

И-20

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



P1 - 3595

В.Иванов, Л.Яноутова

К ВОПРОСУ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОБЫТИЙ  
В ПРОПАНОВЫХ КАМЕРАХ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

1967.

P1 - 3595

5511/3 нр.

В.Иванов, Л.Яноутова

К ВОПРОСУ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОБЫТИЙ  
В ПРОПАНОВЫХ КАМЕРАХ



## В в е д е н и е

Пропановые пузырьковые камеры используются для исследований нейтральных и радиационных схем распада различных резонансов. Сечения образования резонансов малы и поэтому для исследования процессов их рождения и особенно распада приходится анализировать сотни и тысячи событий. В связи с этим возникает необходимость разработки такой системы обработки стереофотографий, которая позволяла бы быстро анализировать требуемое число событий.

Наименее трудоемким методом идентификации событий в пузырьковых камерах является метод кинематического анализа<sup>1/</sup>. Надежность и однозначность получаемых при кинематическом анализе результатов в значительной степени определяется ошибками в импульсах вторичных частиц. Точность определения импульсов вторичных частиц (по кривизне в магнитном поле) в пропановых камерах в среднем около 10%. Эта величина достаточно велика по сравнению с соответствующими ошибками в жидководородных камерах, где применение методов кинематического анализа дает поразительные результаты<sup>2/</sup>. В связи с этим для разработки методики идентификации резонансов в пропановых камерах потребовалось рассмотреть возможности различных методов идентификации регистрируемых событий и, в первую очередь, кинематического анализа. Изложению результатов этого рассмотрения и посвящена данная работа.

### § 1. Экспериментальная процедура

Исследование возможностей различных методов идентификации событий в пропановых камерах проводилось с помощью метровой пропановой пузырьковой камеры, экспонировавшейся в пучке  $\pi^-$ -мезонов с импульсом около 5 Гэв/с<sup>3,4/</sup>

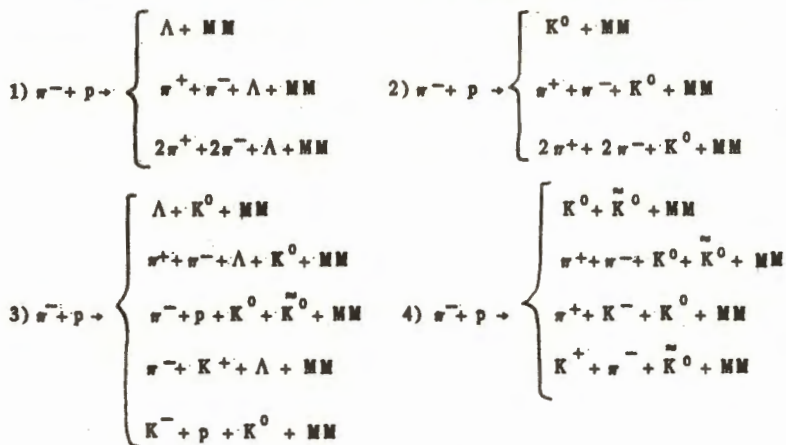
Обмер найденных при просмотре случаев взаимодействий производился на полуавтоматах<sup>/5/</sup>. Результаты измерений обсчитывались по программе реконструкции<sup>/6/</sup>, а затем по программе идентификации каналов реакции<sup>/7/</sup>.

Для анализа отбирались случаи образования  $V^0$ -частиц ( $\Lambda$ -гиперонов и  $K_1^0$ -мезонов), удовлетворявшие следующим критериям:

1. Результаты обсчета лучей  $V^0$ -частиц и электрон-позитронных пар согласуются с гипотезой образования  $\Lambda$ -гиперона или  $K_1^0$ -мезона, или  $\gamma$ -кванта в точке взаимодействия первичной частицы.

2. Значения импульсов и углов разлета вторичных частиц не противоречат гипотезе их образования в  $\pi^-p$ -взаимодействии при импульсе налетающей частицы  $(5,01 \pm 0,10)$  Гэв/с.

На рис. 1-4 приведены распределения случаев образования  $\Lambda$ -гиперонов и  $K^0$ -мезонов по недостающим массам в следующих реакциях:



Заштрихованные на рис. 1, 2 и 4 области указывают события, кинематика которых удовлетворяет гипотезам с образованием одной незарегистрированной нейтральной частицы:  $K^0$ ,  $\Lambda$  и  $\gamma$ , соответственно. Из этих рисунков видно, что в значительном числе событий имеется две или более "улетевших" нейтральных частиц. Так, например, для событий, кинематика которых удовлетворяет реакции 1, только в половине случаев проходит гипотеза с образованием одной  $K^0$ -частицы. Остальные же, по-видимому, соответствуют генерации  $K^0$ -мезона с одним или несколькими  $\pi^0$ -мезонами.

Процесс идентификации событий, регистрируемых в пропановых камерах, можно разделить на следующие этапы:

1. Отбор случаев взаимодействий налетающих частиц с нуклонами.
2. Определение масс, образовавшихся в результате взаимодействия частиц (лучей звезды).

3. Выделение случаев образования определенных частиц или резонансов.

Из приведенных на рис. 1, 2, 4 распределений видно, что распределения недостающих масс в событиях, удовлетворяющих гипотезе образования той или иной частицы, сильно "размазаны" относительно массы этой частицы. Поэтому встает вопрос о надежности и однозначности получаемых результатов.

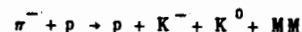
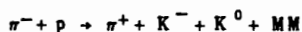
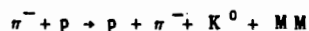
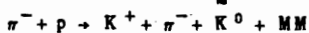
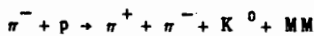
Для решения этой задачи найденные в камере случаи образования  $V^0$ -частиц в двух- и четырехлучевых звездах обсчитывались по программе идентификация каналов реакций для всех возможных предположений о природе вторичных заряженных частиц. Кроме того, часть двухлучевых звезд с  $\Lambda$ -гиперонами или  $K^0$ -мезонами была обсчитана при различных предположениях о массах улетающих частиц (резонансов) с целью выяснения возможностей применения этой методики для идентификации резонансов.

## § 2. Результаты кинематического анализа

В таблице 1 и 2 приведены результаты кинематической идентификации случаев образования  $\Lambda$ - или  $K^0$ - частиц в двухлучевых звездах, соответственно.

В двухлучевых звездах с наблюдением  $\Lambda$ -гипероном отрицательно заряженная частица  $\pi^-$ -мезон, а положительная  $\pi^+$ - или  $K^+$ -мезон. Кинематический анализ позволяет разделить эти две возможности только в 21 случае из 71, т.е. примерно в 30% (Таблица 1).

Более сложная ситуация имеет место для двухлучевых звезд в одной из следующих реакций:



В этом случае программа идентификации позволила однозначно идентифицировать только три события из 89 и примерно в половине случаев отбросить "противные гипотезы" (Таблица 2).

Аналогичная ситуация имеет место и в 4-лучевых звездах с  $\Lambda$ -гиперонами и  $K^0$ -мезонами, хотя значения недостающих масс в этих случаях меньше, чем в соответствующих двухлучевых звездах.

Таким образом, природа вторичных заряженных частиц определяется в рассмотренных выше событиях с помощью программы идентификации только в ограниченном числе случаев.

Рассмотрим теперь возможности применения кинематического анализа для идентификации случаев образования резонансов, распадающихся на нейтральные частицы, в предположении, что массы лучей звезды известны, на примере двухлучевых звезд с  $\Lambda$ -гипероном или  $K_1^0$ -мезоном.

В случаях, когда улетевшей нейтральной частицей может быть  $K^0$ -мезон или один из следующих резонансов:  $\chi$  (725),  $K^*(891)$ ,  $S$  (1215),  $K^*(1405)$ <sup>7/8/</sup> (таблица 3), примерно в 85% подходит одна из возможных гипотез, а в остальных - 2 - 3. И только в одном случае с недостающей массой  $M_M = 1,08$  Гэв не прошла ни одна из рассмотренных гипотез.

В таблице 4 приведены результаты анализа группы событий, кинематика которых удовлетворяет одной из следующих двух гипотез:

$$\pi^- + p \rightarrow K^+ + \pi^- + \Lambda + X$$

$$\pi^- + p \rightarrow K^- + p + K^0 + X$$

Здесь  $X = \pi^0$ ,  $\eta$ ,  $\omega$  или  $X^0$ -мезон, соответственно. Примерно в половине случаев (32 и 61) проходит только одна из рассмотренных гипотез, в четырех - ни одной, а в остальных - 2-3 одновременно.

В звездах с предполагаемым вылетом  $\Lambda$ -гиперона или соответствующего резонанса (Таблица 5) в 18 случаях из 68 получается однозначный результат, в четырех случаях с  $M_M = 2,0$  Гэв не проходит ни одна из рассмотренных гипотез, а в остальных, как правило, 3-4.

Приведенные результаты показывают, что программа идентификации каналов<sup>7/7/</sup> реакций позволяет выделять случаи взаимодействий, кинематика которых не противоречит гипотезе образования того или иного резонанса, при заданном

значении импульса налетающей частицы. При этом "масса" соответствующего резонанса должна отличаться от "масс" ближайших к нему частиц или резонансов не менее чем на 200-300 Мэв. Результат кинематической идентификации события является необходимым, но отнюдь не достаточным условием. Природа вторичных частиц, образовавшихся в результате взаимодействия, может быть определена с помощью кинематического анализа только в ограниченном числе случаев.

### § 3. Применение для идентификации событий соотношений пробег-импульс

Одним из возможных методов идентификации природы заряженных частиц является сравнение величины импульса  $p_k$ , определяемого по кривизне в магнитном поле, с величиной импульса  $p_R$ , вычисляемого из соотношения пробег-импульс ( $p_R = f(R)$ ), при различных предположениях о массе частицы. При этом в качестве пробега в соответствующие выражения подставляется длина  $\ell$  - измеренной в камере части трека. Эта методика эффективна в тех случаях, когда разность масс соответствующих частиц достаточно велика, например, для разделения  $V^0$ -частиц и электрон-позитронных пар<sup>/8/</sup>.

Рассмотрим возможности, которые может дать применение этой методики в нашем случае для разделения  $\pi^\pm$ -мезонов,  $K^\pm$ -мезонов и протонов, соответственно. В таблицах 6 и 7 приведены данные, указывающие число случаев, в которых можно отбросить протонные гипотезы или разделить  $K^\pm$ -и  $\pi^\pm$ -мезоны. Эти данные получены в предположении, что

$$p_k + 2 \Delta p_k < p_R = f(\ell).$$

Здесь:  $\Delta p_k$  - ошибка в величине определенного по кривизне импульса. Значения же всех остальных величин указаны выше.

Для сравнения в этих же таблицах приведены аналогичные результаты, полученные с помощью программы идентификации каналов реакций<sup>/7/</sup>.

Из приведенных в таблицах 6 и 7 данных видно, что:

1. Методика кинематического анализа в рассмотренных событиях не имеет большого преимущества перед методом идентификации с помощью соотношений пробег-импульс.

2. Применение и того и другого метода позволило разделить  $n^+$  и  $K^+$ -мезоны, соответственно, в 17 и 35% рассмотренных событий в зависимости от их типа и отбросить протонные гипотезы - в 42%.

3. Число событий, идентифицированных с помощью программы идентификации и соотношений пробег-импульс мало. В связи с этим в пропановых пузырьковых камерах нужно использовать более трудоемкие методы, такие, например, как ионизационные измерения.

#### § 4. Измерения ионизации

Рассмотрим возможности, которые могут дать измерения ионизации. Предположим, что, если отношение ионизаций различных частиц при заданном значении импульса  $\geq 1,2$ , то массы этих частиц могут быть определены с помощью ионизационных измерений. В таблицах 8 и 9 приведены соответствующие результаты. Для сравнения в этих же таблицах приведена часть результатов из таблиц 6 и 7, соответственно. Видно, что измерение ионизации треков является наиболее эффективным методом идентификации событий и определения масс заряженных вторичных частиц.

#### З а к л ю ч е н и е

Из приведенных ранее результатов следует:

1. Программа идентификации каналов реакций в основном позволяет только выделять случаи взаимодействий, не противоречащие той или иной гипотезе.

2. Природа образовавшихся в результате взаимодействия первичного трека частиц может быть определена с помощью программы идентификации в ограниченном числе случаев.

3. Для идентификации событий, регистрируемых в пропановых пузырьковых камерах, необходимо проводить ионизационные измерения, так как это может позволить довести число идентифицируемых событий до разумной величины (60-80%).



В заключение авторы выражают искреннюю благодарность В.П. Дзелепову за постоянную помощь и интерес к работе, А.А. Кузнецову, М.И. Соловьеву и В.Б. Флягину за полезные обсуждения, В.Б. Виноградову и Л.И. Кольцовой за помощь в работе.

#### Л и т е р а т у р а

1. R. Vock. Препринт ЦЕРН<sup>а</sup>, 61-29
2. L. Price and F. Crawford PRL, 15, 123 (1965).
3. А.В. Богомолов, Ю.А. Будагов и др. ПТЭ, № 1, 61 (1964).
4. В.С. Кладницкий, В.Б. Флягин. ПТЭ, № 1, 24 (1965).
5. Ю.А. Каржавин, И.В. Чувило и др. ПТЭ, № 5, 54 (1963).
6. Н.А. Буздавина, В.Г. Иванов. Препринт ОИЯИ 252755, Дубна 1966.
7. З.М. Иващенко, А.Ф. Лукьянцев и др. Препринт ОИЯИ Р-2399, Дубна 1965.
8. A. H. Rosenfeld et al. UCRZ 80-30 (1965).
9. В.Б. Виноградов, В.Г. Иванов, Л. Яноутова. Препринт ОИЯИ 2613, Дубна 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел  
21 ноября 1967 г.

Таблица 1

Гипотеза \ Число событий	$\pi^- + p \rightarrow$	
	$\pi^+ + \pi^- + \Lambda + \text{MM}$	$K^+ + \pi^- + \Lambda + \text{MM}$
удовлетворяющих данной гипотезе	64	57
удовлетворяющих только данной гипотезе	14	7

Таблица 2

Гипотеза \ Число событий	$\pi^- + p \rightarrow$				
	$\pi^- \pi^+ K^0 + \text{MM}$	$\pi^- K^+ K^0 + \text{MM}$	$\pi^- p K^0 + \text{MM}$	$K^- \pi^+ K^0 + \text{MM}$	$K^- p K^0 + \text{MM}$
удовлетворяющих данной гипотезе	83	80	48	78	35
удовлетворяющих только данной гипотезе	2	0	0	0	1

Таблица 3

Гипотеза \ Число событий	$\pi^- + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \Lambda + \dots$				
	$K^0$	$\chi(725)$	$K^*(891)$	$C(1215)$	$K^*(1405)$
удовлетворяющих данной гипотезе	31	19	21	9	2
удовлетворяющих только данной гипотезе	16	1	9	6	2

Таблица 4

Гипотеза / Число событий	$\pi^- + p \rightarrow \begin{cases} K^+ + \pi^- + \Lambda + \dots \\ K^- + p + K^0 + \dots \end{cases}$			
	$\pi^0$	$\eta$	$\omega$	$\chi^0$
удовлетворяющих данной гипотезе	45	28	17	11
удовлетворяющих только данной гипотезе	23	3	3	3

Таблица 5

Гипотеза / Число событий	$\pi^- + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + K^0 + \dots$			
	$\Lambda$	$Y_1^* (1385)$	$Y_0^* (1405)$	$Y_0^* (1520)$
удовлетворяющих данной гипотезе	35	32	32	29
удовлетворяющих только данной гипотезе	13	0	0	0

Гипотеза / Число событий	$\pi^- + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + K^0 + \dots$			
	$Y_1^* (1660)$	$Y_1^* (1765)$	$Y_0^* (1815)$	$Y_1^* (2065)$
удовлетворяющих данной гипотезе	22	18	14	7
удовлетворяющих только данной гипотезе	0	0	1	4

Таблица 6

Числа частиц  $n$  в 2- и 4- лучевых звездах с  $K^0$ -мезоном, для которых можно отбросить протонную гипотезу по программе идентификации (I), по критерию  $\bar{p}_k < p_n$  (II) и по этим двум критериям (III)

Число событий	Число треков	N		
		I	II	III
104	119	41 (34%)	31 (26%)	50 (42%)

Таблица 7

Числа частиц  $n$ , для которых удалось различить  $\pi^\pm$  и  $K^\pm$ -мезонные гипотезы по тем же критериям, что и в таблице 6

Тип событий	Число событий	Число треков	N		
			I	II	III
2-х и 4-х лучевые с $\Lambda$ -част.	87	103	28 (28%)	10 (10%)	34 (33%)
2-х лучевые с $K^0$ -част.	89	178	11 (6%)	22 (12%)	30 (17%)

Таблица 8

Числа частиц  $N$  в 2-лучевых звездах с  $K^0$ -мезоном, для которых можно отбросить или идентифицировать протонную гипотезу по программе идентификации и критерию  $P_K < P_P$  (I), ионизации (II) и по всем трем критериям (III)

Число событий	Число треков	N		
		I	II	III
89	89	38 (43%)	69 (78%)	74 (83%)

Таблица 9

Числа частиц  $N$ , для которых удалось различить  $\pi^+$  и  $K^+$ -мезонные гипотезы, соответственно, по тем же критериям, что и в таблице 8.

Тип событий	Число событий	Число треков	N		
			I	II	III
2-х и 4-х лучевые с $\Lambda$ -част.	87	103	34 (33%)	56 (54%)	70 (68%)
2-х-лучевые с $K^0$ -част.	89	178	30 (17%)	101 (57%)	104 (58%)

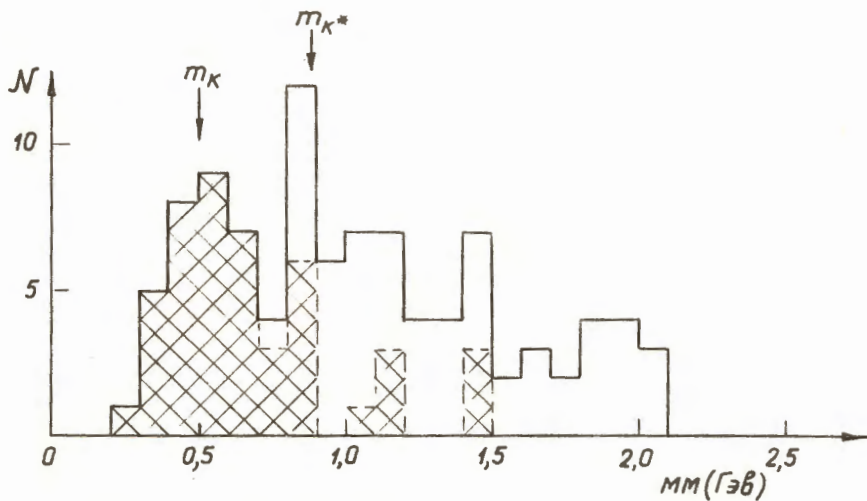


Рис. 1. Распределение недостающих масс (мм) в реакции 1.

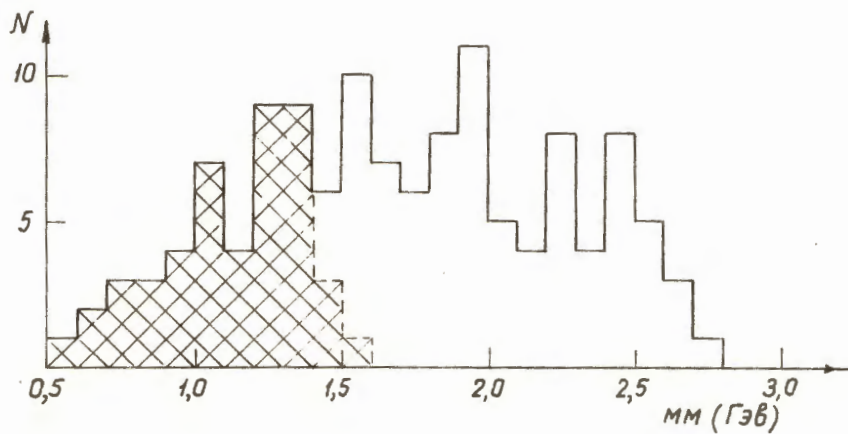


Рис. 2. Распределение недостающих масс (мм) в реакциях 2.

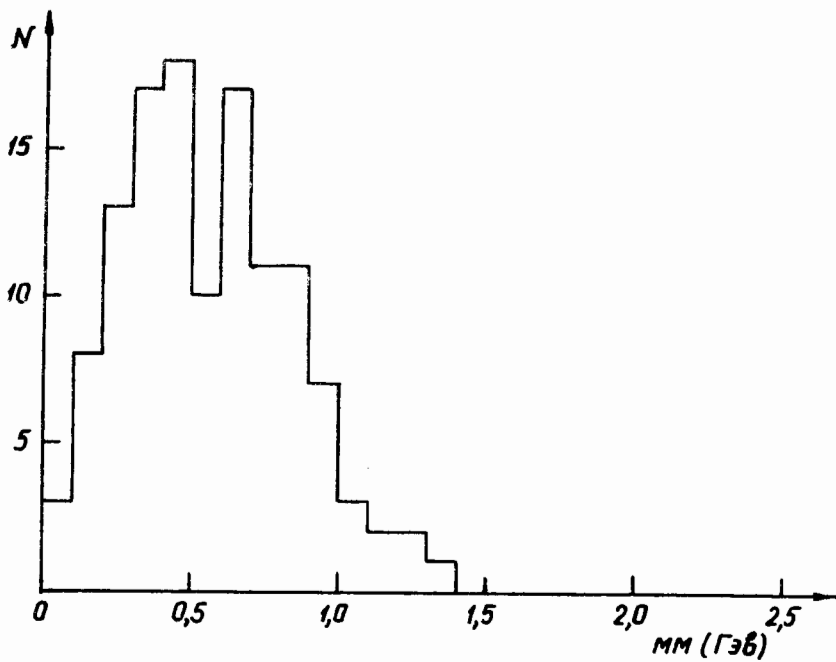


Рис. 3. Распределение недостающих масс (мм) в реакциях 3.

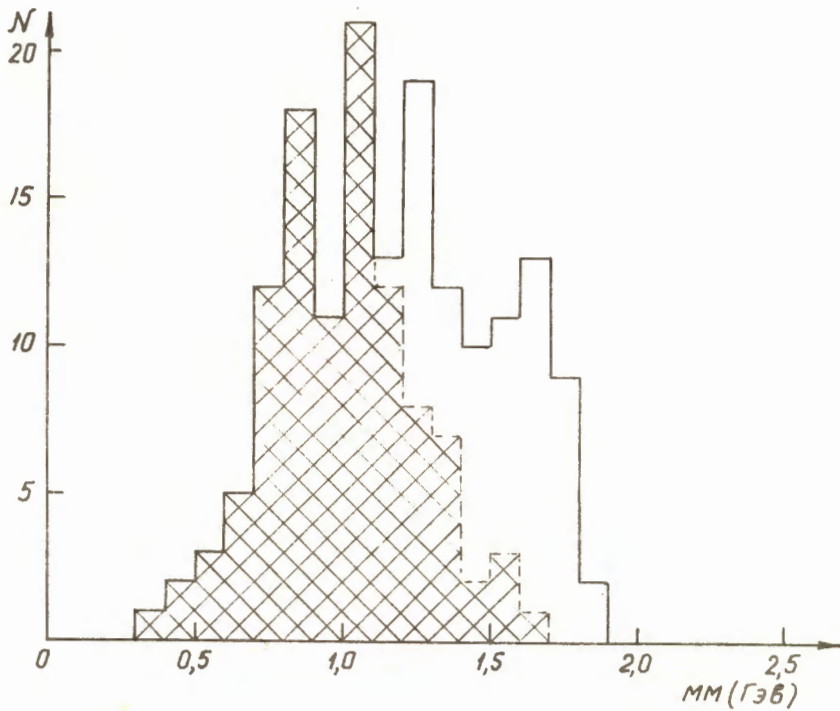


Рис. 4. Распределение недостающих масс (мм) в реакциях 4.