



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

2013-12

**КРАТКИЙ ОБЗОР
ВАЖНЕЙШИХ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В 2012 ГОДУ**

**BRIEF REVIEW
OF TOPMOST SCIENTIFIC RESULTS
OBTAINED IN 2012
AT THE JOINT INSTITUTE
FOR NUCLEAR RESEARCH**

Дубна 2013

В 2012 г. Объединенным институтом ядерных исследований был получен ряд результатов мирового уровня.

Знаковым событием 2012 г. стало открытие на LHC (ЦЕРН) при важном вкладе ОИЯИ нового бозона, подобного хиггсовскому.

Группа физиков ОИЯИ внесла существенный вклад в получение результата по измерению угла смешивания нейтрино θ_{13} в реакторном эксперименте (коллаборация Daya Bay, Китай).

Подтверждено открытие 117-го элемента Периодической системы элементов Д. И. Менделеева.

Состоялся запуск первого в мире гранулированного холодного замедлителя на модернизированном реакторе ИБР-2; начата регулярная эксплуатация реактора для проведения научных экспериментов.

В ходе очередного сеанса на нуклотроне была впервые получена энергия пучка дейтронов 4,5 ГэВ на нуклон.

Проведена международная научно-техническая экспертиза проекта NICA, объявлен международный тендер на выбор генподрядной организации по сооружению ускорительного комплекса NICA.

Значительный прогресс достигнут в развитии грид-инфраструктуры ОИЯИ, в частности, в создании российского Tier1-центра.

В 2012 г. были предприняты многообещающие шаги для более тесного сотрудничества между ОИЯИ и GSI/FAIR (Германия); с успехом проведены переговоры с Еврокомиссией и руководством ESFRI на пути к интеграции ОИЯИ в европейскую научно-исследовательскую инфраструктуру.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В рамках Минимальной суперсимметричной стандартной модели со связями (CMSSM) показано, что прямой поиск темной материи является дополнительным к прямому поиску суперсимметрии и частиц Хиггса. В таком подходе комбинированные данные LHC, WMAP и XENON100 указывают на то, что в CMSSM

глюино с массой меньше 1 ТэВ и легчайшие суперсимметричные частицы с массой меньше 160 ГэВ исключены независимо от масс скварков.

- *Beskidt C., de Boer W., Kazakov D., Ratnikov F.* // JHEP. 2012. V. 1205. P. 094.

Проведен сравнительный теоретический анализ экспериментальных данных по переходному формфактору $\gamma\gamma^* \rightarrow \pi$, недавно опубликованных коллаборациями Belle и BaBar, с учетом более ранних результатов экспериментов CLEO и CELLO. На основе детального изучения существующих теоретических предсказаний показано, что наблюдающееся противоречие в данных имеет в значительной мере искусственный характер, сделан вывод в пользу результатов Belle.

- *Bakulev A., Mikhailov S., Pimikov A., Stefanis N.* // Phys. Rev. D. 2012. V. 86. P. 031501.

Проанализированы экспериментальные данные о полосах состояний переменной четности, построенных на основном состоянии, в нескольких нуклидах из области актинидов. При этом использовался аппарат суперсимметричной квантовой механики и двухцентровый потенциал с аксиально-симметричной октупольной деформацией. Показано, что с увеличением углового момента (играл роль контрольного параметра) состояний полосы в некоторый момент происходит фазовый переход второго порядка от формы ядра, симметричной относительно отражения к асимметричной. При этом теория хорошо описывает расщепление по четности внутри полос как для уровней до, так и нескольких уровней после критического значения углового момента. Таким образом, найден еще один из немногочисленных примеров фазовых переходов формы в квантовой системе конечного размера.

- *Jolos R., Von Brentano P., Jolie J.* // Phys. Rev. C. 2012. V. 86. P. 024319.

Азимутальная анизотропия коллективного поперечного потока адронов в высокоэнергичных столкновениях тяжелых ионов исследована в микроскопическом транспортном подходе. Подход успешно описывает экспериментально наблюдаемое усиление эллиптического потока v_2 с ростом энергии, что не удается другим кинетическим моделям, основанным на взаимодействии адронов. Анализ гармоник более высокого порядка, v_3 и v_4 , показывает ту же тенденцию. Это указывает, что функции возбуждения азимутальных анизотропий позволяют с достаточной чувствительностью определять характер степеней свободы, возбуждающихся в столкновениях тяжелых ионов.

- *Konchakovski V.P., Bratkovskaya E.L., Cassing W., Toneev V.D., Voronyuk V.* // Phys. Rev. C. 2012. V. 85. P. 011902(R).

Развита микроскопическая теория электрической проводимости $\sigma(\omega)$ $t - J$ -модели. Получено точное представление для $\sigma(\omega)$ на основе метода функции релаксации в операторах Хаббарда, и выведена обобщенная формула Друде. Функция релаксации вычислена в приближении взаимодействующих мод при учете затухания зарядовых возбуждений за счет рождения пар частица–дырка при сопутствующем рассеянии их на антиферромагнитных спиновых флуктуациях. Показано, что рассеяние на спиновых флуктуациях играет важную роль в динамике зарядовых возбуждений.

- *Vladimirov A.A., Ihle D., Plakida N.M.* // Phys. Rev. B. 2012. V. 85. P. 224536.

Исследована новая простая модель $N = 2$ суперсимметричной квантовой механики, описывающая движение на комплексных многообразиях во внешних калибровочных полях. Нильпотентные квантовые суперзаряды модели могут быть интерпретированы как (твистованные) внешние голоморфные производные, так что модель дает динамическую реализацию твистованного комплекса Долбо. В кэлеровом случае представлено «физическое» доказательство двух взаимосвязанных математических утверждений: (i) эквивалентности твистованных комплексов Дирака и Долбо и (ii) теоремы Атьи–Зингера об индексе.

- *Ivanov E.A., Smilga A.V.* // Intern. J. Mod. Phys. A. 2012. V. 27. P. 1230024.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА

Физика частиц

Физики ОИЯИ внесли существенный вклад в обнаружение нового нейтрального бозона с массой 125–126 ГэВ на Большом адронном коллайдере в каналах распада двумя фотонами, e , μ , τ -лептонами, b -кварками, W - и Z -бозонами с общей статистической значимостью более 6σ .

- *ATLAS Collab.* // Phys. Lett. B. 2012. V. 716. P. 1–29.
- *CMS Collab.* // Phys. Lett. B. 2012. V. 716. P. 30–61.

Коллективом ОИЯИ в составе коллаборации Daya Bay (Китай) выполнен цикл экспериментальных работ, посвященных измерению угла смешивания нейтрино θ_{13} , который является

последним из трех углов смешивания нейтрино матрицы Понтекорво–Маки–Накагавы–Сакаты.

Статистическая значимость опубликованного измерения превысила пять стандартных отклонений, что позволило говорить об открытии нового типа осцилляций нейтрино, описываемого углом смешивания между первым и третьим поколениями нейтрино θ_{13} . Новый результат $\sin^2 2\theta_{13} = 0,089 \pm 0,010(\text{стат.}) \pm 0,005(\text{сист.})$ исключает нулевое значение угла θ_{13} на уровне достоверности, близком к восьми стандартным отклонениям.

- *Daya Bay Collab.* Improved Measurement of Electron Antineutrino Disappearance at Daya Bay // Chinese Phys. C. 2013. V. 37. P. 011001.
- *Daya Bay Collab.* Observation of Electron-Antineutrino Disappearance at Daya Bay // Phys. Rev. Lett. 2012. V. 108. P. 171803; arXiv:1203.1669.
- *Dwyer D. (Daya Bay Collab.)*. Improved Measurement of Electron-Antineutrino Disappearance at Daya Bay // Nucl. Phys. B. Proc. Suppl. 2012. P. 1–3.
- *Daya Bay Collab.* Improved Measurement of Electron Antineutrino Disappearance at Daya Bay. arXiv:1210.6327 (submitted to CPC).
- *Daya Bay Collab.* A Side-by-Side Comparison of Daya Bay Antineutrino Detectors // Nucl. Instrum. Meth. A. 2012. V. 685. P. 78–97; arXiv:1202.6181.
- *Gonchar M. (Daya Bay Collab.)*. Precise $\sin^2 2\theta_{13}$ Measurement by the Daya Bay Reactor Neutrino Experiment // DAE Symp. on Nucl. Phys., December 3–7, New Delhi; Daya Bay Document 8103.

Группа ОИЯИ продолжила работу по анализу данных эксперимента **NA48/2** (SPS, ЦЕРН). Анализ более миллиона распадов $K^\pm \rightarrow \pi^+\pi^+e^\pm\nu$ позволил улучшить точность измерения вероятности этого распада в три раза и измерить его формфакторы. Также было проанализировано около 45 000 распадов $K^\pm \rightarrow \pi^0\pi^0e^\pm\nu$, отобранных с остаточным фоном, зарегистрированных ниже 1%. Эффективная реконструкция π^0 позволила впервые измерить вероятность распада и его формфактор с точностью на уровне 1%.

Из экспериментальных данных получена вероятность распада $\Xi^0 \rightarrow \Sigma^+\mu^-\nu$ с наилучшей точностью, составившей $(2,17 \pm \pm 0,32_{\text{стат}} \pm 0,17_{\text{сист}}) \cdot 10^{-6}$.

Рассчитана величина отношения R_K лептонных распадов каонов $K^\pm \rightarrow e^\pm\nu$ и $K^\pm \rightarrow \mu^\pm\nu$. Полученное значение $R_K =$

$= (2,488 \pm 0,010) \cdot 10^{-5}$ соответствует предсказанию Стандартной модели.

- *Batley J.R. et al.* New Measurement of the Charged Kaon Semileptonic $K^\pm \rightarrow \pi^+\pi^-e^\pm\nu$ (K_{e4}) Decay Branching Ratio and Hadronic Form Factors // *Phys. Lett. B.* 2012. V.715. P. 105.
- *Batley J.R. et al.* Measurement of the Branching Ratio of the Decay $\Xi^0 \rightarrow \Sigma^+\mu^-\nu_\mu$. CERN-PH-EP-2012-288.
- *Madigozhin D.* K_{e4} Measurements with NA48/NA62 // QCD12, 16th Intern. Conf. on Quantum Chromodynamics, Montpellier, France, 2–7 July 2012.
- *Madigozhin D.* Precision Studies of Rare Kaon Decays with the NA62 Experiment at CERN/SPS // Intern. Conf.-Session of the Section of Nucl. Phys. of PSD RAS, Moscow, Russia, 12–16 November 2012.
- *Goudzovsky E.* Recent Kaon Physics Results and Prospects (NA48/62) // FPCP-2012. Anhui, China, 21–25 May 2012.

Группой ОИЯИ, участвующей в эксперименте **CMS** (ЛHC, ЦЕРН) на статистике 2011–2012 гг., полученной в столкновениях пучков протонов при энергии 7 и 8 ТэВ, проведен поиск тяжелых резонансных состояний в канале распада с двумя мюонами. Комбинированный анализ данных по рождению мюонных и электронных пар позволил исключить новые нейтральные калибровочные бозоны (Z_{SSM}) до массы в 2590 ГэВ, а для калибровочной модели, обусловленной суперструнной теорией, (Z_ψ), — до 2260 ГэВ, и установить новые массовые ограничения.

- *Chatrchayn S. et al. (CMS Collab.)*. Search for Narrow Resonances in Dilepton Mass Spectra in pp Collisions at 7 TeV. arXiv:1206.1849; CMS-EXO-11-019; CERN-PH-EP-2012-157; *Phys. Lett. B.* 2012. V. 714. P. 158–179.
- *Alverson G. et al.* Search for High Mass Resonances Decaying to Muon Pairs at 8 TeV // CMS AN-2012/182; CMS PAS EXO-12-015, CERN, Geneva.

На установке **ATLAS** (ЛHC, ЦЕРН) проведен анализ по поиску суперсимметричного сигнала. Были использованы данные, полученные в 2011 г. при энергии протон-протонного соударения 7 ТэВ в с. ц. м. Суммарный объем данных соответствует $4,7 \text{ фб}^{-1}$ интегральной светимости. Анализ экспериментальных данных и моделирования фона Стандартной модели методом Монте-Карло показал, что в рассматриваемом конечном состоянии никаких отклонений от стандартной модели не обнаружено.

- *Aad G. et al. (ATLAS Collab.). Further Search for Supersymmetry at $\sqrt{s} = 7$ TeV in Final States with Jets, Missing Transverse Momentum and Isolated Leptons with the ATLAS Detector // Phys. Rev. D. 2012. V. 86. P. 092002.*

При участии группы ОИЯИ получена средняя масса топ-кварка на данных **CDF** и **D0** (FNAL, США) на статистике $5,8 \text{ фб}^{-1}$. Используются результаты с 1-го сеанса тэватрона (1992–1996) и последние результаты. С учетом корреляций ошибок получено среднее значение массы топ-кварка на тэватроне, которое составило $M_{\text{top}} = 173,18 \pm 0,56(\text{стат.}) \pm \pm 0,75(\text{сист.}) \text{ ГэВ}/c^2$, что соответствует наиболее точному определению массы топ-кварка с погрешностью 0,54 %.

На статистике $9,7 \text{ фб}^{-1}$ в экспериментах CDF и D0 проведен поиск ассоциативного рождения бозона Хиггса совместно с W - и Z -бозонами в области масс бозона Хиггса $100\text{--}150 \text{ ГэВ}/c^2$. Рассматривался канал распада бозона Хиггса на $b\bar{b}$ -пару кварков. Обнаружено превышение числа событий в данных по сравнению с предсказаниями фона в области масс между 120 и $135 \text{ ГэВ}/c^2$. Наиболее значимое локальное отклонение достигает 3,3 стандартных отклонения для массы $135 \text{ ГэВ}/c^2$. Для массы $125 \text{ ГэВ}/c^2$ отклонение составляет $2,8\sigma$. Результат интерпретируется как указание на новую частицу, кандидата на бозон Хиггса из Стандартной модели.

- *Aaltonen T. et al. Precision Top-Quark Mass Measurements at CDF // Phys. Rev. Lett. 2012. V. 109. P. 152003.*
- *Aaltonen T. et al. Combination of the Top-Quark Mass Measurements from the Tevatron Collider // Phys. Rev. D. 2012. V. 86. P. 092003.*
- *Aaltonen T. et al. Evidence for a Particle Produced in Association with Weak Bosons and Decaying to a Bottom–Anti-bottom Quark Pair in Higgs Boson Searches at the Tevatron // Phys. Rev. Lett. 2012. V. 109. P. 071804.*

При активном участии группы ОИЯИ в эксперименте **COMPASS** (SPS, ЦЕРН) получены результаты по поляризации глюонов $\Delta g/g$ в нуклонах из измерений двойной продольной спиновой асимметрии событий глубоконеупругого рассеяния (ГНР) с рождением пары адронов в конечном состоянии с большим поперечным импульсом. Поляризация глюонов вычислялась для трех интервалов доли импульса глюона x_g в диапазоне $0,04 < x_g < 0,27$. Значения, полученные в лидирующем порядке КХД, не показывают зависимости $\Delta g/g$ от x_g .

Измеренное значение $\Delta g/g = 0,125 \pm 0,060(\text{стат.}) \pm 0,063(\text{сист.})$ при $\langle x_g \rangle = 0,09$ и $\mu^2 = 3$ (ГэВ/с)².

Получены первые результаты по измерению азимутальной асимметрии в реакциях ГНР с рождением адронных пар на поперечно-поляризованных мишенях ⁶LiD (дейтрона) и NH₃ (протона), связанной с поперечной функцией распределения кварков (transversity) в нуклоне, без использования эффекта Коллинза. Большие значения асимметрий, измеренных на мишени NH₃, указывают на ненулевые величины поперечности для *u*-кварка и интерференцию двухадронных функций фрагментации. Небольшие значения асимметрий, измеренных на мишени ⁶LiD, указывают на взаимную компенсацию поперечности *u*- и *d*-кварков.

- *COMPASS Collab.* CERN-PH-EP/2012-010, hep-ex/1202.4064 // PLB (submitted).
- *COMPASS Collab.* // PLB. 2012. V. 713. P. 10.

Релятивистская ядерная физика

Группа ОИЯИ, участвующая в эксперименте **ALICE**, концентрируется на изучении бозе-эйнштейновских корреляций. В 2012 г. физиками ОИЯИ был проведен анализ зависимости инвариантных радиусов от поперечной массы в Pb–Pb-столкновениях при $\sqrt{s} = 2,76$ ТэВ для корреляций заряженных каонов. Выполнено сравнение с результатами, полученными для пар нейтральных каонов, заряженных пионов, протонов и антипротонов. Анализ проводился для нескольких центральностей. Результаты представлены на международных конференциях.

- Kaon Femtoscopy Correlations in Pb–Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV from the ALICE Experiment at LHC // XXI Intern. Baldin Seminar on High Energy Physics Problems, September 10–15, 2012. Report by E. Rogochaya.
- Charged KK Femtoscopy Correlations in PbPb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 7$ TeV from the ALICE 2010 Data // XIII GDRE Workshop on Relativistic Heavy Ion Physics, Nantes, 2012. Reports by E. Rogochaya.
- Study of Femtoscopy in Pb-Pb and pp Collisions at the LHC with the ALICE Experiment // Intern. Conf.-Section of Nucl. Phys. of the Phys. Sci. Division of the Russian Academy of Sciences, Moscow, November 2012. Reported by L. Malinina.
- JINR Results were Included Also into: Plenary, Oral and Poster Talks on Quark Matter 2012; Talk on WPCF // Workshop on Particle Correlations and Femtoscopy, Frankfurt, 10 September, 2012.

В рамках подготовки первой фазы программы по физике тяжелых ионов на выведенных пучках нуклотрона (проект **ВМ@N**) в марте 2012 г. впервые осуществлен вывод пучка дейтронов с энергией 4,5 ГэВ/нуклон. Ведется активная подготовка экспериментальной зоны, тестирование детекторов и аппаратуры. Результаты и статус проекта представлялись на международных конференциях в Словакии, Чехии и на сессии РАН.

В рамках проекта **DSS** проведены два сеанса на внутренней мишени нуклотрона в 2012 г., измерены сечения дейтрон-протонного упругого рассеяния (получены экспериментальные данные по дифференциальному сечению реакции dp -рассеяния при энергиях 400, 500, 600, 700 и 800 МэВ); проведены измерения параметров безмезонного развала дейтрона $dp \rightarrow ppn$ при энергиях 150, 200 и 250 МэВ. Ведется анализ данных.

Завершен анализ ранее набранных данных по векторной A_y и тензорным A_{yy} и A_{xx} анализирующим способностям реакции dp -упругого рассеяния при энергии 880 МэВ и по сечению реакции dp -упругого рассеяния при энергиях 500, 700 и 880 МэВ. Подготовлена публикация для журнала «Письма в ЭЧАЯ».

- Phys. Lett. B. 2012. V. 715. P. 61–65.

В эксперименте **ФАЗА-3** показано, как с ростом энергии возбуждения ядра испарение частиц сменяется многотельным развалом. Впервые измерена полная временная шкала процесса, включающая не только время эмиссии, но и стадию расширения горячего ядра до момента развала (~ 100 фм/с). Впервые достоверно измерен термодинамический параметр — критическая температура для ядерного фазового перехода жидкость–газ. Экспериментально показано появление коллективного потока нуклонов в горячем ядре.

- *Karnaikhov V.A. et al.* From Sequential Processes to Multifragmentation in Proton Induced Reactions // *Yad. Fiz.* 2012 (in press).
- *Karnaikhov V.A. et al.* Total Disintegration Time of Hot Nuclei // *J. Phys. G.* 2012 (in press).
- *Карнаухов В. А.* Свойства горячих ядер, возникающих в соударениях легких релятивистских ионов с тяжелыми мишенями. Приглашенный доклад на конференции «Ядро-2012» (Воронеж) // *ЯФ* (принято к печати).
- *Карнаухов В. А.* Горячие и кипящие ядра. Сообщ. ОИЯИ Р15-2011-58, Дубна, 2011; Сб., посвященный 100-летию открытия атомного ядра Э. Резерфордом (принято к печати).

- *Karnaukhov V.A.* Compressed Nuclear Matter on Nuclotron // Part. Nuc., Lett. 2012. V. 9, No. 2. P. 229.

По проекту **BECQUEREL** выполнен анализ проведенных ранее облучений на нуклотроне ОИЯИ ядерной эмульсии в смешанном пучке релятивистских радиоактивных ядер ${}^7\text{Be}$, ${}^{10}\text{C}$, ${}^{12}\text{N}$. Установлено, что для ядра ${}^{10}\text{C}$ доля событий когерентной диссоциации $2\alpha + 2p$ составляет около 80%. Около 30% из них относятся к каскадным распадам через несвязанные ядра ${}^9\text{B}$ и ${}^8\text{Be}$. Для когерентной диссоциации ядра ${}^{12}\text{N}$ отсутствуют явно лидирующие каналы, а роль его основы может быть приписана ядру ${}^7\text{Be}$.

- *Маматкулов К.З. и др.* // ЯФ. 2013. Т. 76 (в печати).
- *Каттабеков Р.Р. и др.* // ЯФ. 2013. Т. 76 (в печати).

В эксперименте **NA61** при участии группы ОИЯИ в 2012 г. наблюдаются флуктуации среднего p и возникновение максимума в распределении множественности частиц в Si + Si-столкновениях при энергии 17,3 А ГэВ, которые могут быть связаны с существованием критической точки при энергии SPS.

- *Melkumov et al.* Evidence for the Onset of Deconfinement and Quest for the Critical Point by NA49 at the CERN SPS // Phys. At. Nucl. 2012. V. 75. P. 556–566.

Физика тяжелых ионов

В 2012 г. в ОИЯИ проведена новая серия экспериментов по изучению радиоактивных свойств изотопов элемента 117 и продуктов их α -распада в реакции полного слияния ${}^{249}\text{Bk} + {}^{48}\text{Ca}$. Полученные данные полностью подтвердили результаты пионерских работ по синтезу 117-го элемента, выполненных в ЛЯР в 2010 г. В цикле измерений 2012 г., проведенном в широком диапазоне энергий ионов ${}^{48}\text{Ca}$ от 244 до 260 МэВ, были зарегистрированы три цепочки распада ${}^{294}117$ и 11 ядер ${}^{293}117$. Кроме того, получили подтверждение данные по распаду изотопа ${}^{289}115$, который является продуктом распада ${}^{293}117$ и ранее наблюдался независимо в реакции ${}^{48}\text{Ca} + {}^{243}\text{Am}$. В той же серии измерений был зарегистрирован распад ядра ${}^{294}118$, полученного в реакции с ${}^{249}\text{Cf}$, который образуется в результате β -распада ядра ${}^{249}\text{Bk}$. Измеренные характеристики распада элемента 118 полностью согласуются с результатами, полученными в ЛЯР в 2002 и 2005 гг. Таким образом, полученные данные полностью закрепляют приоритет в открытии новых сверхтяжелых элементов с атомными номерами 113, 115, 117 и 118. В 2012 г. IUPAC признал приоритет в открытии 114-го и 116-го элементов за коллаборацией

Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова ОИЯИ и Ливерморской национальной лабораторией им. Э. Лоуренса (США) и вписал их в Периодическую таблицу химических элементов Д. И. Менделеева с названиями флеровий (Fl) — в честь лаборатории ядерных реакций ОИЯИ и ее основателя — выдающегося российского физика академика Г. Н. Флерова, и ливерморий (Lv) — в честь Ливерморской национальной лаборатории. Ожидается, что в 2013 г. Периодическая таблица Д. И. Менделеева пополнится еще четырьмя новыми элементами.

- *Oganessian Yu. Ts., Abdullin F. Sh., Dmitriev S. N., Gostic J. M., Hamilton J. H., Henderson R. A., Itkis M. G., Moody K. J., Polyakov A. N., Ramayya A. V., Roberto J. B., Rykaczewski K. P., Sagaidak R. N., Shaughnessy D. A., Shirokovsky I. V., Stoyer M. A., Subbotin V. G., Sukhov A. M., Tsyganov Yu. S., Utyonkov V. K., Voinov A. A., Vostokin G. K.* // *Phys. Rev. Lett.* 2012. V. 108. P. 022502-1–22502-5.
- *Oganessian Yu. Ts., Abdullin F. Sh., Alexander C., Binder J., Boll R. A., Dmitriev S. N., Ezold J., Felker K., Gostic J. M., Grzywacz R. K., Hamilton J. H., Henderson R. A., Itkis M. G., Miernik K., Miller D., Moody K. J., Polyakov A. N., Ramayya A. V., Roberto J. B., Ryabinin M. A., Rykaczewski K. P., Sagaidak R. N., Shaughnessy D. A., Shirokovsky I. V., Shumeiko M. V., Stoyer M. A., Stoyer N. J., Subbotin V. G., Sukhov A. M., Tsyganov Yu. S., Utyonkov V. K., Voinov A. A., Vostokin G. K.* // *Phys. Rev. Lett.* 2012. V. 109. P. 162501-1–62501-5.

В реакции передачи двух нейтронов ${}^3\text{H}({}^8\text{He}, p){}^{10}\text{He}$ впервые экспериментально установлены спин-четности основного и двух возбужденных состояний наиболее тяжелого из известных изотопов гелия. В эксперименте использовался вторичный пучок радиоактивных ядер ${}^8\text{He}$ с энергией 21,5 МэВ/нуклон и уникальная газовая тритиевая мишень, охлаждаемая до криогенных температур. Широкие состояния изучаемой системы проявляются только в виде характерных особенностей угловых распределений продуктов распада ${}^{10}\text{He}$. Анализ угловых и энергетических корреляций продуктов распада позволили установить, что основное состояние 0^+ с шириной $\Gamma \sim 2$ МэВ имеет максимум при энергии $E_T = 2,1$ МэВ, в то время как возбужденные состояния ${}^{10}\text{He}$ лежат в диапазоне энергий 4–6 МэВ ($J^\pi = 1^-$) и выше 6 МэВ ($J^\pi = 2^+$). Полученная очередность следования уровней ${}^{10}\text{He}$ представляет собой аномалию, не характерную для подобных

ядер, и является убедительным свидетельством нарушения оболочечной структуры ядра вблизи линии стабильности.

- *Sidorchuk S.I., Bezbakh A.A., Chudoba V., Egorova I.A., Fomichev A.S., Golovkov M.S., Gorshkov V.A., Gorshkov A.V., Grigorenko L.V., Jalovkova P., Kaminski G., Krupko S.A., Kuzmin E.A., Nikolskii E.Yu., Oganessian Yu.Ts., Parfenova Yu.L., Sharov P.G., Slepnev R.S., Stepanov S.V., Ter-Akopian G.M., Wolski R., Yukhimchuk A.A., Filchagin S.V., Kiryashkin A.A., Maksimkin I.P., Vikhlyantsev O.P.* // Phys. Rev. Lett. 2012. V. 108. P. 202502-1–202502-5.

Ядерная физика низких и промежуточных энергий

На ускорителе COSY в Германии при определяющем вкладе физиков ОИЯИ измерены дифференциальные сечения и векторная анализирующая способность в реакциях пионного рождения $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$ и $pn \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$ при энергии 353 МэВ, что позволило определить комплексные амплитуды этих процессов.

- *Tsirkov D. et al.* Differential Cross Section and Analysing Power of the $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$ Reaction at 353 MeV // Phys. Lett. B. 2012. V. 712. P. 370.
- *Dymov S. et al.* Differential Cross Section and Analysing Power of the Quasi-free $pn \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$ Reaction at 353 MeV // Phys. Lett. B. 2012. V. 712. P. 375.

Нейтронная ядерная физика

Разработан и применен для исследования спонтанного деления ^{252}Cf новый метод восстановления энергии мгновенных нейтронов деления, применимый к единичным событиям с измеренным временем пролета нейтрона. Экспериментальные данные были получены с помощью двойной ионизационной камеры с сетками Фриша и детектором быстрых нейтронов на базе сцинтиллятора NE213. В результате усреднения по сформированной выборке получались данные, не содержащие систематических погрешностей, связанных с нелинейной зависимостью между измеренными величинами и величинами, полученными с их применением.

- *Zeynalov Sh., Zeynalova O.V., Hambsch F.-J., Oberstedt S.* A New Approach to Prompt Fission Neutron TOF Data Treatment // Phys. Procedia. 2012. V. 31. P. 132–140.

На импульсном источнике резонансных нейтронов ИРЕН методами нейтронной спектроскопии проводился анализ содержа-

ния бора в образцах материалов на основе фосфатных композиций. Образцы были синтезированы в Белорусском государственном университете (Минск). Новые многофункциональные материалы сочетают в себе свойства эффективного нейтронного протектора с высокой термостойкостью и механической прочностью.

- *Kuzhir P.P., Maksimenko S.A., Lapko K.N., Lomonosov V.A., Ivashkevich O.A., Lesnikovich A.I., Sedyshev P.V., Shvetsov V.N., Kurilin A.S., Sartinska L., Silenko P., Frolov G., Solonin Yu., Bellucci S.* Boron Enriched Unfired Phosphate Ceramics as Neutron Protector // *Nanosci. Nanotechnol. Lett.* 2012. V. 4. P. 1–6.

В рамках международной программы «Атмосферные выпадения тяжелых металлов в Европе — оценки на основе анализа мхов-биомониторов» завершен анализ данных, полученных методом нейтронной активации на установке РЕГАТА реактора ИБР-2, для европейского атласа по Македонии, Болгарии, Хорватии и Сербии.

- *Krmar M., Radnović D., Frontasyeva M.V.* Moss Biomonitoring Technique Used to Study Spatial and Temporal Atmospheric Deposition of Heavy Metals and Airborne Radionuclides in Serbia // *Essays of Fundamental and Applied Environmental Topics* / Ed. D. T. Mihailovic. Nova Publishers Inc., 2012. P. 159–192; ISBN: 978-1-61942-522-4.
- *Spiric Z., Frontasyeva M., Steinnes E., Stafilov T.* Multi-element Atmospheric Deposition Study in Croatia // *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* 2012. V. 92(10). P. 1200–1214.
- *Barandovski L., Frontasyeva M.V., Stafilov T., Sajn R., Pavlov S.S., Enimiteva V.* Trends of Atmospheric Deposition of Trace Elements in Macedonia Studied by the Moss Biomonitoring Technique // *J. Environ. Sci. Health, Part A.* 2012. V. 47. P. 2000–2015.

Физика конденсированных сред

Проведено исследование кристаллической и магнитной структур дейтерированного гербертсмитита $ZnCu_3(OD)_6Cl_2$ методом нейтронной дифракции, а также магнитной восприимчивости в диапазоне высоких давлений 0–10 ГПа и температур 1,5–300 К. Данное соединение проявляет наиболее идеальную в кристаллических структурах реализацию магнитной двумерной Кагоме-решетки ионов Cu со спином $s = 1/2$, имеющей основное состояние квантовой спиновой жидкости. Обнаружено, что приложение

давления $P = 2,5$ ГПа приводит к разрушению состояния квантовой спиновой жидкости в $\text{ZnCu}_3(\text{OD})_6\text{Cl}_2$ и появлению антиферромагнитного упорядочения с температурой Нееля $T_N = 6$ К и магнитной элементарной ячейкой $\sqrt{3}a \times \sqrt{3}a$. В области фазового перехода наблюдались аномалии барического поведения межатомных расстояний Cu–O и углов Cu–O–Cu, Cu–Cl–Cu. Проанализированы возможные механизмы данного явления.

- *Kozlenko D. P., Kusmartseva A. F., Lukin E. V., Keen D. A., Marshall W. G., de Vries M. A., Kamenev K. V.* From Quantum Disorder to Magnetic Order in an $s = 1/2$ Kagome Lattice: A Structural and Magnetic Study of Herbertsmithite at High Pressure // *Phys. Rev. Lett.* 2012. V. 108. P. 187207(1–5).

В рамках комплексного исследования влияния магнитных наночастиц на структуру амилоидных агрегатов проведен анализ структуры стабилизированных фибриллярных амилоидов лизоцима яичного белка в кислой среде методами малоуглового рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей в водных растворах, а также атомно-силовой микроскопии при адсорбции на поверхность слюды. Полученные кривые малоуглового рассеяния нейтронов согласуются со спиральной структурой протофиламентов, образующих амилоидные фибриллы. Обнаружен «изотоп-эффект» в структуре спирали при использовании тяжелой компоненте в растворителе (смеси $\text{H}_2\text{O}/\text{D}_2\text{O}$), проявляющийся в существенном увеличении диаметра спирали при переходе к раствору со значительным содержанием D_2O .

- *Avdeev M. V., Aksenov V. L., Gažová Z., Almásy L., Petrenko V. I., Gojzewski H., Feoktystov A. V., Šipošová K., Antošová A., Timko M., Kopčanský P.* On the Determination of the Helical Structure Parameters of Amyloid Protofilaments by Small-Angle Neutron Scattering and Atomic-Force Microscopy // *J. Appl. Cryst.* 2012 (in press).

Проведены квантово-химические расчеты динамики решетки оксида ванадия в полиморфных фазах оксида ванадия $\alpha\text{-V}_2\text{O}_5$ и $\beta\text{-V}_2\text{O}_5$. Анализ рассчитанных спектров позволил провести сопоставление экспериментальных линий и впервые получить жесткую привязку «структура–спектр» для двух полиморфов пентоксида ванадия. Рассчитана энергия активации фазового перехода $\alpha\text{-V}_2\text{O}_5 \rightarrow \beta\text{-V}_2\text{O}_5$ и проведены дополнительные расчеты, направленные на выявление возможного механизма фазового перехода $\alpha\text{-V}_2\text{O}_5 \rightarrow \beta\text{-V}_2\text{O}_5$.

- *Baddour-Hadjean R., Smirnov M.B., Smirnov K.S., Kazimirov V., Gallardo-Amores J.M., Amador U., Arroyo-de Dompablo M.E., Pereira-Ramos J.P.* Lattice Dynamics of β -V₂O₅: Raman Spectroscopic Insight into Atomistic Structure of a High Pressure Vanadium Pentoxide Polymorph // *Chem. Mater.* 2012. V.51. P.3194.

РАДИАЦИОННЫЕ И РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучено действие ингибиторов репаративного и репликативного синтеза ДНК арабинозидцитозина (Ара Ц) и гидроксимочевины (ГМ) на индукцию апоптотической гибели лимфоцитов периферической крови человека при действии ускоренных ионов ¹⁸O (ЛПЭ = 170 кэВ/мкм). Показано, что при действии ускоренных ионов ¹⁸O в нормальных условиях уровень индукции апоптоза достигает максимального значения через 48 ч после облучения. В отличие от действия γ -квантов при облучении ускоренными ионами ¹⁸O в условиях влияния радиомодифицирующих агентов увеличения выхода апоптотических клеток не наблюдается.

- *Savelyeva M., Baranova E., Boreyko A., Bulanova T., Chausov V., Ilyina E., Ježková L., Krasavin E., Ravnachka I., Stukova S.* The Effect of DNA Synthesis Inhibitors on the Induction and Repair of Double-Strand Breaks as Apoptosis Inductors under Ionizing Radiations // 12th Intern. Workshop on Radiation Damage to DNA, 2–7 June 2012, Prague, Czech Republic. P.98.

С использованием методов флуоресцентной микроскопии высокого разрешения выполнена количественная оценка активации ко-локализованных белков γ -H2AX и 53BP1 и изучено их распределение в ядрах клеток при действии γ -излучения ⁶⁰Co в дозе 1,5 Гр. Показано, что ДР ДНК успешно репарируются в лимфоцитах, однако оба репарационных пути (негомологичное воссоединение концов и гомологичная репарация) неактивны в зрелых дифференцированных гранулоцитах.

- *Baranova E., Stefancikova L., Falkova I., Kozubek S., Boreyko A., Krasavin E., Falk M.* Comparison of DNA γ H2AX/53BP1 Foci Formation, Nuclear Distribution and DNA Double Strand Break Repair for Skin Fibroblasts and Lymphocytes Either Irradiated with Gamma-Rays or Incubated with Hydrogen Peroxide // 12th Intern. Workshop

on Radiation Damage to DNA, 2–7 June 2012, Prague, Czech Republic. P.72.

- *Falkova I., Jezkova L., Baranova E., Stefancikova L., Lukasova E., Kozubek S., Boreyko A., Krasavin E., Falk M.* γ H2AX/53BP1 Foci Formation and DSB Repair in Cycling Cells and Differentiated Cells Irradiated with γ -rays // Quantum Scattering Codes and Monte Carlo Simulations to Model Dynamical Processes in Biosystems. 7–9 November 2012, Madrid, Spain.

Завершен цикл работ по изучению контроля генетической стабильности, в ходе которых выявлено участие центральной протеинкиназы клеточного цикла CDK1/CDC28 в контроле стабильности хромосомной и митохондриальной ДНК, а также в чекпойнтах, контролирующих наследование генетического материала. Показано, что мутация *cdc28-sgm* влияет на G1-чекпойнт, но не на S- и G2-чекпойнты, контролирующие наследование генетического материала.

- *Колтовая Н.А.* Регуляция клеточного цикла циклинзависимой киназой CDK1/CDC28 // Генетика. 2013 (в печати).
- *Колтовая Н.А.* Участие циклинзависимой киназы CDK1/CDC28 в работе контрольных точек прохождения клеточного цикла (чекпойнтов) // Генетика. 2013 (в печати).

На пучках ускоренных ионов нуклотрона-М совместно со специалистами Института медико-биологических проблем РАН и Института высшей нервной деятельности РАН выполнен первый этап исследований по измерению уровня нейромедиаторов в различных областях мозга крыс вследствие радиационного воздействия. После облучения ионами углерода с энергией 500 МэВ/нуклон в дозе 1 Гр выявлено снижение уровня всех рассмотренных нейромедиаторов в областях мозга, ответственных за формирование эмоционально-мотивационного состояния (гиппокамп). Однако такая реакция на облучение не была обнаружена для области мозга, осуществляющей моторный контроль (стриатум).

- *Сокол О.Е., Аксенова С.В., Белов О.В.* Математическое моделирование экспрессии субъединиц ионотропных рецепторов глутамата // Сб. тез. Междунар. конф. молодых ученых «Экспериментальная и теоретическая биофизика'12», Пушкино, 22–24 октября 2012 г. С. 122–123.

В Медико-техническом комплексе ОИЯИ совместно с ФМБА РФ и другими медицинскими учреждениями успешно проведены

работы по развитию метода протонной терапии и внедрению его в медицинскую практику. В 2012 г. проведено лечение 92 пациентов на пучке протонов фазотрона ОИЯИ.

УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕМАТИКА

Развитие нуклотрона и проект NICA

В рамках создания коллайдерного комплекса NICA проведены НИРиОКР по методике настройки и прецизионному измерению параметров ускорителя нуклотрон, испытания и исследования устройств диагностики параметров ионного пучка, впервые в РФ проведены исследования методов стохастического охлаждения.

В ходе сеансов 2012 г. получена устойчивая циркуляция пучка с энергией до 3 ГэВ/нуклон при длительности «стола» поля до 1000 с, отработана программа физических исследований на выведенном пучке с энергией 4 ГэВ/нуклон, реализовано ускорение и вывод пучка дейтронов на энергии 4,5 ГэВ/нуклон, осуществлены пробные проводки пучка в зону разрабатываемой установки VM@N при ускорении и медленном выводе ядер углерода при энергии 3,4 ГэВ/нуклон.

По тематике работ, связанной с развитием ускорительного комплекса «Нуклотрон», а также проектных и расчетных работ по ускорительному комплексу NICA в 2012 г., было доложено на различных международных и всероссийских конференциях (RuPAC, NB2012, EXON2012, ASC2012, ICHEP'12, Cryogenics 2012) — 9 приглашенных устных и 17 постерных докладов, которые вошли в сборники трудов конференций. Кроме того, опубликовано в реферируемых печатных изданиях 11 публикаций.

Ускорители тяжелых ионов ЛЯР

Циклотрон тяжелых ионов У-400 в 2012 г. работал по выполнению программы экспериментов по синтезу и изучению свойств сверхтяжелых элементов, главным образом, изотопов 117-го элемента. На ускорителе У-400М проводились исследования на пучках ионов высокой энергии ~ 50 МэВ/нуклон, в том числе для тестирования микроэлектроники для космической промышленности в рамках договора между ОИЯИ и Федеральным космическим агентством РОСКОСМОС с помощью специализированных каналов пучков ионов с энергией около 5 МэВ/нуклон и с энергией 30–50 МэВ/нуклон. Общее время работы циклотронов ЛЯР за год составило около 15 000 ч.

В 2012 г. смонтирован и запущен в эксплуатацию циклотрон ДЦ-110, созданный в ЛЯР ОИЯИ для научно-промышленного комплекса «Бета» в Дубне. Ускоритель будет использоваться для производства полимерных фильтров медицинского применения. На ускорителе получены ионы Ag, Kr и Xe с энергией 2,5 МэВ/нуклон.

- *Bogomolov S., Bekhterev V., Efremov A., Gikal B., Gulbekian G., Kostukhov Yu., Lebedev A., Loginov V., Yazvitsky N.* Recent Development in ECR Ion Sources at FLNR JINR // Proc. of RUPAC2012, St. Petersburg, Russia, 2012. P. 205–207.
- *Gikal B. N.* FLNR Heavy Ion Cyclotrons for Investigation in the Field of Condensed Matter Physics Industrial Applications // Proc. of RUPAC2012, St. Petersburg, Russia, 2012. P. 172–175.

Циклотрон С235-V3 для протонной терапии

В ОИЯИ совместно с бельгийской фирмой ИВА разработан специализированный медицинский циклотрон С235-V3, превосходящий по параметрам серийные циклотроны ИВА и предназначенный для первого в РФ госпитального центра протонной терапии в г. Димитровграде. В 2012 г. в Дубне завершены работы по сборке, запуску и настройке циклотрона. Ускоритель сертифицирован для клинического использования в российских онкологических центрах протонной терапии и отгружен в г. Димитровград.

- *Карамышева Г. и др.* Динамика пучка в циклотроне С235-V3 для протонной терапии // ЖТФ. 2012. Т. 82, вып. 1. С. 1007–1013.
- *Kostromin S. et al.* Development of the IBA–JINR Cyclotron С235-V3 for Dimitrovgrad Hospital Center of Proton Therapy // RUPAC2012. 2012. P. 221–223.

Линейный ускоритель электронов

В рамках работ по созданию испытательного стенда для систем Международного линейного коллайдера впервые получен электронный пучок в начальном участке ускорителя с энергией 23 МэВ и током 7 мА. Пучок выведен из ускорителя, проведен через ондулятор на постоянных магнитах и должен быть использован в качестве лазера на свободных электронах инфракрасного диапазона.

- *Балалыкин Н. И., Кобец А. Г., Кобец В. В., Мешков И. Н., Минашкин В. Ф., Ноздрин М., Скрыпник А. В., Соро-*

кин А.Г., Сумбаев А.П., Шабратов В.Г., Ширков Г.Д. Физический пуск первой очереди линейного ускорителя электронов ЛИНАК-800 // 23 Всеросс. конф. по ускорителям заряженных частиц «RUPAC2012». С.-Пб., сентябрь 2012.

XFEL

В ОИЯИ в сотрудничестве с DESY и чешской фирмой «Вакуум Прага» разработана и изготовлена диагностическая система на основе микроканальных пластин и кремниевых полупроводниковых фотодиодов, с помощью которой в 2012 г. сотрудниками ОИЯИ впервые проведены экспериментальные исследования характеристик синхротронного рентгеновского излучения на ускорителе DORIS в DESY.

- *Syresin E. et al.* Design and Prototype Construction of an MCP Based Photon Detector for the European XFEL. Science at FEL 12, Hamburg, 2012.
- *Brovko O. et al.* Diagnostic Technique with Femtosecond Resolution Applied for FEL Electron Bunches // RUPAC. 2012. P.572–574.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Центральный информационно-вычислительный комплекс (ЦИВК) ОИЯИ является крупнейшим центром РДИГ (российского грида для интенсивных операций с данными) в составе глобальной грид-инфраструктуры WLCG/EGEE/EGI, который обеспечивает поддержку виртуальных организаций международных проектов, в том числе экспериментов на ЛНС (ЦЕРН). За 11 месяцев 2012 г. в ОИЯИ было выполнено более 6,5 млн задач, затраты процессорного времени составили более 135 млн ч в единицах NEPSpec06. В 2012 г. 46% от полного счетного времени, затраченного в РДИГ на задачи ЛНС, было обеспечено ОИЯИ.

Развитие грид-технологий делает задачу адаптации существующих приложений для их использования в грид-инфраструктуре все более востребованной. Для работы пользователей в среде ГридННС (грид национальной нанотехнологической сети) и российской грид-сети в ЛИТ ОИЯИ проведена адаптация целого ряда пакетов программ и программных комплексов.

- *Кореньков В.В., Кутовский Н.А., Семенов Р.Н.* // Компьютерные исследования и моделирование. 2012. Т. 4, № 2. С. 339–344.

Определена область локальной и полулокальной сходимости непрерывного аналога метода Ньютона и предложены стратегии оптимального выбора итерационного параметра. Доказана глобальная сходимость и получены оценки погрешности. Стратегии выбора позволяют расширить область начальных итерационных параметров, при которых метод сходится. Дано сравнение различных предложенных и известных стратегий выбора итерационного параметра.

- *Жанлав Т., Чулуунбаатар О.* // Вестн. РУДН. Сер. «Математика. Информатика. Физика». 2012. № 1. С. 34–43.

Исследованы свойства скалярного σ -мезона вблизи критической конечной точки в модели Намбу–Йона-Лазинио с петлей Полякова. Проведен модельный анализ фазовой диаграммы сильновзаимодействующей материи. Изучена температурная зависимость ширины распада $\sigma \rightarrow \pi\pi$ при нулевом химическом потенциале вблизи критической конечной точки. Вычисленные константа $g_{\sigma \rightarrow \pi\pi}$ и ширина распада сравниваются как с имеющимися экспериментальными данными, так и с результатами, полученными в других моделях. Показано, что при нарушении условия $m_{\sigma} \geq 2m_{\pi}$ вблизи критической конечной точки имеется нетермальное усиление полной ширины распада σ -мезона.

- *Фризен А. В., Калиновский Ю. Л., Тонеев В. Д.* // Письма в ЭЧАЯ. 2012. Т. 9, № 1. С. 1–6.

Проведено численное исследование влияния ненулевого импульса фотона на трехкратное дифференциальное сечение $(\gamma, 2e)$ -процесса. Вследствие малого значения импульса фотона исследуемые эффекты являются слабыми и проявляются только при специальных кинематических условиях, таких как разлет испущенных электронов в противоположные стороны с равными энергиями. Детально исследовались такие мишени, как атом гелия и гелиеподобные положительные ионы. Было обнаружено, что максимальное значение сечения в запрещенной для дипольного приближения области углов и энергий достигается при относительно небольших энергиях фотона. И хотя этот эффект остается небольшим по амплитуде, порядка нескольких $\text{мб} \cdot \text{эВ}^{-1} \cdot \text{стер}^{-2}$, этого достаточно для его экспериментального наблюдения.

- *Galstyan A. G., Chuluunbaatar O. et al.* // Phys. Rev. A. 2012. V. 85. P. 023418(1–5).

В рамках метода моментов функции Вигнера с учетом спиновых степеней свободы изучена связанная динамика низколежащих возбуждений атомных ядер, включая ножничную моду,

и гигантского квадрупольного резонанса. Уравнения движения для коллективных переменных получены на основе зависящих от времени уравнений Хартри–Фока в модели гармонического осциллятора со спин-орбитальным потенциалом и квадруполь-квадрупольным остаточным взаимодействием. Учет спина позволяет ввести в рассмотрение новый тип ядерного коллективного движения.

- *Balbutsev E. B., Molodtsova I. V.* // J. Phys. 2012. V. 366. P. 012002(1–5).

Рассмотрен байесовский подход к автоматическим адаптивным квадратурам. Показано, что байесовские выводы как относительно построения бинарного дерева детерминированных подынтервалов с последующим определением их приоритетов, так и для априорной правомерности подхода к локальным квадратурным правилам, проводятся по критериям проверки обусловленности профилей подынтегральной функции. При реализации этих критериев важно учитывать возможные искажения, связанные с использованием конкретной вычислительной среды.

- *Adam Gh., Adam S.* // Lect. Notes Comput. Sci. Springer, Heidelberg. 2012. V. 7125. P. 1–16.

Рассмотрены конечно-разностные аппроксимации систем полиномиально-нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, коэффициенты которых могут быть отношениями многочленов от независимых переменных над полем рациональных чисел. Введено понятие сильной аппроксимации (с-аппроксимации) систем указанного вида на равномерных и ортогональных сетках. Обсуждается алгоритмическая проверка с-аппроксимации конструктивными методами дифференциальной и разностной алгебр и с использованием систем компьютерной алгебры.

- *Gerdt V. P.* // Lect. Notes Comput. Sci. Springer, Heidelberg. 2012. V. 7125. P. 28–42.

УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

В 2012 г. в УНЦ ОИЯИ проходили обучение 437 студентов базовых кафедр МГУ, МФТИ, МИРЭА, университета «Дубна» и университетов стран-участниц ОИЯИ. В аспирантуре ОИЯИ обучались 77 человек из Армении, Белоруссии, Германии, Молдавии, РФ, Турции, Украины.

Ежегодная студенческая практика 2012 г. проходила в три этапа, в ней приняли участие 119 человек.

В июне в Дубне прошла очередная школа для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ. В ней участвовали 37 учителей вместе со своими лучшими 24 учениками 9–10 классов из РФ, Белоруссии, Болгарии, Польши, Украины. В программе школы — научно-популярные лекции ведущих специалистов ОИЯИ и ЦЕРН (Женева), посещение экспериментальных установок и лабораторий ОИЯИ, видеоконференции с ЦЕРН.

В ноябре в ЦЕРН проходила научная школа для российских учителей физики. В ее работе приняли участие 32 преподавателя физики из Женева, Москвы и Московской области, Великого Новгорода, Владивостока, Дивногорска, Ростова-на-Дону, Сальска, Самары, Санкт-Петербурга, Северодвинска, Таганрога, Ульяновска, Урая (Ханты-Мансийский АО) и Чебоксар.

УНЦ принял участие в организации и проведении в Дубне школы «Физика высоких энергий и ускорительная физика». Организаторами школы являются ОИЯИ, ЦЕРН и МНТЦ. Ее участниками стали 52 человека из России, Армении, Белоруссии, Грузии, Казахстана, Таджикистана. В программе — лекции ведущих специалистов России, Бельгии, Германии, Швейцарии, экскурсии на базовые установки ОИЯИ, а также дискуссии.

В сентябре в УНЦ в рамках практики по физике высоких энергий и информационным технологиям для 10 молодых сотрудников Киевского национального университета им. Т.И.Шевченко, Института теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова, Института сцинтилляционных материалов НАН Украины были организованы лекции и практические занятия.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ О КОЛИЧЕСТВЕ ПУБЛИКАЦИЙ СОТРУДНИКОВ ОИЯИ (с 22.11.2011 по 13.11.2012)

- Книги — 10:

International Linear Collider Physics and Detectors: 2011 Status Report / T. Barklow, A. Olchevski [et al.]; Eds.: J. E. Brau, J. Fuster, L. Hesla [et al.]. — Batavia [etc.]: ILC. — Geneva: CERN. — Hamburg: DESY, 2011. — 109 p.: ill. — (ILC-Report; 2011-33) (CERN-LCD-Note; 2011-038) (DESY; 2011-190).

International Linear Collider: A Technical Progress Report / N. Arnold, Yu. Budagov, Yu. Denisov, A. Dudarev, G. Shirkov, G. Trubnikov [et al.]; Eds.: E. Elsen, M. Harrison, L. Hesla [et al.]. — Batavia [etc.]: ILC. — Hamburg: DESY. — Dubna: JINR, 2011. — 162 p.: ill. — (ILC-Report; 2011-030) (DESY; 11-041) (JINR; E9-2011-32).

International Linear Collider Territorial Complex in the North of the Moscow Region / S. Karyeva, Yu. Budagov, A. Dudarev, A. Krashennnikov, E. Petrovskaya, G. Shirkov. — Dubna: JINR, 2012. — 16 p.: ill. — Bibliogr.: P. 6. Авт. указ. на обороте тит. л.

Physics and Detectors at CLIC: CLIC Conceptual Design Report / A. Ioannisian, M. Chizhov, M. Filippova, A. Gongadze, S. Grigoryan, D. Gudkov, A. Olyunin, A. Samochkine, V. Samoylov, A. Sapronov, V. Soldatov, A. Solodko, I. Tyapkin, V. Uzhinsky, A. Vorozhtsov [a. o.]; Eds.: L. Linssen, A. Miyamoto, M. Stanitzki, H. Weerts. — Geneva: CERN. — Argonne: ANL. — Hamburg: DESY. — Tsukuba: KEK, 2012. — XXXIV, 257 p.: ill. — (CERN; 2012-003) (ANL-HEP-TR; 12-01) (DESY; 12-008) (KEK Report; 2011-7).

Волков В. В. Ядерно-физические исследования с тяжелыми ионами: Избранные работы. — Дубна: ОИЯИ, 2012. — 390 с.: ил. — (ОИЯИ; 2012-21). — Библиогр.: с. 376-384.

Ефимов Г. В. Квантовая механика (избранные главы): Учеб. пособие. — Дубна: ОИЯИ, 2012. — 170 с.: ил. — (Учебно-методические пособия Учебно-научного центра ОИЯИ. УНЦ; 2012-50). — Библиогр.: с. 169.

Калинников В. А. Основы схемотехники ЭВМ: Учебный курс. — Дубна: ОИЯИ, 2011. — 165 с.: ил. — (Учебно-метод. пособия Учебно-научного центра ОИЯИ. УНЦ; 2011-48). — Библиогр.: с. 165.

Карнаухов В. А. Книга о нас. — Дубна: ОИЯИ, 2012. — 191 с.: ил. — (ОИЯИ; 2012-51).

Нестеренко А. В. Теоретическое описание функции Адлера и электрон-позитронной аннигиляции в адроны: Учебное пособие. — Дубна: ОИЯИ, 2011. — 144 с.: ил. — (Учебно-метод. пособия Учебно-научного центра ОИЯИ. УНЦ; 2011-49). — Библиогр.: с. 103–120.

Никитюк Н. М., Самойлов В. Н. Нейросети, нейрочипы, нейрокompьютеры и их применение: Учебное пособие для студ. вузов. — Дубна: ОИЯИ, 2012. — 145 с.: ил. — (ОИЯИ; 2011-4). — Библиогр. в конце гл.

- Журнальные статьи — 856
- Публикации в трудах конференций — 581
- Препринты — 112
- Авторефераты диссертаций — 26
- Всего: 1585

The Joint Institute for Nuclear Research obtained a variety of world-class results in 2012:

- *A milestone event of the year is the discovery of the Higgs-like boson at the LHC (CERN) with JINR's important contribution*
- *A group of physicists from JINR greatly contributed to the challenging scientific result in the measurement of the θ_{13} neutrino mixing angle at the reactor in China (Daya Bay, China)*
- *The discovery of element 117 of the Mendeleev Periodic Table was confirmed*
- *The first granulated cold moderator in the world was launched on the upgraded reactor IBR-2; to hold scientific experiments, the regular operation of the reactor started*
- *A regular run at the Nuclotron for the first time brought in the value of 4.5 GeV/n for the deuteron beam energy*
- *The NICA project underwent an international scientific-technical expert evaluation; an international tender was announced to select a general contractor organization to construct the NICA accelerator complex*
- *Considerable progress was achieved in the development of the JINR grid infrastructure; in particular, the Russian Tier-1 centre was established*
- *Ambitious steps were taken to promote closer cooperation between JINR and GSI/FAIR (Darmstadt, Germany); negotiations were successfully held with the European Commission and the ESFRI administration to continue the integration of JINR into the European scientific research infrastructure*

THEORETICAL PHYSICS

It is shown that within the Constrained Minimal Supersymmetric Model the direct search for dark matter is complementary to direct LHC search for SUSY and Higgs particles. Combined LHC data (LHCb experiment), the relic density (WMAP and other cosmological data) and upper limits on the dark matter scattering cross sections on nuclei (XENON100 data) indicate that gluinos

below 1 TeV and the lightest supersymmetric particle with the mass below 160 GeV are excluded independent of the squark masses.

- *Beskidt C., de Boer W., Kazakov D., Ratnikov F.* // JHEP. 2012. V. 1205. P.094.

A comparative theoretical study of the data at spacelike momentum transfer for the $\gamma\gamma^* \rightarrow \pi^0$ transition form factor, reported by the Belle collaboration, vs. those published before by BaBar, also including the older CLEO and CELLO data, is performed. Existing theoretical predictions are compared and classified into distinct categories. It is demonstrated that the actual bifurcation of the data with antithetic trends artificially argues that the Belle data are the better option.

- *Bakulev A., Mikhailov S., Pimikov A., Stefanis N.* // Phys. Rev. D. 2012. V. 86. P.031501.

The potential energy of the octupole collective motion is determined and analyzed for all observed values of the angular momentum of the alternating parity band states in some actinide nuclei. It is shown that as a function of increasing angular momentum there is a second-order phase transition from the octupole-nondeformed to the octupole-deformed shape in the considered nuclei. The mathematical techniques of supersymmetric quantum mechanics, two-center octupole wave functions ansatz, and the Landau theory of phase transitions were used to analyze the experimental data on alternating parity bands.

- *Jolos R., Von Brentano P., Jolie J.* // Phys. Rev. C. 2012. V. 86. P.024319.

The azimuthal anisotropies of the collective transverse flow of hadrons are investigated in a large range of heavy-ion collision energy within the microscopic transport approach. The experimentally observed increase of the elliptic flow v_2 with bombarding energy is successfully described in terms of the approach in contrast to a variety of other kinetic models based on hadronic interactions. The analysis of higher-order harmonics v_3 and v_4 shows a similar tendency of growing deviations between partonic and purely hadronic models with increasing bombarding energy. This signals that the excitation functions of azimuthal anisotropies provide a sensitive probe for the underlying degrees of freedom excited in heavy-ion collisions.

- *Konchakovski V.P., Bratkovskaya E.L., Cassing W., Toneev V.D., Voronyuk V.* // Phys. Rev. C. 2012. V. 85. P.011902(R).

A microscopic theory of the electrical conductivity $\sigma(\omega)$ within the $t - J$ model was developed. An exact representation for $\sigma(\omega)$ was obtained using the memory-function technique, and the generalized Drude law was derived. The relaxation rate due to the decay of charge excitations into particle-hole pairs assisted by antiferromagnetic spin fluctuations was calculated. The reasonable agreement of the theory with experimental data for cuprates proves the important role of spin fluctuation scattering in the charge dynamics.

- *Vladimirov A.A., Ihle D., Plakida N.M.* // Phys. Rev. B. 2012. V. 85. P. 224536.

A new simple $N = 2$ SQM model describing the motion over complex manifolds in external gauge fields is explored. The nilpotent supercharge Q of the model can be interpreted as a twisted exterior holomorphic derivative, so that the model implements the twisted Dolbeault complex. Focusing on the Kaehler case, new simple physical proofs of the two mathematical facts are given: (i) the equivalence of the twisted Dirac and twisted Dolbeault complexes and (ii) the Atiyah-Singer theorem.

- *Ivanov E.A., Smilga A.V.* // Intern. J. Mod. Phys. A. 2012. V. 27. P. 1230024.

EXPERIMENTAL PHYSICS

Particle Physics

JINR physicists made a considerable contribution to the discovery of a new neutral boson with the mass 125–126 GeV at the Large Haron Collider in the decay channels with two photons, e , μ , τ -leptons, b -quarks, W - and Z -bosons, with the total statistical value of 6σ .

- *ATLAS Collab.* // Phys. Lett. B. 2012. V. 716. P. 1–29.
- *CMS Collab.* // Phys. Lett. B. 2012. V. 716. P. 30–61.

In the Daya Bay collaboration, the JINR team carried out a series of experiments on measurement of the neutrino mixing angle θ_{13} , which is the last of three neutrino mixing angles in the Pontecorvo-Maki-Nakagawa-Sakata matrix.

The statistical significance of the published value was higher than five standard deviations, which allows speaking about the discovery of a new type of neutrino oscillations described by mixing angle between the first and third neutron generations θ_{13} . The new result $\sin^2 2\theta_{13} = 0.089 \pm 0.010(\text{stat.}) \pm 0.005(\text{syst.})$ excludes the zero value of the angle θ_{13} at the confidence level close to eight standard deviations.

- *Daya Bay Collab.* Improved Measurement of Electron Antineutrino Disappearance at Daya Bay // Chinese Phys. C. 2013. V. 37. P.011001.
- *Daya Bay Collab.* Observation of Electron-Antineutrino Disappearance at Daya Bay // Phys. Rev. Lett. 2012. V. 108. P. 171803; arXiv:1203.1669.
- *Dwyer D. (Daya Bay Collab.).* Improved Measurement of Electron-Antineutrino Disappearance at Daya Bay // Nucl. Phys. B. Proc. Suppl. 2012. P. 1–3.
- *Daya Bay Collab.* Improved Measurement of Electron Antineutrino Disappearance at Daya Bay. arXiv:1210.6327 (submitted to CPC).
- *Daya Bay Collab.* A Side-by-Side Comparison of Daya Bay Antineutrino Detectors // Nucl. Instrum. Meth. A. 2012. V. 685. P. 78–97; arXiv:1202.6181.
- *Gonchar M. (Daya Bay Collab).* Precise $\sin^2 2\theta_{13}$ Measurement by the Daya Bay Reactor Neutrino Experiment // DAE Symp. on Nucl. Phys., December 3–7, New Delhi; Daya Bay Document 8103.

The JINR group continued the data analysis in the experiment NA48/2. The analysis of more than a million of decays $K^\pm \rightarrow \pi^+\pi^+e^\pm\nu$ made it possible to improve the accuracy of measuring the probability of this decay by 3 times and measure its form factors. About 45 000 decays $K^\pm \rightarrow \pi^0\pi^0e^\pm\nu$ selected with the rest background and registered lower than 1%, have also been analyzed. The efficient π^0 reconstruction for the first time allowed one to measure the probability of the decay and its form factor with the precision at the level of 1%.

From the experimental data the probability of the decay $\Xi^0 \rightarrow \Sigma^+\mu^-\nu_\mu$ was obtained with the best precision of $(2.17 \pm \pm 0.32_{\text{stat}} \pm 0.17_{\text{syst}}) \cdot 10^{-6}$.

The value of ratio R_K of the lepton decays of kaons $K^\pm \rightarrow e^\pm\nu$ and $K^\pm \rightarrow \mu^\pm$ has been calculated. The obtained value $R_K = (2.488 \pm 0.010) \cdot 10^{-5}$ corresponds to the prediction of the Standard Model.

- *Batley J.R. et al.* New Measurement of the Charged Kaon Semileptonic $K^\pm \rightarrow \pi^+\pi^-e^\pm\nu$ (K_{e4}) Decay Branching Ratio and Hadronic Form Factors // Phys. Lett. B. 2012. V. 715. P. 105.
- *Batley J.R. et al.* Measurement of the Branching Ratio of the Decay $\Xi^0 \rightarrow \Sigma^+\mu^-\nu_\mu$. CERN-PH-EP-2012-288.

- *Madigozhin D.* K_{e4} Measurements with NA48/NA62. QCD12 // 16th Intern. Conf. on Quantum Chromodynamics, Montpellier, France, 2–7 July 2012.
- *Madigozhin D.* Precision Studies of Rare Kaon Decays with the NA62 Experiment at CERN/SPS // Intern. Conf.-Session of the Section of Nucl. Phys. of PSD RAS, Moscow, Russia, 12–16 November 2012.
- *Goudzovsky E.* Recent Kaon Physics Results and Prospects (NA48/62) // FPCP-2012, Anhui, China, 21–25 May 2012.

Using the statistics obtained in the proton beam collisions at the energy of 7 and 8 TeV in 2011–2012, the JINR group participating in the CMS experiment carried out a search for heavy resonance states in the decay channel with two muons. The combined analysis of the data on muon and electron pair production made it possible to exclude new neutral gauge bosons (Z_{SSM}) up to the mass of 2590 GeV, and for the gauge model conditioned by the superstring theory (Z_ψ) — up to 2260 GeV, and to identify new mass limitations.

The JINR physicists contributed to the find of a new neutral boson with a mass of $125.3 \pm 0.4(\text{stat.}) \pm 0.5(\text{syst.})$ on the decay into 2 neutral gauge bosons and further on — into 4 leptons. This research continued the search for Higgs boson in the channel with two photons, two τ -leptons, two b -quarks, two W - and Z -bosons, performed with the data of 2011. In the result of the combined analysis of the 2011–2012 data, the number of the registered data was found to be exceeded over the background with a statistical significance of 3.2σ .

- *Chatrchayn S. et al. (CMS Collab.).* Search for Narrow Resonances in Dilepton Mass Spectra in pp Collisions at 7 TeV. arXiv:1206.1849; CMS-EXO-11-019; CERN-PH-EP-2012-157; Phys. Lett. B. 2012. V. 714. P. 158–179.
- *Alverson G. et al.* Search for High Mass Resonances Decaying to Muon Pairs at 8 TeV // CMS AN-2012/182; CMS PAS EXO-12-015, CERN, Geneva.
- *Chatrchayn S. et al. (CMS Collab.).* Observation of a New Boson at a Mass of 125 GeV with the CMS Experiment at the LHC; arXiv:1207.7235; CMS-HIG-12-028; CERN-PH-EP-2012-220; Phys. Lett. B. 2012. V. 716. P. 30–61.
- *Chatrchayn S. et al. (CMS Collab.).* Combined Results of Searches for the Standard Model Higgs Boson in pp Collisions at 7 TeV; arXiv:1202.1488; CMS-HIG-11-032;

CERN-PH-EP-2012-023; Phys. Lett. B. 2012. V.710. P.26–48.

Analysis of the data on the search for the supersymmetric signal was carried out at ATLAS (CERN). The data were obtained in 2011 at the c.m.s. proton–proton collision energy 7 TeV. The total amount of the data corresponds to 4.7 fb^{-1} of integral luminosity. The analysis of the experimental data and the Monte Carlo simulation of the Standard Model background showed no deviations from the Standard Model observed in the final states under investigation.

- *Aad G. et al. (ATLAS Collab.)*. Further Search for Supersymmetry at $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$ in Final States with Jets, Missing Transverse Momentum and Isolated Leptons with the ATLAS Detector // Phys. Rev. D. 2012. V. 86. P. 092002.

The JINR team took part in obtaining the average top-quark mass from the CDF and D0 data with the statistics of 5.8 fb^{-1} . The results of the 1st Tevatron run (1992–1996) and the latest results were used. Considering error correlations, the average top-quark mass as obtained at the Tevatron was $M_{\text{top}} = 173.18 \pm 0.56(\text{stat.}) \pm 0.75(\text{syst.}) \text{ GeV}/c^2$ or, after quadratic addition of the systematic and statistical errors, $M_{\text{top}} = 173.18 \pm \pm 0.94(\text{syst.}) \text{ GeV}/c^2$, which corresponds to the most accurate determination of the top-quark mass with an error of 0.54%.

The search for the associative production of the Higgs boson together with the W and Z bosons in the Higgs boson mass region of $100\text{--}150 \text{ GeV}/c^2$ was carried out in the CDF and D0 experiments with the statistics of 9.7 fb^{-1} . The Higgs boson decay into a $b\bar{b}$ quark pair was considered. The number of events in the data was found to exceed the background predictions in the mass region between 120 and $135 \text{ GeV}/c^2$. For the mass of $125 \text{ GeV}/c^2$, the deviation is 2.8σ . The result is interpreted as evidence for a new particle, a candidate for the Higgs boson from the Standard Model.

- *Aaltonen T. et al.* Precision Top-Quark Mass Measurements at CDF // Phys. Rev. Lett. 2012. V. 109. P. 152003.
- *Aaltonen T. et al.* Combination of the Top-Quark Mass Measurements from the Tevatron Collider // Phys. Rev. D. 2012. V. 86. P. 092003.
- *Aaltonen T. et al.* Evidence for a Particle Produced in Association with Weak Bosons and Decaying to a Bottom–Anti-bottom Quark Pair in Higgs Boson Searches at the Tevatron // Phys. Rev. Lett. 2012. V. 109. P. 071804.

With the JINR group active participation, the COMPASS collaboration obtained the results on gluon polarization $\Delta g/g$ in nucleons from the measurements of the double longitudinal spin asymmetry of DIS events with the hadron pair production in the final state having a big transverse momentum. The gluon polarization was calculated for three intervals of the part of the gluon momentum x_g in the range of $0.04 < x_g < 0.27$. The values obtained in the leading order of QCD have not shown the dependence of $\Delta g/g$ on x_g . The measured value $\Delta g/g = 0.125 \pm 0.060(\text{stat.}) \pm 0.063(\text{syst.})$ at $\langle x_g \rangle = 0.09$ and $\mu^2 = 3 \text{ (GeV/c)}^2$.

First results have been obtained on azimuthal asymmetry measurements in the DIS reactions with hadron pair production on the transversely polarized targets ${}^6\text{LiD}$ (deuteron) and NH_3 (proton), related with the transverse quark distribution function (transversity) in the nucleon, without using the Collins effect. Big values of asymmetry measured on the NH_3 target have pointed out non-zero transversity values for u -quark and interference of the two-hadron fragmentation functions. The small values of asymmetry measured on the ${}^6\text{LiD}$ target point out the mutual compensation of the u - and d -quarks.

- *COMPASS Collab.* CERN-PH-EP/2012-010, hep-ex/1202.4064 (submitted to PLB).
- *COMPASS Collab.* // PLB. 2012. V. 713. P. 10.

Relativistic Nuclear Physics

A group of physicists from JINR involved in the ALICE experiment concentrate their efforts on the studies of the Bose–Einstein correlations. In 2012, JINR physicists conducted analysis of the dependence of invariant radii on the transverse mass in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s} = 2.76 \text{ TeV}$ for correlations of charged kaons. Comparison was made with the results obtained for neutral kaons' pairs, charged pions, protons and antiprotons. The analysis was done for several centralities. The results were presented at international conferences.

- Kaon Femtoscopy Correlations in Pb–Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76 \text{ TeV}$ from the ALICE Experiment at LHC // XXI Intern. Baldin Seminar on High Energy Physics Problems, September 10–15, 2012. Report by E. Rogochaya.
- Charged KK Femtoscopy Correlations in PbPb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 7 \text{ TeV}$ from the ALICE 2010 Data // XIII GDRE Workshop on Relativistic Heavy Ion Physics, Nantes, 2012. Reports by E. Rogochaya.

- Study of Femtoscopy in Pb–Pb and pp Collisions at the LHC with the ALICE Experiment // Intern. Conf.-Section of Nucl. Phys. of the Phys. Sci. Division of the Russian Academy of Sciences, Moscow, November 2012. Reported by L. Malinina.
- JINR results were also included in: Plenary, oral and poster talks at Quark Matter 2012; Talk at WPCF // Workshop on Particle Correlations and Femtoscopy, Frankfurt, 10 September 2012.

For the first time, in March 2012, a deuteron beam was extracted with the energy of 4.5 GeV/nucleon in the framework of phase I preparation of the heavy ion physics programme at extracted beams of the Nuclotron (BM@N project). The experimental zone is actively prepared, along with detector and equipment testing. The results and the project status were presented at international conferences in Slovakia, the Czech Republic and at the RAS session.

In the framework of the DSS project, two runs on the Nuclotron inner target were held in 2012. Cross sections of deuteron–proton elastic scattering were measured (experimental data were obtained on differential cross section of the dp -scattering reaction at energies of 400, 500, 600, 700 and 800 MeV); measurements of the mesonless deuteron breakup parameters $dp \rightarrow ppn$ at energies of 150, 200 and 250 MeV. Data are being analyzed.

The analysis was completed of the earlier accumulated data on the vector A_y and tensor A_{yy} and A_{xx} analyzing powers of the dp -elastic scattering reaction at the energy 880 MeV and on the dp -elastic scattering reaction at the energies 500, 700 and 880 MeV. The paper is prepared for the publication in the journal «Part. Nucl., Lett.».

- Phys. Lett. B. 2012. V. 715. P. 61–65.

The PHASA-3 experiment showed that particle evaporation changes into multibody breakup with the growth of energy of the nucleus excitation. For the first time the full time scale of the process was measured that included not only the emission time but also the phase of hot nucleus expansion until the break-up moment (~ 100 fm/c). The thermodynamic parameter — the critical temperature for the liquid–gas nuclear phase transition — was also measured for the first time. Collective flux of nucleons in the hot nucleus was shown experimentally.

- *Karnaukhov V.A. et al.* From Sequential Processes to Multifragmentation in Proton Induced Reactions // *Yad. Fiz.* 2012 (in press).

- *Karnaikhov V.A. et al.* Total Disintegration Time of Hot Nuclei // J. Phys. G. 2012 (in press).
- *Karnaikhov V.A.* Properties of Hot Nuclei Produced in Collisions of Light Relativistic Ions with Heavy Targets. Invited talk at the Conference «Nucleus 2012», Voronezh, 2012; Yad. Fiz. (in press).
- *Karnaikhov V.A.* Hot and Boiling Nuclei. JINR Commun. P15-2011-58. Dubna, 2011; Collection Devoted to the Centenary of the Discovery of the Atomic Nucleus by E. Rutherford (in press).
- *Karnaikhov V.A.* Compressed Nuclear Matter on Nuclotron // Part. Nuc., Lett. 2012. V. 9, No. 2. P. 229.

In the BECQUEREL project, the analysis was done of the irradiation sessions at the JINR Nuclotron of nuclear emulsion in the mixture beam of relativistic radioactive nuclei ${}^7\text{Be}$, ${}^{10}\text{C}$, ${}^{12}\text{N}$. It was found that for the ${}^{10}\text{C}$ nucleus the fraction of the coherent dissociation $2\alpha + 2p$ events was about 80%. Approximately 30% of them are related to cascade decays through unbound nuclei ${}^9\text{B}$ and ${}^8\text{Be}$. Obviously leading channels are absent for coherent dissociation of the ${}^{12}\text{N}$ nucleus, and the role of its basis can be attributed to the nucleus of ${}^7\text{Be}$.

- *Mamankulov K. et al.* // Yad. Fiz. 2013. V. 76 (in press).
- *Kattabekov R. et al.* // Yad. Fiz. 2013. V. 76 (in press).

In 2012, the experiment NA61, with the JINR group participation, observed fluctuations of the mean p_T and appearance of maximum in the particle multiplicity distributions in Si + Si at the energy of 17.3A GeV which could be related with the existence of the critical point at the SPS energy.

- *Melkumov et al.* Evidence for the Onset of Deconfinement and Quest for the Critical Point by NA49 at the CERN SPS // Phys. At. Nucl. 2012. V. 75. P. 556–566.

Heavy Ion Physics

A series of experiments dedicated to the study of radioactive properties of isotopes of element 117 and their decay products in the complete fusion reaction ${}^{249}\text{Bk} + {}^{48}\text{Ca}$ was carried out in 2012. The obtained data completely confirm the results on the synthesis of element 117 at FLNR in 2010. In the new measurements done in a wide energy range from 244 to 260 MeV of ${}^{48}\text{Ca}$ bombarding ions, three decay chains of the isotope ${}^{294}117$ and 11 nuclei of the isotope ${}^{293}117$ were detected. In addition, the data on the isotope ${}^{289}115$ decay were confirmed. The isotope ${}^{289}115$ is a product of

the $^{293}117$ decay and it was observed independently, earlier in the reaction $^{48}\text{Ca} + ^{243}\text{Am}$. The decay of the nucleus $^{294}118$ produced in the reaction with ^{249}Cf resulting from the β -decay of ^{249}Bk was also observed. The measured decay properties of element 118 are in full agreement with the results obtained at FLNR in 2002 and 2005. Thus, the new data confirm the priority of the Flerov Laboratory in the discovery of the new superheavy elements with atomic numbers 113, 115, 117 and 118. In 2012, IUPAC recognized the priority of the Flerov Laboratory and the Livermore National Laboratory (USA) in the discovery of elements 114 and 116, and officially included these elements in the Mendeleev periodic table as flerovium (Fl) and livermorium (Lv). The new elements were named in honour of the Flerov Laboratory and its founder, the eminent Russian physicist professor G. N. Flerov, and the Livermore National Laboratory. It is expected that in 2013 the Mendeleev periodic table will be supplemented with four other new elements.

- *Oganessian Yu. Ts., Abdullin F. Sh., Dmitriev S. N., Gostic J. M., Hamilton J. H., Henderson R. A., Itkis M. G., Moody K. J., Polyakov A. N., Ramayya A. V., Roberto J. B., Rykaczewski K. P., Sagaidak R. N., Shaughnessy D. A., Shirokovsky I. V., Stoyer M. A., Subbotin V. G., Sukhov A. M., Tsyganov Yu. S., Utyonkov V. K., Voinov A. A., Vostokin G. K.* // Phys. Rev. Lett. 2012. V. 108. P. 022502-1–22502-5.
- *Oganessian Yu. Ts., Abdullin F. Sh., Alexander C., Binder J., Boll R. A., Dmitriev S. N., Ezold J., Felker K., Gostic J. M., Grzywacz R. K., Hamilton J. H., Henderson R. A., Itkis M. G., Miernik K., Miller D., Moody K. J., Polyakov A. N., Ramayya A. V., Roberto J. B., Ryabinin M. A., Rykaczewski K. P., Sagaidak R. N., Shaughnessy D. A., Shirokovsky I. V., Shumeiko M. V., Stoyer M. A., Stoyer N. J., Subbotin V. G., Sukhov A. M., Tsyganov Yu. S., Utyonkov V. K., Voinov A. A., Vostokin G. K.* // Phys. Rev. Lett. 2012. V. 109. P. 162501-1–62501-5.

For the first time, spin-parities of the ground and two excited states of the heaviest helium isotope were established experimentally in the $2n$ -transfer reaction $^3\text{H}(^8\text{He}, p)^{10}\text{He}$. A secondary beam of radioactive nuclei ^8He of the energy of 21.5A MeV and a unique gaseous tritium target cooled down to cryogenic temperature were used in the experiment. Broad states of the system studied manifest themselves only as specific features of angular distributions of ^{10}He decay products. Analysis of angular

and energy correlations allowed one to conclude that the ^{10}He ground state 0^+ of the width of $\Gamma \sim 2$ MeV has a maximum at the energy 2.1 MeV above the decay threshold, while the excited states were found to be in the energy ranges 4–6 MeV ($J^\pi = 1^-$) and above 6 MeV ($J^\pi = 2^+$). Observed level ordering of ^{10}He is not typical for this kind of nuclei and testifies to a shell structure breakdown near the neutron drip-line.

- *Sidorchuk S.I., Bezbakh A.A., Chudoba V., Egorova I.A., Fomichev A.S., Golovkov M.S., Gorshkov V.A., Gorshkov A.V., Grigorenko L.V., Jalovkova P., Kaminski G., Krupko S.A., Kuzmin E.A., Nikolskii E.Yu., Oganessian Yu.Ts., Parfenova Yu.L., Sharov P.G., Slepnev R.S., Stepantsov S.V., Ter-Akopian G.M., Wolski R., Yukhimchuk A.A., Filchagin S.V., Kirdyashkin A.A., Maksimkin I.P., Vikhlyantsev O.P.* // Phys. Rev. Lett. 2012. V. 108. P. 202502-1–202502-5.

Nuclear Physics at Low and Intermediate Energies

With a decisive contribution made by the JINR physicists, differential cross sections and vector analyzing power were measured in the pion production reactions $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$ and $pn \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$ at the energy of 353 MeV at the COSY accelerator in Germany, which made it possible to determine complex amplitudes of those processes.

- *Tsirkov D. et al.* Differential Cross Section and Analysing Power of the $pp \rightarrow \{pp\}_s \pi^0$ Reaction at 353 MeV // Phys. Lett. B. 2012. V. 712. P. 370.
- *Dymov S. et al.* Differential Cross Section and Analysing Power of the Quasi-free $pn \rightarrow \{pp\}_s \pi^-$ Reaction at 353 MeV // Phys. Lett. B. 2012. V. 712. P. 375.

Neutron Nuclear Physics

A new method of determination of prompt fission neutron energy that is applicable to single events with measured neutron time of flight has been developed. The experimental data were obtained using a twin Frisch-grid ionization chamber and a liquid-scintillator-(NE213)-based fast neutron detector. As a result of the averaging over the formed sampling, we obtained the data free of systematic errors associated with a non-linear relationship between the measured and calculated values.

- *Zeynalov Sh., Zeynalova O.V., Hambsch F.-J., Oberstedt S.* A New Approach to Prompt Fission Neutron TOF Data Treatment // Physics Procedia. 2012. V. 31. P. 132–140.

At the IREN pulsed resonance neutron source, the analysis of the boron content in the samples of the materials on the basis of phosphate compositions has been performed by the neutron spectrometry methods. The samples were synthesized at the Belarussian State University (Minsk). These new multifunctional materials combine efficient neutron shielding properties with high heat resistance and mechanical strength.

- *Kuzhir P.P., Maksimenko S.A., Lapko K.N., Lomonosov V.A., Ivashkevich O.A., Lesnikovich A.I., Sedyshch P.V., Shvetsov V.N., Kurilin A.S., Sartinska L., Silenka P., Frolov G., Solonin Yu., Bellucci S.* Boron Enriched Unfired Phosphate Ceramics as Neutron Protector // *Nanosci. Nanotechnol. Lett.* 2012. V. 4. P. 1–6.

In 2012, within the framework of the International Program «Atmospheric Deposition of Heavy Metals in Europe – Estimates on the Basis of the Analysis of Mosses-Biomonitoring», the analysis of the data obtained with the neutron activation technique on the REGATA facility of the IBR-2 reactor was completed for the European Atlas of Heavy Metal Atmospheric Deposition for Macedonia, Bulgaria, Croatia and Serbia.

- *Krmar M., Radnović D., Frontasyeva M.V.* Moss Biomonitoring Technique Used to Study Spatial and Temporal Atmospheric Deposition of Heavy Metals and Airborne Radionuclides in Serbia // *Essays of Fundamental and Applied Environmental Topics* / Ed. D. T. Mihailovic. Nova Publishers Inc., 2012. P. 159–192; ISBN: 978-1-61942-522-4.
- *Spiric Z., Frontasyeva M., Steinnes E., Stafilov T.* Multi-element Atmospheric Deposition Study in Croatia // *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* 2012. V. 92(10). P. 1200–1214.
- *Barandovski L., Frontasyeva M.V., Stafilov T., Sajn R., Pavlov S.S., Enimiteva V.* Trends of Atmospheric Deposition of Trace Elements in Macedonia Studied by the Moss Biomonitoring Technique // *J. Environ. Sci. Health, Part A.* 2012. V. 47. P. 2000–2015.

Condensed Matter Physics

The crystalline and magnetic structures of deuterated herbertsmithite $\text{ZnCu}_3(\text{OD})_6\text{Cl}_2$ have been studied by means of neutron powder diffraction and magnetic susceptibility measurements in a wide range of temperatures (1.5–300 K) and pressures (0–10 GPa). The given compound exhibits the most ideal (among crystalline structures) realization of the 2D

magnetic Kagome lattice of Cu ions with spin $s = 1/2$ which has a ground state of a quantum spin liquid. It has been found that the application of pressure $P = 2.5$ GPa induces a phase transition from a quantum-disordered spin-liquid state to an antiferromagnetic ordering with the Néel temperature $T_N = 6$ K and magnetic elementary cell $\sqrt{3}a \times \sqrt{3}a$. The anomalies in pressure behavior of Cu–O bond length and Cu–O–Cu, Cu–Cl–Cu bond angles have been revealed in the phase transition region. The possible mechanisms of the given phenomena have been analyzed.

- *Kozlenko D.P., Kusmartseva A.F., Lukin E.V., Keen D.A., Marshall W.G., de Vries M.A., Kamenev K.V.* From Quantum Disorder to Magnetic Order in an $s = 1/2$ Kagome Lattice: A Structural and Magnetic Study of Herbertsmithite at High Pressure // *Phys. Rev. Lett.* 2012. V. 108. P. 187207(1–5).

At the first stage of the complex investigation of the influence of magnetic nanoparticles on the conformation of amyloids, the structure analysis of amyloid fibrils of hen egg white lysozyme stabilized in an acidic medium has been carried out by means of small-angle neutron (SANS) and small-angle X-ray (SAXS) scattering from aqueous solutions, as well as by atomic force microscopy with the adsorption of fibrils on a mica surface. It has been shown that the obtained small-angle scattering curves are consistent with the helical structure of protofilaments forming amyloid fibrils. For the analysis, a simple approximation has been proposed, which makes it possible to find out the period of repetition (pitch) and mean diameter of the helix, as well as the effective radius of their basic structural units. Some kind of the «isotope effect» on the helical structure was observed when using a heavy component in the solvent (H_2O/D_2O mixtures), which showed a significant increase in the helix diameter for the solutions with the dominant fraction of D_2O .

- *Avdeev M.V., Aksenov V.L., Gažová Z., Almásy L., Petrenko V.I., Gojzewski H., Feoktystov A.V., Šipošová K., Antošová A., Timko M., Kopčanský P.* On the Determination of the Helical Structure Parameters of Amyloid Protofilaments by Small-Angle Neutron Scattering and Atomic-Force Microscopy // *J. Appl. Cryst.* 2012 (in press).

The quantum-chemical calculations of the lattice dynamics of vanadium oxide in polymorphic phases α - V_2O_5 and β - V_2O_5 have been performed. Vanadium oxides are widely used in thin film electrochemical devices and as cathodes of lithium batteries due

to their high energy density and retention capacity upon cycling. The model vibrational spectra showed satisfactory agreement with the experimental Raman spectra. Their analysis permitted a reliable description of all observed spectral features and made it possible for the first time to establish «structure–spectra» relationship for the two polymorphs of vanadium pentoxides. The activation energy of the phase transition $\alpha\text{-V}_2\text{O}_5 \rightarrow \beta\text{-V}_2\text{O}_5$ has been estimated together with the additional calculations aimed at revealing possible mechanisms of the transition.

- *Baddour-Hadjean R., Smirnov M.B., Smirnov K.S., Kazimirov V., Gallardo-Amores J.M., Amador U., Arroyo-de Dompablo M.E., Pereira-Ramos J.P.* Lattice Dynamics of $\beta\text{-V}_2\text{O}_5$: Raman Spectroscopic Insight into Atomistic Structure of a High Pressure Vanadium Pentoxide Polymorph // *Chem. Mater.* 2012. V.51. P.3194.

RADIATION AND RADIOBIOLOGICAL RESEARCH

The action was studied of DNA repair and replicative synthesis inhibitors — *cytosine* arabinoside (*ARA-C*) and hydroxyurea (*HU*) — on the induction of the apoptotic death of human peripheral blood lymphocytes under accelerated ^{18}O ions with linear energy transfer of $170 \text{ keV}/\mu\text{m}$. It was shown that under normal conditions the apoptosis induction level reaches its maximum 48 hours after irradiation. Unlike the case of gamma rays, no increase in apoptotic cell yield is observed for irradiation with accelerated ^{18}O ions in the presence of radiomodifying agents.

- *Savelyeva M., Baranova E., Boreyko A., Bulanova T., Chausov V., Ilyina E., Ježková L., Krasavin E., Ravnachka I., Stukova S.* The Effect of DNA Synthesis Inhibitors on the Induction and Repair of Double-Strand Breaks as Apoptosis Inductors under Ionizing Radiations // 12th Intern. Workshop on Radiation Damage to DNA, 2–7 June 2012, Prague, Czech Republic. P.98.

With the use of high-resolution fluorescent microscopy methods, a quantitative evaluation was performed of the activation of co-localized proteins $\gamma\text{-H2AX}$ and 53BP1, and their distribution was studied in cell nuclei under ^{60}Co gamma irradiation at 1.5 Gy. It was shown that DNA double-strand breaks are efficiently repaired in lymphocytes, but both repair pathways (non-homologous end joining and homologous repair) are inactive in differentiated mature granulocytes.

- *Baranova E., Steřancikova L., Falkova I., Kozubek S., Boreyko A., Krasavin E., Falk M.* Comparison of DNA γ H2AX/53BP1 Foci Formation, Nuclear Distribution and DNA Double Strand Break Repair for Skin Fibroblasts and Lymphocytes Either Irradiated with Gamma-Rays or Incubated with Hydrogen Peroxide // 12th Intern. Workshop on Radiation Damage to DNA, 2–7 June 2012, Prague, Czech Republic. P.72.
- *Falkova I., Jezkova L., Baranova E., Steřancikova L., Lukasova E., Kozubek S., Boreyko A., Krasavin E., Falk M.* γ H2AX/53BP1 Foci Formation and DSB Repair in Cycling Cells and Differentiated Cells Irradiated with γ -rays // Quantum Scattering Codes and Monte Carlo Simulations to Model Dynamical Processes in Biosystems. 7–9 November 2012, Madrid, Spain.

A cycle of studies on genome stability control was finished. It was found that the central protein kinase of the cell cycle CDK1/CDC28 participates in the control of chromosome and mitochondrial DNA stability and in checkpoints which control genetic material inheritance. It was shown that the *cdc28-srm* mutation affects the G1 checkpoint rather than the S and G2 checkpoints, which control genetic material inheritance.

- *Koltovaya N.A.* Cell Cycle Regulation by the CDK1/CDC28 Cyclin-Dependent Kinase // Genetics. 2013 (in Russian) (in press).
- *Koltovaya N.A.* Participation of the CDK1/CDC28 Cyclin-Dependent Kinase in the Functioning of the Cell Cycle Checkpoints // Genetics. 2013 (in Russian) (in press).

In cooperation with specialists of the Institute of Medical and Biological Problems of the Russian Academy of Sciences (RAS) and RAS Institute of Higher Nervous Activity, the first stage was finished of research at the Nuclotron-M beams on the level of neuromediators in different parts of rat brains resulting from radiation exposure. After irradiation with 500 MeV/nucleon carbon ions at 1 Gy, a decrease was observed in the level of all the considered neuromediators in the brain parts responsible for the formation of the emotional and motivational state (hippocampus). However, no such reaction to irradiation was observed in the brain part responsible for the motoric control (striatum).

- *Sokol O.Ye., Aksenova S.V., Belov O.V.* Mathematical Modeling of the Expression of Glutamate Ionotropic Receptor Subunits // Theses of the Intern. Conf. of Young Scientists

«Experimental and Theoretical Biophysics'12», Pushchino, 22–24 October 2012. P. 122–123 (in Russian).

The proton therapy method was successfully developed and applied in medical practice at the JINR Medical-Technical Complex in collaboration with FMBA RF and other medical institutions. Ninety-two patients were treated in 2012 at the proton beam of the JINR Phasotron.

ACCELERATOR TOPICS

The Development of the Nuclotron and the NICA Project

In the framework of the construction of the NICA collider complex, Research & Development activities were held in the procedure of adjusting and precision measurement of the parameters of the Nuclotron accelerator, testing and studies of the equipment for ion beam parameters diagnostics. For the first time in RF, studies of the stochastic cooling were conducted.

In the 2012 runs, stable 3 GeV/nucleon beam circulation was obtained in the field duration up to 1000 s, a programme of physics research was worked out at the extracted beam with the energy of 4 GeV/nucleon, acceleration and extraction of the 4.5 GeV/nucleon deuteron beam was implemented, tests for conducting the beam into the zone of the BM@N facility were done, with acceleration and slow extraction of carbon nuclei at the energy of 3.4 GeV/nucleon.

The activities that concern the accelerator complex Nuclotron, as well as those connected with the design and specifications on the NICA accelerator complex, the following number of presentations was made at international and all-Russian conferences (RuPAC, HB2012, EXON2012, ASC2012, ICHEP'12, Cryogenics 2012): 9 invited oral presentations and 17 poster reports that have been included in the Proceedings. Moreover, 11 papers were published in peer-reviewed journals.

Heavy Ion Accelerators of FLNR

In 2012, the U-400 heavy-ion cyclotron implemented the programme of experiments on the synthesis and studies of properties of superheavy elements, mainly, isotopes of element 117. Studies on ion beams of high energy (~ 50 MeV/nucleon) were conducted at the U-400M cyclotron, including those for testing of microelectronics for space industry in the framework of the JINR–ROSKOSMOS agreement, using specialized channels of ion beams with the energy of about 5 MeV/nucleon and

30–50 MeV/nucleon. The total time of operation hours of the FLNR cyclotrons was about 15 000 h.

In 2012, the DC-110 cyclotron was assembled and launched. It was developed at FLNR for the scientific-industrial complex BETA in Dubna. The accelerator will be used for the production of polymer filters for medical purposes. Ions of Ar, Kr and Xe with the energy of 2.5 MeV/nucleon were obtained at the accelerator.

- *Bogomolov S., Bekhterev V., Efremov A., Gikal B., Gulbekian G., Kostukhov Yu., Lebedev A., Loginov V., Yazvitsky N.* Recent Development in ECR Ion Sources at FLNR JINR // Proc. of RUPAC2012, St. Petersburg, Russia, 2012. P. 205–207.
- *Gikal B.N.* FLNR Heavy Ion Cyclotrons for Investigation in the Field of Condensed Matter Physics Industrial Applications // Proc. of RUPAC2012, St. Petersburg, Russia, 2012. P. 172–175.

The C235-V3 Cyclotron for Proton Therapy

The specialized medical cyclotron C235-V3B was designed at JINR in collaboration with the Belgian company IBA that exceeds the parameters of the IBA series-produced cyclotrons. It was produced for the RF's first medical centre of proton therapy in Dimitrovgrad. In 2012 the work on its assembly, start-up and adjustment were completed in Dubna. The accelerator was certified for clinical use in Russian oncological centres of proton therapy and transported to Dimitrovgrad.

- *Karamysheva G. et al.* Beam Dynamics in the C235-V3 Cyclotron for Proton Therapy // *Zh. Tekh. Fiz.* 2012. V. 82, issue 1. P. 1007–1013.
- *Kostromin S. et al.* Development of the IBA–JINR Cyclotron C235-V3 for Dimitrovgrad Hospital Center of Proton Therapy // RUPAC2012. 2012. P. 221–223.

Linear Accelerator of Electrons

In the framework of the development of a test-bench for systems of the International Linear Collider, an electron beam was obtained for the first time in the accelerator boost with the energy of 23 MeV and current of 7 mA. The beam was extracted from the accelerator, passed through the permanent magnets' undulator and is to be used as a laser on free electrons of the infra-red range.

- *Balalykin N., Kobets A., Kobets V., Meshkov I., Minashkin V., Nozdrin M., Skypnik A., Sorokin A.,*

Sumbaev A., Shabratov V., Shirkov G. Physical Start-up of the First Line of the LINAK-800 Linear Accelerator of Electrons // 23rd All-Russian Conf. on Charged Particle Accelerators RuPAC2012, St. Petersburg, September 2012.

XFEL

A diagnostic system on the basis of microchannel plates and Si semiconductor photodiodes was designed and manufactured at JINR in collaboration with DESY and the Czech company «Vacuum Prague». In 2012, JINR staff members used it for first experimental studies of characteristics of the synchrotron X-ray radiation at the DORIS accelerator in DESY.

- *Syresin E. et al.* Design and Prototype Construction of an MCP Based Photon Detector for the European XFEL. Science at FEL 12, Hamburg, 2012.
- *Brovko O. et al.* Diagnostic Technique with Femtosecond Resolution Applied for FEL Electron Bunches // RUPAC2012. 2012. P. 572–574.

INFORMATION TECHNOLOGY AND COMPUTER PHYSICS

The JINR Central Information and Computer Complex (CICC) is the largest part of the Russian Data Intensive Grid (RDIG) contribution to the global WLCG/EGEE/EGI Grid infrastructure which provides virtual organization support within international projects, the LHC experiments included. During the first eleven months of 2012, CICC ran more than six and half million jobs, the overall CPU time spent exceeding 135 million hours (in HEPSpec06 units). During 2012, JINR secured 46% of the overall RDIG computing time contribution to the solution of LHC tasks.

The development of Grid technologies raises the problem of porting existing software to the available grid infrastructures. For the GridNNN environment (Grid of the National Nanotechnology Network) and the Russian Grid-network users, LIT specialists ported several software packages and program complexes.

- *Korenkov V. V., Kutovskiy N. A., Semenov R. N.* // Computer Research and Modeling. 2012. V. 4, No. 2. P. 339–344.

Local and semilocal convergence domains of the continuous analog of Newton's method are defined and an optimal choice of the iteration parameter is proposed. Global convergence is proved for the Newton method and error bounds are derived. The proposed strategies allow extension of the convergence domain of the initial iteration parameters. Several case study comparisons are performed.

- *Zhanlav T., Chuluunbaatar O.* // Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series «Mathematics. Information Science. Physics». 2012. No. 1. P. 34–43.

Properties of the scalar σ meson are investigated in the two-flavor Nambu–Jona-Lasinio model with the Polyakov loop. A model analysis of the phase diagram of strong interacting matter is performed. The temperature dependence of the $\sigma \rightarrow \pi\pi$ decay width is studied at zero chemical potential and near the critical endpoint. The calculated strong coupling constant $g_{\sigma\pi\pi}$ and the decay width are compared with available experimental data and other model results. Nonthermal enhancement of the total decay width is noted for the σ meson near the critical endpoint when the condition $m_\sigma \geq 2m_\pi$ is broken.

- *Friesen A. V., Kalinovsky Yu. L., Toneev V. D.* // Part. Nucl., Lett. 2012. V. 9, No. 1. P. 8–17.

The effects of nonzero photon momentum on the triply differential cross section (TDCS) for $(\gamma, 2e)$ processes have been investigated numerically. Due to the low value of the photon momentum, these effects are weak and manifest themselves only in special kinematical conditions, such as the back-to-back emission of the electrons with equal energy sharing. Helium and a few light helium-like ions were analyzed in detail. The magnitude of these effects was found to be maximal for relatively small photon energies. Although this effect on the TDCS remains rather small, of the order of a few $\text{mb} \cdot \text{eV}^{-1} \cdot \text{sr}^{-2}$, it is sufficient to be observed experimentally.

- *Galstyan A. G., Chuluunbaatar O. et al.* // Phys. Rev. A. 2012. V. 85. P. 023418(1–5).

The coupled dynamics of low lying modes (including scissors) and various giant quadrupole resonances are studied with the help of the Wigner function moments method generalized to take into account spin degrees of freedom. Equations of motion for collective variables are derived on the basis of time-dependent Hartree–Fock equations in the model of harmonic oscillator with spin orbital plus quadrupole-quadrupole residual interaction. Enlisting the spin allows one to introduce into consideration a new type of nuclear collective motion.

- *Balbutsev E. B., Molodtsova I. V.* // J. Phys. 2012. V. 366. P. 012002(1–5).

The progress obtained within the Bayesian approach to the automatic adaptive quadrature is reviewed. It is shown that the derivation of reliable Bayesian inferences, as it concerns both the

construction of the subrange binary tree with its associated priority queue and the *a priori* validation of the input to the local quadrature rules, can be done provided the well-conditioning criteria for the integrand profile check are implemented taking into account the hardware and software environments at hand.

- *Adam Gh., Adam S.* // Lect. Notes Comput. Sci. Springer, Heidelberg. 2012. V. 7125. P. 1–16.

Finite difference approximations to systems of polynomially nonlinear partial differential equations the coefficients of which are rational functions over rationals in the independent variables are considered. The concept of strong consistency (s-consistency) of such systems is determined for uniform and orthogonal grids, an algorithmic procedure for the verification of the strong consistency is described based on the computation of difference standard bases.

- *Gerdt V.P.* Lect. Notes Comput. Sci. Springer, Heidelberg. 2012. V. 7125. P. 28–42.

JINR UNIVERSITY CENTRE

In 2012, 437 students of the basic departments of MSU, MIPT, MIREA, «Dubna» University and JINR member-state universities took their training courses at the JINR University Center. JINR postgraduate courses were attended by 77 students from Armenia, Belarus, Germany, Moldova, Russia, Turkey, and Ukraine.

The Annual International Student Practice 2012 was held in three stages and attended by 119 students.

In June, Dubna hosted the regular school for teachers of physics from JINR Member States. The school was attended by 37 teachers, along with their best 24 9–10-year students from Russia, Belarus, Bulgaria, Poland, and Ukraine. The school program included scientific and popular lectures by leading JINR and CERN experts, visits to JINR experimental facilities and laboratories, and video conferences with CERN.

In November, the scientific school for Russian teachers of physics was held at CERN (Geneva). The school was attended by 32 physics teachers from Geneva, Moscow and the Moscow Region, Velikij-Novgorod, Vladivostok, Divnogorsk, Rostov-on-Don, Salsk, Samara, St. Petersburg, Severodvinsk, Taganrog, Ulyanovsk, Urai (Khanty-Mansiysk AD), and Cheboksary.

The JINR UC participated in the organization and holding in Dubna of the school «High-Energy Physics and Accelerator Physics». The school was organized by JINR, CERN, and ISTC. The school participants were 52 people from Russia, Armenia, Belarus,

Georgia, Kazakhstan, and Tajikistan. The program included lectures by leading experts from Russia, Belgium, Germany, Switzerland, excursions to basic JINR facilities, and discussions.

In September, in the framework of the practical training course on high energy physics and information technologies, lectures and workshops were organized for 10 young staff members of the Kiev National Shevchenko University, the Bogolyubov Institute of Theoretical Physics, and the Institute for Scintillation Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine.

**GENERAL DATA ON THE NUMBER OF PUBLICATIONS
BY JINR STAFF MEMBERS
(22.11.2011–13.11.2012)**

Books — 10

International Linear Collider Physics and Detectors: 2011 Status Report / T. Barklow, A. Olchevski [et al.]; Eds.: J. E. Brau, J. Fuster, L. Hesla [et al.]. — Batavia [etc.]: ILC. — Geneva: CERN. — Hamburg: DESY, 2011. — 109 p.: ill. — (ILC-Report; 2011-33) (CERN-LCD-Note; 2011-038) (DESY; 2011-190).

International Linear Collider: A Technical Progress Report / N. Arnold, Yu. Budagov, Yu. Denisov, A. Dudarev, G. Shirkov, G. Trubnikov [et al.]; Eds.: E. Elsen, M. Harrison, L. Hesla [et al.]. — Batavia [etc.]: ILC. — Hamburg: DESY. — Dubna: JINR, 2011. — 162 p.: ill. — (ILC-Report; 2011-030) (DESY; 11-041) (JINR; E9-2011-32).

International Linear Collider Territorial Complex in the North of the Moscow Region / S. Karyeva, Yu. Budagov, A. Dudarev, A. Krasheninnikov, E. Petrovskaya, G. Shirkov. — Dubna: JINR, 2012. — 16 p.: ill. — Bibliogr.: P. 6. Author Index on the other side of the title page.

Physics and Detectors at CLIC: CLIC Conceptual Design Report / A. Ioannisian, M. Chizhov, M. Filippova, A. Gongadze, S. Grigoryan, D. Gudkov, A. Olyunin, A. Samochkine, V. Samoylov, A. Saponov, V. Soldatov, A. Solodko, I. Tyapkin, V. Uzhinsky, A. Vorozhtsov [a. o.]; Eds.: L. Linssen, A. Miyamoto, M. Stanitzki, H. Weerts. — Geneva: CERN. — Argonne: ANL. — Hamburg: DESY. — Tsukuba: KEK, 2012. — XXXIV, 257 p.: ill. — (CERN; 2012-003) (ANL-HEP-TR; 12-01) (DESY; 12-008) (KEK Report; 2011-7).

Volkov V. Nuclear Physics Research with Heavy Ions: Selected Papers. — Dubna: JINR, 2012. — 390 p.: ill. — (JINR; 2012-21) — Bibliogr.: P. 376–384.

Efimov G. Quantum Mechanics (Selected Chapters): Manual. — Dubna: JINR, 2012. — 170 p.: ill. — (Study Guide of the University Centre of JINR. UC; 2012-50). Bibliogr.: P. 169.

Kalinnikov V. Basics of Computer Circuit Technique: Study Guide. — Dubna: JINR, 2011. — 165 p.: ill. — (Study Guide of the University Centre of JINR. UC; 2011-48). — Bibliogr.: P. 165.

Karnaukhov V. A Book about Us. — Dubna: JINR, 2012. — 191 p.: ill. — (JINR; 2012-51).

Nesterenko A. Theoretical Description of the Adler Function and Electron-Positron Annihilation into Hadrons: Manual. — Dubna: JINR, 2011. — 144 p.: ill. (Study Guide of the University Centre of JINR. UC; 2011-49). — Bibliogr.: P. 103–120.

Nikityuk N., Samoilov V. Neuronets, Neurochips, Neurocomputers and Their Application: Manual for Univ. Students. — Dubna: JINR, 2012. — 145 p.: ill. — (JINR; 2011-4). — Bibliogr.: end of chapter.

- **Journal papers — 856**
- **Publications in conference Proceedings — 581**
- **Preprints — 112**
- **Theses abstracts — 26**
- **Total: 1585**

Содержание Contents

Теоретическая физика	3
Экспериментальная физика	5
Физика частиц	5
Релятивистская ядерная физика	9
Физика тяжелых ионов	11
Ядерная физика низких и промежуточных энергий	13
Нейтронная ядерная физика	13
Физика конденсированных сред	14
Радиационные и радиобиологические исследования	16
Ускорительная тематика	18
Развитие нуклотрона и проект NICA	18
Ускорители тяжелых ионов ЛЯР	18
Циклотрон С235-V3 для протонной терапии	19
Линейный ускоритель электронов	19
XFEL	20
Информационные технологии и вычислительная физика	20
Учебно-научный центр	22
Общие данные о количестве публикаций сотрудников ОИЯИ (с 22.11.2011 по 13.11.2012)	23
Theoretical Physics	25
Experimental Physics	27
Particle Physics	27
Relativistic Nuclear Physics	31
Heavy Ion Physics	33
Nuclear Physics at Low and Intermediate Energies	35
Neutron Nuclear Physics	35
Condensed Matter Physics	36
Radiation and Radiobiological Research	38

Accelerator Topics	40
The Development of the Nuclotron and the NICA Project	40
Heavy Ion Accelerators of FLNR.	40
The C235-V3 Cyclotron for Proton Therapy	41
Linear Accelerator of Electrons	41
XFEL	42
Information Technology and Computer Physics.	42
JINR University Centre	44
General Data on the Number of Publications by JINR Staff Members (22.11.2011–13.11.2012).	45

Редакторы *Е. В. Сабеева, Е. И. Кравченко*

Подписано в печать 11.02.2013.
Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 3,1. Уч.-изд. л. 3,4. Тираж 230 экз. Заказ № 57915.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.
E-mail: publish@jinr.ru
www.jinr.ru/publish/