



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2007-13

**КРАТКИЙ ОБЗОР
ВАЖНЕЙШИХ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В 2006 ГОДУ**

Дубна 2007

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В преддверии пуска ускорителя ЛНС проведен анализ пространства параметров минимальной суперсимметричной стандартной модели с учетом последних астрофизических данных по количеству темной материи. Предложена интерпретация данных по потоку диффузных гамма-лучей как сигнала от аннигиляции темной материи в гало Галактики. Показано, что эта интерпретация допускает суперсимметричное толкование; получена оценка массы легкой суперсимметричной частицы в районе 60 ГэВ. Найдена область пространства параметров, совместная с такой интерпретацией. В этой области вычислены сечения рождения суперпартнеров на ЛНС. Рассмотрены наиболее вероятные процессы, а также процессы с малым фоном. Построены распределения по недостающему поперечному импульсу, которые являются главным инструментом идентификации суперсимметричных частиц.

- *de Boer W., Sander C., Zhukov V., Gladyshev A. V., Kazakov D. I. // Phys. Rev. Lett. 2005. V.95. P.209001; de Boer W., Sander C., Zhukov V., Gladyshev A. V., Kazakov D. I. // Phys. Lett. B. 2006. V.636. P.13.*
- *Bogachev D. Yu., Gladyshev A. V., Kazakov D. I., Nechaev A. S. // Intern. J. Mod. Phys. A. 2006. V.21. P.5221.*
- *Bednyakov V. A., Budagov Yu. A., Gladyshev A. V., Khoriali G. D., Kazakov D. I., Khubua D. I. ArXiv:hep-ex/0608060.*

Показана возможность прямого извлечения поперечно-поляризованных кварковых распределений и сопутствующих им Т-нечетных партонных распределений из процессов Дрелла–Яна с неполяризованным пионным пучком и с как неполяризованной, так и поперечно-поляризованной протонной мишенью. В настоящее время изучение таких процессов планируется в эксперименте COMPASS (ЦЕРН). Проведенные для кинематики

COMPASS оценки показывают, что в условиях COMPASS представляется возможным извлечь как поперечно-поляризованные кварковые распределения, так и сопутствующие им Т-нечетные кварковые распределения.

- *Sissakian A., Shevchenko O., Nagaytsev A., Denisov O., Ivanov O.* // Eur. Phys. J. C. 2006. V. 46. P. 147.

Предложен и разработан новый метод анализа процессов поляризованного полуинклюзивного глубоконеупругого рассеяния в следующем за лидирующим порядке КХД. Метод позволяет напрямую извлекать из эксперимента усеченные меллиновские моменты в следующем за лидирующим порядке КХД. Затем, используя эти моменты в модифицированном методе разложения по полиномам Якоби, мы восстанавливаем локальные кварковые распределения. Метод был применен к анализу данных коллаборации HERMES (DESY). Результаты для валентных распределений, полученные в лидирующем порядке КХД, находятся в отличном согласии с соответствующими результатами коллабораций HERMES и SMC. Результаты для валентных распределений, полученные в следующем за лидирующим порядке КХД, находятся в отличном согласии с существующими параметризациями.

- *Sissakian A., Shevchenko O., Ivanov O.* // Phys. Rev. D. 2006. V. 73. P. 094026.

Предложен способ детального экспериментального изучения слабого ΛN -взаимодействия в гиперъядрах ${}^{10}_{\Lambda}\text{Be}$ and ${}^{10}_{\Lambda}\text{B}$, который опирается на их кластерную структуру $\alpha\alpha N\Lambda$. Детектирование небольших групп коррелированных $\alpha\alpha$ -пар могло бы предоставить информацию о распадах на определенные состояния ядер-продуктов (${}^8\text{Be}^*$, ${}^8\text{Li}$, ${}^8\text{B}$), прокладывая тем самым дорогу для феноменологического анализа слабых распадов гиперъядер p -оболочки. Отношения интенсивностей отдельных групп α -частиц, которые предполагается измерять в экспериментах на нуклотроне ОИЯИ, будут хорошим критерием выбора адекватной модели слабого ΛN -взаимодействия.

- *Майлинг Л., Кузьмин В. А., Тетерева Т. В.* // ЯФ. 2006. Т. 69. С. 838.

Показано, что взаимодействие атом–атом или рассеяние электрона на примеси может быть фактически выключено в результате воздействия геометрического конфайнмента. Настройка ширины a_{\perp} оптической или магнитной ловушки, можно выключить ультрахолодное рассеяние атома на атоме в удерживающей ловушке. Это возможно, если фундаментальное двухчастичное взаимодействие атом–атом достаточно сильно, а двухчастичные s - и p -волновые длины рассеяния $a_s \sim -a_p$ достигают величин порядка ширины конфайнмента $a_{\perp} = 1,45a_s$. Этот результат может иметь важные приложения. В частности, его можно использовать для улучшения чувствительности управляемых атомных интерферометров, управления свойствами квази-1D-квантовых газов или даже для уменьшения тепловых потерь в микроэлектронных устройствах.

- *Kim J. I., Melezhik V. S., Schmelcher P.* // *Phys. Rev. Lett.* 2006. V. 97. P. 193203.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА

Физика частиц

В эксперименте NA48/2 (CERN, SPS) при определяющем вкладе сотрудников ОИЯИ измерен параметр асимметрии $A_g^c = (1,7 \pm 2,9) \cdot 10^{-4}$ в распадах заряженных каонов на три заряженных пиона, а также аналогичный параметр асимметрии в распадах заряженных каонов на заряженный и два нейтральных пиона: $A_g^0 = (1,8 \pm 2,6) \cdot 10^{-4}$. Полученные ограничения на порядок точнее результатов предшествующих измерений и находятся в согласии с предсказаниями Стандартной модели, учитывающими результаты измерения прямого CP-нарушения в распадах нейтральных каонов.

- *Batley J. R. et al.* // *Phys. Lett. B.* 2006. V. 634. P. 474–482.
- *Batley J. R. et al.* // *Phys. Lett. B.* 2006. V. 638. P. 22–29.
- *Goudzovski E.* (for the collaboration). CERN Particle Physics Seminar, 1st March 2005.

- *Balev S.* (for the collaboration). CERN Particle Physics Seminar, 1st November 2005.

Впервые измерены поперечные асимметрии спина дейтрона в полуинклюзивном глубоконеупругом рассеянии. Так называемые «азимутальные асимметрии Коллинза и Сиверса» были получены коллаборацией **COMPASS** (CERN, SPS) из данных 2002 г. Все асимметрии сопоставимы с нулевым значением. Эти результаты были подтверждены недавно теоретическими оценками, они указывают на то, что поперечные эффекты в протонах и нейтронах компенсируют друг друга.

- *Alexakhin V. Yu. et al.* (COMPASS) // *Phys. Rev. Lett.* 2005. V. 94. P. 202002.

Коллаборация **STAR** на RHIC (США) представила первый результат измерения инклюзивных выходов электронов, которые преимущественно являются результатом полупертоновых распадов мезонов, состоящих из тяжелых кварков, в широком диапазоне поперечных импульсов в p - p , d -Au и Au-Au соударениях при энергии в системе центра масс 200 ГэВ. Наблюдается неожиданно сильное подавление выхода электронов в центральных Au-Au соударениях при больших поперечных импульсах, что предполагает большие потери энергии тяжелых кварков в горячей КХД-материи. Измеренная зависимость фактора подавления от центральности и поперечного импульса накладывает строгие ограничения на теоретические модели подавления.

- *Arkhipkin D. A.* on behalf of STAR Collaboration. Heavy Flavour production at RHIC. Talk at XXXIII International Conference on High Energy Physics, July 2006.

Группа **CDF/ОИЯИ** провела измерения массы топ-кварка с помощью детектора CDF на ускорителе тэватрон (FNAL). На базе разработанного группой ОИЯИ метода в топологии «лептон + струя» получено лучшее в мире значение для массы топ-кварка: $M_{\text{top}} = 173,4 \pm 2,5(\text{стат.}) \pm 1,3(\text{сист.}) \text{ ГэВ}/c^2$. Совместно с группой из Университета г. Афины разработан новый метод измерения массы топ-кварка в топологии $t\bar{t} \rightarrow$ дилептон

и $t\bar{t} \rightarrow$ лептон + струи. При достаточно большой интегральной светимости данный метод позволит значительно снизить систематические погрешности.

- *Abulencia A., . . . , Chlachize G. et al.* Measurement of the Top Quark Mass using the Template Method in the Lepton plus Jets Channel. CDF Note: CDF/ANAL/TOP/PUBLIC/8125.

На пучке протонов с энергией 400 ГэВ ускорителя SPS (CERN) был проведен эксперимент, в ходе которого наблюдалось отражение пучка в коротком (длиной около 1 мм и меньше) изогнутом кристалле кремния. В результате так называемого объемного отражения практически весь пучок, более 95 %, отклонялся на угол около 15 мкрад. Система из двух кристаллов-отражателей позволяла удвоить отклонение пучка. Эксперимент RD22 проводился в рамках проекта CERN-INTAS, в котором участвуют сотрудники ОИЯИ, ИФВЭ, ПИЯФ и сотрудники итальянских университетов. Цель эксперимента — изучение возможностей применения изогнутых кристаллов на LHC в экспериментах по дифракционному рассеянию и в системе коллимации гало пучка.

Релятивистская ядерная физика

Физиками ОИЯИ совместно с учеными ФИАН получены предварительные результаты по образованию η -ядер в ($d+C$)-реакции и начаты исследования свойств новых ядерных объектов — η -мезонных ядер. В 2006 г. на нуклотроне были проведены измерения, существенно увеличившие объем информации для исследования η -ядер.

- Proceedings of ISHEPP XVIII, в печати.

Впервые на нуклотроне (ОИЯИ) выполнено облучение ядерных эмульсий в пучке радиоактивных ядер ${}^8\text{B}$. Получены данные по вероятностям каналов фрагментации ядра ${}^8\text{B}$ в периферических взаимодействиях при энергии 1,2 А·ГэВ. Выявлен лидирующий вклад моды ${}^8\text{B} \rightarrow {}^7\text{Be} + p$, имеющей наименьший энергетический порог. Получена информация об относительной вероятности мод диссоциации с большей множественностью. Диссоциации ядра-основы ${}^7\text{Be}$ в ${}^8\text{B}$ проявляет сходство с диссоциацией

свободного ядра ${}^7\text{Be}$. Дальнейший анализ топологии фрагментации предполагает идентификацию изотопов H и He.

- Станоева Р. и др. // ЯФ. 2007, в печати.
- Proceedings of ISHEPP XVIII, в печати.

Физика тяжелых ионов

Наиболее значительные успехи достигнуты в экспериментах по синтезу сверхтяжелых элементов в районе замкнутых сферических оболочек: протонной с $Z \approx 114$ и нейтронной с $N \approx 184$.

Под руководством академика РАН Ю.Ц. Оганесяна и профессора С.Н. Дмитриева проведены эксперименты по изучению химических свойств элемента $Z = 112$, образующегося как дочерний продукт в реакции ${}^{48}\text{Ca} + {}^{242}\text{Pu}$. Летучесть элемента 112 изучалась с помощью криогенного детектора. Было установлено, что этот элемент по своим свойствам занимает промежуточное положение между ртутью и радоном. Полученные результаты независимо подтверждают образование элемента 112 в реакции слияния ${}^{48}\text{Ca} + {}^{242}\text{Pu}$.

- Eichler R., Aksenov N. V., Belozеров A. V., Bozhikov G. A., Chepigina V. I., Dressler R., Dmitriev S. N., Gäggeler H. W., Gorshkov V. A., Haenssler F., Itkis M. G., Lebedev V. Ya., Laube A., Malyshev O. N., Oganessian Yu. Ts., Petrushkin O. V., Piguet D., Rasmussen P., Shishkin S. V., Shutov A. V., Svirikhin A. I., Tereshatov E. E., Vostokin G. K., Wegrzecki M., Yerehin A. V. Chemical properties of element 112, submitted to «Nature».

Ядерная физика низких и промежуточных энергий

На спектрометре NEMO-3 (LSM, Франция) проводились исследования двойного бета-распада одновременно с изотопами ${}^{48}\text{Ca}$, ${}^{82}\text{Se}$, ${}^{96}\text{Zr}$, ${}^{100}\text{Mo}$, ${}^{116}\text{Cd}$, ${}^{130}\text{Te}$, ${}^{150}\text{Nd}$ общей массой около 10 кг. Получены следующие результаты по двойному нейтринному бета-распаду:

$$\begin{aligned}
T_{1/2}({}^{100}\text{Mo}) &= 7,11 \pm 0,02(\text{стат.}) \pm 0,54(\text{сист.}) \cdot 10^{18} \text{ лет}, \\
T_{1/2}({}^{82}\text{Se}) &= 2,8 \pm 0,3(\text{стат.}) \pm 1,0(\text{сист.}) \cdot 10^{19} \text{ лет}, \\
T_{1/2}({}^{116}\text{Cd}) &= 2,8 \pm 0,1(\text{стат.}) \pm 0,3(\text{сист.}) \cdot 10^{19} \text{ лет}, \\
T_{1/2}({}^{150}\text{Nd}) &= 9,7 \pm 0,7(\text{стат.}) \pm 1,0(\text{сист.}) \cdot 10^{19} \text{ лет}, \\
T_{1/2}({}^{96}\text{Zr}) &= 2,0 \pm 0,3(\text{стат.}) \pm 0,2(\text{сист.}) \cdot 10^{19} \text{ лет}, \\
T_{1/2}({}^{48}\text{Ca}) &= 3,9 \pm 0,7(\text{стат.}) \pm 0,6(\text{сист.}) \cdot 10^{19} \text{ лет}.
\end{aligned}$$

Ограничения на время полураспада для безнейтринной моды двойного бета-распада и массу нейтрино таковы (с 90 % вероятностью): $T_{1/2}({}^{100}\text{Mo}) \geq 5,8 \cdot 10^{23}$ лет ($\langle m_\nu \rangle \leq 0,6-1,0$ эВ), $T_{1/2}({}^{82}\text{Se}) \geq 2,1 \cdot 10^{23}$ лет ($\langle m_\nu \rangle \leq 1,2-2,5$ эВ).

Кроме того, впервые были получены полупериоды двухнейтринного двойного бета-распада ${}^{100}\text{Mo}$ на 0_1^+ - и 2_1^+ -состояния ${}^{100}\text{Ru}$ совместно с ограничениями на полупериоды этих распадов по безнейтринной моде. Для $0^+ \rightarrow 0_1^+$ перехода $T_{1/2}(2\beta 2\nu) = [5,7_{-0,9}^{+1,3}(\text{стат.}) \pm 0,8(\text{сист.})] \cdot 10^{20}$ лет, $T_{1/2}(2\beta 0\nu) > 8,9 \cdot 10^{22}$ лет (с 90 % вероятностью). И $T_{1/2}(2\beta 2\nu) > 1,1 \cdot 10^{21}$ лет $T_{1/2}(2\beta 0\nu) > 1,6 \cdot 10^{23}$ лет для $0^+ \rightarrow 2_1^+$ перехода.

- Kochetov O. (NEMO Collab.) // Phys. Atom. Nucl. 2004. V. 67. P. 1995.
- Arnold R. et al. // Pis'ma v ZhETF. 2004. V. 80. P. 429.
- Arnold R. et al. // Phys. Rev. Lett. 2005. V. 95. P. 182302.
- Barabash A. S. (NEMO Collab.) // Yad. Fiz. 2005. V. 68. P. 443; Phys. Atomic Nuclei. 2005. V. 68. P. 414.

С целью расширения энергетической области исследований коллаборацией ANKE на ускорителе COSY (Юлих, Германия) принята соответствующая программа экспериментов, первым из которых является измерение дифференциальных сечений процесса $pp \rightarrow (pp)_S \pi^0$ при энергии 0,8 ГэВ. Несмотря на то, что дифференциальное сечение более чем на два порядка величины меньше, чем для $pp \rightarrow d\pi^+$, процесс хорошо идентифицируется. Угловое распределение сечения обнаруживает провал под углами, близкими к нулю, даже более сильный, чем это наблюдалось при более низких энергиях 0,310–0,425 ГэВ. Эти результаты могут служить критическим дополнительным тестом

для применяемых моделей NN -соударений при промежуточных энергиях.

- *Dymov S. et al. // Phys. Lett. B. 2006. V. 635. P. 270.*

Нейтронная ядерная физика

В 2006 г. были завершены работы по изготовлению полномасштабной установки для измерения сечения рассеяния нейтрона на нейтроне на реакторе ЯГУАР. Выполнены первые калибровочные измерения на инертных газах с хорошо известным сечением. Измеренное при постоянной мощности реактора сечение рассеяния тепловых нейтронов на ^4He составило $0,87 \pm 0,13$ б (табличное значение – 0,760 б). Однако при измерениях в импульсном режиме обнаружено, что детектор испытывает перегрузки, связанные с высоким уровнем γ -фона от реактора. Ведутся работы по оптимизации защиты детектора и модернизации электроники с целью уменьшения времени восстановления в случае перегрузки.

- *Sharapov E. I., Furman W. I., Lychagin E. V., Muzichka A. Yu., Nekhaev G. V., Strelkov A. V., Shvetsov V. N., Chernukhin Yu. I., Kandiev Ya. Z., Levakov B. G., Lyzhin V. I., Mitchell G. E., Crawford B. E., Stephenson S. L., Howell C. R., Tornow W. An approach to the spatial-temporal analysis of the n-n collision in the YAGUAR experiment. XIII International Seminar on Interactions of Neutrons with Nuclei, ISINN-XIII, E3-2006-07, P. 130. JINR, Dubna, 2006.*

Обработаны данные эксперимента по наблюдению изменения энергии нейтрона при прохождении через ускоренное вещество, проведенного на реакторе ИЛЛ (Гренобль). Существование эффекта следует из справедливости принципа эквивалентности и детальных нейтронно-оптических расчетов. Изменение энергии нейтрона, зарегистрированное в опыте, составляло величину порядка 2×10^{-10} эВ. При этом образец – кремниевая пластина — двигался со знакопеременным ускорением, достигавшим величины 7,5 g. Соответствующее изменение энергии нейтрона регистрировалось гравитационным спектрометром УХН с интерфе-

ренионными фильтрами в фазе с движением образца. Полученные результаты с несомненностью свидетельствуют о существовании этого эффекта, впервые наблюдаемого в эксперименте. Величина эффекта соответствует теоретическим предсказаниям с точностью порядка 15 %. Осознано, что, хотя эффект ускоренного вещества наблюдался пока только в нейтронно-оптическом эксперименте, он имеет весьма универсальную природу и должен существовать и для частиц иной природы.

- Франк А. И., Гелтенборт П., Кустов Д. В., Кулин Г. В., Носов В. Г., Стрелетов А. Н. Эффект ускоряющейся среды в нейтронной оптике // Письма в ЖЭТФ. 2006. Т. 84. С. 435–439.

На пучке Н8 импульсного нейтронного источника KENS (КЕК, Япония) проведен эксперимент, целью которого являлась проверка эффективности управления поляризацией тепловых и эпитепловых нейтронов с помощью радиочастотного поля. Поляризация нейтронов и анализ их поляризации осуществлялись устройствами на основе поляризованного ^3He с оптической накачкой, созданными коллаборацией КЕК–ЛНФ ОИЯИ в 2003–2005 гг. Результаты эксперимента хорошо согласуются с расчетами и показали высокую эффективность предложенного метода. Разработанная методика будет использована для управления нейтронной поляризацией в эксперименте по проверке Т-инвариантности во взаимодействии поляризованных нейтронов с поляризованными ядрами, постановка которого планируется на строящемся источнике JSNS.

- Masuda Y., Skoy V., Ino T., Jeong S., Watanabe Y. Ramsey Resonance for a Pulsed Beam // Phys. Lett. accepted for publication.

В рамках экспериментов по поиску нейтральных токов в нуклон-нуклонных взаимодействиях и определению слабой π -мезонной константы связи в коллаборации с ПИЯФ, ИЛЛ и ТУ Мюнхена проведен «нулевой» эксперимент по определению фоновой асимметрии на пучке холодных поляризованных нейтронов PF1B (ИЛЛ, Гренобль) для цикла измерений Р-нечетной

асимметрии в реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$. Получено значение $\alpha_0 = (0,0 \pm 0,5) \cdot 10^{-8}$. Сопоставление этого результата с результатом основного эксперимента $\alpha_t = -(8,6 \pm 2,0) \cdot 10^{-8}$ показывает, что наблюдаемый эффект обусловлен Р-нечетной асимметрией тритонов из реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$. Из полученных данных следуют ограничения на величину слабой π -мезонной константы связи: $f_\pi = (0,4 \pm 0,4) \cdot 10^{-7}$, в предположении, что другие константы равны теоретическим «лучшим значениям», и $-1,2 \cdot 10^{-7} \leq f_\pi \leq 1,6 \cdot 10^{-7}$ с учетом теоретических и экспериментальных неопределенностей других констант.

- *Весна В. А., Гледенов Ю. М., Несвижевский В. В., Петухов А. К., Седышев П. В., Солднер Т., Циммер О., Шульгина Е. В.* Нулевой эксперимент при изучении Р-нечетной асимметрии вылета тритонов в реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$. Препринт ПИЯФ № 2697. 2006. 17 с.

В коллаборации Ювяскюля–Дармштадт–Дубна–Гатчина в JYFL (Финляндия) была проведена серия экспериментов по изучению деления с использованием двух мозаик полупроводниковых детекторов. В первом эксперименте исследовались угловые и массово-энергетические корреляции осколков деления в реакции ${}^{238}\text{U} + {}^4\text{He}$ (40 МэВ). Угловое разрешение установки позволяло вести прямой поиск событий тройного коллинеарного распада. Предварительный анализ полученных данных таких событий не выявил. Был обнаружен ряд других эффектов, которые могут давать косвенное указание на существование экзотических мод деления. Во втором эксперименте было проведено прецизионное измерение энергетических распределений α -частиц и ядер ${}^6\text{He}$, испускаемых в процессе тройного спонтанного деления ${}^{252}\text{Cf}$. Наблюдалось существенное отклонение спектров от гауссовской формы в низкоэнергетической области. Качественно такое отклонение воспроизводится траекторными расчетами. В то же время показано, что учет точной формы энергетического спектра существенно влияет на определение выходов легких заряженных частиц в тройном делении.

- *Pyatkov Yu., Trzaska W., Mutterer M., Yamaletdinov S., Tjukavkin A., Bolgov D., Kamanin D., Khlebnikov S., Kopach Yu.,*

Kuznetsova E., Lavrova J., Lyapin V., Sillanpää M., Tishchenko V., Tyurin G. Searching for Rare Decay Modes in the Reaction $^{238}\text{U}+^4\text{He}$ (40 MeV). Proc. International Symposium on Exotic Nuclei «EXON-2006». Khanty-Mansiysk, 17–22 July 2006.

- *Mutterer M., Kopatch Yu. N., Yamaletdinov S. R., Lyapin V. G., von Kalben J., Khlebnikov S. V., Sillanpää M., Tyurin G. P., Trzaska W. H.* Energy Distribution of Ternary α -Particles in $^{252}\text{Cf}(\text{sf})$. Proc. 6th International Conference Dynamical Aspects of Nuclear Fission «Danf-2006», Smolenice Castle, Slovak Republic, October 2–6, 2006.

В рамках международной программы «Атмосферные выпадения тяжелых металлов (ТМ) в Европе — оценки на основе анализа мхов-биомониторов» завершен большой цикл работ, связанных с одновременным сбором образцов в 2005–2006 гг. в ряде районов Центральной России, Южного Урала, Белоруссии, Болгарии, Словакии, Польши, Румынии, Сербии, Македонии, Хорватии и Греции для проведения многоэлементного активационного анализа на реакторе ИБР-2. Результаты анализа по 13 элементам: Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Sb, Ti, V и Zn, будут переданы в Европейский атлас атмосферных выпадений ТМ. Аналогичные исследования проведены в Монголии и во Вьетнаме. Особый интерес представляют результаты анализа мхов-биомониторов из биосферных заповедников (Приокско-Тerrasного и Воронежского), полученные в сотрудничестве с Институтом глобального климата и экологии (Москва).

- *Frontasyeva M. V.* Neutron activation analysis at the IBR-2 reactor in Dubna for Life Sciences // Ecological Chemistry and Engineering. 2006. V. 13, No. 5. P. 373–381.

Физика конденсированных сред

На дифрактометре ФДВР изучался состав $\text{Pr}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{CoO}_3$, в котором ранее наблюдалось несколько магнитоструктурных фазовых переходов. Дифракционные спектры были измерены в широком диапазоне температур (10–780 К), в основном в режиме

нагрева образца. В этом диапазоне обнаружены два фазовых перехода ($T_1 \approx 120$ К и $T_2 \approx 300$ К), в ходе которых изменяются магнитная и кристаллическая структуры образца. Переходы сильно размыты по температуре, а между 120 К и 300 К фазы сосуществуют.

- *Balagurov A. M., Bobrikov I. A., Pomjakushin V. Yu., Sheptyakov D. V., Babushkina N. A., Gorbenko O. Yu., Kaul A. R. // Physica B. 2006. V. 385–386. P. 94–96.*

На дифрактометре ДН-12 проведено исследование кристаллической и магнитной структуры гексагональных фрустрированных манганитов $R\text{MnO}_3$ ($R = \text{Y, Lu}$) при высоких давлениях, до 6 ГПа. Установлена взаимосвязь между симметрией треугольного АФМ-состояния с параметром искажения треугольной решетки s , образованной атомами Mn и O. Полученная обобщенная магнитная фазовая диаграмма позволяет объяснить наблюдаемые изменения симметрии магнитного состояния при химическом замещении (изменении ионного радиуса R элемента) и приложении высокого давления за счет вариации s .

- *Kozlenko D. P., Kichanov S. E., Lee S., Park J.-G., Glazkov V. P., Savenko B. N. // Journal of Experimental and Theoretical Physics, Letters. 2006. V. 83. P. 346–350.*

Начато изучение эффекта избытка поверхностно-активного вещества в магнитных жидкостях на их стабильность. В качестве первой системы выбрана классическая магнитная жидкость на основе магнетита, диспергированного в бензол и покрытого одинарным слоем олеиновой кислоты. С помощью малоуглового рассеяния нейтронов были исследованы растворы олеиновой кислоты ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$) в дейтерированном бензоле (C_6D_6). Целью работы было определение характера взаимодействия между молекулами кислоты, а также прояснение возможности их кластеризации. Определенный на основе этих данных объем молекулы олеиновой кислоты, 657 \AA^3 , значительно отличается от ее вандер-ваальсовского объема, 523 \AA^3 , и в то же время практически совпадает с удельным объемом чистой олеиновой кислоты в ее жидком состоянии. Ведется моделирование изучаемой системы методами молекулярной динамики.

- *Avdeev M. V., Aksenov V. L., Balasoiu M., Garamus V. M., Schreyer A., Török Gy., Rosta L., Bica D., Vékas L.-J.* // *Col. Interface Sci.* 2006. V. 295. P. 100–107.

На спектрометре РЕМУР проведено исследование магнитного упорядочения и доменной структуры в слоях $20 \times [\text{Fe}(1,993 \text{ нм}) / \text{Cr}(1,2 \text{ нм})] / \text{MgO}$. Тип магнитного межслоевого упорядочения зависит от толщины слоя хрома, которая в эксперименте изменялась с помощью звуковой волны мегагерцевого диапазона. В рефлектометрических экспериментах с поляризованными нейтронами наблюдаются эффекты изменения диффузного рассеяния нейтронов от доменной структуры и появления неупругого рассеяния нейтронов благодаря возникновению колебаний магнитных моментов слоев. Таким образом, показано, что можно управлять магнитной структурой антиферромагнитно-упорядоченной структуры $20 \times [\text{Fe}(1,993 \text{ нм}) / \text{Cr}(1,2 \text{ нм})] / \text{MgO}$, изменяя уровень или частоту звуковой волны. Это открывает новую возможность управления магнитной структурой, которая характеризуется большим быстродействием.

- *Аксенов В. Л., Игнатович В. К., Никитенко Ю. В.* // *JETP Letters.* 2006. V. 84. issue 9, P. 563–569.

На дифрактометре ДН-2 изучался распад гидратного клатрата с дейтерием состава $32\text{D}_2:136\text{D}_2\text{O}$ при нагреве до 250 К с фиксированием отдельных этапов его разложения. Кратковременный (15 мин) нагрев образца с последующей закалкой до температуры жидкого азота (95 К) позволил осуществить ступенчатое удаление водорода из пор клатрата при одинаковых условиях длительной съемки для изучения взаимодействия матрицы с молекулами внедренного дейтерия. Оказалось, что параметр решетки в этих условиях не зависит от концентрации дейтерия, т. е. никаких признаков усиления его взаимодействия с решеткой не обнаружено.

- *Киселев М. А., Рябова Н. Ю., Балагуров А. М., Отто Д., Данте С., Хаусс Т., Вартевиц С., Нойберт Р.* // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования.* 2006. № 6. С. 30–37.

РАДИАЦИОННЫЕ И РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Продолжены исследования молекулярных нарушений в ДНК лимфоцитов периферической крови человека при γ -облучении и действии ускоренных тяжелых ионов. С использованием метода ДНК-комет изучены закономерности индукции и репарации двунитевых (ДР) разрывов ДНК в клетках, облученных γ -квантами ^{60}Co и ускоренными ионами ^7Li (линейная передача энергии 20 кэВ/мкм). При γ -облучении и при действии ускоренных ионов выявлены линейные дозовые зависимости. Анализ результатов исследования показал, что тяжелые ионы по сравнению с γ -квантами обладают большей биологической эффективностью по критерию индукции ДР ДНК. Величина относительной биологической эффективности ускоренных ионов лития составляет $1,6 \pm 0,1$.

- *Борейко А. В., Тронов В. А.* Закономерности индукции и репарации двунитевых разрывов ДНК в лимфоцитах человека при действии высокоэнергетических ионов углерода. Сообщение ОИЯИ Р19-2005-166, Дубна, 2005.

Изучены закономерности индукции и репарации ДР ДНК при γ -облучении в условиях влияния ингибиторов синтеза ДНК – арабинозидцитозина (АраЦ) и оксимочевины (ОМ). Комбинация этих агентов блокирует не только репликативный, но и репаративный синтез ДНК. В этих условиях короткие индуцированные излучением однонитевые пробелы в ДНК трансформируются в двунитевые энзиматические разрывы вследствие атаки оппозитных пробелу нитей специфичными к однонитевой ДНК S_1 -эндонуклеазами. Установлено, что спустя 2 ч после облучения количество ДР ДНК возрастает в ~ 3 раза по сравнению с обычными условиями. Различия в количестве ДР ДНК, остающихся в клетках через 5 ч после облучения в нормальных условиях и при действии ингибиторов, достигают более 7. Это обстоятельство связывается с репарацией ДР ДНК в нормальных условиях и с трансформацией однонитевых пробелов в ДР ДНК в условиях влияния ингибиторов репарации. В последующих экспериментах

с тяжелыми ионами, когда в клетках индуцируются прямые дву-нитевые разрывы ДНК, планируется изучить модифицирующее влияние ингибиторов синтеза ДНК на выход ДР и кинетику их репарации.

Продолжено также изучение индукции хромосомных повреждений малыми дозами излучения с разной линейной передачей энергии (ЛПЭ) в лимфоцитах периферической крови человека. С использованием разных цитогенетических методов (метафазный, анафазный методы, микроядерный тест) на лимфоцитах периферической крови различных доноров показана гиперчувствительность (ГЧ) клеток при дозах 1-5 сГр при действии излучений разного качества (γ -излучение, рентгеновское излучение, ускоренные ионы углерода с энергией 100 и 400 МэВ/нуклон).

- *Шмакова Н. Л., Насонова Е. А., Красавин Е. А. и др.* Индукция хромосомных aberrаций и микроядер в лимфоцитах периферической крови человека при действии малых доз облучения // Радиационная биология. Радиоэкология. 2006. Т.46, № 4. С. 480–487.
- *Насонова Е. А., Шмакова Н. Л., Комова О. В. и др.* Цитогенетические эффекты малых доз ионизирующей радиации с различной ЛПЭ в лимфоцитах периферической крови человека и возможные механизмы их реализации // Радиационная биология. Радиоэкология. 2006. Т. 46, № 4. С. 457–460.

Проведены исследования по биодозиметрии и определению индивидуальной радиочувствительности клеток человека. Выполнена серия экспериментов по исследованию индивидуальных отклонений распределения повреждений ДНК в хромосомах — 2, 8, 14 (лимфоциты периферической крови человека), в зависимости от ЛПЭ излучений. Результаты экспериментов показывают, что междонорные отличия могут быть причиной ошибки в биодозиметрии при определении полученной дозы облучения. Данную ошибку можно минимизировать по определению поврежденной хромосомы-2, т.к. наши исследования показали наименьшую вариабельность отклонения показателей ее повреждений между донорами.

- *Говорун Р. Д., Денерас-Каминьска М., Зайцева Е. М., Красавин Е. А., Мицын Г. В., Молоканов А. Г.* Исследование хромосомных нарушений в клетках человека после облучения терапевтическим пучком протонов фазотрона Объединенного института ядерных исследований // Письма в ЭЧАЯ. 2006. № 3, вып. 1(130). С. 92–101.

Продолжено изучение закономерностей индукции тяжелыми ионами мутаций различной природы у дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Проведены исследования генетического контроля регуляции репарации, check-point и сигнальных путей, обеспечивающих восстановление клетками как эндогенных, так и экзогенных повреждений ДНК. Изучена трехмерная структура киназы CDC28, играющей центральную роль в регуляции клеточного цикла, репарации и check-point, и структуры репаративного комплекса дрожжей Msh2/Msh6.

- *Холмуродов Х. Т., Кретов Д. А., Герасимова А. С., Колтовая Н. А.* Молекулярно-динамическое моделирование замены консервативного глицина на серин в G-петле у мутанта *cdc28-srm* дрожжей с использованием кристаллической решетки киназы CDK2 человека // Биофизика. 2006. Т. 51. С. 679–691.
- *Кретов Д. А., Холмуродов Х. Т., Колтовая Н. А.* МД моделирование протеинкиназы человека: влияние замены консервативного глицина на серин в G-петле активного комплекса CDK2 // Mendeleev Commun. 2006. V. 16. P. 211–212.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

На базе ЦИВК ОИЯИ создана грид-инфраструктура как составная часть мировой инфраструктуры Grid в рамках проектов EGEE/LCG. В ОИЯИ поддерживается специальный сервер для централизованного мониторинга российских LCG-сайтов. На базе этой инфраструктуры проводятся сеансы массовой генерации событий для экспериментов CMS, ALICE, ATLAS и LHCb.

В рамках участия в СВМ-коллаборации продолжена работа, целью которой является изучение состояния сильно сжатой ядерной материи на будущем ускорителе GSI (Германия) на основе пособытийного анализа. Группа ОИЯИ предложила несколько эффективных методов реконструкции событий и разработала соответствующие программы, которые уже включены в вычислительную среду эксперимента СВМ или проходят испытания и тестирование. В частности, разработаны два подхода по реконструкции треков в STS-детекторе и алгоритмы распознавания треков в TRD-детекторе, предложены два подхода для нахождения черенковских колец в RICH-детекторе, разработаны методы определения импульсов частиц и т. д.

- *Акишин П. Г. и др.* Сообщение ОИЯИ Е10-2006-48. Дубна, 2006.

Проведено детальное исследование процесса распыления чистых металлов, сплавов, аморфных сплавов, полупроводников и высокоориентированного пиролитического графита при облучении тяжелыми ионами высоких энергий. Введена трехмерная модель тепловой вспышки («горячего трека иона») с температурной зависимостью термодинамических параметров (удельной теплоемкости и теплопроводности) для однослойных моно- и поликристаллов, а также для многослойных структур (материалов). Получено численное решение введенной системы дифференциальных уравнений в частных производных для температур электронной и решеточной подсистем вокруг и вдоль траектории быстрого тяжелого иона в зависимости от времени t и координат: радиальной r и продольной z , с учетом возможных фазовых переходов, таких как плавление и испарение.

- *Амирханов И. В. и др.* // ЭЧАЯ. 2006. Т. 37, № 6. С. 837–866.
- *Амирханов И. В. и др.* // Письма в ЭЧАЯ. 2006. Т. 3. № 1(130). С. 63–75.
- *Амирханов И. В. и др.* // Письма в ЭЧАЯ. 2006. Т. 3. № 5(134). С. 80–91; *Amirkhanov I. et al.* // Crystallography Reports. 2006. V. 51, suppl.1. P. 532–543.

Для объяснения процессов формирования трека в монокристалле $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ предложено описание, основанное на модели термического пика. Модель демонстрирует некоторые интересные особенности: явление «электронной закалки» и бифуркационную зависимость решения от параметров. Для подтверждения последнего эффекта необходимо повышение точности экспериментальных измерений. Показано, что энергия, затраченная на создание трека, должна быть равна теплоте плавления, а также доказано, что модель «эпитаксиального восстановления» неприменима.

- *Kostenko B. et al.* // Письма в ЭЧАЯ. 2006. Т. 3, № 1(130). С. 31–44.

Для рассмотрения неупругого рассеяния с возбуждением коллективных состояний ядер предлагается использовать (полу)микроскопический ядро-ядерный оптический потенциал, адиабатический подход и амплитуду упругого рассеяния в высокоэнергетическом приближении. Выполнены расчеты неупругих сечений рассеяния тяжелых ионов ^{17}O разными ядрами при энергии около 100 МэВ/нуклон и получено удовлетворительное согласие с экспериментальными данными без введения свободных параметров.

- *Hanna K. et al.* // Письма в ЭЧАЯ. 2006. Т. 3, № 6(135). С. 105–112.

В работе «Новые вклады в рождение тяжелых кваркониев» пересматривается механизм рождения кваркониев с теоретико-полевой точки зрения и показывается, что в общем случае в низшем порядке механизм рождения тяжелых кваркониев допускает два типа разрезов. Первый соответствует обычному синглетному по цвету механизму. Второй до сих пор не рассматривался. При исследовании его калибровочно-инвариантным способом вводятся новые 4-точечные вершины, напоминающие октетный по цвету механизм рождения кваркониев. Эти новые объекты позволяют выйти за рамки статического приближения. Показано, что при большом поперечном импульсе J/Ψ эти новые вклады могут быть даже больше вкладов от синглетного по цвету

механизма. В случае Ψ' теоретические неопределенности будут больше и возможно сравнение их с имеющимися данными.

- *Lansberg J. P., Cudell G. R., Kalinovsky Yu. L. // Phys. Lett. B. 2006. V. 633. P. 301–308.*

Изучена динамика клеточных автоматов с симметричными локальными правилами, действующими на решетках с высокой степенью симметрии. Анализ клеточных автоматов такого рода может быть использован для моделирования таких трехвалентных структур, как фуллерены и графены, которые рассматриваются в настоящее время как потенциальная основа будущих нанотехнологий.

- *Kornyak V. V. Cellular Automata with Symmetric Local Rules. «Computer Algebra in Scientific Computing. CASC-2006», LNCS 4194, Springer-Verlag, 2006, P. 240–250; arXiv:math-ph/0605040.*

Ведутся работы по моделированию пространственной укладки интерфазных хромосом в гаплоидном ядре зародышевых клеток на основе их структурных изменений после действия радиации. Проведено 3D-моделирование укладки в пространстве части гаплоидного генома (вторая хромосома) в зрелых спермиях *Drosophila melanogaster* с использованием математических методов и методов визуализации макромолекулярных биоструктур. Согласно разработанной модели вся вторая хромосома в ядре зрелых спермиев упакована, по-видимому, в виде мегарозеточно-петлевой структуры, которая, следует полагать, является принципиальной и упорядоченной формой макроорганизации генома гаплоидных зародышевых клеток у высших организмов.

- *Александров И. Д. и др. // Письма в ЭЧАЯ. 2006. Т. 3, № 6. С. 58–73.*

УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

В 2006 г. в УНЦ ОИЯИ проходили обучение более 500 студентов: из МГУ — 34 человека, МИФИ — 9 человек, МФТИ

— 15 человек, ун-та «Дубна» — более 200 человек, МИРЭА — 201 человек, других вузов стран-участниц ОИЯИ — 120 человек (Армении, Белоруссии, Польши, Узбекистана, Украины, Чехии).

Продолжалась специальная учебная программа «Большой адронный коллайдер», нацеленная на подготовку кадров для экспериментов на коллайдере ЛНС, в которых участвует ОИЯИ. В 2006 г. в этой программе участвовали студенты МГУ, МФТИ, Воронежского ГУ, Костромского ГУ, МИРЭА.

В аспирантуре ОИЯИ обучалось 67 человек, из них по специальности «Физика атомного ядра и элементарных частиц» — 26 человек, по специальности «Теоретическая физика» — 19 человек.

В 2006 г. в УНЦ появилась новая структура — учебные лаборатории. Были созданы лаборатории оптики (14 работ), атомной физики (7 работ), а также заложены основы лаборатории ядерной физики.

Со 2 по 22 июля 2006 г. в УНЦ проходила III Международная летняя студенческая практика по направлениям исследований ОИЯИ. В этом году на практику приехало рекордное число студентов (51 человек) из вузов Польши, Румынии, Словакии и Чехии. Программа занятий включала лекции ведущих ученых ОИЯИ по специальным дисциплинам, лекции-презентации от лабораторий и традиционные учебные лабораторные работы на базовых установках Института.

Общие данные о количестве публикаций сотрудников ОИЯИ (с 01.12.2005 по 30.11.2006)

- Книги — 17:

Повседневный японский: Русско-японский разговорник / Авт.-сост.: *Сороко Л. М.* — Дубна: ОИЯИ, 2005. — 78 с. — Библиогр.: с. 73–75.

Квантовые системы со скрытой симметрией. Межбазисные разложения / *Мардоян Л. Г., Погосян Г. С., Сисакян А. Н. и Тер-Антонян В. М.* — М.: Физматлит, 2006. — 240 с. — Библиогр.: с. 223–236.

Общие принципы квантовой теории поля / *Боголюбов Н. Н., Логунов А. А., Оксак А. И. и Тодоров И. Т.* — М.: Физматлит, 2006. — 743 с. — Библиогр.: с. 680–730.

Акимов Ю. К. Фотонные методы регистрации излучений. — Дубна: ОИЯИ, 2006. — 281 с.: ил. — (ОИЯИ; 2005-85). — Библиогр.: с. 248–281. Посвящается 50-летию ОИЯИ.

Боголюбов Н. Н. Собрание научных трудов = Collection of Scientific Works: В 12 т. / Отв. ред.: А. Д. Суханов — М.: Наука, 2005 — (Классики науки):

Т. 1: *Боголюбов Н. Н.* Математика и нелинейная механика. Математика, 1925–1990 = Mathematics and Nonlinear Mechanics. Mathematics, 1925–1990 / Ред.-сост.: А. Д. Суханов, 2005. — 775 с.: 1 л. портр. — Библиогр. в конце разд.

Т. 2: *Боголюбов Н. Н.* Математика и нелинейная механика. Нелинейная механика, 1932–1940 = Mathematics and Nonlinear Mechanics. Nonlinear Mechanics, 1932–1940 / Ред.: Ю. А. Митропольский и А. Д. Суханов, 2005. — 828 с.: ил. — Библиогр.: с. 814–816.

Т. 3: *Боголюбов Н. Н.* Математика и нелинейная механика. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний = Mathematics and Nonlinear Mechanics. Asymptotic Methods in the Theory of Nonlinear Oscillations / Ред.: Ю. А. Митропольский и А. Д. Суханов, 2005. — 605 с.: ил. — Библиогр.: с. 593–599.

Т. 4: *Боголюбов Н. Н.* Математика и нелинейная механика. Нелинейная механика, 1945–1974 = Mathematics and Nonlinear Mechanics. Nonlinear Mechanics, 1945–1974 / Ред.: Ю. А. Митропольский и А. Д. Суханов, 2006. — 432 с. — Библиогр. в конце частей.

Т. 5: *Боголюбов Н. Н.* Статистическая механика. Неравновесная статистическая механика. 1939–1980. = Statistical Mechanics. Nonequilibrium Statistical Mechanics. 1939–1980 / Ред.-сост.: А. Д. Суханов, 2006. — 805 с.: ил. — Библиогр. в конце частей.

Т. 6: *Боголюбов Н. Н.* Статистическая механика. Равновесная статистическая механика. 1945–1986 = Statistical Mechanics. Equilibrium Statistical Mechanics. 1945–1986 / Ред.-сост.: А. Д. Суханов, 2006. — 519 с.: ил. — Библиогр. в конце частей.

Боголюбов Н. Н. Избранные труды по математике / Ред.-сост.: А. Д. Суханов; Ред.: В. С. Владимиров. — М.: Физматлит, 2006. — 559 с.

Жидкова Л. Ф. История Дубны. 1956–1986. Дубна: Б.и., 2006. — 166 с.: ил. — К 50-летию Объединенного ин-та ядерных исследований и города Дубны.

Игнатович В. К. Нейтронная оптика. — М.: Физматлит, 2006. — 335 с.: ил. — (Фундаментальная и прикладная физика). — Библиогр.: с. 323–329.

Любимов А. Л. Мгновения, спасшие нашу Вселенную. — Дубна: ОИЯИ, 2006. — 32 с.: ил. — (ОИЯИ; Р1-2006-28: Лекции для молодых ученых; Вып. 62).

Матора И. М. Реальный электрон. — Дубна: ОИЯИ, 2006. — 115 с.: ил. — (ОИЯИ; 2005–136). — Библиогр.: с. 72–74.

Самойлов В. Н., Тюпикова Т. В. Информационные технологии бухгалтерского учета, анализа и аудита. — Дубна: ОИЯИ, 2006. — 116 с.: ил. — (ОИЯИ; Р11-2005-101). — Библиогр.: с. 112–113.

Шириков В. П. Избранное. — Дубна: ОИЯИ, 2006. — 156 с.: ил. — Содерж.: избранные произведения для стенной газеты «Импульс» (1964–1990 гг.).

- Журнальные статьи — 756
- Публикации в трудах конференций — 732
- Препринты — 203
- Авторефераты диссертаций — 19
- **Всего: 1727**

Редактор *Т. Я. Жабцкая*

Подписано в печать 13.03.2007.

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

Усл. печ. л. 1,75. Уч.-изд. л. 1,2. Тираж 135 экз. Заказ № 55691.

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

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/

Содержание

Теоретическая физика	3
Экспериментальная физика	5
Физика частиц.....	5
Релятивистская ядерная физика	8
Физика тяжелых ионов	9
Ядерная физика низких и промежуточных энергий ...	10
Нейтронная ядерная физика	10
Физика конденсированных сред	13
Радиационные и радиобиологические исследования	16
Информационные технологии и вычислительная физика	18
Учебно-научный центр	21
Общие данные о количестве публикаций сотрудников ОИЯИ (с 01.12.2006 по 26.11.2007).....	22