



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

2011-134

**КРАТКИЙ ОБЗОР
ВАЖНЕЙШИХ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В 2011 ГОДУ**

**BRIEF REVIEW
OF TOPMOST SCIENTIFIC RESULTS
OBTAINED IN 2011**

Дубна 2011

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В свете последних данных с коллайдера LHC рассмотрены ограничения на пространство параметров МССМ, следующие из ограничений на редкие распады B -мезонов, массу хиггсовского бозона и количество темной материи во Вселенной. Показано, что вопреки распространенному мнению распад $B_s \rightarrow \mu\mu$ не приводит к большему ограничению на параметры, чем прямые поиски бозона Хиггса в комбинации с реликтовой плотностью темной материи. При больших значениях $\tan\beta$ рождение тяжелых хиггсовских бозонов усилено на три порядка, что может служить первым проявлением новой физики на LHC.

- *Beskidt C., de Boer W., Hanish T., Ziebarth E., Zhukov V., Kazakov D.* // Phys. Lett. B. 2011. V. 695. P. 143;
Beskidt C., de Boer W., Ziebarth E., Ratnikov F., Zhukov V., Kazakov D. arXiv:1109.6775 (to appear in Phys. Lett. B).

Рассмотрено эффективное действие $SU(3)$ -теории Янга–Миллса, и показано, что ненулевой глюонный конденсат ведет к существованию набора дискретных вырожденных минимумов эффективного действия (вакуумов), соответствующих CP-преобразованиям и элементам группы Вейля. Найдены кинкоподобные решения эффективных уравнений движения, интерполирующие между разными минимумами. Дана оценка спектра собственных мод цветных полей в присутствии кинкоподобного калибровочного поля. Исследована структура экстремумов эффективного потенциала КХД для однородных абелевых глюонных полей, связанная с вкладом кварков в эффективный потенциал в присутствии внешнего сверхсильного электромагнитного поля. На качественном уровне показано, что сильные электромагнитные поля, возникающие в релятивистских столкновениях тяжелых ионов, могут служить катализатором деконфайнмента в адронной материи.

- *Galilo B. V., Nedelko S. N.* // Phys. Rev. D. 2011. V. 84. P. 094017; Part. Nucl., Lett. 2011. V. 8, No. 2. P. 118.

С использованием статистического и квантово-диффузионного подходов рассчитаны вероятности заселения ротационных

полос ядер-продуктов в реакциях полного слияния $^{206,208}\text{Pb}$ (^{48}Ca , $2n$) $^{252,254}\text{No}$ и ^{204}Hg (^{48}Ca , $2n$) ^{250}Fm . Детально изучена зависимость барьера деления ядер, форма которых стабилизирована оболочечными эффектами, от углового момента. Результаты расчетов хорошо описывают экспериментальные данные. Это означает, что центробежные силы не оказывают заметного влияния на образование сверхтяжелых ядер при небольших угловых моментах.

- *Zubov A. S., Sargsyan V. V., Adamian G. G., Antonenko N. V. // Phys. Rev. C. 2011. V. 84. P. 044320.*

Проанализировано рождение пар нейтрино–антинейтрино электронами, движущимися в поляризованном электромагнитном поле ультравысокой интенсивности (например, лазерном импульсе). Разработан метод, позволяющий просуммировать все парциальные гармоники и тем самым учесть нелинейные электродинамические эффекты и особенности рождения нейтрино. Обнаружена нетривиальная асимметрия вероятностей рождения электронных и μ - τ -нейтрино, зависящая, в частности, от энергии и интенсивности поля.

- *Titov A. I., Kaempfer B., Takabe H., Hosaka A. // Phys. Rev. D. 2011. V. 83. P. 053008.*

Детерминированные фракталы могут быть искусственно созданы благодаря быстрому прогрессу в области нанотехнологий. На основе данных малоуглового рассеяния нейтронов на фрактальных объектах показано, что во фрактальной области кривая интенсивности $I(q)q^D$ — приблизительно логарифмически периодическая с периодом, равным логарифму масштабного фактора, что является следствием самоподобия фрактала. Здесь D и $I(q)$ — фрактальная размерность и интенсивность рассеяния соответственно. Число периодов кривой $I(q)q^D$ совпадает с номером фрактальной итерации. В противоположность стандартным методам представленный анализ позволяет найти из данных рассеяния не только фрактальную размерность и границы фрактальной области, но и номер фрактальной итерации, масштабный фактор, а также число структурных единиц, составляющих фрактал.

- *Cherny A. Yu., Anitas E. M., Osipov V. A., Kuklin A. I. // Phys. Rev. E. 2011. V. 84. P. 036203.*

Показано, что теории суперструн на $AdS_3 \times S^3$ и $AdS_5 \times S^5$ в рамках обобщенной редукции Полмайера обладают скрытыми $N = (4, 4)$ и $N = (8, 8)$ суперсимметриями на мировом листе. Характерная черта соответствующих преобразований — присутствие нелокальных членов.

- *Goykhman M., Ivanov E.* // *JHEP.* 2011. V. 09. P. 078.
arXiv:1104.0706 [hep-th].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА

Физика частиц

В эксперименте NA48/2 (SPS, ЦЕРН) при активном участии группы теоретиков и экспериментаторов ОИЯИ предложено новое феноменологическое описание процессов $K^\pm \rightarrow \pi^\pm l^+ l^-$ без свободных параметров, основанное на модели мезонной доминантности, и с рекордной точностью измерены парциальные ширины (BR) редких распадов каонов:

$$K^\pm \rightarrow \pi^\pm \mu^+ \mu^-: \text{BR} = (9,62 \pm 0,25) \cdot 10^{-8};$$

$$K^\pm \rightarrow \pi^\pm e^+ e^-: \text{BR} = (3,11 \pm 0,12) \cdot 10^{-7}.$$

Величина BR и формфактор согласуются с предсказанием теории.

Впервые установлен верхний предел CP-нарушающей зарядовой асимметрии распадов $K^\pm \rightarrow \pi^\pm e^+ e^-$ и $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \mu^+ \mu^-$ ($< 0,021$ и $< 0,029$ соответственно) на уровне достоверности 90 %).

- *Batley J. R. et al.* // *Phys. Lett. B.* 2011. V. 697. P. 107.
- *Batley J. R. et al.* // *Phys. Lett. B.* 2009. V. 677. P. 246.

Группой ОИЯИ–RDMS, работающей в эксперименте CMS (ЛНС, ЦЕРН), при анализе экспериментальных данных с рождением мюонной пары в конечном состоянии, набранных в ходе ионного сеанса, обнаружен эффект подавления выхода возбужденных состояний ипсилон (по сравнению с протонными данными).

- arXiv:1105.4894; CMS-HIN-11-007; CERN-PH-EP-2011-074.

В эксперименте ALICE (ЛHC, ЦЕРН) в ходе обработки данных взаимодействия Pb–Pb при энергии 2,76 ТэВ/нуклон показано, что объем источника заряженных частиц в два раза превышает результат измерений экспериментов STAR и PHOBOS на RHIC. Это согласуется с теоретическим предсказанием об образовании более плотной и горячей материи при энергиях ЛHC.

- Aamodt K. et al. (ALICE Collab.) Two-Pion Bose–Einstein Correlations in Central Pb–Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}^{*}} = 2.76$ TeV // Phys. Lett. B. 2011. V. 696. P. 328–337.

В рамках участия ОИЯИ в исследованиях на установке ATLAS (ЛHC, ЦЕРН) предложена новая, модифицированная форма глюонных функций распределения в протоне, которая применима как в полужестких, так и в мягких процессах при энергиях ЛHC; проведен поиск заряженных и нейтральных киральных векторных бозонов и впервые получены ограничения на их массы и вероятности образования; на основе первых данных ATLAS выполнен поиск 5-кварковых барионов, так называемых пентакварков. Был исследован выход димюонных пар в ультрапериферических столкновениях тяжелых ионов на ЛHC, и оценен выход J/ψ -частиц в таких реакциях. Кроме того, группой ОИЯИ продолжают исследования в других смежных направлениях (образование ρ -мезона, поиск tt -резонансных состояний, тяжелых и заряженных бозонов Хиггса, а также тяжелых странных барионов и проявлений суперсимметрии).

В частности, впервые на ЛHC с помощью установки ATLAS проведен поиск киральных векторных W^* - и Z^* -бозонов. Сотрудниками группы ОИЯИ в эксперименте ATLAS (совместно с коллегами из ЛИЯФ) изучен процесс инклюзивного образования лептонных пар с большой инвариантной массой, которые образуются в результате реакции $pp \rightarrow W^*/Z^*X \rightarrow \ell\ell'X$, и на этой основе впервые получены и опубликованы пределы на массы этих экзотических бозонов: 1,15 ТэВ для W^* - и 1,35 ТэВ для Z^* -бозона.

- Aad G. et al. (ATLAS Collab.) // Phys. Lett. B. 2011. V. 700. P. 163–180.
- Aad G. et al. (ATLAS Collab.) // Phys. Lett. B. 2011. V. 701. P. 50–69.

Группа ОИЯИ–INFN–FNAL измеряет массу топ-кварка в дилептонном канале распада пары топ-кварка и топ-антикварка

на статистике $8,6 \text{ фб}^{-1}$. При участии группы получена средняя масса топ-кварка на данных **CDF** и **D0** на статистике $5,8 \text{ фб}^{-1}$. Использованы результаты с первого сеанса тэватрона (1992–1996) и последние результаты со второго сеанса (2001–2011). С учетом корреляций ошибок получено среднее значение массы топ-кварка на тэватроне, которое составило $M_{\text{top}} = 173,18 \pm 0,56$ (стат.) $\pm 0,76$ (сист.) $\text{ГэВ}/c^2$ или при квадратичном сложении систематических и статистических погрешностей $M_{\text{top}} = 173,2 \pm 0,9$ (сист.) $\text{ГэВ}/c^2$, что соответствует неопределенности $0,54 \%$.

На статистике $8,6 \text{ фб}^{-1}$ в экспериментах **CDF** и **D0** с 95% -й вероятностью исключено рождение бозона Хиггса из Стандартной модели в интервале масс $m_H = 156\text{--}177 \text{ ГэВ}/c^2$ и в интервале $m_H = 100\text{--}108 \text{ ГэВ}/c^2$. Эти результаты существенно увеличивают значимость индивидуальных пределов, полученных отдельно на **CDF** и **D0**, и обеспечивают новые данные для области допустимых масс бозона Хиггса в рамках Стандартной модели за пределами прямых измерений **LEP**.

- *Aaltonen T. et al.* Top Quark Mass Measurement Using the Template Method at CDF // Phys. Rev. D. 2011. V. 83. P. 111101.
- Combination of CDF and D0 Results on the Mass of the Top Quark Using up to 5.8 фб^{-1} of Data; <http://arxiv.org/pdf/1107.5255>.
- Combined CDF and D0 Upper Limits on Standard Model Higgs Boson Production with up to 8.6 фб^{-1} of Data; <http://arxiv.org/abs/1107.5518>.

В эксперименте **BES-III** при участии физиков ОИЯИ на электрон-позитронном коллайдере **BEPC-II** (ИФВЭ АН КНР, Пекин), оптимизированном для набора данных в области резонансов чармония, набрана статистика распадов J/ψ , ψ' , $\psi(3770)$ и $\psi(4400)$, в несколько раз превышающая мировую. В области спектроскопии легких адронов было обнаружено пороговое усиление сигнала в спектре инвариантных масс $p\bar{p}$ в распаде $J/\psi \rightarrow \gamma p\bar{p}$. Предварительные результаты парциально-волнового анализа позволяют ассоциировать данное усиление с резонансом, имеющим квантовые числа 0^\pm . Аналогичное усиление было также обнаружено в распаде $\psi' \rightarrow \gamma p\bar{p}$. В распаде $J/\psi \rightarrow \gamma \eta' \pi^+ \pi^-$ было подтверждено существование резонанса

$X(1835)$, а также обнаружены два новых состояния $X(2120)$ и $X(2370)$.

Проведены измерения свойств наименее изученного состояния со скрытым чармом h_c . Измерена его масса, а также впервые в мире определена ширина этого резонанса. Также впервые были измерены относительные вероятности переходов $\psi' \rightarrow \psi\pi^0 h_c$ и $h_c \rightarrow \gamma\eta_c$.

В эксклюзивных реакциях проведены наиболее точные измерения массы и ширины состояния η_c . Кроме того, впервые был зарегистрирован переход $\psi' \rightarrow \gamma\eta_c(2S)$, измерены масса $\eta_c(2S)$ и относительная ширина этого перехода.

В ходе эксперимента были также проведены исследования распадов чармония. Впервые измерены относительные ширины распадов $\psi' \rightarrow \gamma\pi^0$ и $\psi' \rightarrow \gamma\eta$. Кроме того, были измерены относительные ширины распадов $\chi_{cJ} \rightarrow \gamma V(\rho, \varphi, \omega)$ и $\chi_{cJ} \rightarrow \gamma VV(\varphi, \omega)$. Впервые наблюдался дважды подавленный по правилу ОЦИ распад $\chi_{cJ} \rightarrow \varphi, \omega$.

- *Ablikim M. et al. // PRL. 2011. V. 106. P. 072002.*
- *Ablikim M. et al. // PRL. 2011. V. 107. P. 092001.*
- *Ablikim M. et al. // PRD. 2011. V. 83. P. 012003.*
- *Ablikim M. et al. // PRD. 2011. V. 84. P. 032006.*

В рамках эксперимента **BOREXINO** (Гран-Сассо, Италия) с участием специалистов ОИЯИ впервые получено экспериментальное доказательство протекания так называемой *per*-реакции на Солнце, в которой два ядра водорода и электрон образуют дейтерий. Реакция сопровождается испусканием нейтрино с энергией 1,44 МэВ, которые и были зарегистрированы в эксперименте. Одновременно получены наиболее строгие экспериментальные ограничения на вклад углеродно-азотного цикла в энергетический баланс Солнца.

- *Bellini G. et al. (BOREXINO Collab.). <http://arxiv.org/abs/1110.3230v1>*

Физика тяжелых ионов

В ОИЯИ проведена серия экспериментов по синтезу и изучению радиоактивных свойств изотопов элемента 115 в реакции $^{243}\text{Am}(^{48}\text{Ca}, xn)^{291-x}\text{115}$. Измеренные в эксперименте радиоактивные свойства $^{289}\text{115}$ и его дочерних ядер согласуются с теми,

которые были определены для них из пяти цепочек распада ядра $^{293}_{117}$ в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{48}\text{Ca}$. Таким образом, изотоп $^{289}_{115}$ был получен в двух перекрестных реакциях, что убедительно доказывает открытие сверхтяжелых элементов 113, 115 и 117.

В июне 2011 г. Международный союз чистой и прикладной химии (IUPAC) официально признал открытие новых сверхтяжелых элементов с $Z = 114$ и 116 . Приоритет в открытии признан за российско-американским коллективом ученых ЛЯР ОИЯИ и Ливерморской национальной лаборатории. Синтез элементов 114 и 116 явился экспериментальным открытием существования «острова стабильности» в области сверхтяжелых элементов, имеющим фундаментальное значение для физики и химии. 1 декабря 2011 г. на церемонии закрытия Года химии в Брюсселе президент IUPAC профессор Моро объявила о начале процедуры утверждения названий новых элементов. Для элемента 114 коллективом авторов открытия было предложено название флеровий (Flerovium, символ Fl) в честь Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова ОИЯИ и ее основателя академика Г. Н. Флерова, а для элемента 116 — ливерморий (Livermorium, символ Lv) в честь Ливерморской национальной лаборатории им. Э. Лоуренса и места ее расположения, города Ливермора (Калифорния).

- *Oganessian Yu. Ts., Abdullin F. Sh., Bailey P. D., Benker D. E., Bennett M. E., Dmitriev S. N., Ezold J. G., Hamilton J. H., Henderson R.A., Itkis M. G., Lobanov Yu. V., Mezentssev A. N., Moody K. J., Nelson S. L., Polyakov A. N., Porter C. E., Ramayya A. V., Riley F. D., Roberto J. B., Ryabinin M. A., Rykaczewski K. P., Sagaidak R. N., Shaughnessy D. A., Shirokovsky I. V., Stoyer M. A., Subbotin V. G., Sudowe R., Sukhov A. M., Taylor R., Tsyganov Yu. S., Utyonkov V. K., Voinov A. A., Vostokin G. K., Wilk P. A.* Eleven New Heaviest Isotopes of Elements $Z = 105$ to $Z = 117$ Identified among the Products of $^{249}\text{Bk} + ^{48}\text{Ca}$ Reactions // *Phys. Rev. C.* 2011. V. 83. P. 054315.

Нейтронная ядерная физика

Совместно с ИТЭФ (Москва) проведены исследования T -нечетной трехвекторной корреляции в эмиссии мгновенных нейтронов деления ядер ^{235}U поляризованными холодными нейтронами на реакторе FRM II (Мюнхен). Искомой корреляции не

обнаружено в пределах ошибки измерения $2,3 \cdot 10^{-5}$. Установлен верхний предел для коэффициента асимметрии на уровне достоверности 99% $|D_n| < 6 \cdot 10^{-5}$. Одновременно наблюдалась пятивекторная корреляция в эмиссии нейтронов деления, описывающая эффект вращения делящегося ядра в момент его разрыва (ROT-эффект), для которой коэффициент корреляции оказался равным $(1,57 \pm 0,20) \cdot 10^{-4}$ под углом $22,5^\circ$ к оси разлета осколков.

- Данилян Г. В., Кленке Й., Крахотин В. А., Копач Ю. Н., Новицкий В. В., Павлов В. С., Шаталов П. Б. Т-нечетные угловые корреляции в эмиссии мгновенных гамма-лучей и нейтронов деления ядер поляризованными нейтронами // ЯФ. 2011. Т. 74(5). С. 697–701.

Совместно с ЕС–JRC–IRMM проведены исследования спонтанного деления и деления ядер, вызванного быстрыми нейтронами. С целью исследования формирования сигналов, индуцированных осколками деления, были проведены расчеты электростатических полей между электродами двойной ионизационной камеры с сетками Фриша. Эти расчеты позволили модифицировать процедуры цифровой обработки сигналов. В результате удалось получить более детальные данные о вибрационных резонансах в реакции $^{234}\text{U}(n, f)$ и уточнить данные о процессе испускания мгновенных нейтронов деления в реакции $^{252}\text{Cf}(sf)$.

- Zeynalova O., Zeynalov Sh., Nazarenko M., Hambsch F. J., Oberstedt S. Nuclear Fission Investigation with Twin Ionization Chamber // AIP Conf. Proc. 2011. V. 1404. P. 325; doi: 10.1063/1.3659935.
- Al-Adili A., Hambsch F. -J., Bencardino R., Pomp S., Oberstedt S., Zeynalov Sh. On the Frisch-Grid Signal in Ionization Chambers // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment (to be published).

По результатам завершившегося в 2010 г. международного проекта черноморских стран (BSEC-PDF) «Восстановление городских экосистем с помощью высших растений», в котором принимали участие Россия (ОИЯИ), Болгария, Греция, Сербия, Румыния и Турция, подготовлен отчет в Экономический совет черноморских стран и опубликована статья в международном журнале «Agrochimica».

- *Gorelova S. V., Frontasyeva M. V., Yurukova L., Coşkun M., Pantelica A., Saitanis K., Tomasevic M., Anicic M.* Revitalization of Urban Ecosystems through Vascular Plants: Preliminary Results from the BSEC-PDF Project // Proc. of the Intern. Conf. on Environmental Pollution and Clean Bio/Phytoremediation, CEPR (16–19 June, 2010, Pisa, Italy). *Agrochimica*. 2011. V. LV, No. 1. P. 65–84.

Методами (n, γ)-спектроскопии и упругого и неупругого рассеяния нейтронов исследован водород, содержащийся в порошке наноалмазов. Показано, что термическим обезгаживанием можно удалить сравнительно незначительное количество адсорбированной водородосодержащей примеси ($\sim 1\%$), а остальной водород химически связан с углеродом и обеспечивает стабильность нанокристалла алмаза.

- *Крылов А. Р., Лычагин Е. В., Музыка А. Ю., Несвижевский В. В., Нехаев Г. В., Стрелков А. В., Иванов А. С.* Изучение связанного водорода в порошке алмазных наночастиц // *Crystallography Report*. 2011. Т. 56, № 7. С. 102–107.

Физика конденсированных сред

В мультiferроике BiFeO_3 при воздействии высокого давления $P \sim 3$ ГПа обнаружен структурный фазовый переход из сегнетоэлектрической ромбоэдрической фазы симметрии $R3c$ в антисегнетоэлектрическую орторомбическую фазу симметрии $Pbam$. В результате данного структурного фазового перехода характер антиферромагнитного упорядочения магнитных моментов Fe меняется с неколлинеарного, вектор распространения $k = (\delta, \delta, 0)$, $\delta \sim 0,004$, на коллинеарный ($\delta \sim 0,0$). На основе полученных экспериментальных данных проверены предсказания теории, описывающей магнитоэлектрический эффект в BiFeO_3 .

- *Kozlenko D. P., Belik A. A., Belushkin A. V., Lukin E. V., Marshall W. G., Savenko B. N., Takayama-Muromachi E.* Antipolar Phase in Multiferroic BiFeO_3 at High Pressure // *Phys. Rev. B*. 2011. V. 84. P. 094108.

Проведено комплексное исследование раствора C_{60}/N -метил-2-пирролидон (НМП) и его смесей с растворителями разной полярности различными методами, включая малоугловое рассеяние

нейтронов, УВ-Вид-спектроскопию, масс-спектрометрию. Показано, что основной вклад в эффект временного сольватохромизма в C_{60} /NMP (который заключается в изменении спектра поглощения с возрастом раствора) вносит изменение во времени донорно-акцепторных комплексов фуллерен-растворитель. Предложено теоретическое описание кинетики роста кластеров в C_{60} /NMP. Разработанная модель учитывает процессы растворения фуллерена, образования комплексов C_{60} с молекулами растворителя (NMP) и медленный рост кластеров из новых комплексов.

- *Tropin T. V., Avdeev M. V., Kyzyma O. A., Yeregin R. A., Jargalan N., Korobov M. V., Aksenov V. L.* Towards Description of Kinetics of Dissolution and Cluster Growth in C_{60} /NMP Solutions // *Phys. Stat. Solid. B.* 2011. V.248, No.11. P.2728–2731.

Проведено исследование ультраструктуры внутренней мембраны митохондрий и формирования в ней суперкомплексов из ферментов системы окислительного фосфорилирования, а также влияния на них тоничности среды инкубации. Выполнен поиск суперкомплексов и условий их формирования из ферментов системы окислительного фосфорилирования: АТФ-синтетазы, ферментов дыхательной цепи, транслокатора нуклеотидов, для этого была применена методика двойного ингибиторного титрования (ДИТ). Зарегистрировано формирование ферментативных комплексов в митохондриях.

- *Murugova T.N., Solodovnikova I.M., Yurkov V.I., Gordeliy V.I., Kuklin A.I., Ivankov O.I., Kovalev Yu.S., Popov V.I., Teplova V.V., and Yaguzhinsky L.S.* Potentials of Small-Angle Neutron Scattering for Studies of the Structure of «Live» Mitochondria // *Neutron News.* 2011. V.22. P.11–14.

Исследовано явление нейтронного магнитного резонанса при отражении нейтронов от пленки из пермаллоя (80 % Ni + 20 % Fe) толщиной 0,5 мкм. На пленку в ее плоскости накладывались статическое магнитное поле напряженностью 20 Э и перпендикулярное ему осциллирующее магнитное поле напряженностью 10 Э. При частоте осциллирующего магнитного поля 26,2 МГц, совпадающей с частотой прецессии спина нейтрона, уменьшалась интенсивность зеркального отраженного пучка нейтронов и

появлялось незеркальное отражение. Также показано, что с помощью рассеяния нейтронов можно одновременно измерять среднее значение вектора индукции, обусловленное угловым распределением его направления в доменах, и индукцию насыщения.

- *Kozhevnikov S. V., Ignatovich V. K., Nikitenko Yu. V., Ott F., Radu F., Rühm A., Major J.* Neutron Magnetic Resonance and Nonspecular Reflection from a Magnetic Film Placed in an Oscillating Magnetic Field // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2011 (to be published).

Проведено исследование фононных спектров кобальтита LaCoO_3 в диапазоне температур 4–120 К методом неупругого рассеяния нейтронов. Для анализа экспериментальных данных проведены квантово-химические расчеты фононного спектра из первых принципов. Получено хорошее согласие расчетных и экспериментальных значений частот фононных мод. Исследовано поведение плотности фононных состояний в области спинового перехода. Обнаружены аномалии на температурных зависимостях частот оптических фононных мод в области спинового перехода.

- *Golosova N. O., Kozlenko D. P., Kolesnikov A. I., Kazimirov V. Yu., Smirnov M. B., Jiráček Z., Savenko B. N.* Evolution of the Phonon Density of States of LaCoO_3 over the Spin State Transition // *Phys. Rev. B.* 2011. V. 83. P. 214305.

РАДИАЦИОННЫЕ И РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для расчета защиты инженерными методами по проекту коллайдера NICA в части радиационной безопасности были выполнены детальные моделирования по программе GEANT4 двойных дифференциальных сечений образования нуклонов во взаимодействиях ядер золота с энергией 4,5 ГэВ/нуклон с материалом колец, а также зависимости длин ослабления флюенса и дозы нейтронов в обычном бетоне для энергий нейтронов до нескольких ГэВ и больших толщин защиты. Предложены два варианта конструкции перехватчиков пучка ядер (beam catcher), локализующих потери «гало» пучка ядер. Данные перехватчики будут являться основными радиационными источниками на коллайдере, и их решение обуславливает во многом биологическую

защиту коллайдера. Рассчитаны двойные дифференциальные выходы нуклонов из перехватчиков, пространственные распределения поглощенной дозы вторичного излучения в следующих за перехватчиком элементах магнитной оптики, динамика накопления наведенной активности в перехватчиках с учетом проектного расписания работы коллайдера и т. д.

- *Beskrovnaia L., Latysheva L., Paraipan M., Sobolevsky N., Timoshenko G.* Simulation of Residual Activity in Steel and Copper Targets Induced by 950 MeV/n Uranium Ions // *Phys. Part. Nucl., Lett.* 2011. V. 8, No. 4. P. 364–367.

Продолжались работы по развитию средств спектрометрии нейтронов широкого диапазона энергий в рассеянных полях излучений. Разработан портативный и автономный вариант многосферного спектрометра нейтронов широкого диапазона энергий с детектором медленных нейтронов LiI(Eu) для работы в полевых условиях на базе нетбука «Lenovo». Спектрометр включает в себя также канал мониторинга поля нейтронов на основе ^3He -счетчика в замедлителе. Для снижения массы спектрометра изготовлен составной замедлитель из нескольких вкладывающихся друг в друга полиэтиленовых полусфер. Данный прибор предназначается для измерения флюенса, эффективной дозы и спектров нейтронов в полях излучения вокруг ядерно-физических установок, в частности, комплекса NICA.

- *Котельников С. Г., Парайпан М., Тимошенко Г. Н., Трофимов А. С.* Портативный и автономный вариант многосферного спектрометра нейтронов с мониторным датчиком для измерений в полевых условиях // *Приборы и техника эксперимента* (в печати).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

В 2011 г. производительность ЦИВК ОИЯИ достигла 5100 kSI2K, а емкость систем хранения данных составила около 1500 Тбайт. С 2004 г. ЦИВК ОИЯИ, являясь элементом мировой вычислительной грид-инфраструктуры, входит в инфраструктуру российского грида для интенсивных операций с данными (RDIG). Сайт ОИЯИ — один из наиболее эффективных

сайтов уровня Tier2 в инфраструктуре WLCG (Worldwide LHC Computing Grid). В 2011 г. более 40 % от полного счетного времени, затраченного в RDIG на задачи LHC, было обеспечено сайтом ОИЯИ. За 11 месяцев 2011 г. на ЦИВК ОИЯИ выполнено более 4,5 млн задач.

Проведено теоретическое изучение эволюции Вселенной в различных ее стадиях в рамках единого подхода, основанного на анизотропных космологических моделях, определяемых различными источниками гравитационного поля. В качестве таких источников рассматривается нелинейное спинорное поле (НСП), вязкая жидкость, жидкость Ван-дер-Ваальса и темная энергия. Впервые с помощью НСП моделируются различные характеристики материи, влияющие на эволюцию Вселенной. Показано, что при соответствующем выборе параметров спинорное поле способно устранить сингулярность пространства-времени, ускорить процесс изотропизации и объяснить феномен ускоренного расширения Вселенной. Предложена модель квинтэссенции, допускающая колебательный режим расширения. С помощью НСП и вязкой жидкости получено решение, соответствующее большому разрыву, что характерно для фантомной материи. Показано, что в случае плоскосимметричной метрики нелинейное спинорное поле с учетом собственного гравитационного поля приводит к появлению конфигурации с конечной плотностью энергии и ограниченной полной энергией, а также что спинорное поле более чувствительно к гравитационному полю, чем скалярное.

- Саха Б. Спинорное поле в эволюции Вселенной. Спинорное поле как источник изотропизации и ускоренного расширения Вселенной. Lambert Acad. Publ. (LAP), 2011. 260 с.

Изложена гамильтонова редукция теории Янга–Миллса со структурной группой $SU(2)$ к нелокальной модели самодействующего неотрицательно-определенного симметрического 3×3 матричного поля. Дается анализ его трансформационных свойств относительно преобразований Пуанкаре. Показано, что в пределе сильной константы связи классическая динамика редуцированной системы может быть описана в рамках локальной теории взаимодействующих полей нерелятивистских спина 0 и спина 2. Предложена теория возмущений по обратным степеням

константы связи $g^{-2/3}$, позволяющая рассчитывать поправки к ведущему длинноволновому приближению.

- *Хведелидзе А. М.* // ЭЧАЯ. 2011. Т. 42, вып. 3. С. 802–852.

Найден новый тип уравнений для фейнмановских интегралов. Показано, что фейнмановские интегралы подчиняются функциональным уравнениям, связывающим интегралы с различной кинематикой. Предложен регулярный метод получения таких уравнений. Рассмотрен вывод функциональных уравнений для однопетлевых двух-, трех- и четырехточечных интегралов с произвольными массами и внешними импульсами. Показано, что функциональные уравнения могут быть использованы для аналитического продолжения фейнмановских интегралов в различные кинематические области.

- *Тарасов О. В.* // Письма в ЭЧАЯ. 2011. Т. 8, № 5. С. 710–723.

Универсальность квантовой механики, а именно ее применимость к физическим системам совершенно различной природы и масштабов, указывает на то, что квантовое поведение может быть проявлением общематематических свойств систем, содержащих неразличимые элементы, т. е. лежащие на одной и той же орбите некоторой группы симметрий. Показано, что квантовое поведение возникает естественным образом в системах с конечным числом элементов, связанных нетривиальными группами симметрий. «Конечный» подход позволяет увидеть особенности квантового описания более отчетливо и без привлечения концепций типа «коллапс волновой функции», «параллельные вселенные Эверетта» и т. п. В частности, в предположении конечности любая квантовая динамика сводится к простой перестановочной динамике. Преимуществом конечных квантовых моделей является возможность их конструктивного изучения методами компьютерной алгебры и вычислительной теории групп.

- *Корняк В. В.* // Записки научных семинаров. Санкт-Петербургское отделение Математического института им. В. А. Стеклова РАН. 2011. Т. 387. С. 122–144.

С помощью микроскопической модели оптического потенциала (ОП) проанализировано упругое рассеяние ${}^6\text{He} + {}^{12}\text{C}$ при $E = 3, 38,3$ и $41,6$ МэВ/нуклон. В этом подходе подгоняются два

или три параметра, перенормирующие глубину реальной, мнимой и поверхностной частей рассчитываемого ОП. При этом остается неоднозначность получаемых наборов параметров подгонки, которую, однако, удается сузить, вводя дополнительный критерий отбора — зависимость объемных интегралов ОП от энергии. Обсуждаются структура полученных ОП, роль ядерной среды в формировании мнимой части ОП, связь поверхностного потенциала с каналами развала ${}^6\text{He}$.

- Лукьянов В. К., Земляная Е. В., Лукьянов К. В. и др. // Изв. РАН. Сер. физ. 2011. Т. 75, № 4. С. 531–535.

Получены правила узнавания при связывании гомеодоменов с операторной ДНК. Рассмотрено пространственное расположение интерфейсов между гомеодоменовыми факторами транскрипции и операторной ДНК. Проанализированы контакты для репрезентативного набора из 22 комплексов гомеодоменовых факторов транскрипции с двухцепочечной операторной ДНК в области ее большой бороздки. Показано, что узнавание ДНК узнающей α -спиралью белка определяется двумя группами контактов. Инвариантная группа ДНК-белковых контактов включает шесть контактов, образованных атомными группами кодирующей и некодирующих цепей ДНК с боковыми группами аминокислот. Узнающая α -спираль образует контакты с полярными группами остатков Trp2 (NE1), Asp5 и Lys9 с канонической последовательностью $T_1A_2A_3T_4$ из кодирующей цепи ДНК и контакты через остатки Lys0, Arg7 и Lys11 с последовательностью $A_4X_5X_6X_7$ из некодирующей цепи ДНК, где X — любой нуклеотид. Вариабельная группа ДНК-белковых контактов состоит из двух остатков, связанных с последовательностью $T_3A_4X_5X_6$ из некодирующей цепи ДНК. Эти контакты образуются главным образом с основаниями и задают особенности узнавания для каждого индивидуального гомеодомена. Инвариантная группа контактов представляет собой шаблон узнавания ДНК для факторов транскрипции гомеодоменного семейства: несколько аденин-аспарагиновых контактов и шесть позиционно-специфических фосфатных контактов главным образом с лизинами или аргининами. В этой группе найдены три наиболее значимых инвариантных контакта, которые позволяют вывести правила узнавания для гомеодоменов. Эти правила являются общими для различных таксономических групп в семействе гомеодоменов и могут отли-

чать белки этого семейства от любого другого семейства факторов транскрипции.

- *Chirgadze Yu. N., Sivozhelezov V. S., Polozov R. V., Stepanenko V. A., Ivanov V. V. // J. Biomolecular Structure and Dynamics. 2012. V. 29. P. 4.*

УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

В 2011 г. в УНЦ ОИЯИ проходили обучение 457 студентов базовых кафедр МГУ, МФТИ, МИРЭА, университета «Дубна» и университетов стран-участниц ОИЯИ.

В аспирантуре ОИЯИ в 2011 г. обучались 72 человека из РФ, Армении, Белоруссии, Молдовы, Турции, Украины по специальностям «Физика атомного ядра и элементарных частиц», «Теоретическая физика», «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника», «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». В 2011 г. 7 аспирантов УНЦ ОИЯИ защитили кандидатские диссертации. В ноябре Рособназдором Министерства науки и образования РФ Учебно-научному центру была выдана бессрочная лицензия на деятельность аспирантуры ОИЯИ.

УНЦ организовал летние производственные и преддипломные практики для 40 студентов МФТИ, университета «Дубна», государственных университетов Гомеля, Еревана, С.-Петербурга, Томска, Тулы, Ужгорода, Казанского государственного технологического университета, Северо-Кавказского государственного технического университета, Сибирского федерального университета.

Ежегодная летняя студенческая практика проходила в три этапа. Программа первой недели для всех этапов практики включала ознакомительные лекции о ведущихся в лабораториях ОИЯИ исследованиях, далее студенты работали над выбранными учебно-исследовательскими проектами. Первый этап: 20 студентов из Египта выполняли учебно-исследовательские проекты по трем направлениям: теоретическая физика наноструктур, радиобиология, экспериментальные исследования наносистем. Второй этап: 71 студент из Болгарии, Польши, Румынии, Словакии, Чехии, Франции работал над учебно-исследовательскими проектами. Третий этап: 45 студентов из Белоруссии, Сербии,

Украины, ЮАР выполняли учебно-исследовательские проекты. Последний день практики был посвящен студенческим отчетам-презентациям о результатах выполненной работы.

Со 2 по 12 июля в Дубне проходила Шестая международная летняя студенческая школа «Ядерные методы и ускорители в биологии и медицине». В ней приняли участие 57 студентов из Болгарии, Новой Зеландии, Польши, России, Словакии, Франции, Чехии. В программе были лекции ведущих специалистов из РФ, Болгарии, Новой Зеландии, Польши, Чехии, Швеции, а также студенческие доклады. Материалы школы будут опубликованы издательством Американского института физики.

Очередная школа для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ, организуемая ОИЯИ совместно с Европейской организацией ядерных исследований (ЦЕРН) с 2009 г., проходила в Дубне с 26 июня по 1 июля. Ее особенность заключалась в том, что ее участниками стали 26 учителей из России и Болгарии и 15 российских школьников.

С 30 сентября по 5 ноября в Женеве работала Пятая научная школа для учителей. В ней приняли участие 48 учителей из общеобразовательных учреждений РФ. Школа была организована ЦЕРН и ОИЯИ при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

Научная школа для украинских преподавателей вузов, учителей лицеев и школ с углубленным изучением физики, а также для научных сотрудников проходила в Дубне 27–30 сентября. В программе — лекции об истории ОИЯИ, о ведущихся в лабораториях современных исследованиях, об образовательной деятельности Института, специальных проектах для школьников, а также экскурсии на базовые установки. Об экспериментах на большом адронном коллайдере и о деятельности Европейской организации ядерных исследований участники узнали во время видеоконференции ОИЯИ–ЦЕРН. Школа была поддержана Малой академией наук Украины.

Учебно-научный центр ОИЯИ продолжает организовывать и проводить видеоконференции со школами стран-участниц ОИЯИ. В феврале состоялась видеоконференция между УНЦ ОИЯИ и муниципальным общеобразовательным учреждением СОШ № 17 г. Кисловодска (Ставропольский край). Эта конференция прохо-

дила в рамках семинара-практикума Ставропольского краевого института повышения квалификации работников образования. В программе видеоконференции был рассказ об образовательных возможностях ОИЯИ и университета «Дубна», демонстрация физических опытов, презентация интернет-проекта «Ливни знаний» и обсуждение участниками семинара инновационного учебника физики издательства «Просвещение», подготовленного сотрудниками ОИЯИ в рамках проекта «Сферы».

В апреле УНЦ ОИЯИ провел две видеоконференции с учителями и учащимися из Москвы, Волгограда и Дубны. В первой видеоконференции учителям из более 60 школ Волгограда и области был представлен проект нового инновационного учебника физики, создаваемого НХП «Международный интернет-журнал для школьников по естественным наукам» в рамках проекта «Сферы», а также научно-образовательный сайт «Ливни знаний». Вторая видеоконференция связала аудитории московской школы им. А. Н. Колмогорова (СУНЦ), где собрались учащиеся специализированных школ Москвы, одну из школ Волгограда, УНЦ ОИЯИ и ЦЕРН. На вопросы российских учителей и школьников отвечали ученые-физики из С.-Петербурга, Москвы и ЦЕРН.

26 ноября состоялась видеоконференция между ОИЯИ и лицеем № 1 г. Петрозаводска. Видеоконференция проходила в рамках ежегодной городской физической конференции «Физика жизни». В ней приняли участие школьники физико-математических классов и учителя образовательных учреждений города, студенты и преподаватели физико-технического факультета Петрозаводского государственного университета. О современных исследованиях и разработках рассказали ведущие специалисты ОИЯИ и ЦЕРН.

21–22 апреля в УНЦ на школе-семинаре «Современные ускорительные технологии в релятивистской ядерной физике» собрались студенты старших курсов МИФИ, МФТИ, МГУ, МИРЭА и физических факультетов других российских университетов. Цель школы-семинара — знакомство студентов с проектом NICA, коллайдера тяжелых ионов на базе нуклотрона в ОИЯИ.

В 2011 г. были организованы ознакомительные лекции и экскурсии в лаборатории ОИЯИ для студентов МИФИ, МФТИ, МГТУ им. Н. Э. Баумана, университета «Дубна», украинских вузов; экскурсии и занятия в физическом практикуме УНЦ для

школьников из Москвы, Дмитрова, Подольского района, Дубны, берлинского физического кружка (Германия), учеников польских школ и их учителей, а также для воспитанниц пансиона Министерства обороны РФ.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ О КОЛИЧЕСТВЕ ПУБЛИКАЦИЙ СОТРУДНИКОВ ОИЯИ (с 14.11.2010 по 21.11.2011)

• Книги — 22:

Абраамян Х. У. Рождение π^0 -, η -мезонов и γ -квантов в протон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях при импульсах от 1,75 до 5,5 ГэВ/с на нуклон / Х. У. Абраамян; Ред.: А. Н. Сисакян. — [Б. и.], 2010. — 202 с.: ил. — Библиогр.: с. 195–202.

Акимов Ю. К. Газовые детекторы ядерных излучений / Ю. К. Акимов. — Дубна: ОИЯИ, 2011. — 244 с.: ил. — (ОИЯИ; 2010-118). — Библиогр.: с. 219–243.

Демиденко В. Н. Частицы, кварки и поля / В. Н. Демиденко, В. М. Дубовик. — М.: [Б. и.], 2011. — 20 с.: ил. — Библиогр.: с. 19.

Злоказов В. Б. Теория автоматов / В. Б. Злоказов. — Дубна: ОИЯИ, 2011. — 69 с.: ил. — (Учебно-методические пособия Учебно-научного центра ОИЯИ. УНЦ; 2011-47) . — Библиогр.: с. 67.

Исаев А. П. Теория групп и симметрий. Системы корней простых конечномерных алгебр Ли, исключительные алгебры Ли и алгебры с делением: Учеб. пособие / А. П. Исаев. — Дубна: ОИЯИ, 2010. — 114 с. — (Учебно-методические пособия Учебно-научного центра ОИЯИ. УНЦ; 2010-46). — Библиогр.: с. 112–113.

Калинкин Б. Н. Множественное рождение частиц при высоких энергиях / Б. Н. Калинкин, Ю. Ф. Гагарин. — СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2007. — 198, [3] с.: ил. — Библиогр.: с. 195–198.

Калинкин Б. Н. Некоторые вопросы теории ядра и ядерных реакций / Б. Н. Калинкин. — Алматы: [Б. и.], 2011. — 202 с.: ил. — Библиогр.: с. 172–176.

Карамян С. А. Автобиография: Жизнь моя... / С. А. Карамян. — Дубна, 2011. — 43 с.: цв. ил.

Красников Н. В. Новая физика на Большом адронном коллайдере / Н. В. Красников, В. А. Матвеев. — М.: URSS, 2011. — 191 с.: ил. — Библиогр.: с. 184–191.

Молчанов Е. М. «Беседу вел...». Хроника, интервью, дневники / Е. М. Молчанов. — М.: Этерна, 2011. — 589 с.: ил.

Объединенному институту ядерных исследований — 55 лет / В. А. Бедняков, А. В. Белушкин, Ю. А. Будагов, А. С. Водопьянов, В. В. Воронов, Г. Г. Гульбекян, С. Н. Дмитриев, В. М. Жабицкий, В. И. Загребаев, В. В. Иванов, Д. В. Каманин, В. Д. Кекелидзе, Г. А. Козлов, Е. А. Красавин, В. А. Крылов, О. А. Куликов, Р. Ледницки, Г. Л. Мелкумов, С. Н. Неделько, А. Г. Ольшевский, С. З. Пакуляк, Д. В. Пешехонов, А. Г. Попеко, А. В. Рузаев, Б. М. Старченко, Т. А. Стриж, Ю. Г. Шиманская; Сост.: Ю. А. Батусов, В. А. Бедняков, Ю. Н. Денисов, П. С. Исаев, М. Г. Лощилов, Н. А. Русакович, Н. И. Сисакян, Б. М. Старченко. — Дубна: ОИЯИ, 2011. — 249 с.: ил. — (ОИЯИ; 2011-23).

Орелович Л. Н. Ровесник города. Ровесник института: [ДК «Мир» — 55] / Л. Н. Орелович. — М.: Театралис, 2011. — 191 с.: цв. ил.

Пенев В. Н. Этот вымышленный мир: Трактат о физике частиц, искусстве и обществе / В. Н. Пенев. — София: Изток-Запад, 2010. — 413 с.: ил. — Библиогр.: с. 403–411.

Савин И. А. Избранные труды / И. А. Савин; Сост.: В. Г. Кривохижин, В. В. Кухтин. — Дубна: ОИЯИ, 2010. — 298 с.: ил. — (ОИЯИ; 2010-112). — Библиогр.: в конце ст.

Самойлов В. Н. Разработка методологических средств анализа технологических, экономических и юридических процессов: Учеб. пособие для вузов / В. Н. Самойлов, Т. В. Тюпикова. — Дубна: ОИЯИ, 2011. — 121 с.: ил. — (ОИЯИ; 2010-106). — Библиогр.: с. 106–120.

Строковский Е. А. Лекции по основам кинематики элементарных процессов / Е. А. Строковский. — М.: Университетская книга, 2010. — 297 с. [1]: ил. — Библиогр. в конце книги.

Кабанов В. В., Кадышевский В. Г., Килин С. Я., Курочкин Ю. А., Русакович Н. А., Толкачев Е. А., Томильчик Л. М., Шумейко Н. М. Ф. И. Федоров: краткий очерк научной, организационной, педагогической и общественной деятельности: К 100-летию со дня рождения / Объединенный институт ядерных исследований. — Дубна: ОИЯИ, 2011. — 18 с.: ил. — (ОИЯИ; 2011-66).

Ширков Г. Д. Основы физики столкновения частиц и источников многозарядных ионов: Учебное пособие: В 3 ч. Ч. 1. Неупругие атомные столкновения / Г. Д. Ширков. — Дубна: ОИЯИ, 2009. — 32 с.: ил. — (Учебно-методические пособия Учебно-научного центра ОИЯИ. УНЦ; 2009-35). — Библиогр.: с. 31.

Ширков Г. Д. Основы физики столкновения частиц и источников многозарядных ионов: Учебное пособие: В 3 ч. Ч. 2. Упругие столкновения частиц / Г. Д. Ширков. — Дубна: ОИЯИ, 2009. — 38 с.: ил. — (Учебно-методические пособия Учебно-научного центра ОИЯИ. УНЦ; 2009-36). — Библиогр.: с. 37.

Ширков Г. Д. Основы физики столкновения частиц и источников многозарядных ионов: Учебное пособие: В 3 ч. Ч. 3. Источники многозарядных ионов / Г. Д. Ширков. — Дубна: ОИЯИ, 2009. — 68 с.: ил. — (Учебно-методические пособия Учебно-научного центра ОИЯИ. УНЦ; 2009-37). — Библиогр.: с. 67.

Шкунденков В. Н. Первая школа ОИЯИ/ЦЕРН по информационным технологиям (GRID и административные информационные системы — AIS-системы ЦЕРНа) (25–29 октября 2010 г., Дубна, Россия): [личный взгляд автора на проведенную в Дубне школу] / В. Н. Шкунденков. — Тула: Репроцентр, 2010. — 139 с.: цв. ил.

Шкунденков В. Н. Человек и Вселенная / В. Н. Шкунденков. — Тула: [Б. и.], 2010. — 59 с.: ил.

- Журнальные статьи — 784
- Публикации в трудах конференций — 650
- Препринты — 112
- Авторефераты диссертаций — 22
- **Всего: 1590**

ПРЕМИИ

Государственная премия Российской Федерации 2010 г. в области науки и технологий присуждена Михаилу Григорьевичу Иткису и Юрию Цолаковичу Оганесяну за открытие новой области стабильности сверхтяжелых элементов.

THEORETICAL PHYSICS

In relation to the latest data from the LHC collider, restrictions have been discussed on the MCCM space parameters that result from the restrictions on rare B -meson decays, the mass of the Higgs boson and the amount of dark matter in the Universe. It has been shown that despite a widespread opinion, the $B_s \rightarrow \mu\mu$ decay does not lead to greater restriction on the parameters than direct search of the Higgs boson in the combination with the relict density of dark matter. The production of heavy Higgs bosons is increased by three orders at large values of $\tan\beta$ that can serve the first manifestation of the new physics at the LHC.

- *Beskidt C., de Boer W., Hanish T., Ziebarth E., Zhukov V., Kazakov D.* // Phys. Lett. B. 2011. V. 695. P. 143; *Beskidt C., de Boer W., Ziebarth E., Ratnikov F., Zhukov V., Kazakov D.* arXiv:1109.6775; Phys. Lett. B. (submitted).

Effective action of the $SU(3)$ Yang–Mills theory has been discussed. It was shown that the non-zero gluon condensate leads to the existence of a set of discrete degenerate minima of effective action (vacuum) that correspond to CP transformations and the Weil group elements. Kink-like solutions of effective equations of motion have been found that interpolate between various minima. The spectrum of eigenmodes of colour fields in the presence of a kink-like gauge field is given. The structure of the extreme values of the QCD effective potential connected with the quark gain into the effective potential in the presence of the external superstrong electromagnetic field is studied for the homogeneous Abelian gluon fields. On a qualitative level, it is shown that strong electromagnetic fields that appear in relativistic collisions of heavy ions may serve as a catalyst of deconfinement in hadron matter.

- *Galilo B. V., Nedelko S. N.* // Phys. Rev. D. 2011. V. 84. P. 094017; *Galilo B. V., Nedelko S. N.* // Part. Nucl., Lett. 2011. V. 8, No. 2(165). P. 118.

Probabilities for colonization of rotation bands of fission-product nuclei have been calculated with statistical and quantum diffusion approaches, in complete fusion reactions $^{206,208}\text{Pb} (^{48}\text{Ca}, 2n) ^{252,254}\text{No}$ and $^{204}\text{Hg} (^{48}\text{Ca}, 2n) ^{250}\text{Fm}$. The dependence of the fission barrier for nuclei whose shape is stabilized with shell effects on the angular momentum has been studied in detail. The calculation results give a

good description of experimental data. It means that the centrifugal forces do not produce a considerable effect on the production of superheavy nuclei at small angular momenta.

- *Zubov A. S., Sargsyan V. V., Adamian G. G., Antonenko N. V. // Phys. Rev. C. 2011. V. 84. P. 044320.*

The pair production of neutrino–antineutrino with electrons that move in polarized electromagnetic field of ultra high intensity (e.g., laser pulse) is considered. A method has been worked out which allows summarizing all partial Harmonics and thus accounting for nonlinear electrodynamic effects and peculiarities of neutrino production. Non-trivial asymmetry has been discovered of probabilities of production of electron and μ – τ neutrino, which depends, in particular, on the field energy and intensity.

- *Titov A. I., Kaempfer B., Takabe H., Hosaka A. // Phys. Rev. D. 2011. V. 83. P. 053008.*

Determinate fractals can be artificially produced due to the rapid progress in nanotechnology. It has been shown on the basis of the data on small-angle scattering of neutrons by fractal objects that the intensity curve $I(q)q^D$ in the fractal region is an approximately logarithmic periodic one with the period equal to the logarithm of the scale factor. That is the consequence of the fractal self-similarity. Herein, D and $I(q)$ are fractal dimension and scattering intensity, respectively. The number of periods of the curve $I(q)q^D$ coincides with the fractal iteration number. Contrary to the standard methods, the presented analysis allows one to find not only fractal dimension and the borders of the fractal region in the scattering data, but also the fractal iteration number, the scale factor and the number of structural units that build up the fractal.

- *Cherny A. Yu., Anitas E. M., Osipov V. A., Kuklin A. I. // Phys. Rev. E. 2011. V. 84. P. 036203.*

It was shown that the superstring theories on $\text{AdS}_3 \times \text{S}^3$ and $\text{AdS}_5 \times \text{S}^5$ in the framework of the generalized Paulmeyer reduction possess hidden $N = (4, 4)$ and $N = (8, 8)$ supersymmetries on the world sheet. The presence of non-local members is a characteristic feature of the corresponding transformations.

- *Goykhman M., Ivanov E. // JHEP. 1109:078. 2011; arXiv:1104.0706 [hep-th].*

EXPERIMENTAL PHYSICS

Particle Physics

A new phenomenological description of the processes $K^\pm \rightarrow \pi^\pm l^+ l^-$ without free parameters was suggested in the NA48/2 (SPS, CERN) experiment, with an active participation of a group of theorists and experimenters from JINR. The description is based on the meson dominance model; with record accuracy, partial widths (BR) of rare kaon decays were measured:

$$K^\pm \rightarrow \pi^\pm \mu^+ \mu^-: \text{BR} = (9.62 \pm 0.25) \cdot 10^{-8},$$

$$K^\pm \rightarrow \pi^\pm e^+ e^-: \text{BR} = (3.11 \pm 0.12) \cdot 10^{-7}.$$

The BR value and the form factor conform to the theory prediction.

For the first time, the upper limit of the CP -breaking charge asymmetry was established for the decays $K^\pm \rightarrow \pi^\pm e^+ e^-$ and $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \mu^+ \mu^-$ (< 0.021 and < 0.029 , respectively) at 90% CL.

- *Batley J. R. et al. // Phys. Lett. B. 2011. V. 697. P. 107.*
- *Batley J. R. et al. // Phys. Lett. B. 2009. V. 677. P. 246.*

In the analysis of experimental data on muon pair production in the finite state, accumulated in an ion run, the JINR-RDMS group that works in the experiment CMS (LHC, CERN) discovered an effect of the yield suppression of excited states ypsilon (in comparison to proton data).

- arXiv:1105.4894; CMS-HIN-11-007; CERN-PH-EP-2011-074.

In the experiment ALICE (LHC, CERN), in the processing of data on Pb–Pb interaction at an energy of 2.76 TeV/nucleon, it was shown that the volume of the charged particle source is two times larger than the result of measurements in the experiments STAR and PHOBOS at RHIC. It conforms with the theoretical prediction about the production of denser and hotter matter at the LHC energies.

- *Aamodt K. et al. (ALICE Collab.) Two-Pion Bose–Einstein Correlations in Central Pb–Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV // Phys. Lett. B. 2011. V. 696. P. 328–337.*

In the framework of JINR participation in the studies at the ATLAS (LHC, CERN) facility, a new modified form of gluon distribution functions in proton was suggested which can be applied

both in semi-hard and soft processes at the LHC energies; a search for charged and neutral chiral vector bosons was conducted and, for the first time, restrictions on their mass and probability of production were obtained. Five-quark baryons, the so-called pentaquarks, were searched for on the first data from ATLAS. Dimuon pair yield in ultraperipheral collisions of heavy ions at the LHC was studied, and the J/Ψ particles yield in such reactions was evaluated. Besides, the JINR group continues researching related fields of physics (ρ -meson production, search for tt -resonance states, heavy and charged Higgs bosons, heavy strange baryons and Supersymmetry manifestations).

In particular, for the first time at the LHC, search for chiral vector W^* and Z^* bosons was done at the ATLAS facility. Members of the JINR group (together with their colleagues from LINP) studied in the ATLAS experiment the process of inclusive production of lepton pairs with large invariant mass that are produced as a result of the reaction $pp \rightarrow W^*/Z^*X \rightarrow \ell\ell X$. On the basis of these results, for the first time the mass limits of these exotic bosons were obtained and then published: 1.15 TeV for W^* and 1.35 TeV for Z^* boson.

- Aad G. et al. (ATLAS Collab.) // Phys. Lett. B. 2011. V. 700. P. 163–180.
- Aad G. et al. (ATLAS Collab.) // Phys. Lett. B. 2011. V. 701. P. 50–69.

The JINR–INFN–FNAL group has measured the mass of the top quark in the dilepton channel of decay of the top quark–top antiquark pair on statistics 8.6 fb^{-1} . The group obtained the mean mass of the top quark using the data from CDF and D0 on statistics 5.8 fb^{-1} . The results from the first run of the Tevatron (1992–1996) and the latest results from its second run (2001–2011) were used. Taking error correlation into account, the mean value of the top-quark mass at the Tevatron was obtained and it amounted to $M_{\text{top}} = (173.18 \pm 0.56 \text{ (stat.)} \pm 0.76 \text{ (syst.)}) \text{ GeV}/c^2$ or in quadratic summing of systematic and statistical errors $M_{\text{top}} = (173.2 \pm 0.9 \text{ (syst.)}) \text{ GeV}/c^2$, which corresponds to the uncertainty of 0.54%.

On statistics 8.6 fb^{-1} the experiments CDF and D0 exclude Higgs-boson production from the Standard Model with 95% probability in the mass intervals $m_H = 156\text{--}177 \text{ GeV}/c^2$ and $m_H = 100\text{--}108 \text{ GeV}/c^2$. These results considerably increase the signifi-

cance of individual limits obtained separately at CDF and D0 and provide new data for the region of admissible masses of Higgs boson within the Standard Model beyond direct LEP measurements.

- *Aaltonen T. et al.* Top Quark Mass Measurement Using the Template Method at CDF // *Phys. Rev. D.* 2011. V. 83. P. 111101.
- Combination of CDF and D0 Results on the Mass of the Top Quark Using up to 5.8 fb^{-1} of Data; <http://arxiv.org/pdf/1107.5255>.
- Combined CDF and D0 Upper Limits on Standard Model Higgs Boson Production with up to 8.6 fb^{-1} of Data; <http://arxiv.org/abs/1107.5518>.

In the experiment BES-III, physicists from JINR took part in the research at the electron-positron collider BEPC-II (IHEP, AS of China, Beijing) that was optimized for data acquisition in the region of charmonium resonances. Statistics of the decays $J/\psi, \psi', \psi(3770)$ and $\psi(4400)$ was collected, which was several times higher than the world one. In the field of light hadron spectrometry, a threshold increase of the signal was discovered in the spectrum of invariant masses $p\bar{p}$ in the decay $J/\psi \rightarrow \gamma p\bar{p}$. Preliminary results of the partial-wave analysis allow one to associate this increase with the resonance with quantum numbers 0^\pm . A similar increase was also discovered in the decay $\psi' \rightarrow \gamma p\bar{p}$. It was proved in the decay $J/\psi \rightarrow \gamma \eta' \pi^+ \pi^-$ that the resonance $X(1835)$ existed; besides, two new states were discovered: $X(2120)$ and $X(2370)$.

Measurements of the properties of the least studied state with a hidden charm h_c were conducted. Its mass was measured, and for the first time in the world, its width was defined. Again for the first time, relative probabilities of the transitions $\psi' \rightarrow \psi \pi^0 h_c$ and $h_c \rightarrow \gamma \eta_c$ were measured.

In exclusive reactions most accurate measurements of the mass and width of the state η_c were performed. In addition, for the first time the transition $\psi' \rightarrow \gamma \eta_c(2S)$ was registered, the mass $\eta_c(2S)$ and the relative width of this transition were measured.

Charmonium decays were also studied during the experiment. Relative widths of the decays $\psi' \rightarrow \gamma \pi^0$ and $\psi' \rightarrow \gamma \eta$ were measured for the first time. Besides, relative widths of the decays $\chi_{cJ} \rightarrow \gamma V(\rho, \varphi, \omega)$ and $\chi_{cJ} \rightarrow \gamma VV(\varphi, \omega)$ were measured. For the first time the double suppressed decay $\chi_{cJ} \rightarrow \varphi, \omega$ according to the OZI rule was observed.

- *Ablikim M. et al.* // PRL. 2011. V. 106. P. 072002.
- *Ablikim M. et al.* // PRL. 2011. V. 107. P. 092001.
- *Ablikim M. et al.* // PRD. 2011. V. 83. P. 012003.
- *Ablikim M. et al.* // PRD. 2011. V. 84. P. 032006.

In the framework of the Borexino experiment (Gran Sasso, Italy), specialists from JINR took part in the studies to obtain an experimental proof of the process of the so-called *pep* reaction on the Sun in which two nuclei of hydrogen and an electron produce deuterium. The reaction is accompanied with neutrino emission with an energy of 1.44 MeV that was registered in the experiment. At the same time, more severe experimental restrictions were obtained on the contribution of carbon–nitrogen cycle to the energy balance of the Sun.

- *Bellini G. et al. (Borexino Collab.).* <http://arxiv.org/abs/1110.3230v1>.

Heavy Ion Physics

A series of experiments on the synthesis and studies of radioactive properties of isotopes of element 115 in the reaction $^{243}\text{Am}(^{48}\text{Ca}, xn)^{291-x}\text{115}$ was carried out at JINR. The radioactive properties of $^{289}\text{115}$ and its daughter nuclei, measured in the experiment, correspond to those defined for them from five chains of the $^{293}\text{117}$ nucleus decay in the reaction $^{249}\text{Bk} + ^{48}\text{Ca}$. Thus, the isotope $^{289}\text{115}$ was obtained in two cross reactions, which is a convincing proof of the discovery of superheavy elements 113, 115 and 117.

In June 2011, the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) officially recognized the discovery of superheavy elements with $Z = 114$ and 116. The priority in the discovery is given to the Russian–American team of scientists from JINR FLNR and the Livermore National Laboratory. The synthesis of elements 114 and 116 has become an experimental discovery of the existence of the «stability island» in the region of superheavy elements, which is of fundamental importance for physics and chemistry. On 1 December 2011, at the closing ceremony of the Year of Chemistry in Brussels, IUPAC president Professor A. Moro announced the start of the procedure to approve the names of new elements. A group of authors of the discovery suggested the

name flerovium (Fl) for element 114, in honour of the Laboratory of Nuclear Reactions and its founder Academician G. Flerov; for element 116 the name livermorium (Lv) was suggested, in honour of the Livermore National Laboratory named after Lawrence and the place of its location, the city of Livermore (California).

- *Oganessian Yu. Ts., Abdullin F. Sh., Bailey P. D., Benker D. E., Bennett M. E., Dmitriev S. N., Ezold J. G., Hamilton J. H., Henderson R.A., Itkis M. G., Lobanov Yu. V., Mezentsev A. N., Moody K. J., Nelson S. L., Polyakov A. N., Porter C. E., Ramayya A. V., Riley F. D., Roberto J. B., Ryabini M. A., Rykaczewski K. P., Sagaidak R. N., Shaughnessy D. A., Shirokovsky I. V., Stoyer M. A., Subbotin V. G., Sudowe R., Sukhov A. M., Taylor R., Tsyganov Yu. S., Utyonkov V. K., Voinov A. A., Vostokin G. K., Wilk P. A.* Eleven New Heaviest Isotopes of Elements $Z = 105$ to $Z = 117$ Identified among the Products of $^{249}\text{Bk} + ^{48}\text{Ca}$ Reactions // *Phys. Rev. C.* 2011. V. 83. P. 054315.

Neutron Nuclear Physics

Studies of T -odd three-vector correlation in the emission of prompt neutrons of ^{235}U nuclei fission by polarized cold neutrons were conducted together with IHEP (Moscow) at the FRM II reactor (Munich). The correlation to be found was not discovered within the limits of the measurement error of $2.3 \cdot 10^{-5}$. The upper limit was established for the asymmetry coefficient at 99% CL $|D_n| < 6 \cdot 10^{-5}$. Simultaneously, a five-vector correlation was observed in the fission neutron emission, which describes the effect of the splitting nucleus rotation at the instant of its tear (the ROT effect). The correlation coefficient was $(1.57 \pm 0.20) \cdot 10^{-4}$ at an angle of 22.5° to the axis of the fragments emission.

- *Danilyan G. V., Klenke J., Krakhotin V. A., Kopach Yu. N., Novitsky V. V., Pavlov V. S., Shatalov P. B.* T -odd Angle Correlations in the Emission of Prompt Gamma Rays and Neutrons of Nuclei Fission by Polarized Neutrons // *Yad. Fiz.* 2011. V. 74(5). P. 696–701.

In collaboration with EC-JRC-IRMM, research was done of spontaneous fission and fission of nuclei caused by fast neutrons.

To study the process of formation of signals induced by fission fragments, calculations were made of electrostatic fields between electrodes of the double ionization chamber with Frisch lattices. These calculations allowed for modifying the procedure of the digital processing of signals. As a result, more detailed data on vibration resonances in reactions $^{234}\text{U}(n, f)$ were obtained and the data on the emission process of prompt fission neutrons in the reaction $^{252}\text{Cf}(sf)$ were specified.

- Zeynalova O., Zeynalov Sh., Nazarenko M., Hamsch F.J., Oberstedt S. Nuclear Fission Investigation with Twin Ionization Chamber // AIP Conf. Proc. 2011. V.1404. P.325; doi: 10.1063/1.3659935.
- Al-Adili A., Hamsch F.-J., Bencardino R., Pomp S., Oberstedt S., Zeynalov Sh. On the Frisch-Grid Signal in Ionization Chambers // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2011 (in press).

According to the results of the international project of the Black Sea countries of 2010 «Restoration of Urban Ecosystems with Higher Plants», involving Russia (JINR), Bulgaria, Greece, Serbia, Romania and Turkey, a report was prepared to the Economic Council of Black Sea countries and a paper was published in the international journal «Agrochimica».

- Gorelova S. V., Frontasyeva M. V., Yurukova L., Coşkun M., Pantelica A., Saitanis K., Tomasevic M., Anicic M. Revitalization of Urban Ecosystems through Vascular Plants: Preliminary Results from the BSEC-PDF Project // Proc. of the Intern. Conf. on Environmental Pollution and Clean Bio/Phytoremediation, CEPR, 16–19 June 2010, Pisa, Italy; Agrochimica. 2011. V.LV, No.1 (January – February). P.65–84.

Hydrogen contained in the nanodiamond powder was studied by the methods of (n, γ) spectroscopy and of elastic and inelastic neutron scattering. It was shown that it is possible to remove an insignificant amount of adsorbed hydrogenous impurity ($\sim 1\%$) with thermal degassing, while the remaining hydrogen is chemically bound with carbon and provides stability of the diamond nanocrystal.

- Krylov A. R., Lychagin E. V., Muzychka A. Yu., Nesvizhevsky V. V., Nekhaev G. V., Strelkov A. V., Ivanov A. S. Study of Bound Hydrogen in the Powder of Diamond Nanoparticles // Crystallography Report. 2011. V. 56, No. 7. P. 102–107.

Condensed Matter Physics

A structural phase transition from a ferroelectric rhombohedral symmetry phase $R\bar{3}c$ into an antiferroelectric orthorhombic symmetry phase $Pbam$ has been observed in the multiferroic BiFeO_3 under the action of high pressure $P \sim 3$ GPa. As a result of this structural phase transition, the character of the antiferromagnetic arrangement of the Fe magnetic moments changes from non-collinear, with the propagation vector of $k = (\delta, \delta, 0)$, $\delta \sim 0.004$, into collinear ($\delta \sim 0.0$). On the basis of the obtained experimental data, theoretical predictions were checked which describe the magnetic electric effect in BiFeO_3 .

- Kozlenko D. P., Belik A. A., Belushkin A. V., Lukin E. V., Marshall W. G., Savenko B. N., Takayama-Muromachi E. Antipolar Phase in Multiferroic BiFeO_3 at High Pressure // Phys. Rev. B. 2011. V. 84. P. 094108.

A complex study was done of the solution C_{60} /N-methyl-2-pyrrolidone (NMP) and its mixtures with solvents of different polarity, through various methods, including small-angle neutron scattering, UV-Vis spectroscopy and mass spectroscopy. It was shown that the main contribution to the effect of temporal solvatochromism in C_{60} /NMP (which is a change of the adsorption spectrum with the solution aging) introduces time changes of fullerene–solvent donor-acceptor complexes. A theoretical description is suggested for the kinetics of cluster growth in C_{60} /NMP. The constructed model takes into account processes of the fullerene solvating, production of C_{60} complexes with the solvent molecules (NMP) and slow growth of clusters from new complexes.

- Tropin T. V., Avdeev M. V., Kyzyma O. A., Yeregin R. A., Jargalan N., Korobov M. V., Aksenov V. L. Towards Description of Kinetics of Dissolution and Cluster Growth in C_{60} /NMP Solutions // Phys. Stat. Solidi. B. 2011. V. 248, No. 11. P. 2728–2731.

Research was conducted on the ultrastructure of the internal membrane of mitochondria and formation of supercomplexes in it from enzymes of the oxidizing phosphorylation system, as well as on the influence of the incubation medium tonicity on them. Search was implemented of supercomplexes and conditions of their formation from the enzymes of the oxidizing phosphorylation system: ATP-synthetases, enzymes of the respiratory chain, nucleotide translocator. The method of double inhibitor titration (DIT) was used for it. Formation of enzyme complexes in mitochondria was registered.

- *Murugova T.N., Solodovnikova I.M., Yurkov V.I., Gordeliy V.I., Kuklin A.I., Ivankov O.I., Kovalev Yu.S., Popov V.I., Teplova V.V., Yaguzhinsky L.S.* Potentials of Small-Angle Neutron Scattering for Studies of the Structure of «Live» Mitochondria // *Neutron News*. 2011. V. 22. P. 11–14.

The phenomenon of neutron magnetic resonance was studied in reflection of neutrons from a film of permalloy (80% Ni + 20% Fe) 0.5 μm thick. A static magnetic field of 20 Oe and an oscillating magnetic field of 10 Oe perpendicular to the former were placed on the film in its plane. With the frequency of the oscillating magnetic field 26.2 MHz coinciding with the precession frequency of the neutron spin, the intensity of the specularly reflected neutron beam decreased and a nonspecular reflection appeared. It was also shown that with neutron scattering it is possible to measure simultaneously the mean value of the induction vector, defined by angular distribution of its direction in domains, and the saturation induction.

- *Kozhevnikov S.V., Ignatovich V.K., Nikitenko Yu.V., Ott F., Radu F., Rühm A., Major J.* Neutron Magnetic Resonance and Nonspecular Reflection from a Magnetic Film Placed in an Oscillating Magnetic Field // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2011 (in press).

Phonon spectra of cobaltite LaCoO_3 were studied with inelastic neutron scattering in the temperature range 4–120 K. For the analysis of the experimental data, quantum chemical calculations were performed of the phonon spectrum from ab initio. Good agreement is obtained between calculated and experimental values of the phonon modes frequencies. The behaviour of the phonon states density was studied in the spin transition region. Anomalies were observed on temperature dependences of the frequencies of optic phonon modes in the spin transition region.

- *Golosova N. O., Kozlenko D. P., Kolesnikov A. I., Kazimirov V. Yu., Smirnov M. B., Jiráček Z., Savenko B. N.* Evolution of the Phonon Density of States of LaCoO_3 over the Spin State Transition // Phys. Rev. B. 2011. V. 83. P. 214305.

RADIATION AND RADIOBIOLOGICAL RESEARCH

For the estimation of protection with engineer methods in the project NICA, concerning radiation protection, detailed simulations by the program GEANT4 were performed for double differential cross sections of nucleon production in interactions of 4.5 GeV/nucleon Au nuclei with the material of the rings, as well as for the dependence values of the lengths of the fluence weakening and the neutron dose in ordinary concrete for the neutron energy up to several GeV and big thickness values of protection. Two variants were suggested for the construction of the beam catchers that localize the «halo» losses of the beam. These beam catchers will be the main radiation sources on the collider and their construction provides in many aspects the biological protection of the facility. Double differential nucleon yields from the catchers were calculated, together with spatial distributions of the absorbed dose of the secondary radiation in the elements of the magnetic optics that follow the catcher, the dynamics of accumulating of the induced activity in the catchers, accounting for the project schedule of the collider operation, etc.

- *Beskrovnaia L., Latysheva L., Paraipan M., Sobolevsky N., Timoshenko G.* Simulation of Residual Activity in Steel and Copper Targets Induced by 950 MeV/Nucleon Uranium Ions // Part. Nucl., Lett. 2011. V. 8, No. 4. P. 364–367.

Research was continued on the development of neutron spectrometry in a wide energy range, in scattered radiation fields. A portable and self-contained variant of the multisphere neutron spectrometer of a wide energy range with $\text{LiI}(\text{Eu})$ slow neutron detector was worked out to be applied in field conditions on the basis of the netbook Lenovo. The spectrometer includes a monitor channel for neutron field on the basis of the ^3He counter in the moderator. To make the spectrometer lighter, a compound moderator was produced from several polyethylene semispheres put into each other. The device is intended to measure fluence, the effective dose and neutron spectra in radiation fields round nuclear physics facilities, and the NICA complex in particular.

- *Kotelnikov S.G., Paraipan M., Timoshenko G.N., Trofimov A.S.* Portable and Self-Contained Variant of Multisphere Neutron Spectrometer with a Monitor Sensor for Measurements in Field Conditions // *Prib. Tekhn. Eksp.* (in press).

INFORMATION TECHNOLOGY AND COMPUTER PHYSICS

In 2011, the efficiency of the Central Information Computing Complex (CICC) of JINR reached 5100 kSI2K, while the capacity of data storage systems became nearly 1500 Tbyte. JINR CICC, as a member of the world computing grid infrastructure, joined the Russian grid infrastructure in 2004 for active operations with data (Russian Data Intensive Grid, RDIG). The site of JINR is one of most efficient sites of the Tier2 level in the WLCG (Worldwide LHC Computing Grid) structure. In 2011, above 40% of the total CPU-time used in RDIG to solve LHC tasks was provided by the JINR site. More than 4.5 million tasks were solved at JINR CICC during 11 months of 2011.

Theoretical studies were conducted of various periods of the Universe evolution, in the framework of the unified approach based on anisotropic cosmological models defined with different sources of the gravitation field. Nonlinear spinor field (NSF), viscous liquid, the Van der Waals liquid and dark energy are tackled as such sources. For the first time, various characteristics of matter that influence the Universe evolution were simulated with NSF. It was shown that the spinor field, with an adequate choice of parameters, can reduce the space-time singularity, accelerate the isotropization process and explain the phenomenon of accelerating expansion of the Universe. The quintessence model was suggested which admits a fluctuation mode of expansion. A solution was obtained with NSF and viscous liquid which corresponded to the Big Bang; it is characteristic for phantom matter. It was shown that in case of flat-symmetric metrics the nonlinear spinor field, with an account for the eigen gravitation field, leads to a configuration with finite energy density and limited total energy, as well as that the spinor field is more sensitive to the gravitational field than the scalar one.

- *Sakha B.* Spinor Field in the Universe Evolution. Spinor Field as a Source of Isotropization and Accelerating Expansion of the Universe. *Lambert Acad. Publ.*, 2011. 260 p.

Hamiltonian reduction of the Yang–Mills theory with the structure group $SU(2)$ to the nonlocal model of the self-acting non-negative definite symmetric 3×3 matrix field was presented. The analysis is given of its transformation properties in relation to the Poincare transformations. It was shown that in the limits of the strong coupling constant classical dynamics of the reduced system can be described in the framework of the local theory of interacting fields of nonrelativistic spins 0 and 2. An excitation theory was suggested on reverse degrees of the coupling constant $g^{-2/3}$, which allows calculation of the correction to the leading long-wave approximation.

- *Khvedelidze A. M.* // Part. Nucl. 2011. V.42, Issue 3. P. 802–852.

A new type of equations was found for Feynman integrals. It was shown that Feynman integrals satisfy functional equations that connect integrals with various kinematics. A regular method to obtain such equations was suggested. The derivation of functional equations was given for one-loop two-, three- and four-point integrals with arbitrary masses and external momenta. It was shown that functional equations can be used for the analytic continuation of Feynman integrals to various kinematic regions.

- *Tarasov O. V.* // Part. Nucl., Lett. V. 8, No. 5(168). P. 710–723.

Universality of quantum mechanics, namely, its applicability to physical systems of absolutely different origin and scales, testifies to the fact that quantum behavior can be a manifestation of general mathematical properties of the systems that contain indiscernible elements, i.e., those lying on the same orbit of a certain symmetry group. It was shown that quantum behavior naturally appears in the system with finite number of elements connected by nontrivial symmetry groups. The «finite» approach allows one to see peculiarities of the quantum description more clearly and without applying concepts like «collapse of the wave function», «the Everett parallel universes», etc. In particular, in the supposition of finiteness any quantum dynamics amounts to simple permutation dynamics. The advantage of finite quantum models is a possibility of their practical study with methods of computer algebra and computational group theory.

- *Kornyak V. V. // Proc. of the Scientific Seminars of the St. Petersburg Department of the Steklov Institute of Mathematics, RAS. V. 387. P. 122–144.*

Inelastic scattering ${}^6\text{He} + {}^{12}\text{C}$ at $E = 3, 38.3$ and 41.6 MeV/nucleon was analyzed with the microscopic model of the optical potential (OP). In this approach, two or three parameters are fitted which renormalize the depth of the real, imaginary and surface parts of the calculated OP. Ambiguity of the obtained sets of fitting parameters persists; nevertheless, it is possible to diminish it by introducing an additional selection criterion — the dependence of OP volume integrals on energy. The structure of the obtained OP, the role of nuclear medium in the formation of the imaginary part of OP, and the connection of the surface potential with ${}^6\text{He}$ breakup channels were discussed.

- *Lukianov V. K., Zemlyanaya E. V., Lukianov K. V. et al. // Proc. Rus. Acad. Sci. Physics Series. 2011. V. 75, No. 4. P. 531–535.*

Recognition rules were obtained in homeodomain fixing with operator DNA. The spatial arrangement of interfaces between homeodomain transcription factors and operator DNA were considered. The binding contacts were analyzed for a representative set of 22 complexes of homeodomain transcription factors with a double-stranded operator DNA in the region of the major groove. It was shown that the recognition of DNA by recognizing alpha helix of protein is governed by two contact groups. Invariant protein-DNA group of contacts includes six contacts formed by atomic groups of coding and non-coding DNA chains with the groups of amino acids. The recognizing alpha helix forms contacts by polar groups of residues Trp2 (NE1), Asn5, and Lys9 with the canonical sequence T1A2A3T4 of the coding DNA chain, and contacts by residues Lys0, Arg7 and Lys11 with the sequence A4X5X6X7 of a non-coding DNA chain, where X is any nucleotide. Variable protein-DNA group of contacts comprises two groups bound with the sequence T3A4X5X6 of the non-coding DNA chain. These contacts are mainly with the bases and specify the binding pattern of individual homeodomains. The invariant contact group represents a recognition pattern for transcription factors of the homeodomain family: multiple adenine-asparagine contact and six position-specific phosphate contacts mainly with

lysine or arginine. Within this group, three most significant invariant contacts were found which allow deducing the recognition rules for homeodomains. These rules are inherent for different taxonomic groups of the homeodomain family and can distinguish members of this family from any other family of transcription factors.

- *Chirgadze Yu. N., Sivozhelezov V. S., Polozov R. V., Stepanenko V. A., Ivanov V. V. // J. Biomolecular Structure and Dynamics. 2012. V. 29. P. 4.*

JINR UNIVERSITY CENTRE

In 2011, 457 JINR UC students studied at the base chairs of MSU, MPTI, MIREA, Dubna University and universities of JINR Member States.

Seventy-two students from RF, Armenia, Belarus, Moldova, Turkey, Ukraine studied at the JINR post-graduate courses in 2011 in the specialities «Atomic Nucleus and Elementary Particle Physics», «Theoretical Physics», «Charged Particle Physics and Accelerator Technology», «Mathematical Simulation, Numerical Methods and Program Complexes». In 2011 seven post-graduate students of the JINR UC defended their candidate theses. In November 2011, the Federal Education and Science Supervision Agency of the Ministry of Science and Education of RF issued a perpetual license for the JINR UC for the activities of the JINR post-graduate courses.

The UC organized summer industrial and pre-diploma practice courses for 40 students of MPTI, the «Dubna» University, state Universities of Gomel, Yerevan, St. Petersburg, Tomsk, Tula, and Uzhgorod, Kazan State Technological University, the North Caucasus State Technological University, and the Siberian Federal University.

The student annual summer practice was held in three stages. The programme of the first week for all the stages included introductory lectures about the research at JINR laboratories; after that students worked on the practice projects they had chosen. Stage 1: 20 students from Egypt worked on their practice projects in three directions: theoretical physics for nanostructures, radiobiology, and experimental studies of nanosystems. Stage 2: 71 students from Bulgaria, Czechia, France, Poland, Romania, and Slovakia conducted studies on their practice projects. Stage 3: 45 students from

Belarus, RSA, Serbia, and Ukraine performed their research. The last day of the courses was devoted to students' reports and presentations about the results of their work.

On 2–12 July, the 6th international student summer school «Nuclear Methods and Accelerators in Biology and Medicine» was held in Dubna. Fifty-seven students from Bulgaria, Czechia, France, New Zealand, Poland, Russia, and Slovakia took part in it. The programme of the event included lectures of leading specialists from RF, Bulgaria, Czechia, New Zealand, Poland, Sweden, as well as reports delivered by students. The Proceedings of the school will be published by the American Physics Institute.

A regular school for physics teachers from JINR Member States was held in Dubna on 26 June–1 July. These schools have been organized since 2009 by JINR in collaboration of the European Organization for Nuclear Research (CERN). A special feature of the school in 2011 was that its participants were 26 teachers from Russia and Bulgaria and 15 Russian school students.

From 30 September to 5 November, the 5th Scientific School for Teachers worked in Geneva. Forty-eight teachers from Russian schools took part in it. The school was organized by CERN and JINR, under support of the RF Ministry of Science and Education, in the framework of the Federal Target Programme «Scientific and Pedagogical Staff for Innovations in Russia», for 2009–2013.

A scientific school for Ukrainian teachers of higher education institutions, specialized schools with advanced studies in physics, and scientists was held in Dubna on 27–30 September. Its programme included lectures on the history of JINR, modern research at JINR laboratories, educational activities at the Institute, special projects for school students and excursions to the basic facilities. The participants were acquainted with experiments at the Large Hadron Collider and research at CERN at the JINR–CERN video conference. The school was supported by the «Minor Academy of Sciences of Ukraine».

The University Centre of JINR keeps on organizing and holding video conferences with schools from JINR Member States. In February, a video conference was held between the JINR UC and the municipal school number 17 of Kislovodsk (Stavropol Region). This conference was held as part of the seminar practicum of the Stavropol Regional Institute of Advanced Training for Teachers. The programme of the event included reports about educational

activities at JINR and the «Dubna» University, demonstration of physics experiments, a presentation of the internet project «Showers of Knowledge» and a discussion of the innovative textbook on physics published by the «Prosveshchenie» publishing house and produced by JINR staff members within the project «Sfery» (Spheres).

In April the JINR UC held two video conferences among teachers and students from Moscow, Volgograd and Dubna. At the first video conference, teachers from more than 60 schools of Volgograd and region were acquainted with the project of a new innovative textbook on physics produced by the «International Internet Journal on Natural Science for School Students» in the framework of the project «Sfery», and the scientific educational site «Showers of Knowledge». The second video conference involved the audiences of the Moscow school named after Kolmogorov, a school from Volgograd, the JINR UC and CERN. Physicists from St. Petersburg, Moscow and CERN answered the questions of Russian teachers and school students.

On 26 November, a video conference was held between JINR and Lyceum 1 of Petrozavodsk. The event was held in the framework of the annual physics conference «Life Physics». School students of specialized physicomathematical groups and teachers of schools of the two cities, students and teachers of the Physico-technical Department of Petrozavodsk State University took part in the conference. Leading specialists of JINR and CERN spoke about current research at the centres.

On 21–22 April, the UC welcomed senior students of MEPI, MPTI, MSU, MIREA and physics departments of other Russian universities at the school-seminar «Modern Accelerator Technology in Relativistic Nuclear Physics». The aim of the school-seminar was to acquaint students with the project NICA, a collider of heavy ions on the basis of the Nuclotron at JINR.

Introductory lectures and excursions to JINR laboratories were organized in 2011 for students from MEPI, MPTI, Bauman MSTU, the «Dubna» University, and Ukrainian universities; excursions and classes at the UC physics practicum were organized for school students from Moscow, Dmitrov, the Podolsk district, Dubna, a physics club of Berlin (Germany), students and teachers of Polish schools, and female pupils of the boarding school of the RF Ministry of Defense.

GENERAL DATA ON THE NUMBER OF PUBLICATIONS BY JINR STAFF MEMBERS (14.11.2010–21.11.2011)

• Books — 22:

Abraamyan K. U. π^0 -, η -Meson and γ -Quantum Production in Proton–Nucleus and Nucleus–Nucleus Interactions at 1.75–5.5 GeV/c per Nucleon / K. U. Abraamyan; Ed.: A. N. Sissakian. — [Without publ. house], 2010. — 202 p.: ill. — Bibliogr.: P. 195–202.

Akimov Yu. K. Gaseous Detectors of Nuclear Radiation / Yu. K. Akimov. — Dubna: JINR, 2011. — 244 p.: ill. — (JINR; 2010-118). — Bibliogr.: P. 219–243.

Demidenko V. N. Particles, Quarks and Fields / V. N. Demidenko, V. M. Dubovik. — M.: [without publ. house], 2011. — 20 p.: ill. — Bibliogr.: P. 19.

Zlokazov V. B. Theory of Automata / V. B. Zlokazov. — Dubna: JINR, 2011. — 69 p.: ill. — (Manual, JINR UC. UC; 2011-47). — Bibliogr.: P. 67.

Isaev A. P. Theory of Groups and Symmetries. Root System of Simple Finite-Dimensional Lie Algebras, Exceptional Lie Algebras and Division Algebras: Manual / A. P. Isaev. Dubna: JINR, 2010. — 114 p. — (Manual, JINR UC. UC; 2010-46). — Bibliogr.: P. 112–113.

Kalinkin B. N. Multiple Particle Production at High Energies / B. N. Kalinkin, Yu. F. Gagrin. — St. Petersburg.: Polytech. Univ., 2007. — 198 [3] p.: ill. — Bibliogr.: P. 195–198.

Kalinkin B. N. Issues in Nucleus Theory and Nuclear Reactions / B. N. Kalinkin. — Almaty: [without publ. house], 2011. — 202 p.: ill. — Bibliogr.: P. 172–176.

Karamyan S. A. Autobiography: My Life... / S. A. Karamyan. — Dubna, 2011. — 43 p.: col. ill.

Krasnikov N. V. New Physics at the Large Hadron Collider / N. V. Krasnikov, V. A. Matveev. — M.: URSS, 2011. — 191 p.: ill. — Bibliogr.: P. 184–191.

Molchanov E. M. «Interview Taken by...». Documentary, interviews, diaries / E. M. Molchanov. — M.: Eterna, 2011. — 589 p.: ill.

Joint Institute for Nuclear Research Is 55 / Joint Institute for Nuclear Research, Bednyakov V. A., Belushkin A. V., Budagov Yu. A., Vodopianov A. S., Voronov V. V., Gulbekyan G. G., Dmitriev S. N., Zhabitsky V. M., Zagrebaev V. I., Ivanov V. V., Kamanin D. V., Kekelidze V. D., Kozlov G. A., Krasavin E. A., Krylov V. A., Coulicov O. A., Lednický R., Melkumov G. L., Nedelko S. N., Olshevsky A. G., Pakulyak S. Z., Peshekhonov D. V., Popeko A. G., Ruzaev A. V., Starchenko B. M., Strizh T. A., Shimanskaya Yu. G.; Compiled by: Yu. A. Batusov, V. A. Bednyakov, Yu. N. Denisov, P. S. Isaev, M. G. Loshchilov, N. A. Russakovich, N. I. Sissakian, B. M. Starchenko. — Dubna: JINR, 2011. — 249 p.: ill. — (JINR; 2011-23).

Orelovich L. N. The City's Contemporary. The Institute's Contemporary: [Culture Centre «Mir» Is 55] / L. N. Orelovich. — M.: Teatralis, 2011. — 191 p.: col. ill.

Penev V. N. This Fictitious World: A Tractate on Particle Physics, Art and Society / V. N. Penev. — Sofia: Iztok-Zapad, 2010. — 413 p.: ill. — Bibliorg.: P. 403–411.

Savin I. A. Selected Works / I. A. Savin; Comp.: V. G. Krivokhizhin, V. V. Kukhtin; Dubna: JINR, 2010. — 298 p.: ill. — (JINR; 201-112). — Bibliogr.: end of papers.

Samoilov V. N. Work-out of Methodological Means for Analysis of Technological, Economic and Juridical Processes: Manual for universities / V. N. Samoilov, T. V. Tyupikova. — Dubna: JINR, 2011. — 121 p.: ill. — (JINR; 2010-106). — Bibliogr.: P. 106–120.

Strokovsky E. A. Lectures on the Foundations of Kinematics of Elementary Processes / E. A. Strokovsky. M.: Universitetskaya kniga, 2010. — 297 [1] p.: ill. — Bibliogr.: end of book.

Kabanov V. V., Kadyshesky V. G., Kilin S. Ya., Kurochkin Yu. A., Russakovich N. A., Tolkachev E. A., Tomilchik L. M., Shumejko N. M. F. I. Fedorov: A Brief Essay on the Scientific, Organizational, Pedagogic and Public Activities: To the Centenary of the Birth / Joint Institute for Nuclear Research. — Dubna: JINR, 2011. — 18 p.: ill. — (JINR; 2011-66).

Shirkov G. D. The Physical Basements of Particle Collisions and Multicharged Ion Sources: Manual: In 3 parts. Part 1. Inelastic Atomic Collisions / G. D. Shirkov. — Dubna, JINR, 2009. — 32 p.: ill. — (Manual, JINR UC. UC; 2009-35). — Bibliogr.: P. 31.

Shirkov G. D. The Physical Basements of Particle Collisions and Multicharged Ion Sources: Manual: In 3 parts. Part 2. Elastic Particle Collisions / G. D. Shirkov. — Dubna, JINR, 2009. — 38 p.: ill. — (Manual, JINR UC. UC; 2009-36). — Bibliogr.: P. 37.

Shirkov G. D. The Physical Basements of Particle Collisions and Multicharged Ion Sources: Manual: In 3 parts. Part 3. Multicharged Ion Sources / G. D. Shirkov. — Dubna, JINR, 2009. — 68 p.: ill. — (Manual, JINR UC. UC; 2009-37). — Bibliogr.: P. 67.

Shkundenkov V. N. The First JINR/CERN School on Information Technology (GRID and Administrative Information Systems — AIS Systems of CERN), 25–29 Oct. 2010, Dubna, Russia: [personal point of view of the author about the school in Dubna] / V. N. Shkundenkov. — Tula: Reprintsentr, 2010. — 139 p.: col. ill.

Shkundenkov V. N. Man and Universe / V. N. Shundenkov. — Tula: [without publ. house], 2010. — 59 p.: ill.

- Journal papers — 784
- Publications in conference Proceedings — 650
- Preprints — 112
- Theses abstracts — 22
- **Total: 1590**

PRIZES

The State Prize of the Russian Federation of 2010 in science and technology was awarded to Mikhail Grigorievich Itkis and Yuri Tsolakovich Oganessian, for the discovery of a new stability region of superheavy elements.

Содержание Contents

Теоретическая физика	3
Экспериментальная физика	5
Физика частиц	5
Физика тяжелых ионов	8
Нейтронная ядерная физика	9
Физика конденсированных сред	11
Радиационные и радиобиологические исследования	13
Информационные технологии и вычислительная физика	14
Учебно-научный центр	18
Общие данные о количестве публикаций сотрудников ОИЯИ (с 14.11 2010 по 21.11.2011)	21
Премии	24
Theoretical Physics	25
Experimental Physics	27
Particle Physics	27
Heavy Ion Physics	30
Neutron Nuclear Physics	31
Condensed Matter Physics	33

Radiation and Radiobiological Research	35
Information Technology and Computer Physics	36
JINR University Centre	39
General Data on the Number of Publications by JINR Staff Members (14.11.2010–21.11.2011)	42
Prizes	44

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

Подписано в печать 03.02.2012.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 2,55. Уч.-изд. л. 3,25. Тираж 300 экз. Заказ № 57570.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/