

**ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ**  
**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

---

---

ЕФИ-515(2)-82

Е.М. СХТОРЯН

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

ПО ФОТОРОЖДЕНИЮ  $\eta^0$  - МЕЗОНА

ԵՐԵՎԱՆ 1982      ԵՐԵՎԱՆ

EDM-515(2)-82

E.M. SKHTORYAN

SOFTWARE OF THE EXPERIMENT  
ON THE  $\eta^0$ -MESON PHOTOPRODUCTION

The software of the experiment on the investigation of the  $\eta^0$ -meson photoproduction cross-section asymmetry with polarized photons is described. Some of the software possibilities, allowing to solve the problem of separating the effect from the large physical background at experimental data processing are considered.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1982

УДК. 519 283

Е. М. СХТОРЯН

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО  
ФОТОРОЖДЕНИЮ  $\eta^0$ -МЕЗОНА

Описывается программное обеспечение эксперимента по исследованию асимметрии сечения фоторождения  $\eta^0$ -мезона поляризованными фотонами. Рассматриваются некоторые возможности программного обеспечения, которые позволяют решать проблему разделения эффекта от большого физического фона при обработке экспериментальных данных.

Ереванский физический институт

Ереван 1982

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

БФМ-515(2)-82

Е.М. СХТОРЯН

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО  
ФОТОРОЖДЕНИЮ  $\eta^0$  - МЕЗОНА

Ереван 1982

© *Ереванский физический институт, 1982* \*

Для измерения асимметрии сечения в реакции фоторождения  $\eta^0$ -мезона на водороде поляризованными  $\gamma$ -квантами была создана установка (рис. I), позволяющая регистрировать как гамма-кванты от распада  $\eta^0$ -мезона, так и протон отдачи. Протонное плечо установки состоит из апертурного счетчика и двух годоскопических систем. Каждый годоскоп состоит из трех сцинтилляционных счетчиков. Первая годоскопическая система включена с апертурным счетчиком в режиме совпадения, а вторая - в режиме анти-совпадения. Между этими годоскопическими системами находился медный поглотитель определенной толщины, используемый для выделения протонов определенной энергии [1].

Гамма-кванты от распада  $\eta^0$ -мезонов регистрируются двумя черенковскими счетчиками полного поглощения ( $\check{C}_1, \check{C}_2$ ) [2], работающими в режиме совпадения и образующими триггерный сигнал.

Установка работала на линии с системой ЭВМ PDP-9, PDP-8/E с выходом на M-222 [3].

Экспериментальные данные, поступающие из установки в процессе измерений, накапливались отдельными сериями (RUN), в начальных и конечных блоках которых записывалась информация,

характеризующая данный RUN и содержащая кинематические параметры, условия и время проведения эксперимента. Событие записывалось в двух 18-битных словах и содержало в себе информацию от двух черенковских счетчиков и от системы, измеряющей временной интервал регистрации между протонным плечом и системой двух черенковских счетчиков, информацию о типе события ("истинно + случайный" или "случайный") и информацию о счетчиках годоскопических систем.

Суть обработки этой экспериментальной информации состояла в следующем: при помощи калибровочных данных восстановить энергию регистрируемых распадных гамма-квантов и далее вычислить энергию и эффективную массу  $\eta^0$  - мезона. При этом надо оценить вклад физического фона в процесс, учитывая возможность уменьшения физического фона при использовании информации о типе события, от счетчиков годоскопических систем и времени совпадения, а также, применяя некоторые методы и условие [4], наилучшим образом отделить эффект от физического фона и в дальнейшем вычислить асимметрию процесса по спектру эффективной массы  $\eta^0$  - мезона.

Решение этой задачи проводилось двумя путями, для чего были созданы две независимые программы, по-разному обрабатывающие экспериментальные данные. Обе программы написаны на языке ФОРТРАН и АВТОКОД с использованием конкретных возможностей ОСПО ЭВМ М222 [5,6].

Ввиду малого объема машинной памяти ЭВМ М-222 (4 к), программы были разделены на логическо-замкнутые куски и работали в режиме динамической загрузки в оперативную память машины с магнитного барабана.

## Основной комплекс программ

Структура и организация основного комплекса программ приведена на рис.2. Работа комплекса начинается заданием начальных параметров обработки (подпрограмма CONST), которые вводятся с перфокарт. При повторной обработке имеется возможность изменять любые начальные параметры с пульта оператора ЭВМ М-222 в режиме диалога (подпрограммы EREAD, EWRITE, REPRM).

Далее программа приступает к чтению начального блока обрабатываемого RUN и восстанавливает все заданные экспериментальные характеристики (подпрограммы DATBOX, BEGIN, PRDAT, IREAD, IBITS). На печать выводится весь набор параметров как экспериментальных, так и служащих для обработки данного RUN (программы CONTPR, TRANS). Программа обычно обрабатывает экспериментальные данные с канала связи, используя второй куб МОЗУ М-222 в качестве буферной памяти. Имеется также возможность записать ограниченный объем данных на магнитный барабан на временное хранение, что позволяет многократно обрабатывать одну и ту же информацию с целью выбора оптимального пути обработки экспериментальных данных и нахождения различных значений некоторых параметров обработки.

После каждого заполнения буфера данных осуществляется словное чтение и дешифрация информации каждого события (функции IREAD, IBITS). Сначала по значению каналов ( $N_1, N_2$ ) амплитудно-цифровых преобразователей двух черенковских счетчиков, используя калибровочные данные ( $A_1, B_1, A_2, B_2$ ), восстанавливается энергия  $\gamma$ -квантов по формуле:

$$E_{\gamma_1} = A_1 \cdot N_1 + B_1$$

$$E_{\gamma_2} = A_2 \cdot N_2 + B_2$$

Также вычисляется энергия ( $E_{\eta_0}$ ) и эффективная масса ( $M_{\eta_0}^{\text{эфф}}$ )  $\eta^0$ -мезона ( $M_{\eta_0}^{\text{эфф}} = 2 \sin \beta \sqrt{E_{\chi_1} E_{\chi_2}}$ , где  $\beta$  - половина угла между осями черенковских счетчиков).

Далее отбираются события, при которых сработали определенные счетчики годоскопов и при этом вычисляемые значения  $E_{\chi_1}$ ,  $E_{\chi_2}$ ,  $E_{\eta_0}$ ,  $M_{\eta_0}^{\text{эфф}}$ , а также временной интервал ( $dt/dV$ ), получаемый от время-амплитудного преобразователя, находятся в расчетной области.

Для выбранных событий производится гистограммирование всех этих величин в отдельности, учитывая тип события (подпрограммы INPUT, HISTIN).

Производится также статистический анализ событий данного RUN и при чтении последнего блока данных выводятся завершающие и все статистические характеристики обработки эксперимента (подпрограмма OUTGO). Выводится распределение величин  $dt/dV$ ,  $E_{\chi_1}$ ,  $E_{\chi_2}$ ,  $E_{\eta_0}$ ,  $M_{\eta_0}^{\text{эфф}}$  (рис.3-6) для обоих типов событий ("истинно+случайных" и "случайных"), и после поканального вычитания гистограмм получается распределение тех же величин, но уже для "истинных" событий (подпрограммы OUTPUT, HIST1, PRVERT, TRANS).

Все эти гистограммы, по желанию пользователя, можно сглаживать, т.е. отделять от случайных выбросов в гистограммах (подпрограммы SMOOTH, MINU) [7]. При этом имеется возможность вторично сглаживать гистограммы, если начальное сглаживание неудовлетворительно (рис.7,8).

Во время обработки необходимо также выделять гауссовские пики в распределениях временно-истинных совпадений и эффектив

ной массы  $\eta^0$  - мезонов. Для этого в программе имеется возможность фитирования по методу наименьших квадратов, которые производят минимизацию взвешенной суммы квадратов:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N W_i [y_i - y(x_i)]^2,$$

где  $N$  - число каналов,  $x_i$  - значение канала,  $y_i$  - измеренное значение  $i$  - канала,  $W_i$  - веса  $y_i$ , а  $y(x_i)$  - предсказанное значение функции фитирования. Функция фита для наших распределений имеет следующий вид: для временного распределения

$$y(x_i) = c_1 + c_2 \cdot \exp[(x_i + c_3)^2 \cdot c_4],$$

а для распределения эффективной массы  $\eta^0$  - мезона -

$$y(x_i) = c_1 + c_2 \cdot \exp[(x_i - c_3)^2 \cdot c_4] + c_5 \cdot \exp(x_i \cdot c_6).$$

Фитирование этих распределений производится двумя методами: неитерационным и итерационным.

Неитерационный метод фитирования гауссовских распределений [8]

$$y(x) = c_2 \cdot \exp[(x - c_3)^2 \cdot c_4]$$

основан на преобразовании, которое переводит гауссовскую функцию в линейную

$$Q(x) = \ln[y(x-1)/y(x+1)] = -4c_4(x - c_3) = Ax + B.$$

Фитирование такой прямой линии выполняется для точек вблизи пика, где есть хорошая согласованность линейности. Веса  $Q(x)$  выбираются по формуле

$$W_i = [1/(y_i + 1) + 1/(y_i - 1)]^{-1}.$$

После определения гауссовских параметров  $c_3$  и  $c_4$  высота

пика  $C_2$  вычитается как взвешенное среднее

$$Ln C_2 = \left\{ \sum_{i=1}^N W_i' [\ln Y_i - (X_i - C_3) C_4] \right\} / \sum_{i=1}^N W_i',$$

где  $W_i' = \left[ \frac{1}{Y_i} + (X - C_3)^2 [4C_4^2 (\Delta C_3)^2 + (X - C_3)^2 (\Delta C_4)^2] \right]^{-1}$ .

Этот метод менее точный, чем итерационный метод, но он дает хорошие значения параметров, не требует начальной оценки гауссовских параметров и большой машинной памяти.

Использование этого метода в программе начинается вводом границ области гауссовского пика фитируемого распределения с пульта оператора ЭВМ М-222 в режиме диалога. Далее вне этой области производится фитирование линейной функции, которая для временного распределения является  $Y = C_1$ , а для распределения эффективной массы  $Y = C_1 + C_5 X + C_6 X^2$ , взамен нелинейной функции  $Y = C_1 + C_5 \exp(C_6 X)$ .

Далее из фитируемого распределения по-канально вычитается значение найденной линейной функции, и в результате получается чистое гауссовское распределение, для которого и применяется неитерационный метод (подпрограммы GIPLIN, MINV, EREAD, EWRIT, FERM).

На рис. 9 и 10 приведены оба распределения, фитированные неитерационным методом.

Итерационное фитирование по методу наименьших квадратов производится по методу Гаусса. В этом методе нелинейная функция фитирования разлагается в ряд Тейлора, и пренебрегаются члены второго и более высокого порядка относительно малых поправок параметров. Задавая начальные значения параметров, при каждой итерации находятся их поправки, которые определяют новые значения параметров.

Процедура прекращается, если  $X^2$  мало меняется в последующих итерациях или поправки параметров становятся малыми относительно величины параметра. В программе есть возможность не задавать начальные параметры, а достаточно указать границы области гауссовского пика, что позволит программе самой вычислять начальные параметры по геометрической форме фитируемого распределения (подпрограммы GINPAR, GEXFIT, MINV, EREAD, EWRT, REFM) (см. рис. II, I2).

После процедуры фитирования подробно выводятся на печать результаты фита и рисунок распределения с фитированной кривой (подпрограммы FIGFIT, PVERT, TRANS, EXDEFF).

Программа обрабатывает несколько раз тот же самый "RUN" и каждый раз решает последовательные взаимосвязанные задачи.

#### Второй комплекс программ

Структура и организация программы приведены на рис. I3. В результате обработки экспериментальных данных программой получается двумерное распределение (127 x 127 каналов) энергий двух гамма-квантов от распада  $\eta^0$ -мезона. Из-за малой машинной памяти не используются стандартные программы ввода и вывода информации. На печать выводятся только целые числа или символы (подпрограммы EPRIN, SHIFT, PASC), а ввод начальных параметров осуществляется клавиатурой (КЗУ1) пульта ЗЕМ М-222.

На клавиатуре набираются границы области временного интервала истинных совпадений, ключи выбора объема выводимой информации, тип событий и комбинации счетчиков годоскопов. Кроме

этих величин набирается также контрольный маркер, указывающий готовность клавиатуры. С освобождением и нажатием блокирующей кнопки КЗУ вводятся начальные параметры программ (подпрограммы KEVIN , SWIT ).

После каждого заполнения буфера данных (подпрограммы BEGIN , PRDAT ) пословно читается и дешифруется информация каждого события (функции IREAD , IBITS ).

Далее отбираются события с временным интервалом совпадения в нужной области определенного типа ("истинно+случайный" или "случайный") и определенных срабатывающих комбинаций счетчиков годоскопов.

Для этих отобранных событий гистограммируются каналы от амплитудно-цифровых преобразователей двух черенковских счетчиков (подпрограмма ASMB ) с возможностью контрольной выдачи. В конце RUN выводятся некоторые статистические данные обработки (программа RUN OUT ) и двумерное распределение для данного типа событий ("истинно+случайный" и "случайный") (подпрограмма PLANE ) (рис.14).

В заключение автор выражает благодарность сотруднику ЕРФИ Хачатрянчу Г.Л. за практическую помощь в процессе работы на ЭВМ М-222 .

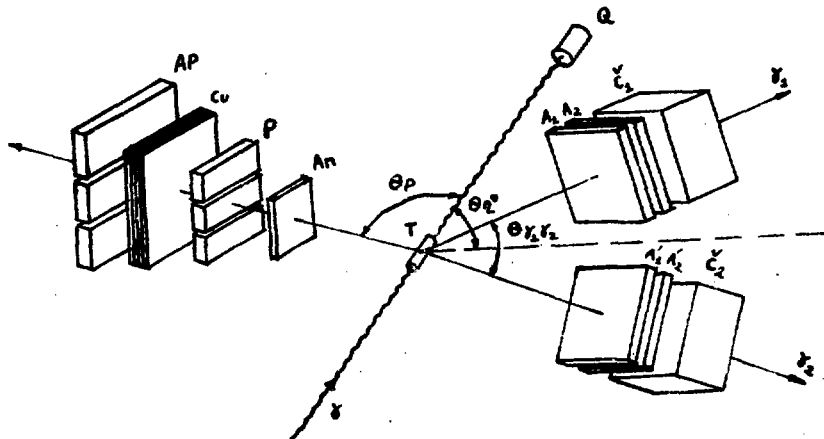


Рис. I Экспериментальная установка:

$\check{C}_1, \check{C}_2$  - черенковские счетчики полного поглощения;  
 $A_1, A_2, A'_1, A'_2$  - сцинтилляционные счетчики;  $A_n, P,$   
 $AP$  - пробный спектрометр,  $Cu$  - медный поглотитель,  
 $Q$  - квантометр.

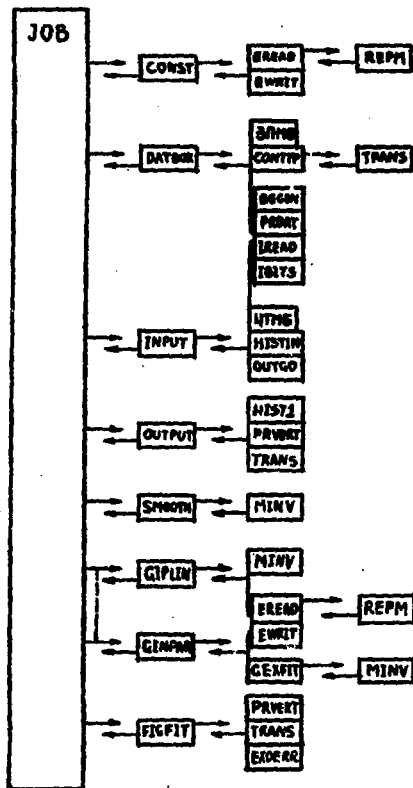


Рис.2 Структура и организация основного комплекса программ.

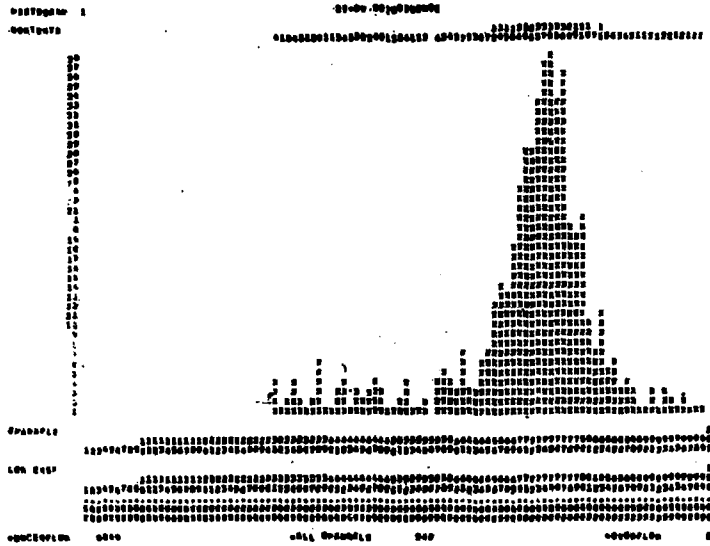


Рис.3 Распределение временного интервала регистрации между протонным плечом установки и системой  $2C$  - счетчиков.

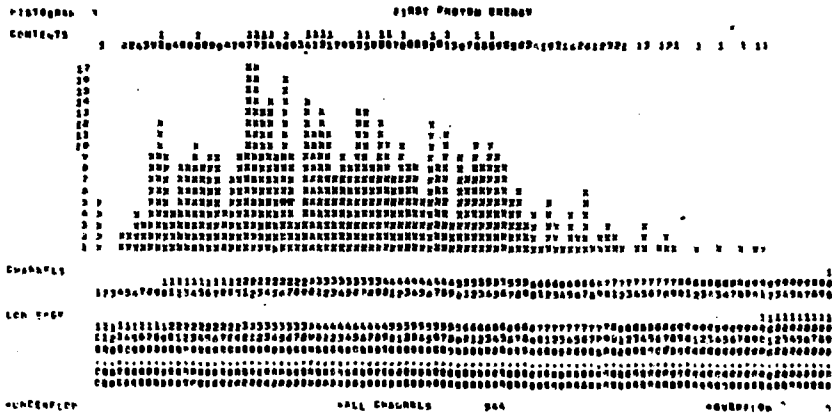


Рис.4 Распределение энергии одного из двух распадных  $\gamma$  - квантов.





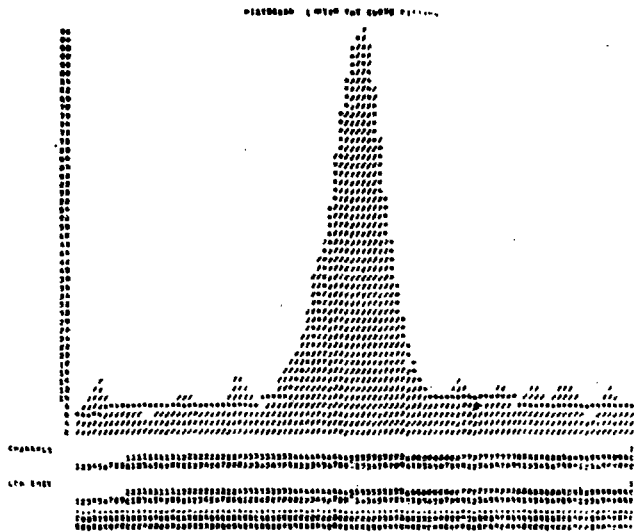


Рис. 9 Кривая фитирования распределения временного интервала неитерационным методом:

$$Y_{NI} = 6,93 + 84,20 \cdot \text{EXP}(-0,024 \cdot (K - 51,13)^2)$$

$$(X_{NI}^2 = 253,45)$$

где K - номер канала.

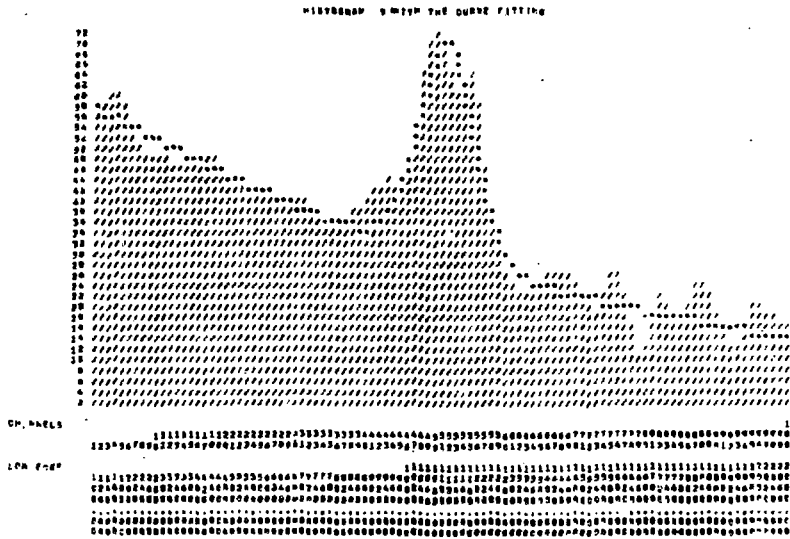


Рис. 10 Кривая фитирования распределения эффективной массы неитерационным методом:

$$Y_{NI} = 58,10 + 36,44 \cdot \text{EXP}(-0,025 \cdot (K - 51,91)^2) - 0,74 + 0,032 \cdot K^2 (X_{NI} = 255,04)$$

где  $K$  - номер канала

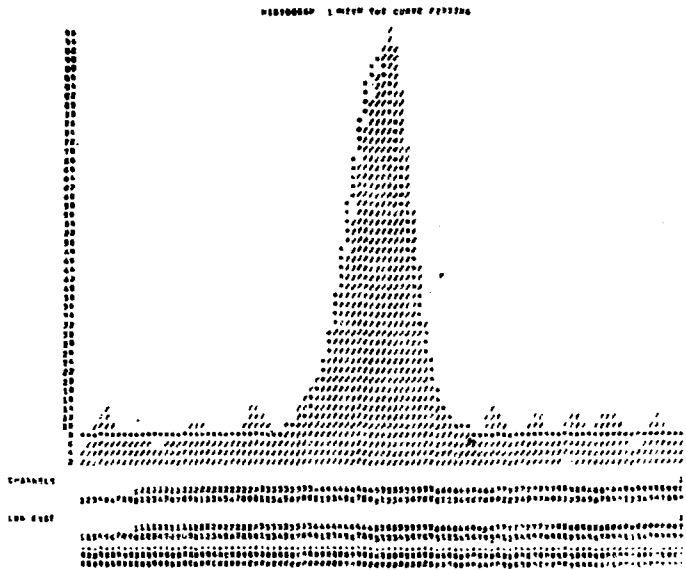


Рис. II Кривая фитирования распределения временного интервала итерационным методом:

$$Y_{II} = 8,72 + 81,46 \cdot \text{EXP}(-0,021 \cdot (\kappa - 49,97)^2)$$

$$x_{II}^2 = 73,89$$

где  $\kappa$  - номер канала



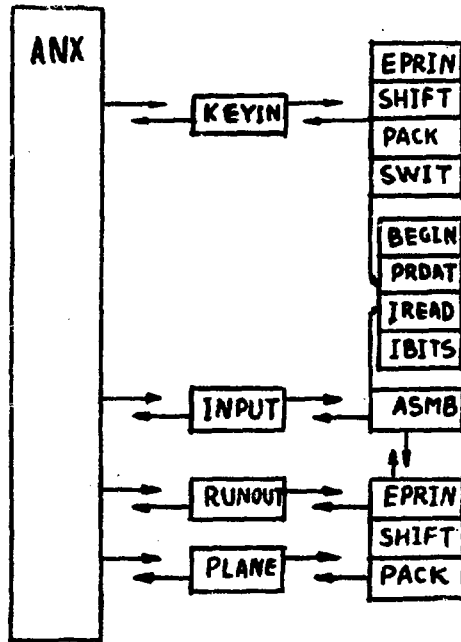


Рис.13 Структура и организация второго комплекса программ.

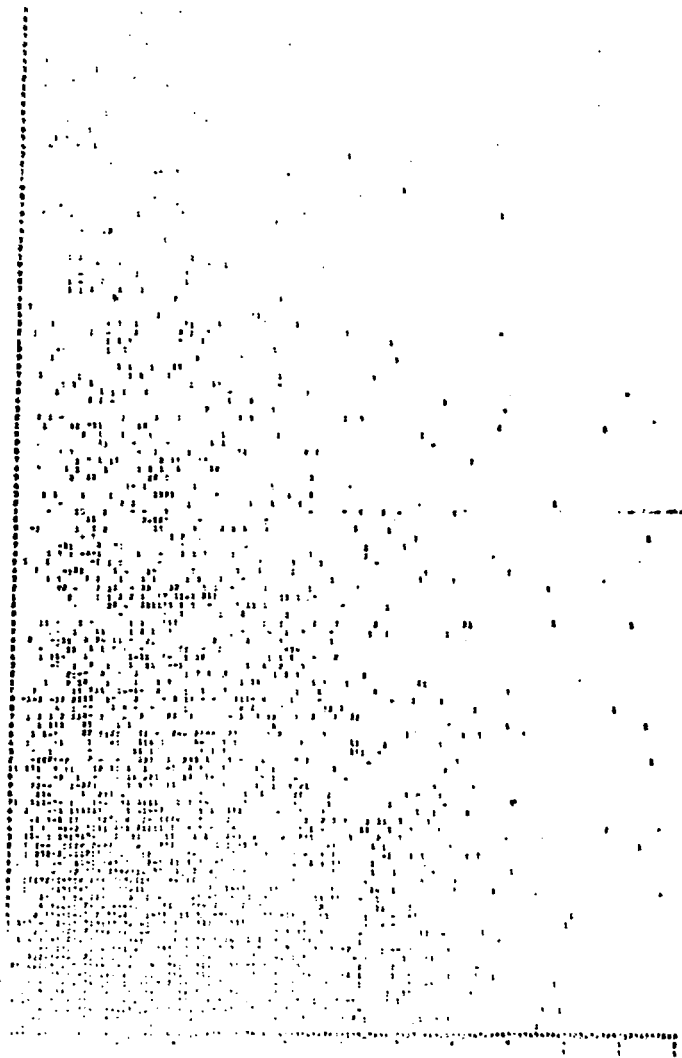


Рис.14 Двумерное распределение по энергии двух распадающихся

$\gamma$ -квантов для "истинных" совпадений (2158),

где имеются следующие назначения:

A = 10, Б = 20, В = 30, Г = 40, Д = 50, Е = 60,

Ж = 70, З = 80, И = 90, Й = 100, К = 110, Л = 120,

а знак ( - ) означает события с большим числом

"случайных" совпадений, чем "истинно + случайный".

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аганьянц А.О., Вартапетян Г.А., Пиллипосян С.Е. Монте-Карло расчет эксперимента по измерению асимметрии сечения фоторождения  $\eta^0$ - мезона на водороде поляризованными  $\gamma$ - квантами. Препринт ..., ЕФИ-290(15)-78, Ереван, 1978.
2. Абрамян Л.О., Аганьянц А.О., Вартапетян Г.А. и др. Фоторождение одиночных  $\eta^0$  -мезонов на ядрах при  $E_\gamma = 2$  ГэВ.- Ядерная физика, 1973, т.18, вып.4, с.817-819.
3. Dadian A.T., Nanasian A.S., Zverev A.M. Small Data Acquisition and Processing System (DAPS).- Nucl.Instr. and Meth. 1975, vol.129, p.193-197
4. Пиллипосян С.Е. Методы измерения физического фона и обработки экспериментальной информации в реакции  $\gamma + p \rightarrow \eta^0 + p$ . Препринт ..., ЕФИ-345(3)-79, Ереван, 1979.
5. Лященко В.Ф. Программирование на ЭВМ с системой команд типа М-20. М.: Советское радио, 1974.
6. Павлов Б.М., Посохов Н.Н. Математическое обеспечение ЭВМ типа М-20, М.: Наука, 1975.
7. Friedman J.H. Data Analysis Techniques for High Energy Particle Physics. Proceedings of the 1974 CERN School of Computing, Geneva, CERN 74-23, 1974, p.271-366.
8. Mukoyama T. Fitting of Gaussian to Peaks by Non-Iterative Method.- Nucl.Instr. and Meth., 1975, vol.125, p.289-291

Рукопись поступила 8 декабря 1981 г.

Редактор Л.П.Мукаян  
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 089

ВФ- 03659

Тираж 299

---

Препринт ВФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 15/III-82г. 1,5 уч.изд.л. Ц. 10 к.

---

Издано Отделом научно-технической информации  
Ереванского физического института, Ереван-36, пер.Маркаряна 2