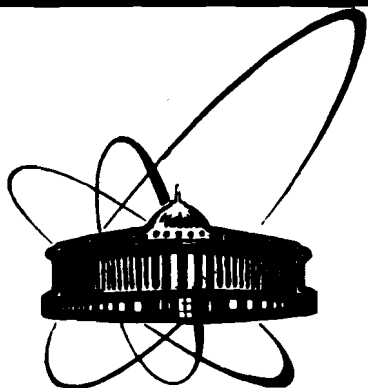


89-370



**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна**

Б 907

9-89-370

В.Н.Булдаковский, Б.В.Василишин,
М.А.Воеводин, В.И.Волков, В.П.Заболотин,
А.И.Исаев, И.Б.Иссинский, А.Д.Кириллов,
Л.Н.Комолов, Л.Г.Макаров, В.А.Мончинский,
С.А.Новиков, В.Н.Перфеев, П.А.Рукояткин,
А.Л.Светов, И.Н.Семенюшкин, В.Ф.Сиколенко,
С.В.Федуков, О.Н.Цисляк, В.Н.Черников,
Д.И.Шерстянов, И.Н.Яловой

СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ

Работа и совершенствование

(III и IV кварталы 1988 г.)

1989

1. РАБОТА И НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

В III квартале 1988 г. синхрофазотрон работал 1011 ч. На экспериментальные работы использовано 900 ч /89,0%/, в том числе на физический эксперимент 711 ч /70,3%/, на совершенствование ускорительного комплекса 189 ч /18,7%/. Потеряно по причине простоя систем 101 ч /10,0%/, технологическая подготовка, осмотры и пр. заняли 10 ч /1,0%/. Коэффициент использования ускорителя /количество одновременно работающих физических установок/ составил $K = 3,0$.

В IV квартале 1988 г. соответствующие показатели были такими: синхрофазотрон работал 1581 ч, на физический эксперимент использовано 1271 ч /80,4%/, на совершенствование ускорительного комплекса 191 ч /12,1%/, технологическая подготовка и пр. заняли 28 ч /1,8%/, простой составил 91 ч /5,7%/, $K = 3,45$.

Результаты работы синхрофазотрона в течение 1988 г. характеризуются следующими показателями. Полное время работы синхрофазотрона 4242 ч. На эксперименты было использовано 3916 ч /92,1%/, в том числе на физические - 3322 ч /78,3%/, на совершенствование ускорительного комплекса 594 ч /14,0%/. Потери времени по причине неисправности систем ускорителя составили 266 ч /6,3%/, технологическая подготовка, осмотры, экскурсии и пр. заняли 60 ч /1,3%/. $K = 3,8$.

В сводной табл.1 приведены характеристики синхрофазотрона в III и IV кварталах и по итогам всего 1988 г.

Во втором полугодии 1988 г. на синхрофазотроне были продолжены исследования высоковозбужденных состояний малонуклонных систем и поляризационных эффектов в опытах по рассеянию и фрагментации релятивистских ядер /установка "Альфа-3С"/. Проведены измерения векторной анализирующей способности реакции $d^{\uparrow} + C \rightarrow p + X$ под двумя углами при импульсе дейтронов 2,92 ГэВ/с /установка СЯ0/.

Продолжен набор статистики по двухчастичным корреляциям в протон-ядерных, альфа-ядерных взаимодействиях, измерены инклюзивные сечения рождения кумулятивных K^+ -мезонов в углерод-ядерных взаимодействиях /установка ДИСК/.

Измерены сечения перезарядки пионов при импульсе 1200 МэВ/с /установка "Каспий"/. На этой же установке измерен выход антипротонов при взаимодействии ядер дейтерия, углерода с ядрами

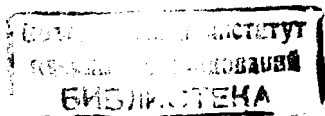


Таблица I. Основные характеристики работы синхрофазотрона

Период работы	Вид ядер	$N_{\text{раб}}$	$N_{\text{макс.}}$	$T_{\text{ч}}$	K
III кварт. 1988 г.	p	$N_{\text{ст}}$	$N_{\text{ст}}$	389	3,0
	d	$N_{\text{ст}}$	$N_{\text{ст}}$	144	
	d†	$0,6 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^9$	336	
	α	$5,5 \cdot 10^9$	$7,5 \cdot 10^9$	142	
IV кварт. 1988 г.	p	$N_{\text{ст}}$	$N_{\text{ст}}$	120	3,45
	α	$N_{\text{ст}}$	$1,5 \cdot 10^{10}$	48	
	$6\text{Li } 3+$	$1,8 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$	328	
	$7\text{Li } 3+$	$1,3 \cdot 10^9$	$2,0 \cdot 10^9$	64	
	$12\text{C } 6+$	$0,7 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^9$	653	
	$16\text{O } 8+$	$0,8 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^8$	328	
$24\text{Mg } 12+$	$0,4 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^4$	40		
1988 г.	p	$N_{\text{ст}}$	$N_{\text{ст}}$	120	3,8
	d	$N_{\text{ст}}$	$N_{\text{ст}}$	1238	
	d†	$0,6 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^9$	415	
	α	$0,8 \cdot 10^{10}$	$1,5 \cdot 10^{10}$	584	
	$6\text{Li } 3+$	$1,8 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$	328	
	$7\text{Li } 3+$	$1,4 \cdot 10^9$	$2,0 \cdot 10^9$	184	
	$12\text{C } 6+$	$0,7 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^9$	653	
	$16\text{O } 8+$	$0,8 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^8$	328	
$24\text{Mg } 12+$	$0,4 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^4$	40		

Примечание: $N_{\text{ст}}$ – уровень интенсивности, определяемый условиями эксперимента или санитарным паспортом.

меди. На пучках ядер гелия и углерода выполнены измерения спектров вторичных протонов от различных мишеней с одновременным измерением ассоциативной множественности.

На однометровой жидководородной и двухметровой пропановой пузырьковых камерах в пучках поляризованных дейтронов, углерода и кислорода получено около 140 тыс. фотографий.

Для поиска и исследований свойств гиперядер на установке ГИБС в пучках лития и кислорода получено более 60 тыс. фотографий.

Выполнены методические исследования и эксперименты по радиобиологии.

2. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫВОДА ПУЧКА НА ВТОРОМ НАПРАВЛЕНИИ /МВ-2/

Во II квартале 1988 г. на синхрофазотроне ОИЯИ был завершен монтаж устройств, обеспечивших фокусировку выведенного пучка на втором направлении. Магнитные измерения были проведены при индукции $B_0 = 0,535$ Тл и $B_0 = 1,07$ Тл. Наличие шимм на полюсах электромагнита привело к некоторому уменьшению магнитного потока в рабочей области. Такие данные были получены при измерениях на поле инъекции $B_0 = 0,23$ Тл /рис.1/.

Работа по выведению пучка проходила в III и IV кварталах. С самого начала пришлось провести корректирование оптимального положения орбиты пучка в радиальной плоскости для ликвидации появившихся потерь интенсивности, вызванных искажением магнитного поля в момент инъекции. После корректирования параметры первой гармоники искажения орбиты: $A = 5,5$ см, $\varphi = 61^\circ$.

Характер распределения магнитного поля на шиммированном участке^{1/} обеспечивает оптимальные условия выведения ускоренного пучка до значений индукции $B_0 = 0,55$ Тл. При больших значениях градиент магнитного поля становится ниже требуемого в результате насыщения шимм, что приводит к увеличению размеров пучка на выходе из квадранта. Однако его транспортировка осуществляется без потерь до значения индукции $B_0 = 0,8$ Тл. Далее, по причине уменьшения величины $V/B_0 / V$ – среднее значение поля на шиммированном участке/ ось пучка смещается наружу по отношению к трассе канала. Эксперименты показали возможность компенсации этого смещения посредством изменения радиального положения магнита – дефлектора /выводной магнит МВ-2/, а также смещения оси пучка относительно оси выводного ионопровода в пределах его апертурного запаса. Исследование режимов медленного вывода проведено в диапазоне энергий $E = 0,5 \div 2,5$ ГэВ/нуклон. Эффективность вывода пучка выросла в 300 раз и в настоящее время составляет ~30%.

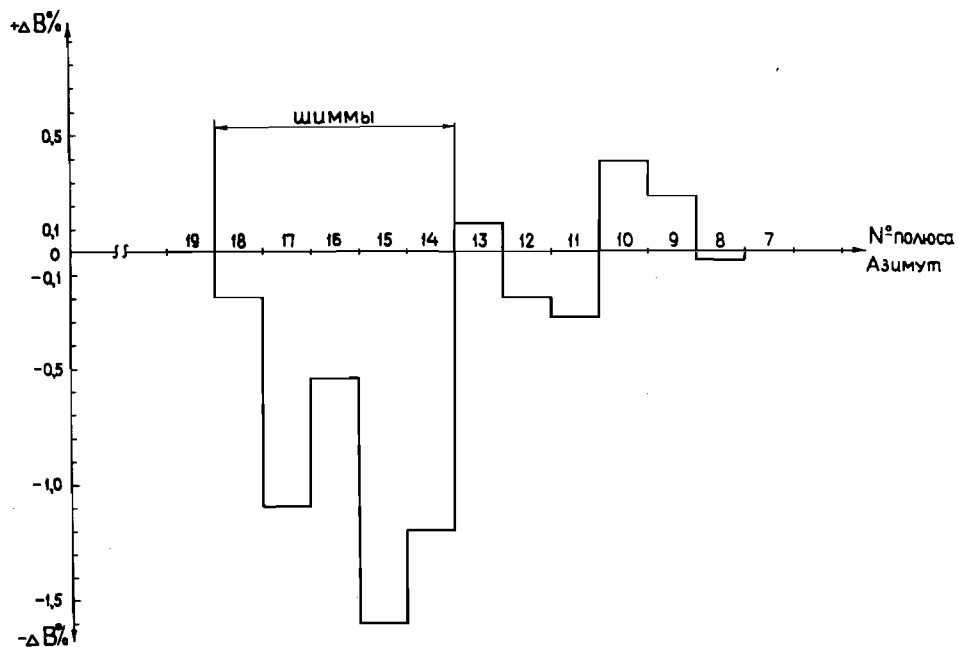


Рис.1. Относительное изменение индукции на равновесном радиусе шиммированного участка электромагнита 1 квадранта.

3. ИЗМЕРЕНИЕ СОСТАВА СПЕКТРА МОДУЛЯЦИИ ТОКА ВЫВЕДЕННОГО ПУЧКА

Работы продолжались в соответствии с программой, которая была разработана на основе данных, полученных в одном из прошедших сеансов. Электронная аппаратура предварительно была модернизирована, с тем чтобы повысить помехозащищенность измерительных модулей и линий передачи. В очередном сеансе проведены измерения спектра модуляции тока медленного вывода /в направлении MB-1/. Измерения проходили при индукции остановленного магнитного поля вывода $B_0 = 1,07$ Тл и выключенном ускоряющем напряжении /в этом случае в спектре модуляции выведенного тока отсутствует высокочастотная оборотная структура/ в двух режимах: без обратной связи /рис.2/ и с включенной обратной связью при оптимальной настройке системы демпфирования /рис.3/. Анализ первой диаграммы показывает, что наибольший вклад в модуляцию тока вносят низкие частоты: 5 Гц ($A/A_0 = 0,284$), 50 Гц ($A/A_0 = 0,267$), и 25 Гц ($A/A_0 = 0,118$). Здесь A/A_0 - отношение

3 ОКТЯБРЯ 1988 Г. 16:44

Текст: 537 МС
Темп: 323 МС
Кос: 59 %

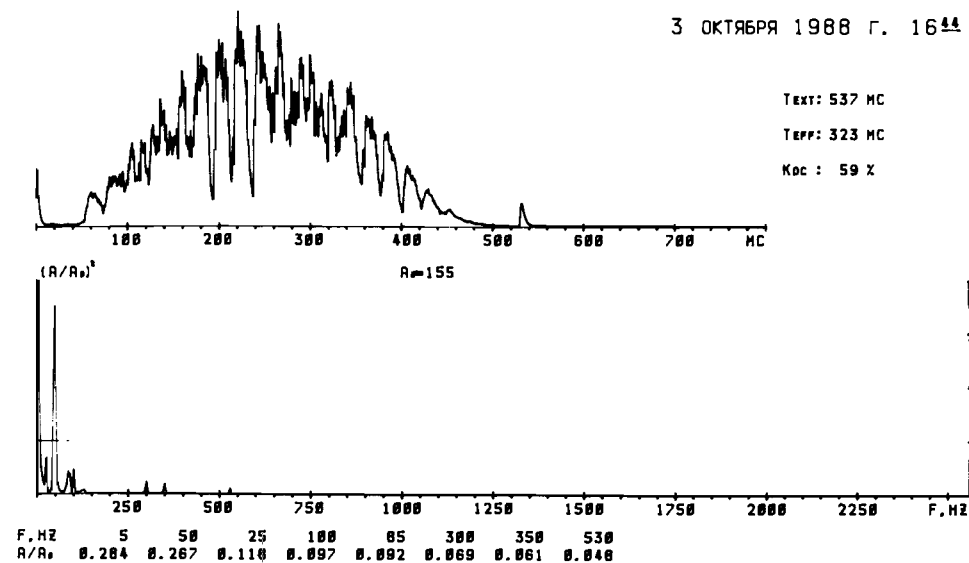


Рис.2. Временная структура и частотный спектр тока выведенного пучка при отключенной обратной связи.

амплитуды соответствующей гармоники к величине постоянной составляющей выводимого тока. Измерения эффективной длительности вывода показали $T_{эфф} = 59\%$.

Обратная связь по току выведенного пучка /рис.3/ с системой демпфирования позволяет подавить модуляцию с частотой 5 и 25 Гц и ослабить на порядок модуляцию с частотой 50 Гц ($A/A_0 = 0,025$). В меньшей степени подавляются частоты 100 Гц ($A/A_0 = 0,018$) и 300 Гц ($A/A_0 = 0,019$), соответственно в 5 и 3 раза. Однако в спектре модуляции тока появляются более высокочастотные составляющие в диапазоне $1000 \div 2000$ Гц, наличие которых можно объяснить действием самой обратной связи. Длительные наблюдения показали, что значения этих частот изменяются от цикла к циклу и зависят от характера возмущений, вносимых в ток пучка помехами. Из рассмотрения рис.3 следует, что амплитудный вклад высокочастотных составляющих - одного порядка с величинами подавленных частот модуляции. Это позволяет сделать вывод о том, что при данных параметрах обратной связи достигнут предел возможного уменьшения глубины модуляции тока. При этом достигнута эффективная длительность медленного вывода $T_{эфф} = 90\%$ /увеличение в 1,53 раза/.

3 ОКТЯБРЯ 1988 г. 16³¹

Техт: 533 мс

Темп: 486 мс

Кос: 98 %

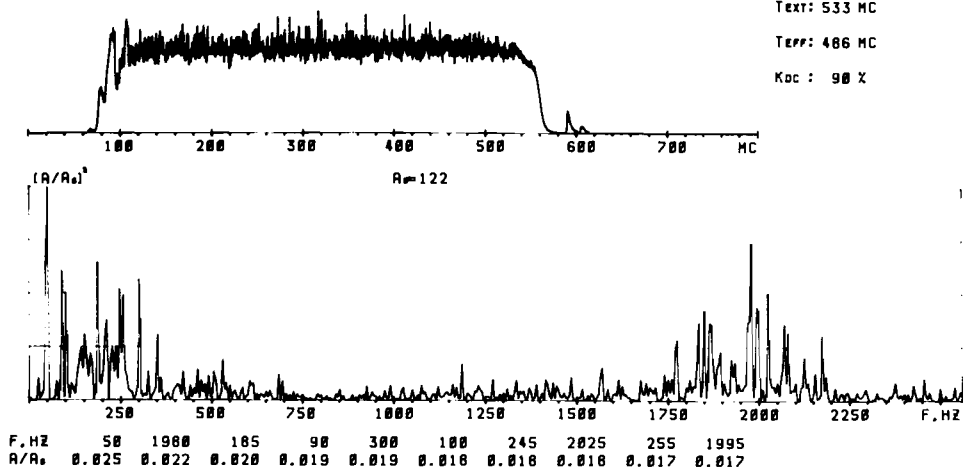
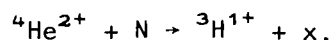


Рис.3. Временная структура и частотный спектр тока выведенного пучка при оптимальной настройке системы обратной связи.

Работы, направленные на дальнейшее изучение проблемы с целью достижения предельно возможной эффективной длительности медленного вывода, продолжают.

4. ПУЧОК ЯДЕР ТРИТИЯ В КАНАЛЕ ВП-1 И КАНАЛЕ 6В/2/

Ядра трития были получены в реакции стриппинга при взаимодействии выведенного пучка α -частиц с полиэтиленовой мишенью:



Мишень располагалась в фокусе F_3 канала медленного вывода МВ-1. Канал ВП-1 был настроен на прохождение протонов с импульсом $p = 9$ ГэВ/с, соответственно импульс α -частиц, падающих на мишень, был выбран таким, что составлял 2/3 этой величины. Пучок ядер трития имел малую угловую расходимость и практически такую же величину импульса на нуклон, как и α -частицы. Непровзаимодействовавшие α -частицы после прохождения первого дубле-

та линз канала ВП-1 /11К200 и 5К100/ отклонялись также магнитом 6СП-40, но не попадали в канал /при диаметре ионопровода $D = 20$ см и угле отклонения $\Delta\varphi = 0,044$ мрад на базе 10 м пучок отклонялся на 44 см и поглощался в защите/. Дополнительная очистка пучка происходила при повороте на направление канала 6В. Угол поворота составлял $\varphi = 0,14$ мрад.

При интенсивности падающего пучка α -частиц $N=1,0 \cdot 10^9$ ядер и толщине мишени $\ell=10,0$ г/см² интенсивность пучка ядер трития составила $N = 5,0 \cdot 10^5$ ядер за один цикл работы ускорителя.

5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

В 1988 г. на синхрофазотроне ОИЯИ были проведены: один цикл высокоточных геодезических измерений текущих осадок колонн здания ускорителя и собственно магнита синхрофазотрона и не-

Таблица II. Текущие и абсолютные осадки шкалок на колоннах здания синхрофазотрона

№ цикла	Дата	квартант	Внутренний радиус			Внешний радиус			Средн. квадратическая погрешность, мм
			№ колонн	осадки, мм		№ колонн	осадки, мм		
				$S_{\text{тек}}$	$S_{\text{абс.}}$		$S_{\text{тек}}$	$S_{\text{абс.}}$	
XXXI	май 1988 г.	I кв.	1	0,00	0,00	28	0,08	-0,05	±0,022
			2	-0,11	0,08	29	-0,09	0,03	
			3	-0,17	0,11	31	-0,17	-0,01	
			4	-0,15	0,14	33	0,15	0,69	
			5	-	-	-	-	-	
			6	0,09	-0,07	34	-0,01	0,75	
		ор.	-0,10	-	ор.	-0,01	-		
		II кв.	8	-0,11	0,27	36	-0,27	-1,04	
			9	-0,16	-	37	-0,12	-1,06	
			11	-0,18	0,34	39	-0,18	-0,91	
			12	-0,02	-0,40	40	-0,22	-0,47	
			ор.	-0,12	-	ор.	-0,20	-	
		III кв.	14	0,34	1,17	43	-0,26	-2,90	
			15	-0,22	0,67	44	-0,21	-3,18	
			16	-0,24	1,07	46	-0,35	-2,29	
			17	-0,24	-1,03	47	-0,25	-1,94	
			18	-0,37	-0,64	ор.	-0,27	-	
			ор.	-0,15	-	ор.	-0,27	-	
		IV кв.	19	-0,37	-1,67	48	-0,30	-1,69	
			20	-0,15	-0,86	49	-0,29	-1,45	
21	-0,01		-0,68	51	-0,29	-1,74			
22	-0,45		-0,53	52	-0,20	-1,88			
ор.	-0,12		-	ор.	-0,27	-			

Таблица III. Текущие и абсолютные осадки шкалок, расположенных на стойках электромагнита синхрофазотрона /впредь именуется "блоки" электромагнита/

№ цикла	Дата	№ ква-дранта	№ шк.	Внутренний радиус			Внешний радиус			Средняя квадратическая погрешность, мм
				№ блока	Осадки, мм S _{тек.} S _{абс.}	№ блока	Осадки, мм S _{тек.} S _{абс.}			
XXXI	май 1988 г.	I	1	49	0,22	-0,92	I	-0,14	0,18	±0,022
			2	52	0,03	-2,57	3	-0,18	-1,00	
			3	55	-0,71	-2,77	6	-0,17	-1,25	
			4	57	-0,66	-2,50	9	0,21	-0,62	
			5	59	-0,69	-1,73	II	0,29	-0,28	
		ор.		-0,36			0,00			
		II	1	62	-0,56	-1,75	13	-1,15	-0,44	
			2	64	-0,49	-2,36	17	-1,28	-1,59	
			3	68	-0,43	-2,27	19	-1,19	-1,54	
			4	71	-0,79	-1,88	22	-1,27	-1,42	
			ор.		-0,56			-1,22		
		III	1	73	-0,02	-0,61	25	-0,36	-0,83	
			2	76	-0,50	-1,82	28	-0,53	-2,72	
			3	78	-0,54	-2,92	31	-0,37	-2,68	
			4	81	-0,54	-2,84	34	-0,34	-2,32	
			5	83	-0,35	-2,62	36	-0,39	-2,15	
		ор.		-0,39			-0,40			
		IV	1	86	-0,33	-2,54	38	-0,38	-1,53	
			2	89	-0,42	-3,09	40	-0,36	-2,10	
			3	93	-0,68	-3,52	43	-0,30	-2,50	
4	96		-0,40	-2,18	45	-0,37	-1,54			
ор.			-0,46			-0,35				

сколько циклов наблюдений за стабильностью положения куста реперов. Результаты измерений приводятся в табл. II, III, IV.

Из табл. III следует, что максимальные величины смещений магнитных блоков квадрантов таковы:

№ квадранта	№ блока	Внутрен. радиус	№ блока	Наружн. радиус
I	55	-0,71	11	0,29
II	71	-0,79	17	-1,28
III	78, 81	-0,54	28	-0,53
IV	93	-0,68	38	-0,38

Таблица IV. Результаты наблюдений за стабильностью куста реперов

№ цикла	Дата	№ репера	Осадки, мм		Средняя квадратическая погрешность, мм
			S _{тек.}	S _{абс.}	
I62	6 апреля 1988 г.	I 2 3 4	-0,06 -0,05 -0,07 0,18	-0,34 -0,03 0,17 0,05	±0,005
I63	19 апреля 1988 г.	I 2 3 4	-0,01 -0,12 0,02 0,11	-0,35 -0,15 0,19 0,16	±0,006
I64	25 апреля 1988 г.	I 2 3 4	-0,01 0,05 0,02 -0,06	-0,36 -0,10 0,21 0,10	±0,21
I65	23 мая 1988 г.	I 2 3 4	-0,03 0,02 -0,07 0,08	-0,43 -0,08 0,14 0,18	±0,009
I66	7 июня 1988 г.	I 2 3 4	0,02 -0,01 -0,01 0,00	-0,37 -0,09 0,13 0,18	±0,016
I67	13 июля 1988 г.	I 2 3 4	-0,01 0,02 0,02 -0,03	-0,38 -0,07 0,15 0,15	±0,019
I68	31 августа 1988 г.	I 2 3 4	0,04 0,08 -0,04 -0,08	-0,34 0,01 0,11 -0,04	±0,019
I69	27 сентября 1988 г.	I 2 3 4	-0,17 0,01 0,09 0,07	-0,51 0,02 0,20 0,03	±0,016

Измерения проводились нивелиром Ni-007. Циклы № 159-161 не проводились в связи со строительством компрессорной станции нуклотрона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васишин Б.В. и др. - ОИЯИ, P9-89-27, Дубна, 1989.
2. Baldin A.M. et al. - Physica Scripta, 1983, vol. T3, p. 43.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 мая 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.