

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

SU 8008713

P10 - 12969

З. Гонс

ОБ АЛГОРИТМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОСТРОЕНИЯ
СХЕМ РАСПАДА ЯДЕР

Направлено в "Nuclear Instruments and Methods"

1980

Гонс 3.

P10 - 12969

Об алгоритмизации процесса построения схем распада ядер

Рассматриваются проблемы, связанные с построением при помощи ЭВМ схем распада ядер на основе спектроскопической информации. Предлагается общее определение однозначной и правильной схемы распада. Постулируются правила, позволяющие в рамках непоследовательного метода проб и ошибок найти такую схему. Приводятся результаты практического применения программы для ЭВМ, написанной на основе упомянутых правил. Построено 19 схем распада с применением опубликованных экспериментальных данных. Полученные нами схемы включали от 25 до 85% уровней и переходов, найденных авторами публикаций/см., напр., ^{14-18/} на основе совпадений, причем в энергиях уровней и размещении переходов было достигнуто 100-процентное согласие.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1980

Hons Z.

P10 - 12969

On Algorithmization of the Process of γ - Ray Decay Scheme Construction

Problems connected with computer construction of γ -ray decay schemes on the basis of spectroscopic data, are treated with special attention to unambiguity and correctness of the obtained decay schemes. A general definition of unambiguous and correct decay scheme is suggested and the rules, allowing to construct it within the framework of the incomplete trial and error method, are postulated. The algorithms, based upon these rules, has been tested by means of computer program prototypes on the CDC-6500 computer. Nineteen decay schemes have been constructed on the basis of earlier published data, and found energies of levels and transition locations are in perfect agreement with the published ones.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1980

1. ВВЕДЕНИЕ

В последнее время появилось несколько работ^{/1-18/}, посвященных проблеме построения с помощью ЭВМ схем распада ядер на основе спектроскопической информации. Полученный опыт указывает на то, что успешное решение проблемы связано с ответом на два вопроса: как определить понятие схемы распада и как найти определенную схему.

Схема распада пока определялась с помощью нескольких "негативных", друг с другом не связанных, правил, вытекающих непосредственно из экспериментальных данных /например: совпадающие переходы не должны быть размещены в схеме параллельно, энергии уровней не должны превышать энергию распада материнского ядра и т.д./. Однако таким образом можно определить только то, как схема распада не должна выглядеть, и то, что ее нельзя строить иным способом, кроме метода проб и ошибок. Но, к сожалению, современные ЭВМ не обладают достаточной емкостью памяти и скоростью счета, чтобы было возможно применить последовательно метод проб и ошибок. Вследствие этого появляются вопросы по поводу однозначности и правильности схем распада, найденных посредством непоследовательного метода проб и ошибок. В связи с этим считаем интересным и полезным изучить процесс построения схем распада именно с точки зрения однозначности и правильности найденных схем.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Учитывая только экспериментальные данные, мы вынуждены принять как возможную схему распада все альтернативные упорядочения переходов, которые им не противоречат. Однако в литературе обычно встречаемся только с одной схемой распада, хотя экспериментальные данные позволяют много вариантов. Даже в работах, посвященных построению схем распада с помощью ЭВМ, не явно предпочитают некоторые варианты упорядочения переходов другим, хотя с точки зрения экспериментальных данных нельзя такой выбор обосновать. Если более внимательно проследить за этим явлением, то можно заметить, что предпочитают схемы распада, которые при меньшем числе уровней позволяют разместить большее число переходов /то есть схемы более компактные/.

Учитывая сказанное выше и то, что с общей точки зрения нельзя только на основе обычно ограниченного набора экспериментальных данных решать вопрос однозначности упорядочения определенного набора переходов, считаем разумным ввести следующий вспомогательный критерий:

Критерий 1. Среди всех вариантов упорядочения определенного набора переходов, не противоречащих экспериментальным данным, примем как однозначно определенное то, которое обладает наименьшим числом уровней и при котором других упорядочений с тем же числом уровней не существует.

Такой критерий "компактности", однако, теряет силу тогда, когда несколько упорядочений одних и тех же переходов имеют идентичное минимальное число уровней, и все эти упорядочения не запрещены экспериментальными данными. Чем большее число переходов мы будем рассматривать, тем меньше вероятности найти однозначно определенное упорядочение, отвечающее критерию 1.

Следовательно, разумно отказаться от усилий строить схему распада, учитывая все наблюдаемые переходы, а искать такую, полнота или неполнота которой зависит только от требования однозначного упорядочения ее переходов. С такой точки зрения определение однозначной и правильной схемы распада будет выглядеть следующим образом:

Определение 1. Пусть P - набор N наблюдаемых переходов, D - набор соответствующих экспериментальных данных и UF_i^j - однозначное упорядочение набора $PP_i^j \subset P_N$ переходов в согласии с экспериментальными данными $D_i^j \subset D$ и с критерием 1, причем $i = 1, 2, \dots, N$ обозначает количество переходов в PP_i^j , $j = 1, 2, \dots, \binom{N}{i}$ индексирует PP_i^j для определенного i и $PP_i^j \neq PP_k^j$ - для $j \neq k$. Тогда однозначной и правильной схемой распада S будет набор таких UF_i^j , что если $UF_i^j \in S$, то не существует других $UF_\ell^m \in S$, таких, что $PP_i^j \subset PP_\ell^m$.

Из определения 1 вытекают два следствия, важных для практического построения схемы распада:

Следствие 1. Если существуют для PP_i^j, D_i^j и PP_ℓ^m, D_ℓ^m , причем $PP_i^j \subset PP_\ell^m$, - однозначные упорядочения UF_i^j и UF_ℓ^m , то принимается UF_ℓ^m даже в том случае, когда структура переходов PP_i^j в UF_i^j отличается от структуры PP_i^j в UF_ℓ^m .

Следствие 2. Если существуют для PP_i^j, D_i^j и PP_ℓ^m, D_ℓ^m таких, что $PP_i^j \cap PP_\ell^m = K, K \neq \emptyset, PP_i^j \not\subset PP_\ell^m$ - однозначные упорядочения UF_i^j и UF_ℓ^m , и структура переходов K в UF_ℓ^m отличается от структуры переходов K в UF_i^j , то нельзя предпочитать ни UF_i^j , ни UF_ℓ^m , пока не существует UF_k^n , такое, что $(PP_i^j \cup PP_\ell^m) \subset PP_k^n$.

На основе определения 1 и следствий 1 и 2 считаем возможным сделать следующие заключения:

С помощью алгоритма построения схем распада, основанного на методе проб и ошибок, в общем нельзя строить схемы распада, удовлетворяющие определению 1 /то есть схемы однозначные и правильные/, пока этот метод не используется последовательно; иными словами - пока не рассматриваются все упорядочения переходов, не противоречащие экспериментальным данным.

Так как по техническим причинам в большинстве случаев последовательное использование метода проб и ошибок исключается, а другие методы построения схем распада пока не известны, то нельзя без дополнительных предположений с общей точки зрения решать вопрос однозначности и правильности найденных схем распада.

Одним из возможных подходов является поиск ответов на следующие вопросы:

- каким условиям должно удовлетворять однозначное упорядочение UF_i^j , чтобы можно было предположить, что его структура сохранится либо как $UF_i^j \in S$, либо как $UF_i^j \subset UF_l^m \in S$ во время процесса построения схемы распада /такое упорядочение назовем однозначным надежным фрагментом - URF /;

- для какого наименьшего i можно такие условия выполнить;

- как определить абсолютную ориентацию такого URF относительно вращения на 180° .

В этом месте нужно подчеркнуть, что проблемы, связанные с ответом на такие вопросы, необходимо решать, имея в виду то, что значение алгоритма построения схем распада заключается в его применимости на практике. В связи с этим следует искать компромисс между логической замкнутостью алгоритма с одной стороны, и его способностью "заработать" в случае реалистических наборов данных - с другой.

3. ИСХОДНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

С точки зрения самого процесса построения схемы распада исходные данные содержат информацию двоякого рода: конструктивную и селективную.

В первую группу можно включить энергии переходов и совпадения: равенства сумм энергий разных переходов и каскады друг с другом совпадающих переходов позволяют образовать отдельные фрагменты схемы распада.

Во вторую группу включаем остальные данные, а именно: энергию распада, интенсивности переходов и их мультипольности. Эти данные позволяют определить, какое из уже существующих упорядочений переходов можно принять /это значит, что даже совпадения частично относятся ко второй группе

данных, потому что кроме конструктивной информации несут также информацию о парах переходов, которые в схеме нельзя разместить параллельно/.

Кроме того, довольно большое значение для построения схемы распада имеет знание какого-либо ее фрагмента.

Но, к сожалению, не все упомянутые данные бывают известны в достаточной мере, чтобы они могли служить основной информацией. Это касается, например, мультипольности переходов или знания фрагмента схемы. В то же время необходимо иметь в виду, что с общей точки зрения в случае неполного отдельного упорядочения переходов нельзя использовать интенсивности переходов как селективную информацию из-за возможности изменения баланса интенсивностей в момент добавления других переходов.

Имея это в виду, будем использовать энергии переходов и совпадения в смысле конструктивной информации, а остальные данные, включая и селективный вклад совпадений, будут участвовать только в смысле тест-информации.

4. URF ПЕРВОГО РОДА

Постулирование качеств URF тесно связано с опытом, полученным в течение эксплуатации программы NADAN^{12,13}. Оказывается, что URF с минимальным числом уровней можно образовать из пяти переходов с энергиями E_1, E_2, E_3, E_4, E_5 , если выполняются следующие соотношения: $E_4 = E_1 + E_2, E_5 = E_2 + E_3$, и в то же время существуют совпадения: $E_1 - E_2, E_2 - E_3, E_4 - E_3, E_1 - E_5$ /рис. 1А/.

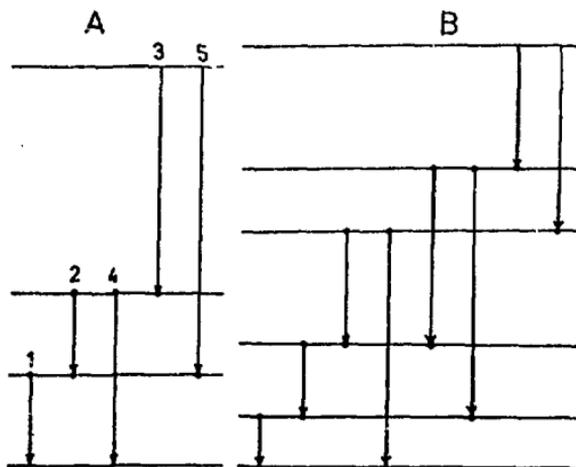


Рис. 1

Если обобщим характеристические качества URF с минимальным числом уровней, то можем ввести URF первого рода (URF₁) следующим образом:

Постулат 1. Структура упорядочения переходов, образующих UF, сохранится даже и в окончательной схеме, если:

а/ на наиболее низкий уровень UF приходят, по крайней мере, два перехода, а из наиболее высокого уровня - по крайней мере, два уходят;

б/ на каждый из внутренних уровней UF или, по крайней мере, два перехода приходят и один уходит, или хотя бы один приходит и два уходят;

в/ для каждого внутреннего уровня UF существует переход, который уходит из более высокого уровня и приходит на более низкий;

г/ из каждого внутреннего уровня UF уходит хотя бы один /два/ перехода, совпадающих по крайней мере с двумя /одним/ переходами, приходящими на тот же уровень;

д/ каждый переход UF присутствует, по крайней мере, в одном совпадении типа г/.

На рис. 1В показан пример общего упорядочения переходов, удовлетворяющего условиям постулата 1.

Видно, что для URF₁ невозможно решить вопрос его абсолютной ориентации относительно вращения на 180°, имея в виду сказанное в разделе 3.

5. URF ВТОРОГО РОДА

Ввиду того, что не все энергетически возможные переходы реализуются на практике, кроме URF₁, будут в общем существовать и другие фрагменты, структура которых не будет выполнять условий постулата 1, но будет сохраняться в окончательной схеме распада. Назовем такое упорядочение переходов URF второго рода (URF₂) и введем его следующим образом:

Постулат 2. Структура упорядочения переходов, образующих UF, сохранится и в окончательной схеме, если

а/ фрагмент UF содержит какой-либо URF₁;

б/ на каждый уровень, который не является уровнем URF₁, по крайней мере два перехода или приходят или уходят, причем каждый из них или совпадает хотя бы с одним из переходов, уходящих из уровня, куда упомянутый переход приходит, или совпадает по крайней мере с одним из переходов, приходящих на уровень, откуда упомянутый переход уходит.

Пример URF₂ показан на рис. 2.

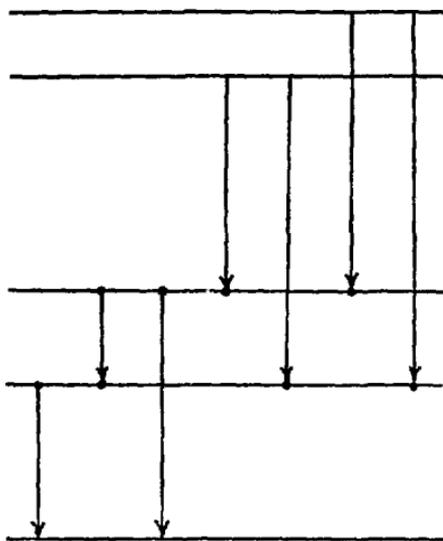


Рис. 2

6. СОЕДИНЕНИЕ URF

Если экспериментальные данные позволят найти больше одного URF1 и URF2, необходимо постулировать правила, позволяющие соединять найденные URF. Соединение двух URF должно быть однозначным, в то же время результирующий фрагмент должен выполнять условия постулата 1 или 2.

Когда два URF имеют, по крайней мере, два общих перехода, такие требования можно выполнить весьма просто:

Постулат 3. Два URF однозначно соединяются, если они имеют, по крайней мере, два общих перехода, и их размещение для обоих URF в энергетической шкале одинаково. Соединение URF потом осуществляется так, что уровни, куда приходят или уходят общие переходы, сольются.

Видно, что таким соединением двух URF всегда образуется либо URF1, либо URF2. Пример соединения двух URF показан на рис. 3.

Фрагмент, полученный в результате соединения двух URF, должен удовлетворять всем экспериментальным данным, т.е. не должен им противоречить. Упомянутое требование можно использовать для введения правил соединения URF, которые имеют один общий переход:

Постулат 4. Два URF однозначно соединяются, если они имеют один общий переход, и один из двух вариантов их соединения противоречит экспериментальным данным. Соединение URF потом осуществится так, что уровни, между которыми размещен общий переход, сольются.

Ввиду доводов, упомянутых в начале параграфа 5, необходимо обобщить постулаты 3 и 4 для таких случаев, когда роль общих переходов выполняют фиктивные переходы /разницы энергий уровней/, соединяемых URF /рис. 4/'.

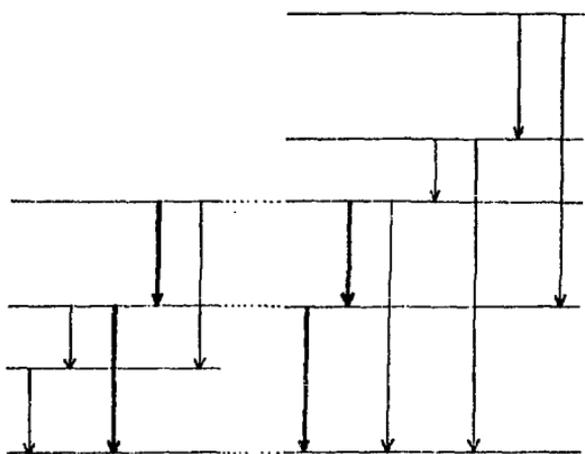


Рис. 3. URF перед соединением. Выделены общие переходы.

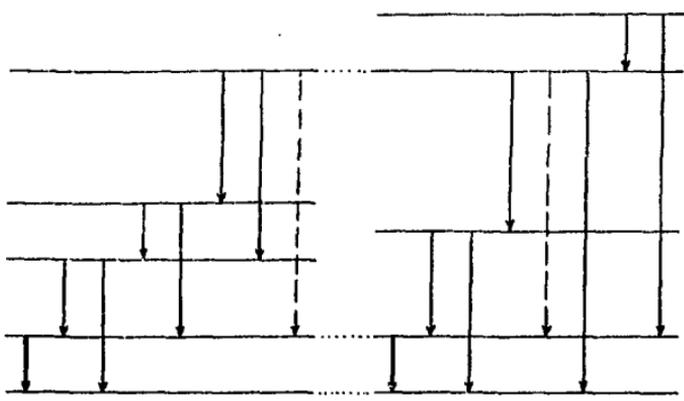


Рис. 4. URF перед соединением. Сплошной линией обозначен общий переход, штриховой - общий фиктивный переход.

7. АБСОЛЮТНАЯ ОРИЕНТАЦИЯ URF_2

В процессе взаимного соединения исходных URF и полученных в результате соединения, приходим/имея в виду следствия 1 и 2/ в общем случае к нескольким URF , которые соединить нельзя. Чтобы было возможно считать такие URF требуемой однозначной и правильной схемой распада, необходимо решить вопрос их абсолютной ориентации. Для простоты предположим, что найденный URF_2 / URF_1 нельзя абсолютно ориентировать/ - единственный, и содержит все наблюдаемые переходы. Несмотря на возможность использования результатов баланса интенсивностей /в общем его нельзя использовать для отдельных $URF_2 /$, видно, что фрагмент будет реалистически описывать способ разрядки возбужденных состояний ядра, если из каждого уровня /кроме наиболее низкого/ уходит, по крайней мере, один переход.

Однако, если уже ориентированный фрагмент не содержит всех наблюдаемых переходов, то нельзя исключить возможности, при которой добавление неразмещенных переходов позволит образовать альтернативную схему, противоположную ориентированной ранее.

Предположим, что неразмещенные переходы нельзя разместить ни в каком URF в согласии с постулатами 1 и 2, и нельзя из них образовать никакого URF . Тогда видно, что совпадающие не размещенные пока переходы можно добавить только неоднозначным способом, который не позволяет в рамках предыдущих правил решить вопрос правильности или неправильности таких размещений. Ввиду того, что пока не обсуждалась роль несовпадающих переходов, можно решить вопрос об абсолютной ориентации URF_2 следующим образом:

Постулат 5. Любой URF_2 , к которому нельзя добавить другой URF в смысле постулатов 3 и 4, является абсолютно ориентированным, если:

а/ из каждого его уровня /кроме наиболее низкого/ уходит, по крайней мере, один переход;

б/ после его поворота на 180° нельзя достигнуть выполнения условия а/ ни в рамках постулатов 1 и 2, ни добавлением несовпадающих переходов между его уровнями.

Необходимо подчеркнуть, что наиболее низкий уровень абсолютно ориентированного URF_2 не обязательно совпадает с основным состоянием изучаемого ядра.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый набор правил является результатом стремления выработать определенную позицию в отношении проблем одно-

значности и правильности схем распада, построенных с помощью ЭВМ. Изложенный подход тесно связан с практическим использованием программы HADAN в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ /12,18/ и является развитием идей Л.Главаты /11/.

Практические версии алгоритмов, разработанные на основе постулатов 1-5, были опробованы с помощью прототипов программ на CDC-6500 Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ. Было построено 19 схем распада на основе опубликованных экспериментальных данных /см., например, /14-18/ /. Полученные нами схемы включали от 25% до 85% уровней и переходов, найденных авторами публикаций на основе совпадений, причем в энергиях уровней и размещении переходов было достигнуто 100-процентное согласие. Предполагается, что будет опубликована окончательная версия программы, которая в диалоговом режиме работы позволяла бы пользователю не только проверять найденные URF, но и добавлять остальные переходы с учетом информации, трудно вводимой в алгоритм.

В заключение хочу поблагодарить Л.Главаты за ценные консультации, которые внесли вклад в решение задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Říková J., Zvolská V., Hnatovitz V. Soubor programů pro zpracování experimentálních dat v jaderné spektroskopii. Report Řež-leden-1976.
2. Kaupe A.F. Comm.Assoc.Compt.Machinery, 1963, 6, No. 6, p.313, algorithm 178.
3. Калмыкова Л.А., Бурмистров В.Р. ОИЯИ, 10-9808, Дубна, 1976.
4. Helmer R.G., Bachlin A. Nucl. Instr. and Meth., 1968, 65, p.31.
5. Foster P.P. Comp.D.C. CPC, 1971, 2, No.5, p.288.
6. Hammermach B. et al. Ann.Phys., 1961, 13, p.284.
7. Sumbajev O. J.Izv.Akad.Nauk SSSR, 1965, 29, p.741.
8. Желепов Б.С. Методы разработки сложных схем распада. "Наука", Л., 1974.
9. Johnson L.V., Kenett T.J. Nucl.Instr. and Meth., 1970, 87, p.109.
10. Rester A.C. Nucl.Instr. and Meth., 1971, 96, p.269.
11. Hlavatý L. CPC (to be published).
12. Hons Z. Nucl.Instr. and Meth., 1979, 161, p.299.
13. Гонс З. ОИЯИ, 10-11973, Дубна, 1978.
14. Базнат М.И. и др. ОИЯИ, E2-8303, Дубна, 1976.

15. Липтак Я., Криштак Я., Криштакова К. ОИЯИ, Е6-11090, Дубна, 1977.
16. Adam J. et al. Nucl.Phys., 1975, A254, p.63.
17. Kracikova T.I. et al. Nucl.J.Phys., 1974, B24, p.852.
18. Абдуразаков А.А. и др. Изв. АН СССР /сер.физ./, 1976, 40, с.1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 декабря 1979 года.

Нет ли пробелов в Вашей библиотеке?

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

P1,2-7642	Труды Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Гомель, 1973.	7 р. 15 к.
Д1,2-8405	Труды IV Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Варна, 1974.	2 р. 05 к.
P1,2-8529	Труды Международной школы-семинара молодых ученых. Актуальные проблемы физики элементарных частиц. Сочи, 1974.	2 р. 60 к.
Д6-8846	XIV совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1975.	1 р. 90 к.
Д13-9164	Международное совещание по методике проволочных камер. Дубна, 1975.	4 р. 20 к.
Д1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	3 р. 60 к.
Д13-9287	Труды VIII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1975.	5 р. 00 к.
Д7-9734	Международная школа-семинар по взаимодействию тяжелых ионов с ядрами и синтезу новых элементов /Дубна, 1975/.	3 р. 00 к.
Д2-9788	Нелокальные, кельвинские и неренормируемые теории поля /Алушта, 1976/.	2 р. 40 к.
Д-9920	Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976.	3 р. 50 к.
Д9-10500	Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976.	2 р. 50 к.
Д2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	3 р. 50 к.
Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д10.11-11264	Труды Совещания по программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.

Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по ветровой физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна 1978. /2 тома/	7 р. 48 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна 1978.	5 р. 00 к.
Р18-12147	Труды III совещания по использованию ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач.	2 р. 20 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
Р2-12462	Труды V Международного совещания по нелокальным теориям поля. Алушта, 1979.	2 р. 25 к.
Д2-11707	Труды XI Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий и релятивистской ядерной физике. Гомель, 1977.	6 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:

101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79,

издательский отдел Объединенного института ядерных исследований



Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Заказ 27512. Тираж 530. Уч.-изд. листов 0,62.
Редактор Б.Б.Колесова.
Набор В.С.Румянцевой, Е.М.Границкой.
Макет Т.Е.Жильцовой. Подписано к печати 15.1.80 г.