

# ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ ИМ. В. П. ДЖЕЛЕПОВА

## ФИЗИКА НЕЙТРИНО И РЕДКИХ ПРОЦЕССОВ

Основной целью проекта **GEMMA** является измерение магнитного момента нейтрино с чувствительностью на уровне  $(4 \div 7) \cdot 10^{-12} \mu_B$ , где  $\mu_B$  — магнетон Бора. Спектрометр GEMMA состоит из 1,5-килограммового сверхчистого германиевого детектора, окруженного пассивной и активной защитой, который расположен под 3-гигаваттным реактором №2 Калининской АЭС на расстоянии 13,9 м от центра активной зоны. Анализ первых данных в 2008 г. позволил установить новый верхний предел на магнитный момент нейтрино  $5,1 \cdot 10^{-11} \mu_B$ . После анализа данных, полученных в 2009 г., предел на магнитный момент нейтрино был улучшен до  $3,9 \cdot 10^{-11} \mu_B$ . Одновременно в 2009 г. проходила разработка и сборка спектрометра GEMMA-II. Ожидается улучшение чувствительности измерений магнитного момента нейтрино до уровня  $(1,0 \div 2,0) \times 10^{-11} \mu_B$ . В третьей фазе эксперимента (GEMMA-III) ожидается, что чувствительность эксперимента составит  $(0,4 \div 1,0) \cdot 10^{-11} \mu_B$ .

Основной целью эксперимента **NEMO-3** является поиск двойного безнейтринного бета-распада для семи различных изотопов. Двойной безнейтринный бета-распад ( $0\nu\beta\beta$ ) — одно из свидетельств новой физики за пределами стандартной модели. Его экспериментальное обнаружение позволит подтвердить майорановскую природу нейтрино и установить абсолютную шкалу нейтринных масс. Детектор NEMO-3 работает при стабильных условиях с февраля 2003 г. в Моданской подземной лаборатории (LSM, Франция). Время экспозиции составляет 2090 сут (5,7 лет). В 2009 г. после анализа данных за 3,75 лет наблюдения были получены новые данные для двойного безнейтринного бета-распада. Двойной

безнейтринный бета-распад обнаружен не был, что позволило установить следующие пределы на время полураспада и на массу нейтрино (с 90 %-й вероятностью):

$$T_{1/2}^{0\nu\beta\beta}({}^{100}\text{Mo}) > 1,1 \cdot 10^{24} \text{ лет},$$

$$\langle m\nu \rangle < 0,45 - 0,93 \text{ эВ};$$

$$T_{1/2}^{0\nu\beta\beta}({}^{82}\text{Se}) > 3,6 \cdot 10^{23} \text{ лет},$$

$$\langle m\nu \rangle < 0,89 - 2,43 \text{ эВ}.$$

Также были улучшены результаты для двойного нейтринного бета-распада. В 2009 г. проводилось дальнейшее изучение фона и систематических ошибок.

Французско-немецко-российский эксперимент **EDELWEISS** направлен на прямое детектирование слабовзаимодействующих массивных частиц (WIMP) из галактического гало. Эксперимент проводится в подземной лаборатории Фрежус, расположенной на глубине, соответствующей 4800 м водного эквивалента. Для одновременного измерения тепловыделения и ионизационного сигнала в эксперименте EDELWEISS используются сверхчистые германиевые детекторы при температуре 20 мК. В 2009 г. коллаборация EDELWEISS-II использовала 10 Ge/NTD/ID-детекторов массой 400 г каждый для прямого детектирования WIMP. Непрерывный набор данных с такими детекторами продолжался в течение 8 мес. (общее время работы установки в течение года составило 10 мес.). После анализа данных, соответствующих эффективной статистике 144 кг-сут с порогом от 20 кэВ, было обнаружено одно событие в зоне поиска WIMP. Если интерпретировать это событие как фон, то полученный предел на

сечение спин-независимого взаимодействия WIMP-нуклон составляет  $1,0 \cdot 10^{-43} \text{ см}^2$  (для 90 %-го уровня достоверности и для WIMP с массой 80 ГэВ/ $c^2$ ). Данный результат впервые продемонстрировал высочайшую эффективность поиска WIMP с помощью Ge/NTD/LD-детекторов [1–3].

Продолжающийся набор данных в EDELWEISS-II позволит к апрелю 2010 г. набрать до 300 кг-сут данных, что поможет достичь лучшей экспериментальной чувствительности по прямому поиску WIMP и проверить природу одного зарегистрированного события.

В 2009 г. в Институте Пауля Шеррера (PSI) в Швейцарии продолжилось проведение эксперимента PEN по прецизионному измерению вероятности распада  $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu(\gamma)$ . Набор данных продолжился в 2008–2009 гг. К настоящему моменту зарегистрировано  $4,7 \cdot 10^6$  событий распада  $\pi \rightarrow e \nu$ , что соответствует статистической неопределенности  $\delta B/B = 5 \cdot 10^{-4}$  [4]. Сеанс 2009 г. является вторым по набору статистики в данном эксперименте.

За оба сеанса зарегистрировано более  $10^7$  событий распада  $\pi \rightarrow e \nu$ , что позволит улучшить оценку вероятности распада [5]. Окончательный результат будет получен после последнего набора статистики в сеансе 2010 г.

В 2009 г. в Институте Пауля Шеррера продолжился эксперимент MEG по поиску нарушающего закон сохранения лептонного числа распада  $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ . Целью эксперимента является достижение уровня чувствительности  $10^{-13}$  к основной моде распада, что на два порядка величины ниже ныне существующего предела. Эксперимент проводится на канале  $\pi E5$ , обеспечивающем самый интенсивный в мире пучок «поверхностных мюонов» с использованием детекторов, имеющих наилучшее возможное разрешение как для позитронов, так и для  $\gamma$ -квантов. Обработка данных сеанса 2008 г. дала ограничение на искомый распад на уровне  $3 \cdot 10^{-11}$ . По результатам этого сеанса были приняты меры для улучшения параметров установки. Так, с участием сотрудников ЛЯП была проведена работа с дрейфовыми камерами с целью добиться более стабильной и эффективной их работы. По результатам сеанса 2009 г. ожидается достижение ограничения на искомый распад на уровне  $(2 \div 4) \cdot 10^{-12}$ . Продолжение набора статистики в 2010 и 2011 гг. позволит достичь запланированного уровня чувствительности эксперимента  $10^{-13}$ .

Стартовав в 2008 г., эксперимент OPERA имел первый полномасштабный сеанс работы в Гран-Сассо на нейтринном пучке из ЦЕРН, что позволило зарегистрировать 1680 нейтринных взаимодействий в детекторе в первый год работы. В 2009 г. было зарегистрировано более 3500 событий, анализ которых идет в настоящий момент. По количеству данных, набранных в 2008–2009 гг., первые кандидаты на рождение тау-нейтрино в пучке CNGS должны

уже быть среди зарегистрированных событий. Это делает анализ данных особенно интересным в настоящий период. Группа ОИЯИ разработала алгоритмы поиска вершин событий в электронных детекторах. Написанная в Дубне программа продемонстрировала на данных 2009 г. более высокую эффективность целеуказания (на 8 %), чем использовавшаяся прежде программа реконструкции событий. Автоматическая сканирующая станция для анализа данных OPERA была запущена в ОИЯИ и позднее дополнена роботом для автоматической смены эмульсий, что значительно повысило ее производительность и сделало возможным проводить просмотр большого количества фотоэмульсионного материала практически без участия оператора. Наличие этого уникального прибора открывает возможности для применения фотоэмульсионного метода в новых областях [6, 7].

Продолжается набор данных в эксперименте BOREXINO после успешного запуска детектора в мае 2007 г. Основные усилия коллаборации в течение года были направлены на улучшение точности измерения потока солнечных нейтрино от  ${}^7\text{Be}$ , на сегодня опубликованы результаты анализа 192 сут реального времени. Поток нейтрино от  ${}^7\text{Be}$  за 192 сут составил  $49 \pm 3(\text{стат.}) \pm 4(\text{сист.}) \text{ соб./сут/100 т}$  сцинтиллятора. Сигнал, ожидаемый в стандартной модели солнца с высокой металличностью, составляет  $74 \pm 4 \text{ соб./сут/100 т}$ , эффект MSW-LMA уменьшает ожидаемую скорость счета до  $48 \pm 4 \text{ соб./сут/100 т}$ . Гипотеза отсутствия осцилляций несовместима с измерением на уровне  $4\sigma$ .

Другим интересным результатом, полученным с теми же данными, является ограничение на эффективный магнитный момент нейтрино. Изучение максимально возможных отклонений экспериментального спектра электронов отдачи от формы спектра для чисто электрослабого взаимодействия, выполненное на данных BOREXINO, приводит к новому ограничению на эффективный магнитный момент нейтрино  $\mu_\nu < 5,4 \cdot 10^{-11} \mu_B$  с 90 %-й вероятностью.

В 2009 г. дубненская группа участвовала в наборе данных и в калибровке детектора. Результаты калибровок энергетической шкалы и программы пространственного восстановления координат позволили значительно уменьшить систематическую ошибку в анализе измерений потока бериллиевых и борных солнечных нейтрино. Был выполнен анализ данных по ограничению на нарушение принципа Паули в ядрах  ${}^{12}\text{C}$ . Также проводился анализ данных с целью поиска антинейтринных взаимодействий в детекторе (гео и реакторных антинейтрино) [8, 9].

Целью эксперимента TUS является исследование спектра космических лучей (КЛ) предельно высоких энергий в области  $10^{19} - 10^{20}$  эВ. Особый интерес к этой области обусловлен эффектом ГЗК — обрезанием спектра КЛ из-за взаимодействия пер-

вичных частиц с фотонами реликтового излучения. Вследствие ГЗК-обрезания космическая среда становится непрозрачной: у протона с энергией больше  $5 \cdot 10^{19}$  эВ длина свободного пробега равна  $\approx 50$  Мпк. В настоящее время с целью увеличения статистики в 10–100 раз в области  $10^{19} - 10^{20}$  эВ создаются несколько экспериментов космического базирования, в том числе TUS/КЛПВЭ.

ОИЯИ совместно с ОАО «Консорциум "Космическая регата"» (г. Королев) создает наиболее сложную часть установки — составное фокусирующее зеркало Френеля площадью  $\approx 2$  м<sup>2</sup> для работы в открытом космосе с перепадом температур  $\pm 80$  °С. В 2009 г. изготовлен технологический образец 7-модульного зеркала. В ОИЯИ разрабатываются программы моделирования Монте-Карло измерений зеркала и обработки результатов измерений. Полетный образец детектора TUS планируется изготовить в 2010–2011 гг. и начать набор данных с осени 2011 г. с борта спутника «Михаил Ломоносов» [10].

Целью проекта NUCLEON являются прямые измерения атмосферных ливней в околоземном про-

странстве при энергии  $10^{11} - 10^{15}$  эВ в районе зарядов ядер до  $Z \approx 30$ . В проекте сотрудники ЛЯП ОИЯИ отвечают за разработку, изготовление и испытание сцинтилляционной системы быстрого триггера (ССБТ), том числе триггерной электроники.

Сцинтилляционная система быстрого триггера (ССБТ) предназначена для регистрации всех событий, их быстрой обработки с целью выборки событий в диапазоне энергий  $10^{11} - 5 \cdot 10^{14}$  эВ и выработки управляющих команд для электроники всех детекторов. ССБТ содержит перестраиваемые триггеры 1-го и 2-го уровней для эффективного отбора событий. ССБТ состоит из трех модулей и электронной платы ПТС1 триггера 1-го уровня. С трех модулей ССБТ были получены тестовые данные на стенде в ОИЯИ, от космических мюонов в НИИЯФ МГУ, а также проведен сеанс на тестовом канале пионов 350 ГэВ/с ускорителя SPS в ЦЕРН. Главной задачей следующего года является создание и тесты полетного образца детектора. Запуск планируется в 2011 г.

## ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В рамках эксперимента CDF главными результатами 2009 г. были прецизионное измерение массы топ-кварка и обеспечение эффективной работы установки CDF. Группа из ОИЯИ внесла существенный вклад в определение массы топ-кварка. В дилептонной топологии распада топ–анти топ пары на статистике  $2,9 \text{ фб}^{-1}$  получена масса топ-кварка  $M_{\text{top}} = 165,5_{-3,3}^{+3,4}$  (стат.)  $\pm 3,1$  (сист.) ГэВ/с<sup>2</sup> [14]. При этом для увеличения числа выбранных событий был использован так называемый отбор лептон + трек.

На статистике  $2,0-4,8 \text{ фб}^{-1}$  CDF и  $2,1-5,4 \text{ фб}^{-1}$  D0 с 95 %-й вероятностью установлены верхние пределы на сечение рождения бозона Хиггса для масс  $m_H = 115$  и  $165$  ГэВ/с<sup>2</sup>. Эти пределы в 2,70 и 0,94 раза выше, чем сечение образования бозона Хиггса, предсказанное стандартной моделью. В результате с 95 %-й вероятностью исключено рождение бозона Хиггса из стандартной модели в области масс  $163 < m_H < 166$  ГэВ/с<sup>2</sup>. 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 [12].

В 2010 г. коллаборация планирует выполнить высокоточное измерение массы топ-кварка с применением информации о *b*-мечении струй на максимально доступной статистике CDF, обеспечить эффективную работу всей системы сцинтилляционных счетчиков на CDF (hardware & software) во время

набора физических данных на тэватроне, продолжить изучение событий с высокой множественностью на CD.

В июле 2008 г. в Пекине (КНР) в новом детекторе BESS-III были зарегистрированы первые столкновения пучков в модернизированном коллайдере BEPC-II. Одним из основных направлений работы группы ОИЯИ является исследование свойств тау-лептона. Потенциал BESS-III позволит провести независимое измерение данных функций и существенно дополнить имеющиеся данные.

Были начаты работы в новом направлении исследований, а именно участие в спектроскопии легких адронов. Наиболее подходящим методом анализа данных в этой области является парциально-волновой анализ, позволяющий исследовать свойства промежуточных резонансов в сложных распадах. Существующая на BESS-III методика и программное обеспечение были разработаны в ходе анализа данных предыдущего эксперимента BESS-II. Применение их для анализа данных BESS-III сопряжено с рядом трудностей, связанных с многократно возросшей статистикой. За 2008 и 2009 гг. группой из ОИЯИ и ПИАФ были разработаны алгоритмы и создано программное обеспечение для парциально-волнового анализа событий распада  $J/\psi$  на три псевдоскалярных мезона и на два псевдоскалярных мезона с излучением гамма-кванта [13].

Важнейшей задачей группы ОИЯИ в эксперименте в 2010 г. является участие в сеансах набора

статистики и анализ данных, участие в калибровке детектора и его характеристик, в частности, участие в отборе событий распада  $\psi(2S)$  и  $J/\psi$  на два пиона и фотон, а также в измерениях вероятностей каналов распада и поляризации в распаде  $D^0 \rightarrow K^* \rho^0$  с использованием экспериментальных данных 2010 г.

С участием сотрудников ОИЯИ проведено исследование на пучках 11 % модулей **ATLAS Tile Calorimeter**. Измерены и проанализированы электромагнитные калибровочные масштабные константы (electromagnetic (EM) scale calibration constant) более чем для 200 ячеек калориметра, которые были облучены тестовыми пучками электронов и мюонов с ускорителя SPS. Проведенный анализ основывается на проделанной недавно модификации цезиевой калибровочной процедуры тайл-калориметра, калибровке с помощью инжекции заряда и процедуре реконструкции энергии методом фитирования. Усредненный фактор конверсии между измеренным значением заряда и выделившейся энергией (у измеренной частицы) составляет  $1,050 \pm 0,003$  пКл/ГэВ, при разбросе  $2,4 \pm 0,1$  %. Авторы детально проанализировали все источники неопределенностей EM масштабных калибровочных констант. Также было показано, что после внутренней калибровки всех ячеек тайл-калориметра с помощью цезиевого радиоактивного источника и помещения EM-масштаба в первый отдел калориметра с электронным пучком для удержания EM-масштаба единым для всего калориметра, значения сигналов, измеренных во втором и третьем отделах калориметра, необходимо увеличить на 1–9 %.

В 2009 г. в рамках направления ATLAS-GRID сотрудники ОИЯИ участвовали в централизованной монте-карло-генерации событий и их анализе, в проведении функциональных проверок распределенной системы управления данными (DDM), так называемых стресс-тестах компьютерно-аналитической инфраструктуры ATLAS, в комбинированных проверках LHC Computing System (STEP09), а также в разработке и наладке распределенного компьютерного математического обеспечения. Кроме этого проводились специализированные курсы по обучению (и консультированию) сотрудников ОИЯИ работе в грид-среде ATLAS, а также проводились работы в рамках так называемого SARA cloud по подготовке к приему и обработке данных в рамках группы ATLAS ADC.

Помимо этого сотрудники ОИЯИ заняты работой (в том числе и непосредственно в ЦЕРН) по поддержке системы распределенных вычислений ATLAS (Distributed Computing). В данную систему входит набор серверов, расположенных в ЦЕРН, осуществляющих как рассылку вычислительных задач по 11 компьютерным центрам (Tier1), так и саму передачу данных с ATLAS. На машинах ADC работают следующие основные сервисы: Distributed Data Management system (DDM), Tier0 system, PANDA,

GANGA, pAthena и ADC Monitoring. Перечисленные сервисы должны работать непрерывно, в случае неполадок с компьютерами проблемы должны решаться оперативно (в течение часа).

Сотрудники ОИЯИ приняли участие в разработке и модификации системы конфигурирования и контроля триггера ATLAS и сбора данных. Эта работа прошла путь от первоначального понимания проблемы, зафиксированного в ATLAS Technical Design Report, до ее современного состояния, основанного на учете опыта с событиями от первых циркулирующих пучков протонов. В ЛЯП ОИЯИ в 2009 г. запущена комната удаленного контроля состояния установки ATLAS.

Группой SANC проводятся исследования по применению системы SANC к физике на LHC и на  $e^+e^-$ -коллайдерах с 2004 г. Современное состояние системы включает в себя теоретические предсказания практически всех 3-частичных и многих 4-частичных процессов стандартной модели на однопетлевом уровне точности. В 2009 г. группа продолжила прецизионный анализ процессов типа Дрелла-Яна, чем практически завершила эту часть исследований. Были продолжены прецизионные расчеты вероятностей полулептонных и кварковых каналов распадов топ-кварка и процессов его одиночного рождения. В течение 2010 г. система SANC будет расширяться с учетом более сложных процессов, будут продолжены работы по ее приложению к физике на LHC [14].

Основной целью проекта DIRAC является измерение времени жизни  $\pi^+\pi^-$ ,  $\pi^+K^-$  и  $\pi^-K^+$ -атомов для проверки предсказаний низкоэнергетической КХД. В 2008 г. произведена окончательная настройка всей установки после модернизации, включая детекторы и электронику. Была завершена обработка и анализ данных, полученных в 2001–2003 гг., время жизни  $\pi^+\pi^-$ -атома измерено с точностью 10 %. В 2009 г. DIRAC набирал данные в течение шести месяцев для наблюдения атомов, состоящих из  $\pi$ - и  $K$ -мезонов, и улучшения точности измерения времени жизни  $\pi\pi$ -атома. Было набрано данных на 60 % больше, чем в 2008 г. Опубликованы первые результаты по поиску  $\pi K$ -атомов. Всего выделено  $173 \pm 54$   $\pi K$ -пар от развала атомов, что соответствует статистической значимости  $3,2\sigma$  [15].

Завершен анализ данных, полученных на установке ANKE на ускорителе COSY в Юлихе по реакции развала дейтрона  $pd \rightarrow \{pp\}_s n$  с испусканием вперед быстрой протонной пары  $\{pp\}_s$  в  $^1S_0$ -состоянии при энергиях протонного пучка 0,5–2,0 ГэВ [16]. В использованной коллинеарной геометрии процесс происходит с большой передачей импульса и, следовательно, чувствителен к структуре нуклонов на коротких расстояниях.

Измерены дифференциальные сечения и угловые распределения в диапазоне углов вылета протонной пары  $\theta_{pp} = 0-12^\circ$ , зависимость сечения от энергии

пучка при  $\theta_{pp} = 0^\circ$ . Получены распределения по относительной энергии  $E_{pp}$  при  $E_{pp} < 3$  МэВ и по направлению протона в системе покоя  $pp$ -пары, доказывающие  $^1S_0$ -состояние протонной пары.

В качестве предварительного этапа проекта PAX выполнены измерения сечения передачи спина от поляризованных протонов к электронам [17]. Измеренное сечение оказалось на несколько порядков величины меньше, чем предсказывали некоторые теоретические работы, предлагавшие использовать процесс обмена спином между электронами и (анти)протонами для поляризации пучка ускорителя. Измерения показали, что метод, предложенный

в проекте PAX, является единственно возможным для поляризации антипротонного пучка в накопителе.

В 2009 г. были продолжены работы по подготовке проекта участия ОИЯИ в эксперименте PANDA на ускорительном комплексе FAIR. Эти работы включают расширение физической программы PANDA, разработку методов и средств моделирования и анализа данных и конструирование детекторных систем. В частности, физики ОИЯИ принимают участие в создании сверхпроводящего соленоида, черенковского детектора и мюонной системы. Проект участия ОИЯИ в эксперименте PANDA был рассмотрен и принят к реализации.

## ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пучки ионов углерода с энергией до 400 МэВ/нуклон успешно применяются для лечения радиорезистентных опухолей. Разработка сверхпроводящего компактного изохронного циклотрона C400 осуществляется специалистами фирмы IBA (Бельгия) в сотрудничестве с ЛЯП ОИЯИ. Циклотрон будет ускорять ионы с отношением заряда к массе 0,5. Ионы  $^{12}\text{C}^{6+}$  and  $^4\text{He}^{2+}$  будут ускорены до энергии 400 МэВ/нуклон и выведены электростатическим дефлектором, ионы молекулярного водорода  $\text{H}_2^+$  будут ускорены до энергии 270 МэВ и выведены перезарядкой. Регулярно публикуются сообщения относительно статуса проекта C400 [18]. Успешно прошел анализ проекта циклотрона K1600. Группа международных экспертов подчеркнула высокое качество исследования, сделанного в ОИЯИ. Проект будет готов к постройке в самом ближайшем будущем.

Основной целью исследований по теме «Развитие методов и средств лучевой терапии и сопутствующей диагностики на адронных пучках ОИЯИ» является проведение на базе медико-технического комплекса (МТК) ЛЯП ОИЯИ медико-биологических и клинических исследований по лечению онкологических больных, совершенствование оборудования и аппаратуры и разработка новых методов лучевой терапии и сопутствующей диагностики онкологических больных на медицинских адронных пучках фазотрона ОИЯИ.

В течение 2009 г. совместно с Медицинским радиологическим научным центром (г. Обнинск) и радиологическим отделением МСЧ-9 проводились регулярные сеансы протонной терапии по клиническому исследованию эффективности при лечении различных новообразований. В течение года проведено семь лечебных циклов суммарной продолжительностью 28 недель. На медицинском протонном пучке курс фракционированного лучевого лече-

ния прошли 106 пациентов, при этом общее количество протонных терапевтических облучений (полей) составило 5650. Кроме того, на гамма-аппарате «Рокус-М» были пролечены еще 30 пациентов. Совместно с сотрудниками отдела радиационной дозиметрии Института ядерной физики (Прага, Чехия) проведены работы по проверке дозиметрической калибровки гамма-аппарата «Рокус-М».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Broniatowski F. et al. A New High-Background Rejection Dark Matter Ge Cryogenic Detectors // Phys. Lett. B. 2009. V. 681. P. 305–309.
2. Armengaud E. et al. First Results of the EDELWEISS-II WIMP Search Using Ge Cryogenic Withinterleaved Electrodes. arXiv: 0912.0805v1, 2009.
3. Yakushev E. Neutron Background Measurements // First ULISSE@LSM workshop, Aussois, France, June 2008.
4. Frlez E. et al. Precise Measurement of the  $\pi^+ \rightarrow e + \nu$  Branching Ratio. hep-ex/0812.2829v1.
5. Pocanic D. et al. PEN Experiment: a Precise Study of the  $\pi^+ \rightarrow e + \nu$  Decay Branching Function. arXiv: 0909.4358v1, 2009.
6. Agafonova N. et al. The Detection of Neutrino Interactions in the Emulsion/Lead Target of the OPERA Experiment // JINST. 2009. V. 4. P. 06020.
7. Acquafredda R. et al. The OPERA Experiment in the CERN to Gran Sasso Neutrino Beam // Ibid. P. 04018.
8. Arpesella C. et al. Direct Measurement of the  $^7\text{Be}$  Solar Neutrino Flux with 192 Days of Borexino Data. astro-ph/0805.3843.
9. Alimonti G. et al. The Borexino Detector at the Laboratori Nazionali del Gran Sasso // Nucl. Instr. Meth. A. 2009. V. 600. P. 568–593.
10. Tkachev L. et al. The Optical Systems of the TUS Space Experiment // Nucl. Instr. Meth. B. 2009. V. 196. P. 243–246.

11. *Aaltonen T. et al.* Measurement of the Top Quark Mass at CDF Using the Neutrino Phi Weighting Template Method on a Lepton Plus Isolated Track Sample // *Phys. Rev. D.* 2009. V. 79. P.072005.
12. *The CDF Collaboration.* Combined CDF and D0 Upper Limits on SM Higgs-Boson Production with 2.1-5.4 fb<sup>-1</sup> of Data. CDF Note 9998.
13. *Asner D.M. et al.* Physics at BES-III // *Intern. J. Mod. Phys. A.* V. 24, Supp. 1. 2009.
14. *Bardin D. et al.* SANCnews: Top Decays in QCD and EW Sectors // *Part. Nucl., Lett.* 2010. V. 7, No. 2. P. 128–141.
15. *Adeva B. et al.* Evidence for  $\pi K$ -atoms with DIRAC // *Phys. Lett. B.* 2009. V. 674. P. 11.
16. *Dymov S. et al.* Deuteron Breakup  $pd \rightarrow \{pp\}_{Sn}$  with Forward Emission of a Fast  $^1S_0$  Diproton // *Phys. Rev. C.* (submitted)
17. *Oellers D. et al.* Polarizing a Stored Proton Beam by Spin Flip? // *Phys. Lett. B.* 2009. V. 674. P. 269.
18. *Jongen Y. et al.* Progress in the Design of the C400 K1600 Superconducting Cyclotron for Carbon Beam Therapy // *European Cyclotron Progress Meeting, the Helmholtz Centre Berlin for Materials and Energy, Berlin, Germany, 2008.*