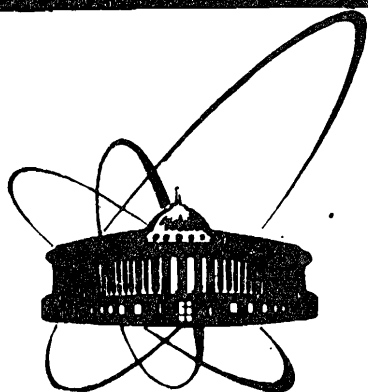




ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Б 289

P1-87-523

Батюня Б.В. и др.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ

ТОПОЛОГИЧЕСКИХ СЕЧЕНИЙ
НЕУПРУГИХ $\bar{d}d$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 12 ГэВ/с

Сотрудничество: Дубна — Бухарест — Ереван —
Кошице — Москва — Прага — София

Направлено в журнал "Ядерная физика"

1987

Б.В.Батюня, И.В.Богуславский, Д.Брунцко, В.Врба,
И.М.Граменицкий, Р.Ледницки, К.С.Медведь, В.В.Ужинский,
С.Ю.Шмаков

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Е.Балеа, К.Кока

Центральный институт физики, Бухарест

Н.М.Агабабян, Н.Б.Дашьян, А.Р.Канемян, З.А.Киракосян
Ереванский физический институт

П.Муринь

Институт экспериментальной физики Словацкой академии наук,
Кошице

П.С.Баранов, С.В.Левонян

Физический институт им. П.Н.Лебедева АН СССР, Москва

Л.К.Гладилин, О.В.Гришина, Р.К.Дементьев, Е.М.Лейкин,
Н.П.Новокшанов, Н.А.Пожидаева, В.П.Руковичкин,
В.И.Рудь, Л.А.Тихонова

Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва

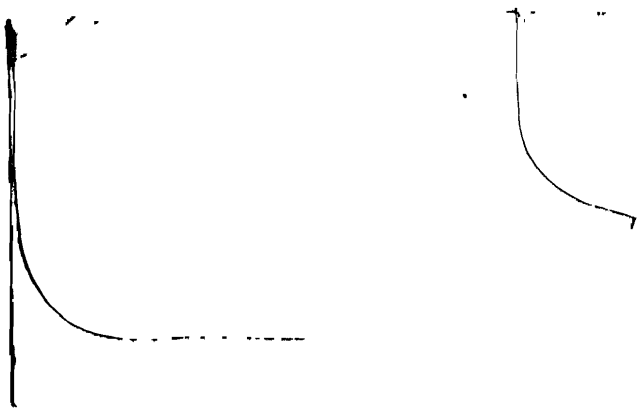
И.Вавра, И.Геринек, М.Локайчек, П.Староба, В.Шимак
Физический институт ЧСАН, Прага

М.Сук, Р.Лейтнер

Ядерный центр Карлова университета, Прага

З.Златанов, Х.Каназирски

Высший химико-технологический институт, София



I. Введение

В настоящей работе приводятся результаты исследований характеристик неупругих $\bar{d}d$ -взаимодействий при импульсе 12,2 ГэВ/с. Ранее для такого типа взаимодействий изучались только полные сечения/^{1/}, и более подробная экспериментальная информация в настоящее время отсутствует. Предварительные результаты исследований $\bar{d}d$ -взаимодействий были представлены на международных конференциях в Брайтоне и Лейпциге/^{2/}. Структура работы следующая: во втором разделе определены топологические сечения неупругих $\bar{d}d$ -взаимодействий, сравнительный анализ с NN -данными приведён в разделе 3, в заключении сформулированы основные результаты работы.

II. Топологические сечения неупругих $\bar{d}d$ -взаимодействий

Экспериментальные данные получены при облучении водородной пузырьковой камеры "Лидмила" с внутренней трекочувствительной мишени/^{3/} сепарированным пучком антидейтронов на ускорителе У-70 ИФВЭ (Серпухов). Схема сепарации антидейтронов и параметры пучка приведены в работе/^{4/}. В среднем импульс пучка составлял 12,2 ГэВ/с с разбросом $\Delta p/p \approx \pm 1\%$.

При просмотре регистрировались взаимодействия внутри рабочего объёма мишени с произвольным числом вторичных частиц. Подробное описание методики просмотра приведено в работе/^{5/}. Эффективность двойного просмотра составила 67 %, 89 %, 93,7 % и 99 % для 0, 1, 2 и 3-лучевых событий соответственно. Было зарегистрировано ~10000 $\bar{d}d$ -взаимодействий.

Число событий каждой топологии, найденное при просмотре, поправленное на эффективность просмотра, приведено во втором столбце таблицы I.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Таблица 1

Распределение событий по множественности

n_{dd}	Число событий, найденных при просмотре	Число $\bar{p}d$ - взаимодействий	Число упругих и квазиупругих событий	Число $\bar{p}d$ - событий
0	324 ± 41	59 ± 7		265 ± 42
1	1404 ± 146	169 ± 24	467 ± 40	768 ± 153
2	2930 ± 83	896 ± 86	1190 ± 47	844 ± 128
3	1397 ± 50	636 ± 24		761 ± 55
4	3770 ± 76	1310 ± 69		2460 ± 103
5	1037 ± 38	426 ± 16		611 ± 41
6	2105 ± 53	672 ± 27		1433 ± 59
7	354 ± 21	129 ± 16		225 ± 26
8	583 ± 27	173 ± 16		410 ± 31
9	50 ± 9	16 ± 2		34 ± 9
10	124 ± 13	23 ± 4		101 ± 14
11	6 ± 2	1 ± 1		5 ± 2
12	12 ± 4	-		12 ± 4
	14096 ± 209			7929 ± 245

Число однолучевых событий было определено с помощью методики, рассмотренной в работе^{/5/}, в которой однолучевые взаимодействия восстанавливаются из известного количества двухлучевых событий с ототавливающимися треками, вылетающими в заднюю полусферу в лабораторной системе координат - N_{bw} . Приблизительно половина $\bar{p}d$ - событий была измерена^{/6/} и реконструирована в пространстве с помощью программы, основанной на системе HYDRA^{/7/}. Измеренные события использовались для коррекции числа N_{bw} .

Как показано в работе^{/8/}, значение адронного фона в $\bar{d}$ - пучке составляет $\sim 32\%$. Поскольку выходы вторичных π^- -мезонов, антипротонов и антидейтронов относятся, примерно, как $1:10^{-3}:10^{-6/9/}$,

можно предположить, что фоновые адроны в пучке антидейтронов представляют собой π^- -мезоны. Это подтверждают и результаты работы^{/10/} по упругому $\bar{p}p$ -рассеянию, выделяемому из $\bar{p}p$ -взаимодействий. Поэтому, для введения поправок, учитывающих фон, связанный с наличием в пучке π^- -мезонов, были использованы данные по $\bar{p}d$ - взаимодействиям при импульсе 12 ГэВ/с, полученные экстраполяцией мировых данных^{/11/}. Эти данные приведены в третьем столбце табл. I.

Для извлечения экспериментальных характеристик неупругих $\bar{p}d$ - взаимодействий, т.е. процессов с образованием новых частиц в конечном состоянии (кроме нуклонов и антинуклонов, входящих в дейтрон и антидейтрон, соответственно) необходимо сделать поправки в сечениях 1- и 2-лучевых событий на видимую часть упругого и квазиупругих каналов:

$$\bar{p}d \rightarrow \bar{p}d$$

$$\bar{p}d \rightarrow \bar{p}pn$$

(I)

$$\bar{p}d \rightarrow \bar{p}ad$$

$$\bar{p}d \rightarrow \bar{p}npn$$

Эти поправки были сделаны с помощью методики, описанной в работе^{/5/}. Мы использовали глауберовские расчёты^{/12/} с волновой функцией Франко-Варма^{/13/}. При расчётах сечений, соответствующих процессам (I), применялась одноэкспоненциальная параметризация амплитуд упругого нуклон-антинуклонного рассеяния^{/5/} со значениями параметров, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

Интерполяционные характеристики $\bar{N}N$ -взаимодействий при импульсе 6,1 ГэВ/с

Реакция	$G_{tot}(\mu)$	$G_{el}(\mu)$	$\rho = \frac{Re f(\mu)}{Im f(\mu)}$	b (ГэВ/с) ⁻²
$\bar{p}p \rightarrow \pi n$	$61,5 \pm 0,04$	$15,03 \pm 0,19$	$0,00 \pm 0,05$	$12,7 \pm 0,3$
$\bar{p}n \rightarrow \bar{p}p$	$58,7 \pm 1,0$	$15,0 \pm 2,2$	$0,00 \pm 0,05$	$12,7 \pm 0,3$

Таблица 3

Полное (σ_{tot}), упругое (σ_{el}), неупругое ($\sigma_{p\bar{p}}$) сечения и сечение рассеяния (σ_{sc}) для $\bar{p}d$ -взаимодействия при 12,2 ГэВ/с, рассчитанное по модели Глаубера

σ_{tot} (мб)	$205,4 \pm 4,4$
σ_{sc} (мб)	$59,4 \pm 1,7$
σ_{el} (мб)	$28,3 \pm 0,6$
$\sigma_{p\bar{p}}$ (мб)	$146,0 \pm 2,4$

В табл. 3 указаны расчётные значения полных (σ_{tot}), упругих (σ_{el}), неупругих ($\sigma_{p\bar{p}}$) и суммарных сечений (σ_{sc}) упругого и квазиупругого каналов (I). Значения полных сечений отдельных каналов (I) и вкладов этих каналов в I- и 2-лучевые события с учётом потерь представлены в табл. 4. Дифференциальные сечения каналов (I) демонстрируются на рис. 1.

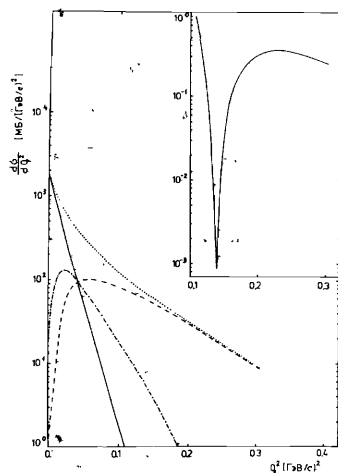


Рис. 1. Дифференциальные сечения упругого канала (сплошная кривая), квазиупругого канала $\bar{p}d \rightarrow \bar{p}p$ (штрих-пунктирная кривая), квазиупругого канала $\bar{p}d \rightarrow \bar{p}p$ (штриховая кривая), суммы упругого и квазиупругого каналов (пунктирная кривая).

Таблица 4

Расчётные значения сечений упругого и квазиупругих процессов

сечения процесс (мб)	полные	потери	I-лучевые	2-лучевые видимые
$\bar{p}d \rightarrow \bar{p}d$	$28,3 \pm 0,6$	$25,8 \pm 0,7$		$2,5 \pm 0,2$
$\bar{p}d \rightarrow \bar{p}p$	$7,8 \pm 0,3$	$3,1 \pm 0,1$		$4,7 \pm 0,2$
$\bar{p}d \rightarrow \bar{p}n$	$7,8 \pm 0,3$		$3,1 \pm 0,1$	$4,7 \pm 0,2$
$\bar{p}d \rightarrow \bar{p}p$	$15,5 \pm 1,6$		$5,5 \pm 0,5$	$10,0 \pm 0,9$
$\bar{p}d \rightarrow \text{scatt.}$	$59,4 \pm 1,7$	$28,9 \pm 0,7$	$8,6 \pm 0,5$	$21,9 \pm 1,0$

Для определения топологических сечений $\bar{p}d$ -взаимодействий необходимо знать миллибарн-эквивалент, значение которого находим из формулы:

$$\xi = \frac{\sigma_{tot} - \Delta\sigma_{el}}{N_{tot}} = 0,0184 \pm 0,0005, \quad (2)$$

где $\Delta\sigma_{el}$ — потери упругих и квазиупругих взаимодействий, приведённые в третьей колонке табл. 4, а N_{tot} — все найденные события. Зная значение ξ и используя сечения, приведённые в 4-й и 5-й колонках таблицы 4, можно определить количество I- и 2-лучевых упругих и квазиупругих видимых событий. Эти количества указаны в 4-й колонке табл. 1.

В 5-й колонке табл. 1 приведены окончательные данные по числу неупругих $\bar{p}d$ -взаимодействий разных топологий, и в I-й строке табл. 5 представлены топологические сечения неупругих $\bar{p}d$ -столкновений при импульсе 12,2 ГэВ/с. Топологические сечения определялись для истинной множественности заряженных частиц, т.е. с учётом невидимого медленного протона-спектора. В I-й строке табл. 6 представлены основные множественные характеристики неупругих $\bar{p}d$ -столкновений при импульсе 12,2 ГэВ/с.

Таблица 5

Топологические сечения неупругих $\bar{d}d$ -взаимодействий при 12,2 ГэВ/с (1-я строка) и разность неупругих сечений

$$G_{nd}^{(i)} = G_{nd}(\bar{d}d) - G_{nd}(dd) \quad (2\text{-я строка})$$

процессы	0	2	4	6	8	10	12	суммарные сечения
$\bar{d}d_{in}$	4,9±0,8	29,7±3,7	59,2±2,1	37,6±1,3	11,7±0,7	2,6±0,3	0,31±0,08	146,0±4,6
$\bar{d}d_L - dd_L$	4,9±0,8	-3,5±4,3	6,2±2,3	26,0±1,3	10,8±0,7	2,5±0,3	0,31±0,08	47,2±5,2

Таблица 6

Средние, дисперсии и моменты распределений по множественности заряженных частиц для неупругих $\bar{d}d$ -взаимодействий при 12,2 ГэВ/с (1-я строка), однократных процессов (2-я строка), разности ($\bar{d}d - dd$)_{in} сечений (3-я строка), разности однократных процессов (4-я строка) и однократных процессов, соответствующих $\bar{N}N$ -аннигиляции (5-я строка)

характеристики процессов	$\langle n_{ch} \rangle$	D	$\langle n_{ch} \rangle / D$	$\int_2^{--}$
$\bar{d}d_{in}$	4,42±0,07	2,07±0,05	2,14±0,05	-1,14±0,05
$\bar{d}d_1$	4,15±0,04	2,11±0,03	1,97±0,03	-0,96±0,03
$\bar{d}d_{in} - dd_{in}$	6,85±0,05	1,29±0,05		
$\bar{d}d_1 - dd_1$	6,77±0,05	1,13±0,04		
$\bar{d}d_1^*$	6,81±0,05	1,19±0,04		

III. Сравнение характеристик $\bar{d}d$ -, $\bar{N}N$ - и dd -взаимодействий

Расчёты, проделанные в рамках модели Глаубера, показывают /14/, что (80-85)% $\bar{d}d$ -взаимодействий относятся к классу "однократных",

в которых участвует только одна нуклон-антинуклонная пара, а другие нуклон и антинуклон (спектаторы) не взаимодействуют.

Полное неупругое сечение $\bar{d}d$ -взаимодействий в первом приближении можно представить в виде суммы сечений однократных (G_1) и многократных (G_N) взаимодействий /14/

$$G_{\bar{d}d} = G_1 + G_N, \quad \text{где}$$

$$G_1 = G[\bar{p}p(\bar{n}n)_s] + G[\bar{n}n(\bar{p}p)_s] + G[\bar{p}n(\bar{n}p)_s] + G[\bar{n}p(\bar{p}n)_s], \quad (2)$$

$$G_N = G_2 + G_3 + G_4 + \dots$$

Здесь введены следующие обозначения: $\bar{p}p(\bar{n}n)_s$ - неупругое взаимодействие $\bar{p}p$ -пары, а $\bar{n}n$ - пара не участвует во взаимодействии, оставаясь спектатором, и т.д. Сечение G_N является суммой сечений 2-, 3- и 4-кратных взаимодействий, для которых можно ожидать некоторое отличие от однократных процессов, например, повышенную среднюю множественность и т.д. Для выявления особенностей многократных взаимодействий необходимо знать суммарные характеристики, учитывающие все однократные процессы. Такие характеристики для распределений по множественности заряженных частиц были определены на основании известных $\bar{p}p$ /15/, pn /8/ и $\bar{n}p$ /16/ данных*. При этом проводилась соответствующая коррекция числа частиц, учитывающая наличие заряженных спектаторов в $\bar{d}d$ -взаимодействиях. Во 2-й строке табл. 6 представлены полученные таким образом характеристики по множественности однократных процессов. Из табл. 6 видно, что включение многократных процессов в $\bar{d}d$ -взаимодействия действительно увеличивает среднюю множественность, при этом дисперсия (D) распределения по числу заряженных частиц остаётся практически неизменной. Такое соотношение средней множествен-

* Предполагалось, что вклад каждого типа $\bar{N}N$ -взаимодействий составляет 1/4.

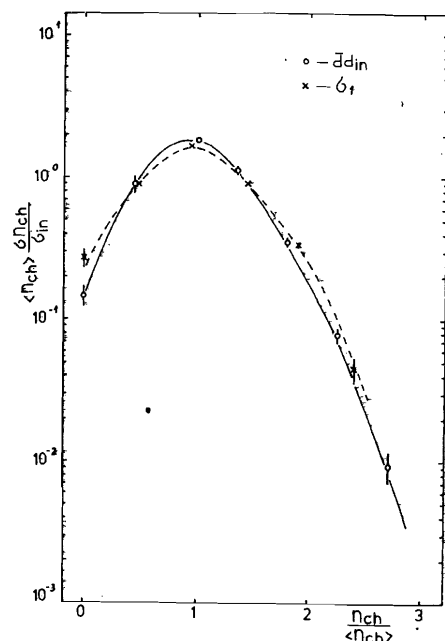


Рис. 2. KNO -распределения.

ности и дисперсии, приводящее к увеличению отношения $\langle n_{ch} \rangle / D$ (табл. 6), указывает, например, на более узкое KNO -распределение /17/ для многократных процессов. Действительно, некоторое сужение KNO -распределения, полученного для $\bar{d}d$ -взаимодействий, по сравнению с однократными процессами, наблюдается на рис. 2.

Особенностью $\bar{d}d$ -взаимодействий является процесс аннигиляции антинуклон-нуклонных пар, при этом наиболее интересны взаимодействия, в которых аннигилируют обе пары, т.е. в конечном состоянии барионы отсутствуют. Такая аннигиляция относится к классу многократных процессов. Для изучения особенностей многократных аннигиляционных процессов рассматривались разности топологических сечений $\bar{d}d$ - и dd /5/ взаимодействий при 12 ГэВ/с (вторая строка табл. 5), характеризующие при больших n_{ch} (по аналогии с разностью $\bar{N}N$ - и NN -взаимодействий /18/) главным образом процессы, в которых хотя бы одна $\bar{N}N$ -пара проаннигилировала.

Далее были определены суммы разностей топологических сечений соответствующих $\bar{N}N$ - и NN -взаимодействий /8,15,16/, которые характеризуют (при $n_{ch} \gg 4$) однократные процессы аннигиляции в $\bar{d}d$ -взаимодействиях. При этом, как и выше, при определении топологий $\bar{d}d$ -событий учитывались заряженные частицы-спектаторы. В 3-й и 4-й строках табл.6 приведены средние множественности и дисперсии рассматриваемых разностных распределений по множественности для значений $n_{ch} \geq 6$, поскольку только для таких топологий отсутствует вклад 0-, 1- и 2-лучевых $\bar{N}N$ -взаимодействий, где роль неаннигиляционных каналов очень существенна /18/. Приведенные данные показывают, что в пределах статистических ошибок средние множественности и дисперсии однократных и всех процессов $\bar{d}d$ -аннигиляции совпадают. Это означает, что доля процесса аннигиляции одновременно двух $\bar{N}N$ -пар достаточно мала, поскольку можно предположить, что для таких процессов средняя множественность увеличивается более чем в 1,5 раза (с учетом присутствия заряженных спектаторов в однократных процессах). Отметим, что имеющиеся теоретические оценки сечения 2-кратной аннигиляции приводят /17,19/ к величинам $\sigma_{\bar{d}d} \approx (0,5+1)$ мбн, что составляет долю (0,01-0,2)% от разности сечений неупругих $\bar{d}d$ - и dd -взаимодействий. Такой вклад многократных процессов практически (на уровне рассматриваемой статистики) не может заметным образом изменить величину средней множественности заряженных частиц.

IV. Заключение

В работе получены топологические сечения и характеристики распределения по множественности заряженных частиц для $\bar{d}d$ -взаимодействий при 12 ГэВ/с.

На основании сравнительного анализа характеристик $\bar{d}d$ - и dd -соударений показано, что многократные процессы $\bar{d}d$ -взаимодействий отличаются повышенной средней множественностью заряженных частиц и более узким KNO -распределением (по сравнению с однократными процессами).

Определены разности топологических сечений $\bar{d}d$ - и dd - взаимодействия при 12 ГэВ/с, характеризующие процессы аннигиляции антинуклонов и нуклонов, составляющих взаимодействующие антидейтроны и дейтроны.

Литература

- I. Горин Ю.П. и др., ИФ, т.14, с.134, /1971/.
2. Battyunya B.V. et al., Int.Europ.Conf.on NEP, Brighton, paper No.0296, (1983).
Battyunya B.V. et al., XII.Conf.on NEP, Leipzig, paper No.750, (1984).
3. Сазонов С.Г., Толмачев В.Т., ОИИИ, I3-80-403, Дубна, /1980/.
Богомолов Н.В. и др., ОИИИ, I3-84-582, Дубна, /1984/.
4. Васильев В.В. и др., ИФЭ, 80-66, Серпухов, /1980/.
5. Батюня Б.В. и др., ОИИИ, PI-87-340, Дубна, /1987/.
6. Батюня Б.В. и др., ОИИИ, PI-85-476, Дубна, /1985/.
7. Артеян А.С. и др., ОИИИ, IO-84-450, Дубна, /1984/.
8. Батюня Б.В. и др., ОИИИ, PI-85-864, Дубна, /1985/.
- Battyunya B.V. et al., Czech.J.of Physics B36, No.11, p.1273 (1986).
9. Антипов Ю.М. и др., ИФ, т.13, с.135, /1971/.
10. Граменицкий И.М. и др., ОИИИ, I-84-788, Дубна, /1984/.
- II. Compilations of p^+p cross sections, CERN-HERA, 83-01, (1983).
12. Задорожный А.М., Ужинский В.В., Шамаков С.Ю., ИФ, т.39, с.1155, /1984/.
13. Franco V., Varma G.K., Phys.Rev. C12, p.225, (1975).
14. Franco V., Glauber R., Phys.Rev. 142, p.1195, (1966).
Franco V., Phys.Rev. 175, p.1376, (1968).
15. Compilation of p^+p cross sections, CERN-HERA, 84-03, (1984).
16. Батюня Б.В. и др., ОИИИ, PI-86-839, Дубна, /1986/.
17. Simak V., Czech.J.of Physics B31, p.1341, (1981).
18. Lednický R., Czech.J.of Physics B33, p.1177, (1983).
19. Fortmanek J., Czech.J.of Physics B31, p.1256, (1981).

Рукопись поступила в издательский отдел
6 июля 1987 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

- | | | |
|----------------|---|------------|
| D3,4-82-704 | Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982. | 5 р.00 к. |
| D7-83-644 | Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983. | 6 р.55 к. |
| D2,13-83-689 | Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983. | 2 р.00 к. |
| D13-84-63 | Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983. | 4 р.50 к. |
| D2-84-366 | Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984. | 4 р.30 к. |
| D1,2-84-599 | Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984. | 5 р.50 к. |
| D10,11-84-818 | Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983. | 3 р.50 к. |
| D17-84-850 | Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/ | 7 р.75 к. |
| D11-85-791 | Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985. | 4 р.00 к. |
| D13-85-793 | Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985. | 4 р.80 к. |
| D4-85-851 | Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985. | 3 р.75 к. |
| D3,4,17-86-747 | Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986. | 4 р.50 к. |
| | Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/ | 13 р.50 к. |
| D1,2-86-668 | Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/ | 7 р.35 к. |

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.