

P13-2010-121

Ю. В. Гурчин¹, Т. А. Васильев¹, А. Ю. Исупов¹,
Ю. -Т. Карачук^{1,2}, В. А. Краснов¹, А. К. Курилкин¹,
П. К. Курилкин¹, В. П. Ладыгин¹, А. Н. Ливанов¹,
С. М. Пиядин¹, С. Г. Резников¹, А. А. Терехин¹,
А. Н. Хренов¹, М. Янек^{1,3}

ДЕТЕКТИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА
ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИЗУЧЕНИЮ
РЕАКЦИИ dp -УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ
НА ВНУТРЕННЕЙ МИШЕНИ НУКЛОТРОНА

Направлено в журнал «Письма в ЭЧАЯ»

¹Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

²Исследовательский институт электрической инженерии, Бухарест

³Университет им. П. Й. Шафарика, Кошице, Словакия

| | |
|--|--------------|
| Гурчин Ю. В. и др. | P13-2010-121 |
| Детектирующая аппаратура для эксперимента по изучению реакции dp -упругого рассеяния на внутренней мишени нуклотрона | |
| <p>Представлена детектирующая аппаратура эксперимента для изучения реакции dp-упругого рассеяния на внутренней мишени нуклотрона. Приведены результаты оптимизации сцинтилляционных детекторов, а также результаты тестовых измерений на пучке дейтронов.</p> <p>Работа выполнена в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина ОИЯИ.</p> | |
| Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2010 | |

| | |
|---|--------------|
| Gurchin Yu. V. et al. | P13-2010-121 |
| Detection Equipment of the Experiment for dp -Elastic Scattering Study at the Internal Target Station of the Nuclotron | |
| <p>The detection equipment for dp-elastic scattering study at the internal target of the Nuclotron is presented. Results of the scintillation detectors optimization and results of test experiments using deuteron beam are shown.</p> <p>The investigation has been performed at the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics, JINR.</p> | |
| Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2010 | |

ВВЕДЕНИЕ

Главной целью проекта DSS (Deuteron Spin Structure) является расширение энергетического и углового диапазонов в измерении различных наблюдаемых реакций с участием трехнуклонных систем. Главная задача экспериментальной программы — получение информации о спинзависимой части трехнуклонных сил. Одним из этапов проекта DSS [1] является измерение сечения, векторной A_y , тензорных A_{yy} и A_{xx} анализирующих способностей в dp -упругом рассеянии при кинетической энергии дейтрона от 200 до 2000 МэВ.

Измерения наблюдаемых в dp -упругом рассеянии [2] будут проведены с использованием станции внутренней мишени [3, 4] на нуклотроне. В качестве мишени будет использована полиэтиленовая пленка толщиной 10 мкм. Детектирование упругих событий будет выполнено парами детекторов, расположенных симметрично в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Каждая пара предназначена для детектирования протонов и дейтронов на совпадения под определенным углом в с.ц.м. События dp -упругого рассеяния будут идентифицироваться по корреляции амплитуд сигналов и разнице времен пролета для дейтронного и протонного детекторов.

В случае измерения сечений будут использоваться две пары таких детекторов: первая — для изучения dp -упругого рассеяния, вторая — для измерений выхода pp -квазиупругого рассеяния под углом 90° в с.ц.м. для мониторинга интенсивности пучка.

1. ОПТИМИЗАЦИЯ ДЕТЕКТОРОВ

В эксперименте по изучению dp -упругого рассеяния [2] использовалось несколько сцинтилляционных детекторов. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Детектор для регистрации протонов и дейтронов в первоначальном виде (конфигурация А) состоял из двух счетчиков, каждый из которых включал в себя сцинтилляционный пластик, смонтированный в отдельном корпусе с фотоэлектронным умножителем ФЭУ-85 и цифровым делителем [5], управляемым дистанционно модулем высоковольтного питания SM-512 (рис. 2). Длина счетчика в сборе составляла 180 мм,

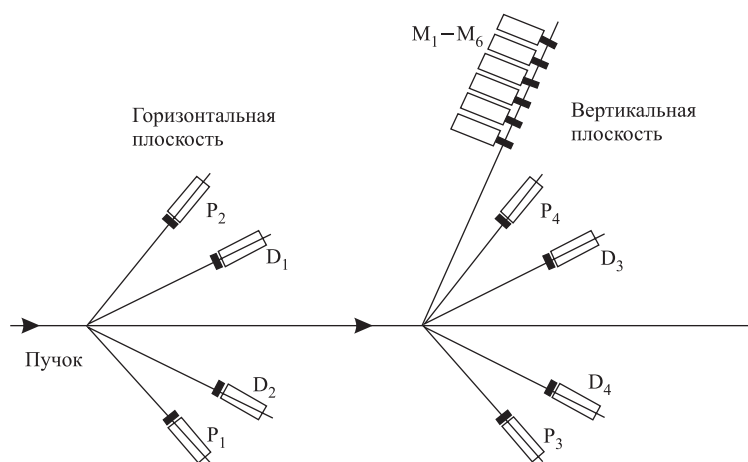


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для изучения реакции dp -упругого рассеяния на станции внутренней мишени нуклотрона: P — протонные детекторы, D — дейтронные детекторы. M_1 – M_6 — мониторные счетчики

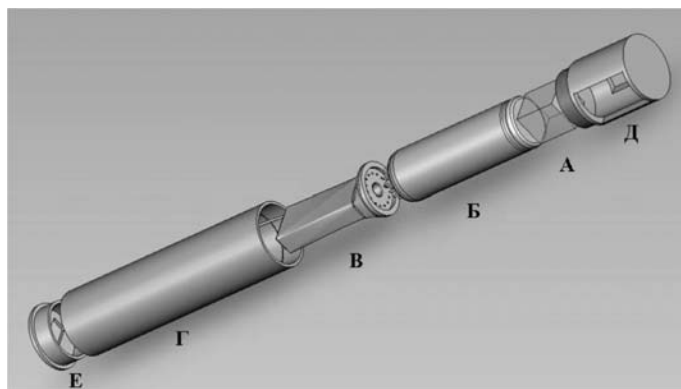


Рис. 2. Сцинтиляционный счетчик (светоизоляция не показана): А — сцинтилятор; Б — фотоэлектронный умножитель ФЭУ-85; В — цифровой делитель; Г — корпус (сталь), Д — защита сцинтилятора (сталь); Е — заглушка (пластик)

диаметр — 37 мм. Первый (от мишени) сцинтилятор имеет форму прямоугольной пластины с размерами $25 \times 20 \times 5$ мм, расположенной широкой гранью к мишени. У второго сцинтилятора, имеющего цилиндрическую форму (радиус — 10 мм, высота — 25 мм), ось симметрии была направлена на мишень. Информацией об энерговыделении частиц является амплитуда сигнала со второго счетчика. Первый счетчик работает на совпадения со вторым и

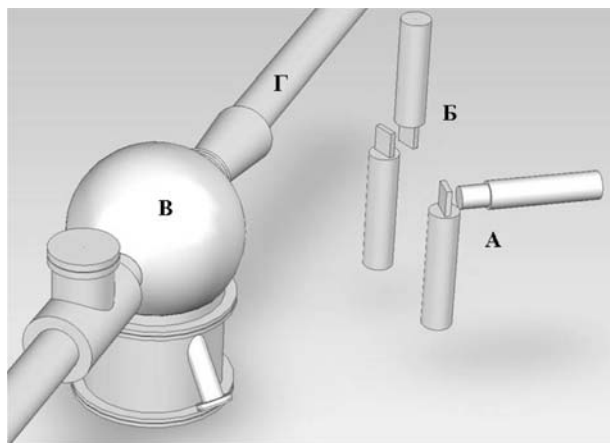


Рис. 3. Схема теста сцинтилляционных детекторов на внутренней мишени нуклотрона: А — детектор конфигурации А; Б — детектор конфигурации Б; В — вакуумный кожух станции внутренней мишени; Г — ионопровод нуклотрона

используется для уменьшения количества случайных событий. Старт схемы совпадения осуществляется сигналом со второго счетчика.

Для уменьшения размеров установки в горизонтальной плоскости был разработан детектор с более оптимальной геометрией, чем у детектора конфигурации А. Новая геометрия Б предполагает использовать детектор с вертикальным расположением обоих счетчиков (рис. 2) со вторым сцинтиллятором в форме прямоугольного параллелепипеда с размерами $20 \times 20 \times 25$ мм.

В ходе данной работы были получены зависимости средней амплитуды сигнала и ширины распределения при различных напряжениях на делителе ФЭУ для конфигураций детектора А и Б (рис. 3). Также было исследовано влияние обертывания сцинтиллятора бумагой для улучшения формы энергетического спектра и разрешения по энергии за счет предполагаемого увеличения светосбора.

Для сравнения характеристик детекторов типов А и Б были протестированы три детектора:

- детектор в конфигурации А (№ 1);
- детектор в конфигурации Б (№ 2);
- детектор в конфигурации Б со вторым сцинтиллятором, обернутым белой бумагой (№ 3).

Тестирование проводилось на пучке дейтронов нуклотрона ($E = 1,5$ ГэВ/нуклон, мишень — углерод ^{12}C) при угле рассеяния 45° с использованием стандартной системы сбора данных [6] проекта DSS (Deuteron Spin

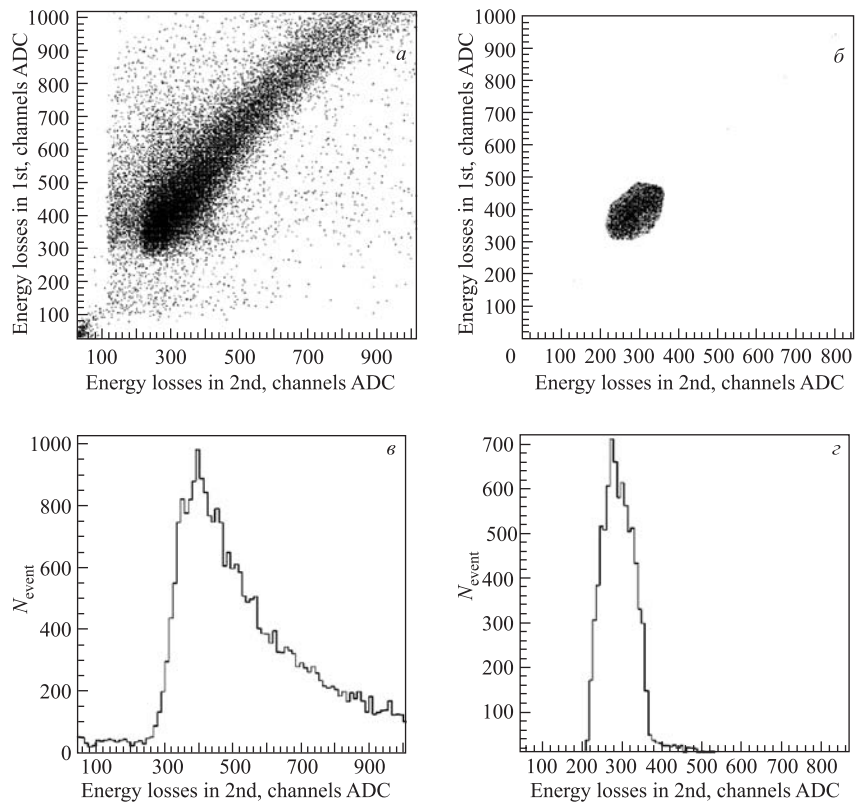


Рис. 4. Корреляция энергетических потерь в первом и втором сцинтилляторах детектора в конфигурации *a*) без критериев, *б*) с критериями. Распределения по энергетическим потерям во втором сцинтилляторе *в*) без учета критериев на корреляцию амплитуд, *г*) с учетом критериев

Structure). Обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета ROOT.

Для выделения высокоэнергетических частиц с низкой ионизирующей способностью (протонов) из непрерывного энергетического спектра (рис. 4, *a*) был использован критерий на корреляцию энергетических потерь в первом и втором сцинтилляторах детекторов (рис. 4, *б*). Распределения по энергетическим потерям частиц во втором сцинтилляторе протонного детектора № 3 без критерия и с учетом критерия на корреляцию энергетических потерь в первом и втором сцинтилляторах показаны на рис. 4, *в* и рис. 4, *г* соответственно.

Из распределений, полученных для всех трех детекторов при различных напряжениях на делителях ФЭУ (HV), находилась ширина распределения на полувысоте (FWHM).

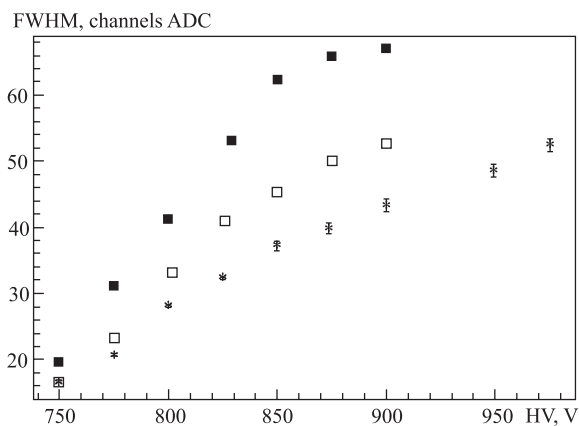


Рис. 5. Зависимость FWHM от HV: * — детектор № 1, ■ — детектор № 2, □ — детектор № 3

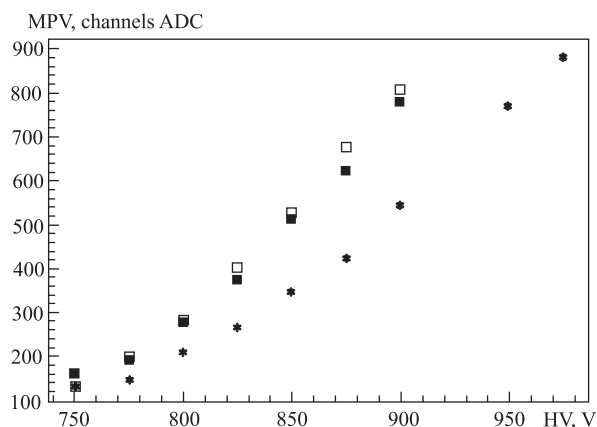


Рис. 6. Зависимость MPV от HV: * — детектор № 1, ■ — детектор № 2, □ — детектор № 3

На рис. 5 показана зависимость ширины распределения FWHM от напряжения на делителе ФЭУ-85 HV. Для устранения погрешности, связанной с отсутствием калибровки детекторов по энергии, был построен график зависимости наиболее вероятного значения энергии MPV от напряжения HV (рис. 6). Значение MPV определялось фитированием верхней части соответствующего распределения функцией Гаусса. С использованием зависимости, представленной на рис. 5 и 6, была получена зависимость FWHM от MPV (рис. 7).

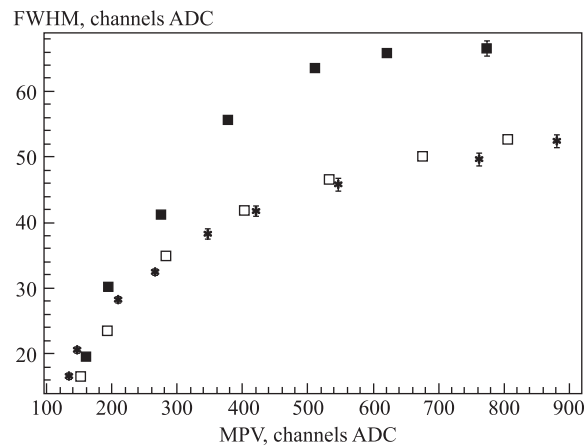


Рис. 7. Зависимость FWHM от MPV в распределении по амплитуде сигналов в толстом пластике: * — детектор № 1, ■ — детектор № 2, □ — детектор № 3

Из рис. 7 видно, что амплитудные характеристики детекторов № 1 и № 3 практически совпадают, что подтверждает пригодность детектора с конфигурацией Б для проведения эксперимента. Обертывание второго сцинтилятора белой бумагой позволяет значительно улучшить условия светосбора.

Окончательная конструкция детектора представлена на рис. 8. В табл. 1 и 2 указаны основные геометрические параметры детектирующей аппаратуры.

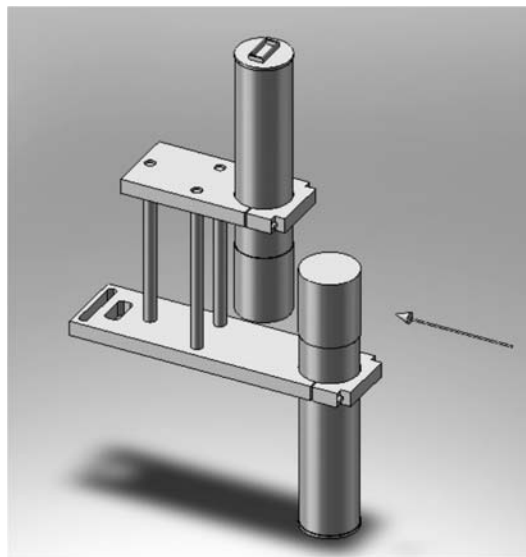


Рис. 8. Новый детектор для регистрации событий dp -упругого рассеяния. Стрелкой показано направление полета частиц

Таблица 1. Геометрические параметры детекторов Р и D

| | |
|---|--------------|
| Размеры первого сцинтиллятора детекторов Р и D, мм | 20 × 25 × 5 |
| Размеры второго сцинтиллятора детекторов Р и D, мм | 20 × 25 × 20 |
| Расстояние между центрами первого и второго сцинтилляторов детекторов Р и D, мм | 65 |
| Расстояние между точкой взаимодействия пучка с мишенью до центра второго сцинтиллятора детекторов Р и D, мм | 624 |
| Угол захвата детекторов Р и D, ср | 1,244 |

Таблица 2. Геометрические параметры детекторов М₁–М₆

| | |
|---|-------------|
| Размеры сцинтиллятора детектора М, мм | 20 × 25 × 5 |
| Расстояние между точкой взаимодействия и сцинтиллятором счетчика М ₁ , мм | 603 |
| Расстояние между центрами сцинтилляторов счетчиков М ₁ и М ₆ , мм | 270 |
| Угол детекторов М относительно вертикали, ° | 15 |

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 9–12 показаны результаты, полученные в 40-м сеансе нуклотрона с новыми детекторами на углеродной мишени при импульсе начального дейтрона 3,5 ГэВ/с. Детекторы для регистрации *pp*-квазиупругого рассеяния (детекторы РР) располагались под углом 90° в с.ц.м., детекторы для регистрации *dp*-квазиупругого (детекторы DP) — под углом 70° в с.ц.м. По корреляциям энергетических потерь для детекторов DP и РР (рис. 9) видно надежное выделение событий *dp*- и *pp*-квазиупругого рассеяния. Количество счетов с детекторов М₄–М₅–М₆ меньше количества счетов с М₁–М₂–М₃ из-за различного телесного угла мониторинговых счетчиков и осаждения частиц в сцинтилляторах детекторов М₁–М₃.

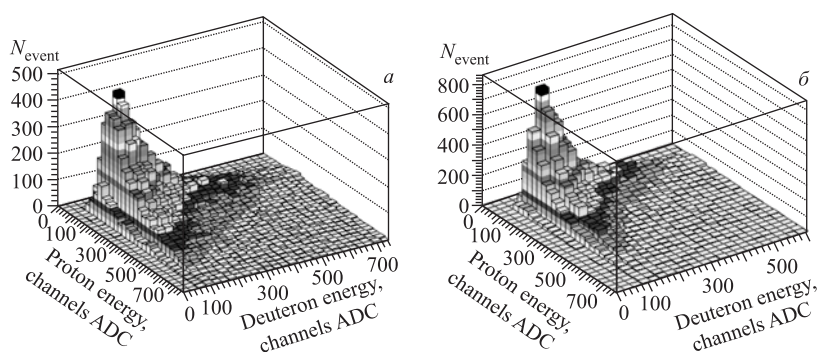


Рис. 9. Корреляция энергетических потерь а) протона и дейтрона с детекторов Р и D при угле рассеяния 70° в с.ц.м; б) протонов с детекторов РР при угле рассеяния 90° в с.ц.м.

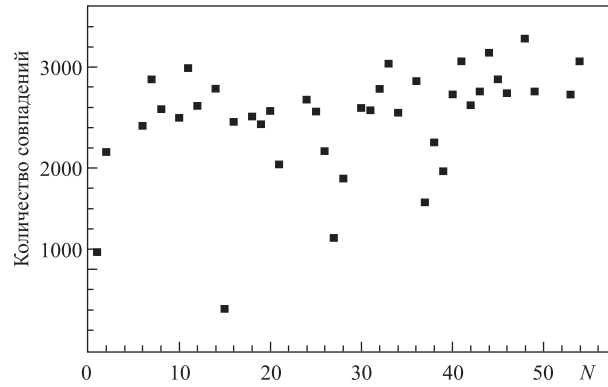


Рис. 10. Зависимость количества совпадений счетчиков $M_1-M_2-M_3$ от номера цикла ускорителя

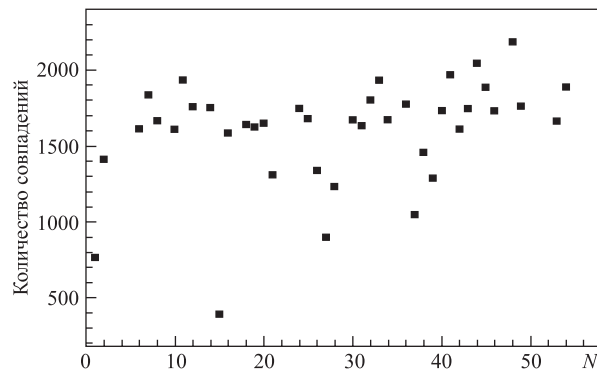


Рис. 11. Зависимость количества совпадений счетчиков $M_4-M_5-M_6$ от номера цикла ускорителя

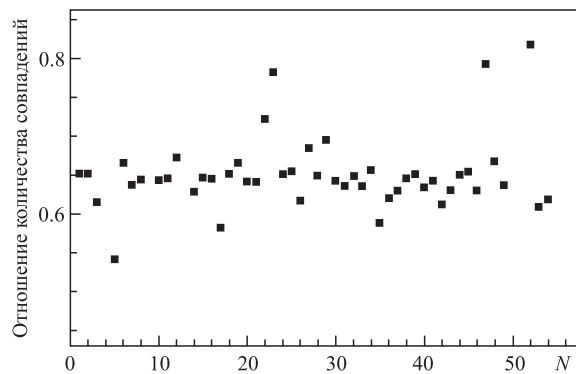


Рис. 12. Зависимость отношения количества совпадений счетчиков $M_4-M_5-M_6$ и $M_1-M_2-M_3$ от номера цикла ускорителя

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создан комплекс детектирующей аппаратуры для изучения реакции dp -упругого рассеяния на внутренней мишени нуклотрона.

В результате тестовых испытаний выбрана конфигурация сцинтилляционного детектора, наиболее пригодная для условий эксперимента, т. е. обладающая необходимым разрешением по энергии и компактной геометрией.

В 40-м сеансе нуклотрона выделены события квазиупругого pp - и dp -рассеяния при импульсе начального дейтрона 3,5 ГэВ/с по корреляции энергетических потерь и времяпролетному спектру с использованием новых детекторов.

Работа частично поддержана грантом РФФИ 10-02-00087а.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ladygin V. P. et al.* // EPJ Web of Conf. 2010. V. 3. 04004.
2. *Uesaka T. et al.* // Phys. Part. Nucl., Lett. 2006. V. 3. P. 305–311.
3. *Malakhov A. I. et al.* // Nucl. Instr. Meth. A. 2000. V. 440. P. 320.
4. *Gurchin Yu. V.* // Part. Nucl., Lett. 2007. V. 4. P. 263–267.
5. *Astakhov V. I.* <http://hvsys.dubna.ru>
6. *Isupov A. Yu.* // Czech. J. Phys. A. 2005. V. 55. P. 407.

Получено 29 октября 2010 г.

Редактор *М. И. Зарубина*

Подписано в печать 28.01.2011.

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

Усл. печ. л. 0,75. Уч.-изд. л. 0,91. Тираж 325 экз. Заказ № 57224.

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

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/