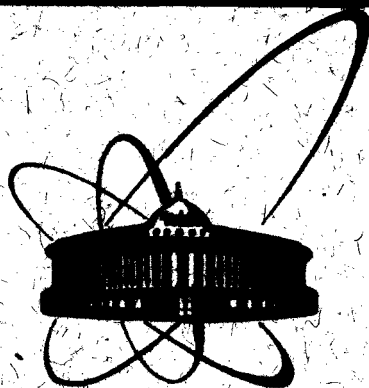


89-866



СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

Б 461

P2-89-866

И. И. Бажанский

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ  
ДИБАРИОННЫХ РЕЗОНАНСОВ

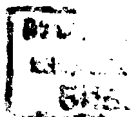
1989

## 1. Введение

В работах<sup>/1, 2/</sup> была предложена идея о том, что наблюдаемые особенности в спектрах эффективных масс  $pp$ - и  $n$ - систем<sup>/3, 4/</sup> могут быть флуктуациями сечений образования дибарионных резонансов. Напомним, что условием появления флуктуаций является перекрытие уровней резонансов, когда среднее расстояние между уровнями  $D$  меньше ширины уровня  $\Gamma$ :  $\Gamma/D \geq 2$ . Для экспериментального изучения флуктуаций должны выполняться следующие условия: высокое разрешение по энергии, энергетический интервал  $\Delta E$ , на котором исследуются флуктуации, должен быть достаточно большим:  $\Delta E \gg \Gamma$ ; большая статистическая обеспеченность эксперимента. В этом случае имеются замкнутые теоретические выражения для распределения сечений, корреляционных функций и т.д., которые мы для простоты называем "асимптотическими"<sup>/5/</sup>. Составные кварковые модели предсказывают<sup>/6, 7/</sup> для отношения  $\Gamma/D$  величину порядка  $1 \pm 2$ , то есть можно полагать, что первое условие появления флуктуаций выполняется. Второе условие ( $\Delta E \gg \Gamma$ ) если и выполнимо, то на пределе. Поэтому, сравнивая данные анализа эксперимента с асимптотическими формулами ( $\Delta E \gg \Gamma \gg D$ ), можно говорить лишь об указании на возможность существования флуктуаций.

Представляет интерес провести прямое теоретическое моделирование флуктуаций образования дибарионов с учетом конкретных "предасимптотических" условий эксперимента.

Целью данной работы является расчет сечений образования дибарионных резонансов при различных предположениях о величине  $\Gamma/D$ , а также исследование распределений сечений и энергетических корреляционных функций. Производится сравнение с экспериментальными данными.



## 2. Основные формулы

В работе<sup>/1/</sup> показано, что если в реакциях, идущих с образованием двухнуклонных систем, возникают дибарионные состояния, то сечение данных процессов можно представить в виде

$$d\sigma/dM = d\sigma_d/dM + d\sigma_r/dM, \quad (1)$$

где  $\sigma_d$  - сечение "прямых" фоновых процессов, а  $\sigma_r$  - сечение образования дибарионных резонансов.

В случае образования резонансов с большой плотностью уровней, распадающихся по различным каналам, сечение  $\sigma_r$  имеет вид

$$d\sigma_r/dM \sim \sum_{\beta} |A_r^{\beta}(M)|^2 R(M), \quad (2)$$

где  $R(M)$  - эффективный фазовый объем, описывающий кинематику изучаемой реакции.

Амплитуды  $A_r^{\beta}$  определяются соотношением

$$A_r^{\beta}(M) = \sum_k \frac{y_k^{\beta}}{M_k^{\beta} - M - i\Gamma/2}, \quad (3)$$

где  $M$  - инвариантная масса двухнуклонной системы,  $M_k^{\beta}$  - положение  $k$ -го дибарионного состояния в канале  $\beta$ ,  $\Gamma$  - ширина дибарионного состояния,  $y_k^{\beta}$  - парциальные амплитуды, содержащие информацию о механизме образования и распада дибарионов.

Суммирование в (3) производится по всем дибарионным состояниям, образующимся в канале  $\beta$ , а в (2) - по всем каналам, в которых образуются дибарионные резонансы.

Из-за наличия в (2) кинематического фактора  $R(M)$  удобнее рассматривать величину  $W_r(M) \equiv (d\sigma_r/dM)/R(M)$ , которую по внешнему сходству с квадратом амплитуды, используемой при изучении флуктуаций в низкоэнергетических ядерных реакциях, будем называть функцией возбуждения<sup>/5/</sup>.

Таким образом, окончательно имеем

$$W_r(M) = \sum_{\beta=1}^n \left| \sum_{k=1}^{N_{\beta}} \frac{y_k^{\beta}}{M_k^{\beta} - M - i\Gamma/2} \right|^2. \quad (4)$$

В (4)  $n$  - число статистических каналов реакции,  $N_{\beta}$  - количество дибарионных состояний в канале  $\beta$ . При проведении численного анализа (4), не уменьшая общности рассмотрения, полагаем, что дибарионные состояния образуют эквидистантный спектр, одинаковый во всех каналах, то есть  $M_k^{\beta} = M_k = M_1 + (k-1)D$ ,  $N_{\beta} = N$ .  $D$  - расстояние между соседними уровнями,  $M_1$  - масса легчайшего дибарионного резонанса.

При анализе статистических свойств функции возбуждения  $W_r(M)$  рассмотрим следующие характеристики: плотность распределения вероятности  $P(z)$  величины  $z = W_r/\langle W_r \rangle$ , где  $\langle W_r \rangle$  - среднее значение величины  $W_r(M)$  на интервале  $\Delta M_{pp}$ , и энергетическую функцию корреляции  $C(E)$ , определяемую соотношением

$$\langle W_r \rangle^2 C(E) = \langle W_r(M+E) W_r(M) \rangle - \langle W_r \rangle^2. \quad (5)$$

При выполнении условия  $\Gamma/D \gg 1$  для этих величин имеем асимптотические формулы:

$$C(E) = n^{-1} (1 + (E/\Gamma)^2)^{-1}, \quad (6)$$

$$P(z) = P_n(z) = n(nz)^{n-1}/\Gamma(n) \exp(-nz), \quad (7)$$

где  $P_n(z)$  -  $\chi^2$ -распределение для  $2n$ -степеней свободы.

Ограниченность интервала  $\Delta M_{pp}$  не дает возможность проведения анализа таких характеристик, как распределение максимумов и минимумов величины  $W_r$ .

## 3. Выбор параметров

В качестве парциальных амплитуд  $y_k^{\beta}$  выбираем случайные комплексные числа. Единственным ограничением на наборы  $y_k^{\beta}$  является условие независимости амплитуд  $A_r^{\beta}$ .

Ограниченность области  $\Delta M_{pp}$ , в которой исследуются спектры эффективной массы двухнуклонных систем, накладывает определенные ограничения на величины  $\Gamma$ ,  $D$ ,  $N$ . Для реакции  $pp \rightarrow pp$  при  $P_n = 1,257$  ГэВ/с величина  $\Delta M_{pp} \approx 150$  МэВ/с<sup>2</sup>. Для возникновения флуктуаций на таком интервале необходимо: а)  $\Delta M_{pp} \gg \Gamma$ , б)  $\Gamma/D \geq 1$  и с) достаточно большое количество дибарионных состояний  $N$ . Наиболее оптимальным представляется набор величин  $D \approx 7,5$  МэВ,  $\Gamma \approx 7,5$  МэВ,  $N \approx 18$ . Все эти значения согласуются с теоретическими предсказаниями для дибарионных состояний<sup>6,7</sup>. Массу нижайшего дибарионного состояния полагаем равной  $M_1 \approx 1,9$  ГэВ/с<sup>2</sup>.

Анализ флуктуаций в ядерных реакциях при низких энергиях показал, что величина  $n$  (число каналов) играет роль коэффициента затухания флуктуаций<sup>5</sup>. Это является следствием того факта, что кривая функции возбуждения для реакции в случае  $n$  каналов получается в результате усреднения  $n$  статистически независимых одноканальных кривых возбуждения. Поэтому вероятность малых поперечных сечений резко убывает с ростом  $n$ , что приводит к сглаживанию флуктуационной картины.

#### 4. Обсуждение результатов

На рис.1 показано поведение функции возбуждения  $W_r(M_{pp})$  для различных наборов парциальных амплитуд  $y_k^\beta$ . Расчеты произведены при  $D = \Gamma = 7,5$  МэВ,  $n = 2$ ,  $N = 18$ . Для каждой функции  $W_r$  приведены соответствующие плотности распределений  $P(z)$  и корреляционные функции  $C(E)$ . Теоретические кривые соответствуют асимптотическим формулам (6), (7). Несмотря на малый интервал  $\Delta M_{pp}$  и величину отношения  $\Gamma/D = 1$  функция возбуждения  $W_r$  флуктуирует и имеет ярко выраженный "резонансный" характер. Однако, учитывая механизм, который ответственен за такое поведение  $W_r$ , становится очевидным, что пики не связаны с какими-либо определенными резонансами, так как ширина этих резонансов сравнима с расстояниями между уровнями. Кроме того, пики не имеют обычной брейт-вигнеровской формы.

Изучение зависимости поведения флуктуаций от величины отношения  $\Gamma/D$  показывает, что для данной области энергий  $\Delta M_{pp} \approx 150$  МэВ/с<sup>2</sup> флуктуации перестают проявляться при  $\Gamma/D \geq 2$ , хотя "резонансный" характер поведения  $W_r$  сохраняется. На рис.2 показано поведение  $W_r$  для одного из наборов  $y_k^\beta$  при

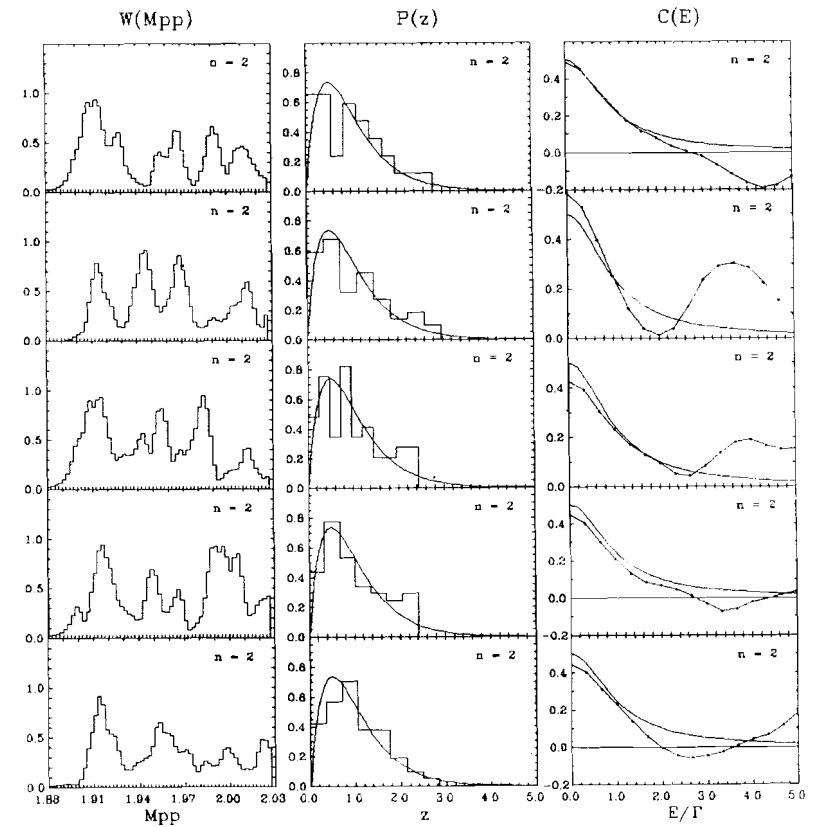


Рис. 1. Функция возбуждения  $W_r(M_{pp})$ , плотность распределения вероятности  $P(z)$  и энергетическая функция корреляции  $C(E)$ .

Расчеты для  $W_r$  произведены по формуле (4) для различных наборов парциальных амплитуд  $y_k^\beta$  при  $D = \Gamma = 7,5$  МэВ,  $N = 18$ ,  $n = 2$ . Теоретические кривые для  $P(z)$ ,  $C(E)$  рассчитаны по асимптотическим формулам (6), (7).

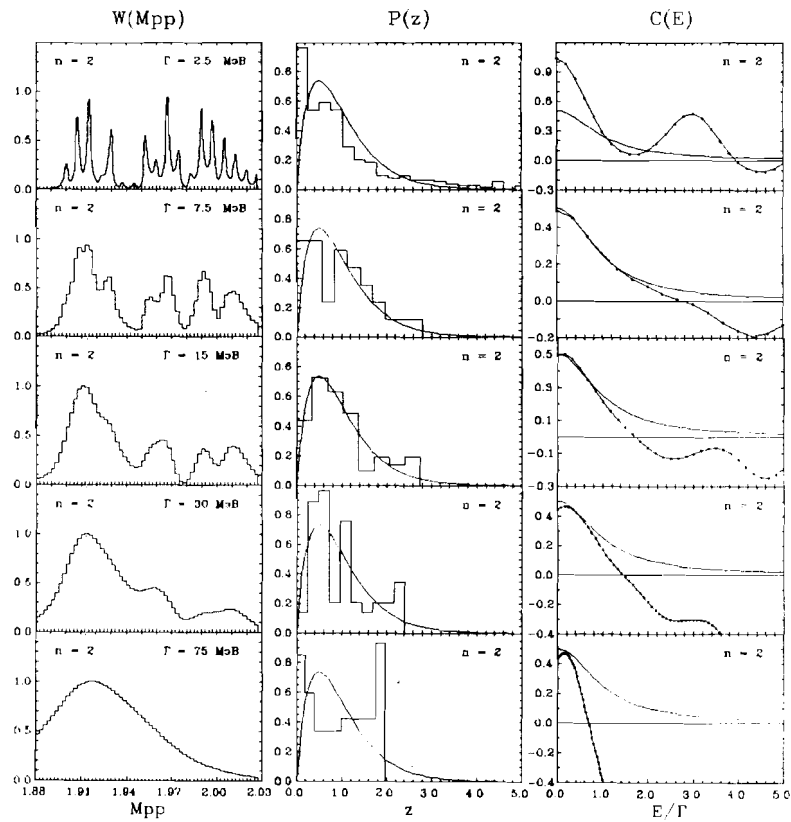


Рис. 2. Функция возбуждения  $W_r(M_{pp})$ , плотность распределения вероятности  $P(z)$  и энергетическая функция корреляции  $C(E)$  при различных значениях величины отношения  $\Gamma/D$ .

$\Gamma/D = 1/3, 1, 2, 4, 10, D = 7,5$  МэВ,  $N = 18, n = 2$ .

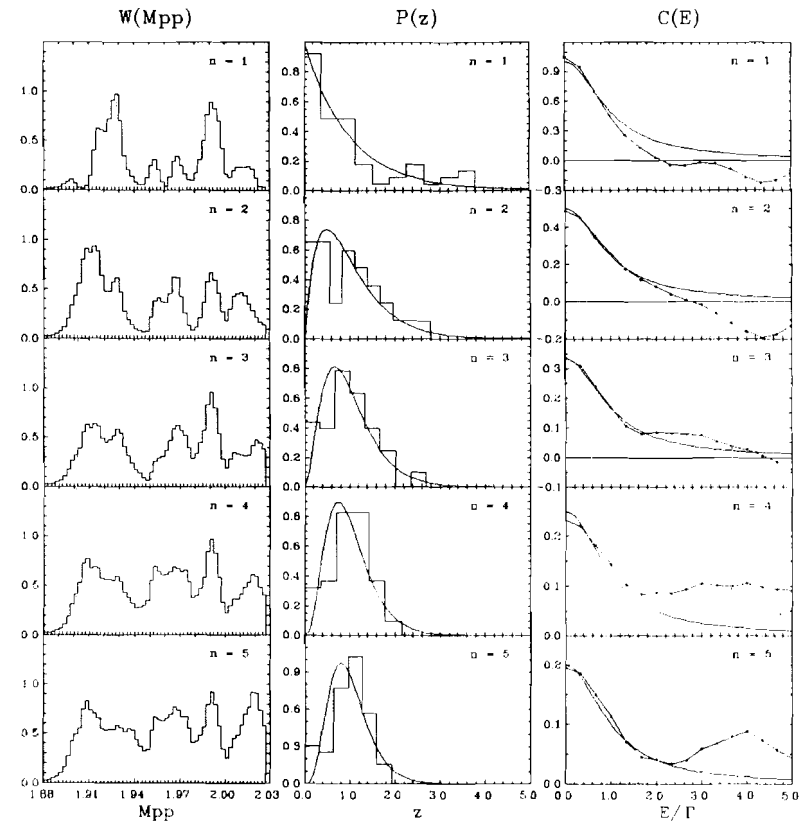


Рис. 3. Функция возбуждения  $W_r(M_{pp})$ , плотность распределения вероятности  $P(z)$  и энергетическая функция корреляции  $C(E)$  при различных значениях параметра числа каналов  $n, n = 1 + 5, D = \Gamma = 7,5$  МэВ,  $N = 18$ .

$\Gamma/D = 1/3, 1, 2, 4, 10$ . Случай  $\Gamma/D = 1/3$  соответствует изолированным резонансам с шириной  $\Gamma = 2,5$  мэВ, расположенным с интервалом  $D = 7,5$  мэВ. Он приведен для иллюстрации различия в поведении функции возбуждения с большим числом изолированных брейт-вингеровских резонансов от флуктуационной картины с перекрывающимися резонансами. Видно также, что для случая  $\Gamma/D \leq 1$  поведение  $P(z)$  и  $C(E)$  не соответствует статистическим формулам (6), (7), что естественно, поскольку в этом случае нарушается условие хаотичности.

На рис. 3 показано поведение  $W_r(M_{pp})$  при различном числе каналов  $n$  ( $n = 1+5$ ). Видно, что при большом числе каналов  $n \geq 3$  флуктуации затухают, что приводит к затруднению их интерпретации, но изучение  $P(z)$  и  $C(E)$  указывает на существование флуктуационной картины.

Таким образом, обобщая данное исследование, можно сделать выводы о возможности флуктуационного поведения  $W_r(M_{pp})$  даже в ограниченной области спектров двухнуклонных систем при условии, что  $\Gamma/D \geq 1$  и  $\Delta M_{pp}/\Gamma \geq 10$ . При этом для правильного статистического анализа современных экспериментальных данных необходимо подчеркнуть важность определения соотношения вкладов прямых и статистических процессов в изучаемых реакциях. На рис. 4 приведено сравнение "модельных" и "экспериментальных"<sup>3, 4/</sup> функций возбуждения:

$$W^{\text{эксп.}} = (d\sigma^{\text{эксп.}}/dM - d\sigma^{\text{фон}}/dM)/R(M). \quad (8)$$

Необходимо отметить недостаточную статистическую обеспеченность экспериментальных данных для исследования флуктуаций. Однако общие особенности в поведении  $W_r(M)$ , а главное, таких характеристик, как плотности распределения  $P(z)$  и корреляционной функции  $C(E)$ , дают основание на интерпретацию спектров эффективных масс двухнуклонных систем в реакциях  $pp \rightarrow pp\pi^-$  и  $dp \rightarrow ppn$  как флуктуаций сечений образования дибарионных резонансов.

Каков дальнейший путь изучения флуктуаций в спектрах NN-систем? Во-первых, это увеличение области исследования энергий  $\Delta M_{pp}$ . Но на этом пути могут возникнуть следующие трудности в интерпретации экспериментальных данных. При увеличении  $\Delta M_{pp}$  могут

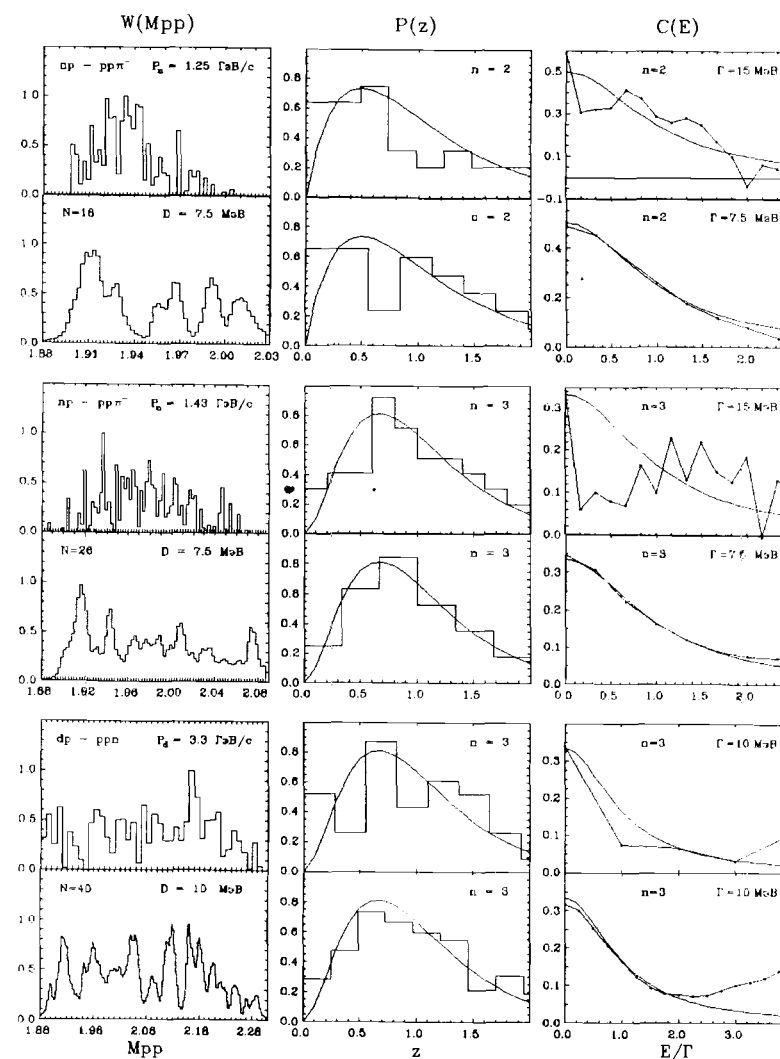


Рис. 4. Сравнение модельных и экспериментальных функций возбуждения  $W_r(M_{pp})$ . Расчет  $W_r^{\text{эксп.}}(M_{pp})$  произведен по формуле (8) с использованием данных работ<sup>3, 4/</sup>.

начать открываться новые каналы образования дибарионных резонансов, что будет приводить к затуханию флуктуационной картины. Также могут возникать ситуации, когда в различных областях  $\Delta M_{pp}$  открытым будет разное число каналов, что также будет приводить к затруднению изучения флуктуаций. Более оптимальным представляется увеличение статистики в уже имеющихся экспериментах, а также исследование аналогичных реакций при схожих кинематических условиях. Анализ новых процессов позволит сделать более определенные заключения о природе дибарионных резонансов.

В заключение хочу выразить благодарность Титову А.И., Резнику Б.Л., Лукьянову В.К. за внимание и помощь при проведении данного исследования и обсуждение полученных результатов.

#### Литература

1. Бажанский И.И., Лукьянов В.К., Титов А.И. - ЯФ, 1988, 47, 1106.
2. Bazhanskiy I.I., Lukyanov V.K., Reznik B.L., Titov A.I. - Phys. Lett., 1988, B207, 377.
3. Троян Ю.А. и др. - Краткие сообщения ОИЯИ. N13-85, Дубна, 1985. с.12; Препринт ОИЯИ, Д1-88-329, Дубна, 1988.
4. Dolidze M.G. et al. - Z. Phys. A., 1986, 325, 391.
5. Ericson T., Mayer-Kuckuk T. - Ann. Rev. Nucl. Sci., 1966, 16, 183. Эрикссон Т., Майер-Кукук Т. - УФН, 1967, 92, 271.
6. Доркин С.М., Резник Б.Л., Титов А.И. - ЯФ, 1982, 36, 1244; Aerts A.T.M. et al. - Phys. Rev., 1980, D21, 2653.
7. Матвеев В.А. - В кн.: Труды международного семинара по проблемам физики высоких энергий, Дубна, ОИЯИ, Д1, 2-120-36, 1978, 137. Dorkin S.M., Lukyanov V.K. Titov A.I. - Z. Phys. A., 1984, 316, 371; Communication JINR, E2-80-43, Dubna, 1980. Бажанский И.И., Лукьянов В.К., Резник Б.Л., Титов А.И. - Сообщение ОИЯИ, P2-88-501, Дубна, 1988.

Рукопись поступила в издательский отдел  
26 декабря 1989 года.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3,4,17-86-747	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.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987.	4 р. 20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.