов-кандидатов помогут SuperNEMO внести свой вклад в оценку возможного сигнала  $0\nu 2\beta$ , обнаруженного в результате других поисков.

Рекомендация. ПКК признает потенциальные возможности метода, используемого SuperNEMO, и рекомендует продолжить этот проект в 2022–2024 годах с рейтингом В. ПКК призывает авторов к созданию эффективной группы, нацеленной на использование детектора «SuperNEMO Demonstrator».

### **Проект DANSS**

ПКК заслушал доклад Ю. А. Шитова о реакторном нейтринном проекте DANSS на Калининской АЭС, посвященном поиску стерильных нейтрино. В эксперименте DANSS компактный нейтринный спектрометр безопасно установлен рядом с реактором. За пять лет работы в 2016–2020 годах зарегистрирована мировая рекордная статистика в четыре миллиона реакторных антинейтрино. Это позволило DANSS получить результаты мирового уровня, среди которых:

- Отсутствие значимого сигнала осцилляций реакторных антинейтрино в стерильные нейтрино после анализа большей части собранной статистики (~ 3 миллиона событий). В результате была исключена наибольшая (по сравнению с конкурентами) область пространства параметров ( $\sin^2(2\theta_{14})$ ,  $\Delta m_{14}^2$ ) возможных осцилляций, в том числе точка, соответствующая лучшему фиту реакторной нейтринной аномалии, исключена на уровне более  $5\sigma$ .
- Возможность контролировать мощность реактора со статистической погрешностью ~ 1,5% за два дня измерений и определять состав ядерного топлива (соотношение уран / плутоний), что подтверждает применимость предложенной технологии для контроля реакторов.

Основной задачей на следующем этапе проекта является модернизация спектрометра DANSS-2 с улучшением в два раза энергетического разрешения, что позволит существенно расширить исследуемую область фазового пространства для поиска стерильных нейтрино, включая область ( $\sin^2(2\theta_{14}) \sim 0,25$ ,  $\Delta m_{14}^2 \sim 7 \text{ эВ}^2$ ), в которой был получен сигнал в эксперименте NEUTRINO-4, а также получить более качественный спектр реакторных антинейтрино, что важно для решения проблемы спектральной аномалии.

**РЕКОМЕНДАЦИИ СОВМЕСТНОЙ СЕССИИ  
ПКК ПО ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ И ПКК ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ  
ОТ 21 ЯНВАРЯ 2021 г.  
ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ  
НЕУСКОРИТЕЛЬНЫХ НЕЙТРИННЫХ ПРОЕКТОВ ОИЯИ**

---

Кроме того, планируется продолжить работы по созданию мини-спектрометра  $S^3$  (S-куб) объемом ~ 64 литра с улучшенными детектирующими элементами. Такой детектор будет регистрировать ~ 300–400 нейтрино в сутки и совместно с DANSS-2 поможет лучше понять систематику используемого метода измерений.

DANSS – относительно небольшая коллаборация. Работа на ядерном реакторе ограничивает возможности открытия проекта DANSS для более широкого международного сотрудничества или для его дистанционно управляемого исполнения.

Рекомендация. По сравнению с другими нейтринными экспериментами эксперимент DANSS уникален, так как спектрометр расположен вблизи мощного ядерного реактора и позволяет получать данные высокой научной ценности с беспрецедентной статистикой.

ПКК рекомендует продолжить проект DANSS в 2022–2024 годах с рейтингом А.

### **Проект $\nu$ GeN (GEMMA)**

ПКК заслушал доклад А. В. Лубашевского с предложением по продлению проекта  $\nu$ GeN (GEMMA), который выполняется группой ОИЯИ на Калининской АЭС. Измерения сосредоточены на поиске магнитного момента нейтрино и изучении такого свойства реакторных нейтрино, как когерентное упругое рассеяние нейтрино на ядре (процесс, который недавно был впервые идентифицирован с помощью нейтрино от ускорителя).

В эксперименте используются сверхчистые германиевые детекторы с низким порогом (200 эВ), с низким фоном 1 / (кэВ · кг · день), общей массой около 5,5 кг, размещенные на близком расстоянии от центра реактора, в потоке более  $5 \cdot 10^{13}$  антинейтрино / (см<sup>2</sup> · с). Выгодными особенностями установки являются защита 50 м в.э. и передвижной спектрометр, позволяющий варьировать поток антинейтрино. Эксперимент находится на начальном этапе набора данных.

Рекомендации. Несмотря на задержки в реализации проекта и, как следствие, сниженный научный выход, ПКК отмечает серьезные обязательства группы ОИЯИ и ее способность самостоятельно проводить исследования, а также потенциал проекта в условиях сильной международной конкуренции, в частности, по наблюдению когерентного рассеяния нейтрино.

**РЕКОМЕНДАЦИИ СОВМЕСТНОЙ СЕССИИ  
ПКК ПО ФИЗИКЕ ЧАСТИЦ И ПКК ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ  
ОТ 21 ЯНВАРЯ 2021 г.  
ДЛЯ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ  
НЕУСКОРИТЕЛЬНЫХ НЕЙТРИННЫХ ПРОЕКТОВ ОИЯИ**

---

ПКК рекомендует продолжение и полное финансирование проекта  $\nu$ GeN в 2022–2024 годах с рейтингом В.

### **Проект EDELWEISS-RICOCHET**

ПКК заслушал доклад Е. А. Якушева о последних результатах эксперимента EDELWEISS и о продолжении его исследовательской программы с новыми криогенными детекторами (HPGe-болометрами), которая будет расширена за счет включения исследований когерентного упругого рассеяния нейтрино на ядрах (Coherent Elastic Neutrino( $\nu$ )-Nucleus Scattering – CE $\nu$ NS). ПКК отмечает успешную разработку болометрических детекторов, которые позволят EDELWEISS-RICOCHET проводить высокоточные спектрометрические измерения вплоть до очень низких энергий (с энергетическим порогом ниже 100 эВ), где проявление новой физики в электрослабом секторе ожидается как искажение энергетического спектра ядер отдачи, вызванное CE $\nu$ NS.

Первый этап программы RICOCHET с крупномасштабным (кг-масштаба) экспериментом будет проводиться на исследовательском реакторе ILL (Гренобль, Франция). В то же время в EDELWEISS по-прежнему будут использоваться новейшие детекторы для прямого поиска частиц темной материи из галактического гало в области малых масс WIMP (1 ГэВ/ $c^2$  и ниже), недоступной для больших экспериментов, использующих детекторы на сжиженных благородных газах (Ar / Xe).

ПКК с удовлетворением отмечает, что EDELWEISS-RICOCHET сосредоточен на решении интригующих проблем современной физики, добился лучших в мире результатов и сохраняет сильные конкурентные возможности.

Рекомендация. ПКК рекомендует продолжить исследовательскую программу EDELWEISS по прямому поиску частиц темной материи и расширить ее до проекта RICOCHET по прецизионному измерению CE $\nu$ NS в 2022–2024 годах с рейтингом А.

М. Левитович  
Председатель ПКК  
по ядерной физике

И. Церруя  
Председатель ПКК  
по физике частиц