

СЗУЧ. 1Т

Б-38

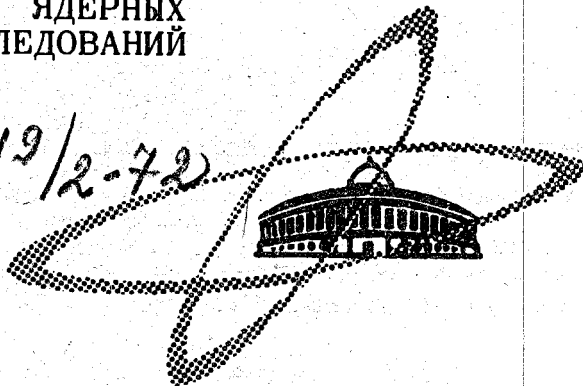
3/IV-72

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 6274

1049/2-72



А.Т.Бедеркин , В.Б.Виноградов, М.Г.Горнов ,
В.И.Левина , А.К.Поносов , В.П.Протасов ,
Ф.М.Сергеев .

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЧАСТИЦ
В ТЯЖЕЛОЖИДКОСТНОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЕ

1972

А.Т.Бедеркин*, В.Б.Виноградов, М.Г.Горнов*,
 В.И.Левина*, А.К.Поносов*, В.П.Протасов*,
 Ф.М.Сергеев*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЧАСТИЦ В ТЯЖЕЛОЖИДКОСТНОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЕ

В рамках работы проводились измерения размеров частиц в виде тонких слоев и тонких стержней в 100-сантиметровой пузырьковой камере АИФЭИ [1]. Камера заполнена смесью флюора - 12 (CF₂Cl₂) и тринитрометана - 12 (CF₃NO₂) в соотношении 1,12 по объму и радиусомной длиной 30 см, длина камеры - 1,5 метра.

Измерения параметров проводились следующим образом:

Относительная длина 100-сантиметровой пузырьковой камеры поделена на участки

*Московский инженерно-физический институт

Объединенный институт
 ядерных исследований
 БИБЛИОТЕКА

методы определения параметров (x, y) точек на поверхности, деформации которой
измеряются с помощью фотоаппарата. В работе [1] описаны методы определения

параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [2] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [3] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [4] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [5] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [6] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [7] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [8] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [9] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [10] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [11] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [12] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [13] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [14] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [15] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [16] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [17] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [18] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [19] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [20] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [21] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [22] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [23] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [24] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [25] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [26] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [27] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [28] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [29] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [30] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [31] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [32] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [33] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [34] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [35] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [36] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [37] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [38] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [39] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [40] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [41] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [42] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [43] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [44] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [45] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [46] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [47] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [48] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [49] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [50] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [51] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [52] описаны методы

определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [53] описаны методы
определения параметров деформации (x, y) методом фотоаппарата. В работе [54] описаны методы

1. Введение

Обработка данных, полученных с помощью пузырьковых камер, включает измерение, восстановление точек в пространстве, вычисление геометрических параметров треков, оценку физических параметров отдельной частицы, кинематическую проверку гипотез, анализ совокупности событий. Конкретное воплощение схемы обработки, существенно зависит от конструкции камеры, ее оптической системы, характеристик рабочей жидкости, физической задачи, используемых измерительных средств и вычислительной техники.

В данной работе выполнена проверка методов определения параметров треков и точностей в 105-сантиметровой пузырьковой камере МИФИ^{1/1}. Камера заполнена смесью фреона - 12 (CF₂Cl₂) и фреона - 13 (CF₃Cl) с плотностью 1,12 г/см³ и радиационной длиной 25 см, магнитное поле - 16 килogaусс.

Определение параметров оптической системы

Оптическая схема 105-сантиметровой пузырьковой камеры показана на рис. 1а. Фотографирование производится через среды с различными показателями преломления (воздух, стекло, вода, фреон) двумя объективами, оптические оси которых перпендикулярны плоскостям раздела сред.

На прижимных стеклах фотоаппаратов нанесены реперные перекрестия, задающие положение оптической оси на снимке и положение координатной

системы снимка, в которой одна из осей (x) направлена вдоль базы фотографирования, а вторая (y) перпендикулярна к ней.

Взаимное расположение координатных систем камеры и снимков выбрано таким, как показано на рис. 16. Здесь плоскость $Z = 0$ в камере совпадает с нижней поверхностью верхнего стекла, ограничивающего рабочий объем. На снимке система координат определяется главной точкой x' .

Координаты точек пересечения оптических осей объективов с плоскостью $Z = 0$ обозначим B_L, C_L и B_P, C_P для левого и правого снимков соответственно.

Параметры оптической системы находились способом, предложенным в работе /2/. Удобство этого метода состоит в том, что здесь не производятся измерения толщин и показателей преломления оптических сред, характеристик объективов. Параметры системы понимаются обобщенно как некие константы, необходимые для пространственного восстановления координат. К ним относятся как координаты точек пересечения оптических осей объективов с плоскостью $Z = 0$, т.е. B_L, C_L и B_P, C_P , так и координаты точек пересечения оптических осей с плоскостями снимков. В этот набор входят и параметры, определяющие ход светового луча в рабочем объеме камеры, а именно диаметры входного и выходного конусов.

Уравнения проходящего светового луча задаются в виде разложения в ряд по степеням g , где g - угол отклонения луча от оптической оси. В первом члене разложения $R_s(0)$ - расстояние между точками пересечения оптической оси и светового луча с плоскостью $Z = 0$, $tg \theta$ - тангенс угла наклона светового луча по отношению к оптической оси, α_i, β_i ($i = 1, 2, 3$) - параметры, определяющие ход светового луча.

С целью определения параметров оптической системы была изготовлена проволочная эталонная решетка, узлы которой располагались на расстоянии g от оптической оси.

Под главной точкой снимка понимают точку пересечения оптической оси с плоскостью снимка.

стоянии 100 мм друг от друга как в плоскости $Z = \text{const}$, так и по глубине. Координаты узлов решетки измерялись относительно нижней поверхности верхнего стекла с точностью 1 мм. Решетка помещалась внутри камеры и фотографировалась в рабочем режиме.

С помощью измеренных пространственных координат узловых точек и измеренных координат изображений этих же узлов методом наименьших квадратов были найдены значения параметров, определяющих ход светового луча и положение осей оптической системы в пространстве и в плоскости снимков.

Расчитанные значения параметров использовались для восстановления пространственных координат, проходящих через весь объем камеры пучковых треков, полученных в режиме работы камеры без магнитного поля. Оказалось, что если в формулах, определяющих ход светового луча, положить $\alpha_2 = \alpha_3 = \beta_2 = \beta_3 = 0$, то во всей возможной области изменения Y зависимость $Z(Y)$ для таких треков с хорошей точностью линейна.

Значения параметров оптической системы, используемые нами далее в программе геометрической реконструкции, даны в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Значения параметров		Размерность параметра
	Левый объектив	Правый объектив	
B	0,1	417,0	мм
C	-0,1	-1,0	мм
α_1	0,00784	0,00774	мм ⁻¹
B_1	6,804	6,812	мм

Проверка правильности определения параметров оптической системы и одновременно правильности вычислений кинематических параметров треков, под которыми понимаются: тангенс угла наклона $\operatorname{tg} \lambda$ к плоскости XU , перпендикулярной магнитному полю, азимутальный угол β в плоскости XU и кривизна $k = \frac{1}{R \cdot \cos \lambda}$, будет выполнена далее при анализе результатов обработки V° -событий.

Точность, с которой вычисляются измеряемые физические величины, в значительной степени зависит от ошибок, которые возникают при пространственной реконструкции точек. Нетрудно видеть, что ошибки реконструкции возникают из-за неточного знания параметров оптической системы, из-за неточностей метода восстановления координат, из-за ошибок при измерениях координат трека на пленке и др. В качестве оценки параметров ΔX , ΔY , ΔZ , характеризующих точность восстановления координат, мы взяли среднеквадратичные отклонения распределений пространственных координат, полученных при многократных измерениях соответствующих точек. Выбирались точки, расположенные в различных местах рабочего объема камеры (часть из них соответствовала перекрестиям, нанесенным на верхнем и нижнем стеклах рабочей камеры). Усредненные по всем точкам значения ΔX , ΔY , ΔZ оказались равными $\Delta X = \Delta Y = 0,2$ мм, $\Delta Z = 0,6$ мм. Значения этих параметров уточнялись далее при анализе событий с V° -частицами.

III. Методика обработки треков

Обработка снимков со 105-сантиметровой пузырьковой камеры МИФИ ведется с помощью программы, в основу которой положена программа 0-99^{3/}, предназначенная для обработки снимков, полученных на камере с двухобъективной системой фотографирования. В программу 0-99 были введены константы, отвечающие схеме фотографирования в камере МИФИ, и внесен ряд других изменений. Ниже описаны наиболее существенные изменения в программе.

1. Изменено размещение исходной информации на перфоленте. В данной программе информация об одном событии располагается в одной зоне перфоленты в следующем порядке: информация о типе частиц, "шапка" события, проекции, признак конца события.

2. Магнитное поле в программе вычисляется в средней точке трека по формуле $H_z = a + bZ$, где $a = 15,3$ кГс, $b = 0,039$ кГс/см. Измеренные значения магнитного поля в различных точках камеры описываются с помощью этой формулы с точностью не хуже 2%.

3. В программе заданы новые границы эффективного объема камеры, при этом введены соответствующие изменения блока вычисления потенциальных длин.

4. Изменен блок обработки "длинных остановок" и введен блок обработки "коротких остановок".

5. В программу может быть введен блок, осуществляющий идентификацию определенного канала реакции. В настоящее время введен блок идентификации реакции $\pi + A \rightarrow 3\pi + A$.

6. В программу внесены изменения, учитывающие особенности ввода информации с перфоленты в ЭВМ М-220.

При обработке каждого конкретного трека программа помимо физических факторов (ионизационные потери, кулоновское рассеяние, тормозное излучение) учитывает и геометрические (положение трека в пространстве; длина, доступная для измерений). В соответствии с последними признаками обрабатываемые треки удобно классифицировать следующим образом:

1. Треки частиц, не останавливающихся в камере - "длинные треки". Кинематические параметры таких треков и их ошибки определяются проведением через измеренные точки аппроксимирующей кривой с учетом многократного рассеяния.

2. Треки останавливающихся частиц, имеющих, однако, пробег, достаточный для того, чтобы производились многоточечные измерения, - "длинные остановки". Измерение таких треков производится, примерно, на $1/3 + 1/2$ их длины, последней измеряется точка остановки в камере. Параметры "длинной остановки" определяются первоначально так же, как и для "длинных треков". Затем по длине, определяемой по первой и последней точкам, уточняется импульс частицы и его ошибка. Проекция длины трека на плоскость находится как $L_{пр} = R\phi$, где R - радиус аппроксимирующей окружности, а ϕ - угол, образованный отрезками прямых, один из которых перпендикулярен к касательной аппроксимирующей кривой в первой точке трека, а второй проводится через центр аппроксимирующей окружности и последнюю точку трека.

3. Треки, определение параметров которых происходит по измеренным координатам первой и последней точки, — "короткие остановки". Методика определения параметров "коротких остановок" и их ошибок изложена в работе Н.Ф. Марковой и др./4/.

4. Треки, расположенные под малым углом к базе фотографирования ($\leq 20^\circ$) или имеющие большой глубинный угол ($\geq 60^\circ$); — "особые треки". Определение параметров таких треков производится по проекциям на пленку без восстановления пространственных координат. Ошибки корректируются с учётом многократного рассеяния и ионизационных потерь.

Тормозное излучение для сильно излучающих частиц в данной программе, так же как и в 0-99, учитывается введением поправки по методу, предложенному Бэрром и Митнером/5/:

$$\Delta P_{\text{изм.}} = \frac{1}{2} b L y_0 P,$$

где $b = \frac{1}{X_0 \ln 2}$, X_0 — радиационная длина рабочей жидкости, L — длина, на которой производится измерение, y_0 — параметр обрезания спектра радиационных потерь и P — измеренное значение импульса. Измерения должны производиться в той части трека, в которой суммарные потери на излучение $E_{\text{изл}}$ не превышают заданного предела

$$E_{\text{изл.}} = E_0 [1 - \exp(-y_0)],$$

E_0 — начальная энергия электрона (позитрона).

IV. Калибровка метода

Для каждой из перечисленных в разделе трех групп треков кинематические параметры и их ошибки вычисляются различными способами, поэтому необходима раздельная калибровка методов вычисления. Ее можно осуществить, в частности, анализируя результаты обработки V^0 -событий с помощью процедуры фитирования, которая проводит подгонку измеренных данных под уравнения сохранения энергии и импульса. Выбор между двумя возможными схемами распада V^0 -частицы ($K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$, $\Lambda \rightarrow p \pi^-$)

осуществляется с помощью χ^2 -критерия. Гипотезы считаются разделенными, если в одной из них $\chi^2 < \chi^2_{\text{макс}}$, а в другой $\chi^2 > \chi^2_{\text{макс}}$; неразделенными, если в обеих $\chi^2 < \chi^2_{\text{макс}}$.

Уровень значимости мы выбрали равным 1%, что при трех степенях свободы соответствует $\chi^2_{\text{макс}} = 11$.

Прежде чем пользоваться статистическим разделением гипотез с помощью χ^2 -критерия, нужно убедиться, что χ^2 -распределение, полученное в результате фитирования, согласуется с ожидаемым. Согласие можно получить лишь в том случае, если ошибки, предписываемые переменным (кинематическим параметрам), определены верно. Если ошибки определены неверно, то их можно откалибровать. Известно, что

$$S(m) = \frac{m_1 - m_2}{\sigma(m - m_0)}$$

где m_1, m_2 - подобранные и измеренные значения кинематических параметров, соответственно, а $\sigma(m - m_0)$ - среднеквадратичное отклонение, должно быть распределено по нормальному закону с единичным стандарт-

ным отклонением и средней величиной, равной 0. Если $S(m_1)$ не имеет правильной ширины, ошибки следует изменить. Значительное отклонение распределения от теоретически ожидаемого может указывать на наличие систематических ошибок. В этом случае должны быть сделаны изменения

в методе определения кинематических параметров. Среди 220 V⁰-событий с "длинными треками" программой были идентифицированы как "хорошие" ($\chi < 11$) 148 событий, у которых ошибки в импульсах частиц, составляю-

щих вилку, были меньше 40% (среднее значение ошибки равно 20%). Здесь точность восстановления пространственных координат точек взята равной:

$\Delta X = \Delta Y = 0,25$ мм, $\Delta Z = 1,00$ мм, поскольку исходные значения величин $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$, приведенные ранее, дали завышенные по сравнению с теоретическими ширины распределений $S(m_1)$. Из 148 событий

к K⁰-частицам было отнесено 76 событий, к Λ -частицам 38 и к разряду неразделенных - 34.

В ряде работ^{6,7} теоретические χ^2 и $S(m_1)$ - распределения сравнивают с экспериментальными, построенными лишь для группы одно-

значно разделенных событий. Такая выборка, на наш взгляд, может привести к увеличению среднего значения χ^2 -распределения и уширению распределений величин $S(m_i)$, поскольку в разряд неразделенных попадают, как правило, события, имеющие большие ошибки в определении параметров, и, соответственно, меньшие χ^2 и $S(m_i)$ значения.

Распределения, близкие к истинным, можно построить, полагая, что доля K^0 -мезонов среди неразделенных событий мала, на что указывают В.И. Векслер и др. /8/. Анализ угловых распределений показал, что только 5+5 из 34 неразделенных событий можно отнести к K^0 -мезонам. Поэтому

χ^2 и $S(m_i)$ -распределения существенно не искажутся, если все неразделенные случаи считать Λ -частицами.

χ^2 -распределения для всех событий с "длинными треками", в предположении, что неразделенные случаи есть Λ -частицы, даны на рис. 2. Здесь же приведены χ^2 -распределения для группы событий, у которых треки обрабатывались как "длинная остановка", и для группы событий с "короткими остановками". Как видно из рисунков, средние значения и стандартные отклонения экспериментальных распределений хорошо согласуются с ожидаемыми значениями. Плавными кривыми показаны теоретические χ^2 -распределения.

На рис. 3 представлены распределения по нормированным отклонениям. Индекс "кор" относится к кинематическим параметрам "коротких остановок". Средние значения и дисперсии распределений в пределах статистических ошибок достаточно хорошо согласуются с ожидаемыми значениями $S(m_i)=0$ и $\sigma^2=1$. Это, очевидно, свидетельствует как о допустимости предположения относительно неразделенных K^0 или Λ , так и об отсутствии систематических ошибок в определении кинематических параметров и о близости значений $\Delta X = \Delta Y = 0,25$ мм, $\Delta Z = 1,0$ мм к истинным значениям точности восстановления пространственных координат. Незначительное отличие формы распределения для $K_{\text{кор}}$ от нормального распределения можно объяснить влиянием ошибок в определении кривой пробега импульс.

Спектры эффективных масс $M_{\text{эфф}}$ показаны на рис. 4. Средние значения и среднеквадратичные отклонения для спектров масс K^0 и Λ -частиц равны:

для событий с "длинными треками" $M_K = 493,8 \pm 4,3$ Мэв, $\sigma = 31,0$ Мэв;

$M_\Lambda = 1113,7 \pm 1,4$ Мэв, $\sigma = 10,5$ Мэв;

для событий с "длинными остановками": $M_\Lambda = 1114,2 \pm 1,8$ Мэв, $\sigma = 6,2$ Мэв;

для событий с "короткими остановками": $M_\Lambda = 1114,5 \pm 1,5$ Мэв, $\sigma = 5,6$ Мэв;

для событий, в которых оба трека - остановки: $M_\Lambda = 1114,8 \pm 0,9$ Мэв, $\sigma = 2,7$ Мэв.

Как видно, средние значения спектров эффективных масс лежат вблизи истинных значений масс K^0 -мезона и Λ -гиперона, что также свидетельствует о правильности вычислений значений кинематических параметров. Несколько большие величины среднеквадратичных отклонений для событий с "длинными треками" по сравнению с данными работы Ю. Будагова и др. [9] объясняются более высокой плотностью фреоновой смеси по сравнению с пропаном и большим влиянием многократного рассеяния на разброс параметров треков. Для группы событий с "длинными остановками" среднеквадратичное отклонение имеет величину, существенно меньшую, чем для Λ -событий, имеющих "длинные" треки, что указывает на более высокую точность метода определения импульса останавливающейся частицы по пробегу.

На рис. 4г показаны распределения по эффективным массам треков, составляющих вилку, для группы событий, у которых по крайней мере один трек обрабатывался как "короткая остановка". Заштрихованы случаи, когда оба трека относятся либо к коротким, либо к длинным остановкам. Среднеквадратичное отклонение заштрихованного распределения существенно меньше, чем полного.

Важно подчеркнуть, что данная методика обработки коротких остановок даёт надёжные результаты при сравнительно больших пробегах останавливающихся в камере частиц.

Для проверки правильности учёта ионизационных потерь, кулоновского рассеяния и тормозного излучения у электронных (позитронных) треков был выполнен анализ взаимодействий π^- -мезонов с ядрами, сопровождающихся двумя γ -квантами, которые возникают, в основном, от распадов π^0 -мезонов.

Распределение по эффективной массе $M_{\gamma\gamma}$ для 147 событий показано на рис. 4д. Из распределения исключены фоновые события, для которых угол разлета пары $\alpha_{\gamma\gamma}$ был меньше, чем α мин.

$$\sin \frac{\alpha \text{ мин.}}{2} = \frac{m_{\pi^0}}{E_{\text{макс.}}}, \quad \text{где } E_{\text{макс.}} = \sqrt{m_{\pi^0}^2 + (p + \Delta p)^2}$$

Δp - ошибка в определении импульса π^0 -мезона. Масса π^0 -мезона определялась по событиям, значения масс которых располагаются в интервале 85-185 Мэв. Среднее значение массы π^0 -мезона и среднеквадратичное отклонение оказались равными, $M_{\pi^0} = 133,5 \pm 1,7$ Мэв, $\sigma = 18,2$ Мэв. Полученное несмещенное значение массы π^0 -мезона свидетельствует о правильности методов вычисления кинематических параметров электронных (позитронных) треков. Ширина распределения близка по величине значениям, получаемым на камерах с пропановым заполнением /10/.

Естественно, что точности, с которыми определяются эффективные массы комбинаций частиц, зависят от многих факторов: точности измерения импульсов и углов, импульсного спектра обрабатываемых треков, длины измерения и др. В табл. II и III можно проследить указанную зависимость для различных групп треков.

V. Выводы

Таким образом, рассмотренная совокупность результатов, полученных при обработке V^0 -частиц и γ -квантов, свидетельствует о том, что кинематические параметры треков в программе обработки событий 105-сантиметровой пузырьковой камеры МИФИ определяются верно.

Среднеквадратичные отклонения распределений по эффективным массам для V^0 -частиц, у которых оба трека длинные, имеют величины, сравнимые со значениями для пропановых пузырьковых камер. Экспериментальные данные, полученные при обработке таких V^0 -частиц, указывают также и на то, что методика учёта кулоновского рассеяния, предложенная И.М. Граменицким и др. /11/, применима и для рабочих жидкостей, более тяжелых, чем пропан.

Таблица II

Тип частицы	Вид трека	$\overline{\Delta\rho}\%$	$\overline{\Delta\psi}^\circ$	$\overline{\Delta\lambda}^\circ$	$\overline{\rho} (M\equiv B)$	$\overline{L_{изл}} (cm)$
P	длинный	20	1	1	750	26
	"длинная остановка"	1	1	1	640	29
	"короткая остановка"	3,8	2,1	2,5	420	7
П	длинный	18	1,3	1,4	560	22
	"длинная остановка"	2,4	4	3,2	150	15
	"короткая остановка"	3,7	5,7	5,2	90	3,5
e	длинный	26	2,4	2,4	250	10

Таблица III

Система	Вид треков	$\overline{\Delta M} (M\equiv B)$	$\overline{\Delta M} / M \%$
П ⁺ П ⁻	Оба трека длинные	31	6,24
PП ⁻	Оба трека длинные	10,5	0,94
	Один из треков-длин.ост.	6,2	0,56
	Один из треков-корот.ост.	5,6	0,5
	Оба трека-остановки	2,7	0,24
γγ	Все треки длинные	18,2	13,5

По сравнению с пропановыми фреоновые камеры имеют ту особенность, что в силу высокой плотности их рабочей смеси процент остановившихся в них треков, при тех же размерах камеры, выше. Это благоприятствует измерениям, поскольку для останавливающихся в камере частиц параметры треков определяются со значительно более высокой точностью.

Литература

1. А.И. Алиханян, А.С. Алексанян, В.С. Веребрюсов, М.М. Веремеев, В.С. Демидов, В.Г. Кириллов-Угрюмов, В.П. Протасов, А.К. Поносов, Ф.М. Сергеев. В сб. "Физика элементарных частиц", Атомиздат, 1966 г., стр. 76.
2. В.Б. Виноградов, Г.В. Давиденко, П.К. Маньяков. Препринт ИТЭФ №503, 1967.
3. Б.В. Болонкин, В.Б. Виноградов, Г.В. Давиденко. Препринт ОИЯИ, Б1-10-4265, Дубна, 1968.
4. Н.Ф. Маркова, В.И. Мороз, В.И. Никитина, А.П. Стельмах, Г.Н. Тентюкова. Препринт ОИЯИ, Р10-3768, Дубна, 1968.
5. L.Behr, P.Mittner, Nucl.Instr. and Methods, 20, 446, 1963.
6. Л.Н. Гердюков, П.В. Шляпников. Препринт ОИЯИ, 2722, Дубна, 1963.
7. В.Б. Виноградов, В.Г. Иванов, Л. Явсутова. Препринт ОИЯИ, 2613, Дубна, 1966.
8. В.И. Векслер, Н.М. Вирясов, И. Врана, Ким Хи Ин, Е.Н. Кладническая, А.А. Кузнецов, Нгуен Дин Ты, М.И. Соловьев, Т. Хофмоклъ, Чен Лин Ян. ЖЭТФ, 44, 84, 1963.
9. Ю.А. Будагов, В.Н. Виноградов, А.Г. Володько, Л.Н. Гердюков, В.П. Дзельцов, С.В. Клименко, В.Г. Новиков, И. Паточка, В.Б. Флягин, П.В. Шляпников. ПТЭ, №6, 5, 1967.
10. А.Т. Бедеркин, В.С. Демидов, А.К. Поносов, В.П. Протасов, Ф.М. Сергеев. В сб. "Элементарные частицы и космические лучи", вып. 2, Атомиздат, 1969, стр. 121.
11. И.М. Граменицкий, Л.А. Тихонова, П.В. Шляпников. Препринт ОИЯИ, Р-2146, Дубна, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 февраля 1972 года.

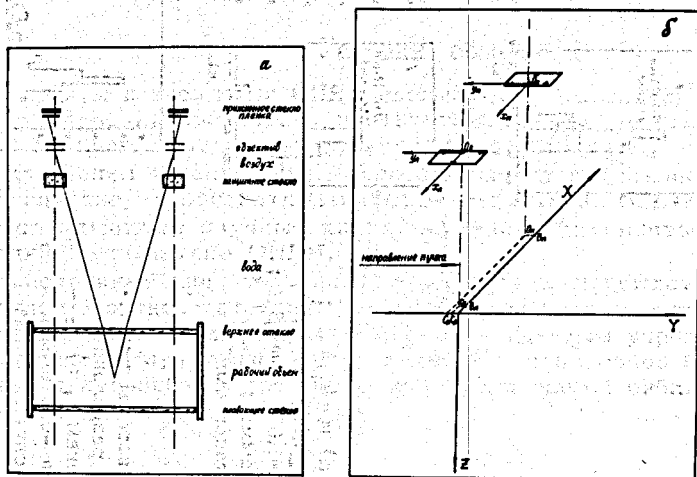


Рис. 1. а) Оптическая схема 105-см пузырьковой камеры МИФИ; б) Расположение координатных осей в камере и на проекциях объективов.

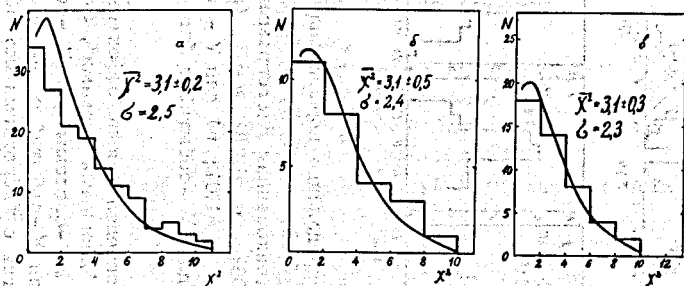


Рис. 2. χ^2 -распределения: а) для V-событий с "длинными треками", б) для V-событий с "длинными остановками", в) для V-событий с "короткими остановками".

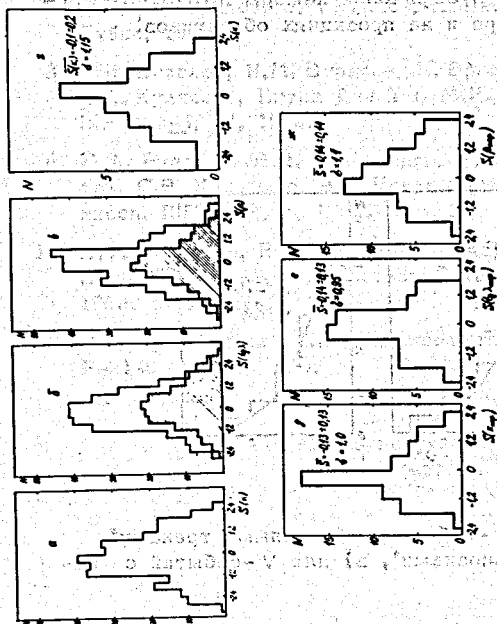


Рис. 3. Распределение нормированных отклонений $S(m_i)$: а) $m = k_1, k_2$; $S = -0,14 \pm 0,08$; $\sigma = 1,23$; б) $m = \text{tg } \lambda_1, \text{tg } \lambda_2$; $S = -0,02 \pm 0,06$; $\sigma = 1,08$; $m = \text{tg } \lambda$ (заштрихованная гистограмма); в) $m = \beta_1, \beta_2$; $S = 0,01 \pm 0,06$; $\sigma = 1,18$; г) для V-событий с "длинными остановками"; $S = -0,11 \pm 0,08$; $\sigma = 1,03$; ж) для V-событий с "короткими остановками"; $S = 0,02 \pm 0,08$; $\sigma = 1,01$; з) для V-событий с "длинными остановками"; $S = -0,02 \pm 0,06$; $\sigma = 1,08$.

Рис. 4. Распределения по эффективной массе: а) пр-системы для V-событий с "длинными треками", заштрихованы однозначно разделенные случаи, б) пр-системы для V-событий с "длинными треками", в) пр-системы для V-событий с "длинными остановками", г) пр-системы для V-событий с "короткими остановками"; заштрихованы случаи, когда обе частицы останавливаются в камере; д) двух у-квантов.

