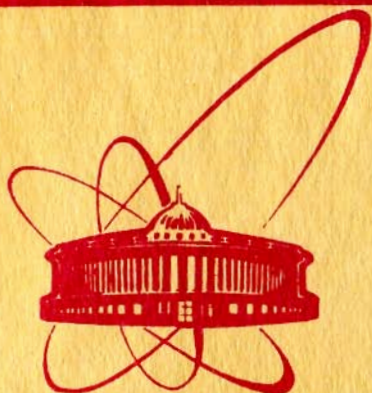


12 969



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

1113 / 2-80

18/3-80

P10 - 12969

З. Гонс

ОБ АЛГОРИТМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОСТРОЕНИЯ  
СХЕМ РАСПАДА ЯДЕР

Направлено в "Nuclear Instruments and Methods"

1980

## 1. ВВЕДЕНИЕ

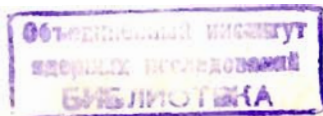
В последнее время появилось несколько работ<sup>/1-13/</sup>, посвященных проблеме построения с помощью ЭВМ схем распада ядер на основе спектроскопической информации. Полученный опыт указывает на то, что успешное решение проблемы связано с ответом на два вопроса: как определить понятие схемы распада 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 не последовательного 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 встречается 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  $P_N$  - 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  $PP_i^j \neq PP_i^k$  - 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  $PP_\ell^m, D_\ell^m$ , причем  $PP_i^j \subset PP_\ell^m$ , - однозначные упорядочения  $UF_i^j$  и  $UF_\ell^m$ , то принимается  $UF_\ell^m$  даже в том случае, когда структура переходов  $PP_i^j$  в  $UF_i^j$  отличается от структуры  $PP_i^j$  в  $UF_\ell^m$ .

Следствие 2. Если существуют для  $PP_i^j, D_i^j$  и  $PP_\ell^m, D_\ell^m$  таких, что  $PP_i^j \cap PP_\ell^m = K, K \neq \emptyset, PP_i^j \neq PP_\ell^m$  - однозначные упорядочения  $UF_i^j$  и  $UF_\ell^m$ , и структура переходов  $K$  в  $UF_\ell^m$  отличается от структуры переходов  $K$  в  $UF_i^j$ , то нельзя предпочитать ни  $UF_i^j$ , ни  $UF_\ell^m$ , 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  $UF_i^j \subset UF_\ell^m \in S$  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  $180^\circ$ .

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, мультипольностей 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 НАДАН<sup>12,13</sup>. 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/.

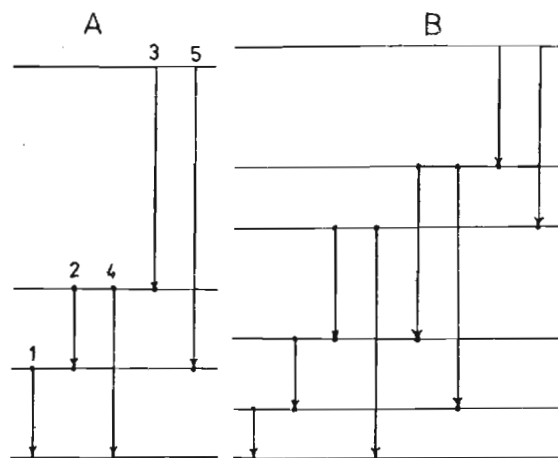


Рис. 1

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  $180^\circ$ , 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 звездим 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.

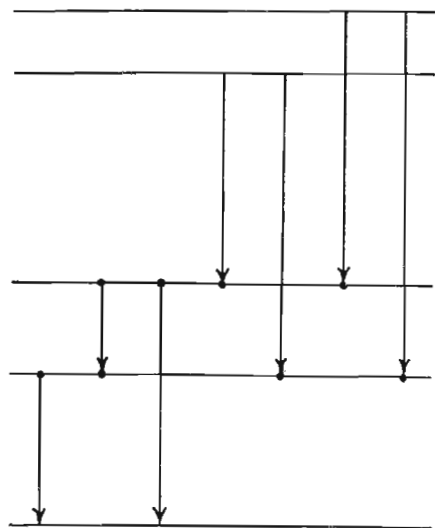


Рис. 2

## 6. СОЕДИНЕНИЕ URF

Если экспериментальные данные позволяют 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 осуществится 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/.

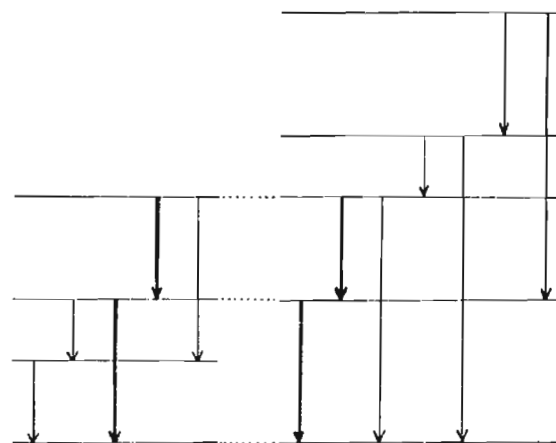


Рис. 3. URF перед соединением. Выделены общие переходы.

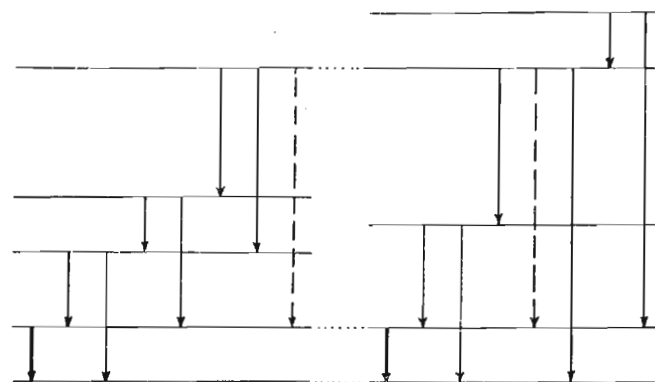


Рис. 4. URF перед соединением. Сплошной линией обозначен общий переход, штриховой - общий фиктивный переход.

15. Липтак Я., Криштак Я., Криштакова К. ОИЯИ, Е6-11090, Дубна, 1977.
16. Adam J. et al. Nucl.Phys., 1975, A254, p.63.
17. Krasikova 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.