

8/18-74

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗУУ.12
0-425

10 - 7677

1404/2-74

В.Г.Одинцов; Ю.Н.Харжеев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ КОНСТАНТ
МЕТРОВОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ,
ЗАПОЛНЕННОЙ ПРОПАН-ФРЕОНОВОЙ СМЕСЬЮ

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

10 - 7677

В.Г.Одинцов,* Ю.Н.Харжеев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ КОНСТАНТ
МЕТРОВОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ,
ЗАПОЛНЕННОЙ ПРОПАН-ФРЕОНОВОЙ СМЕСЬЮ

* Ереванский физический институт

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Одинцов В.Г., Харжеев Ю.Н.

10 - 7677

Определение оптических констант метровой пузырьковой камеры, заполненной пропан-фреоновой смесью

Методом наименьших квадратов определены оптические константы для метровой пузырьковой камеры, заполненной пропан-фреоновой смесью. Проведена проверка восстановления пространственных координат, импульсов первичных частиц, эффективных масс V^0 -частиц и кинематических параметров заряженных частиц.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна, 1974

§ I Введение

В 1970-1972 гг. на метровой пузырьковой камере ПК-200^{I/1} было проведено 6 сеансов экспонирования на пучке π^- мезонов с импульсом ~ 5 Гэв/с и получено при этом около 150 тысяч кадров стереоснимков. В качестве рабочей жидкости в камере использовалась смесь жидкого пропана (C_3H_8) и фреона -13 ($CF_3 Cl$) с весовой концентрацией последнего около 24 %.

Для обработки событий, полученных на ПК-200, используются программы геометрической реконструкции I-6^{/2/} и O-10^{/3/}, в которых оптическая система ПК-200 описывается с помощью некоторого набора констант. В этот набор входят параметры, определяющие ход светового луча в камере и расстояния между оптическими осями.

Ход светового луча из какой-либо точки в камере описывается следующими двумя уравнениями:

$$R(r) = \alpha_1 r (1 + \alpha_2 r^2 + \alpha_3 r^4), \quad (1)$$

$$\text{tg } \chi(r) = \beta_1 r (1 + \beta_2 r^2 + \beta_3 r^4), \quad \text{где} \quad (2)$$

R - расстояние между оптической осью и точкой M на плоскости $Z=0$, r - то же расстояние на пленке, χ - угол между оптической осью и световым лучом из точки M (см. рис.1).

Так как расстояния между оптическими осями известны (см. рис.2), то задача определения оптических констант сводится к нахождению параметров, определяющих ход светового луча в камере, - коэффициентов $\{\alpha\}$ и $\{\beta\}$.

Настоящая работа посвящена определению оптических констант ПК-200 для одного из сеансов экспонирования. Проведена проверка

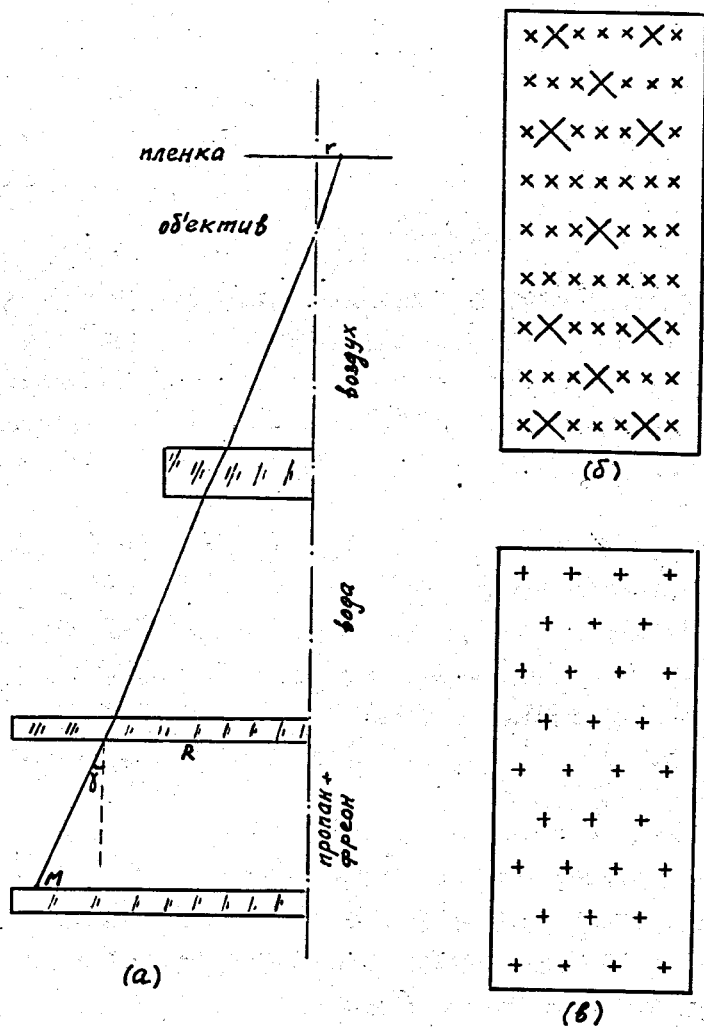


Рис. I. Оптическая схема метровой пузырьковой камеры (а).
 Схема расположения крестов на верхнем (б) и нижнем (в) стеклах камеры.

найденных констант путем анализа восстановления пространственных координат в камере, импульсов первичных частиц, эффективных масс V^0 -частиц и кинематических параметров заряженных частиц.

§ 2. Измерение крестов на рабочих стеклах камеры

Для нахождения параметров, описывающих ход светового луча в камере, коэффициентов $\{\alpha\}$ и $\{\beta\}$ - на ПУОСах, работающих на линии с БЭСМ-4, были измерены реперные кресты, нанесенные на предметные стекла объективов (рис. 2) и на поверхности нижнего и верхнего стекол камеры, соприкасающихся с рабочей жидкостью (рис. 1). Для измерений подбирались незагруженные или мало загруженные треками кадры, на которых хорошо видны соответствующие кресты были пронумерованы. Количество таких крестов на разных стереопарах менялось от 15 до 25.

Для обработки измерений крестов была составлена специальная программа на ЭВМ СДС I604 А, в которой преобразование координат крестов из системы координат измерителя в систему координат пленки ("f"-система) проводилось с учетом усадки пленки по известному алгоритму /4/, который используется и в программах геометрической реконструкции событий с ПК-200.

По результатам преобразования координат проводилась проверка правильности подбора и измерения соответствующих крестов. Результаты усреднения координат крестов на рабочих стеклах камеры в "f"-системе, проведенные для разных кадров и объективов, показывают, что среднеквадратичный разброс X и Y координат не превышает 20 мк для всех объективов, за исключением четвертого, для которого разброс X-координат составляет 38 мк.

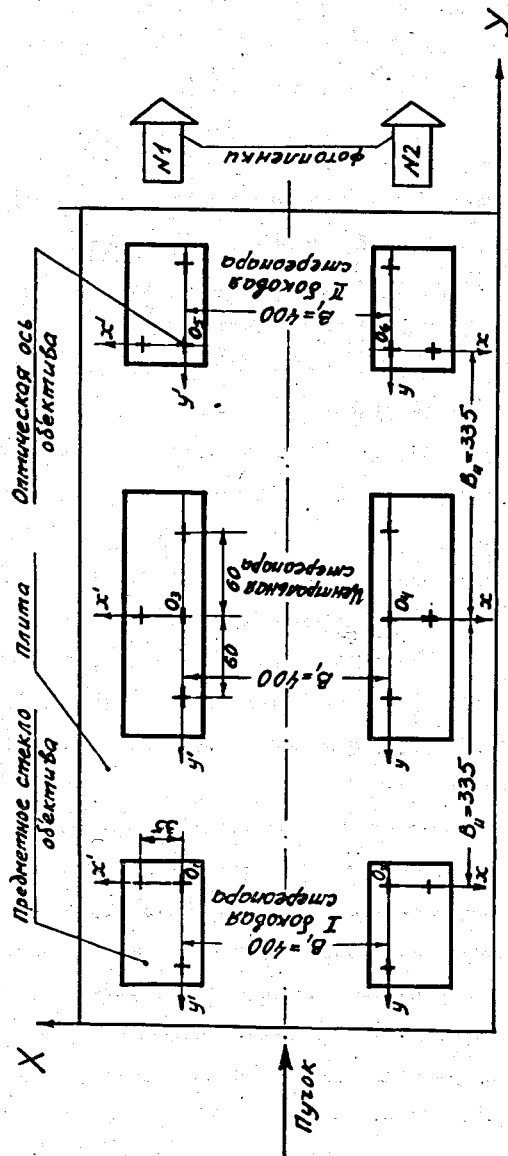


Рис.2. Схема расположения объективов на плите и реперных перекрытий на предметных стеклах объективов.

§ 3. Определение коэффициентов $\{d\}$.

Для нахождения коэффициентов $\{d\}$ был использован алгоритм, применявшийся в работе^{15/} для ПК-200, заполненной пропаном. Суть этого алгоритма в том, что коэффициенты находятся методом наименьших квадратов, а минимизируемый функционал имеет вид:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N [(R_i - R_{i,cr}) / \Delta R]^2 \quad (3)$$

$$R_{cr} = B r / (x - x' y / y') \quad (4)$$

По формуле (4) вычисляется расстояние до оптической оси некоторого креста, имеющего в "f"-системе координаты X и Y на одной проекции и координаты X' и Y' на другой проекции, образующей с предыдущей стереопарой с базой B. R - расстояние того же креста до оптической оси, вычисляемое по формуле (1), N - количество соответствующих крестов, ΔR - ошибка в определении R; в наших расчетах мы полагаем её равной 0,45 мм, исходя из того, что точность восстановления X и Y координат в ПК-200, как показал опыт работы с пропаном, была не хуже 0,3 мм.

Минимизация по формуле (3) содержит в себе недостаток, связанный с тем, что восстановление по формулам стереофотограмметрии (4) координат крестов, лежащих вблизи базы фотографирования, происходит с большими ошибками. В нашей программе мы учитывали этот факт и предусматривали возможность выброса таких, а также плохо измеренных крестов по разности величины $\Delta R_i = R_i - R_{i,cr}$. Мы выбрасывали i-ую точку, если ΔR_i оказывалось за пределами трех стандартных ошибок. После выброса i-ой точки процедура минимизации (3) повторялась с оставшимся числом крестов. Коэффициенты $\{d\}$, найденные

при минимизации функционала (3), как правило, немного различаются для разных кадров. Окончательный отбор их проводился по значениям ошибок в определении пространственных координат. Отобранные значения коэффициентов $\{\alpha\}$ приведены в приложении I.

§ 4. Определение коэффициентов $\{\beta\}$.

Конструкция ПК-200 такова, что во время экспонирования нижнее и верхнее рабочие стекла камеры жестко фиксированы. Измерения показали, что расстояние между стеклами равно $375,5 \pm 1,0$ мм.

Для нахождения коэффициентов $\{\beta\}$ мы воспользовались этим свойством камеры и минимизировали функционал вида (см. также /6/):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N [(Z_i - Z_{\text{экс}}) / \Delta Z]^2, \quad (5)$$

где Z экс-расстояние между стеклами камеры, ΔZ - ошибка, с которой известна $Z_{\text{экс}}$; N - количество соответствующих крестов на какой-либо стереопаре; Z_i - координата Z i -го креста, вычисляемая по формуле восстановления Z - координаты* в программах геометрических реконструкций I-6 и 0-10. Отметим лишь, что Z - функция от координат X и Y креста, измеренного на какой-либо стереопаре коэффициентов $\{\alpha\}$ и $\{\beta\}$.

Для минимизации функционала (5) и определения коэффициентов $\{\beta\}$ мы использовали для каждого объектива несколько наборов $\{\alpha\}$, описанных в предыдущем параграфе, а в качестве исходных данных - усредненные значения координат X и Y крестов нижнего стекла в "f"-системе.

Окончательный подбор коэффициентов $\{\alpha\}$ и $\{\beta\}$ проводился с учетом величин ошибок в восстановлении пространственных координат.

*Не приведена здесь из-за ее громоздкости.

При минимизации функционала (5) без фиксирования параметров мы столкнулись со сравнительно большими значениями ошибок параметров β_2 и β_3 , достигавшими значений, сравнимых с величинами самих параметров. Кроме того, коэффициенты β_1, β_2 получились заметно различающимися для разных объективов, хотя были использованы те же объективы с очень близкими оптическими свойствами (за исключением I-го объектива), которые применялись ранее на ПК-200 при работе с пропаном. Проведя минимизацию функционала (5) при фиксированном значении самого младшего члена разложения в ряд тангенса угла δ , мы получили коэффициенты β_1 и β_2 , близкие для разных объективов, при этом значения ошибок β_2 примерно на порядок ниже самих значений β_2 . Сопоставление результатов восстановления пространственных координат, полученных с использованием коэффициентов $\{\beta\}$ с фиксированными и свободными β_3 , дает несколько лучшие результаты для коэффициентов, полученных с фиксацией β_3 . Например, среднеквадратичные отклонения в определении координат X, Y и Z в первом случае равны, соответственно, 250, 320 и 950 мк, а во втором - 300, 300 и 1070 мк.

В приложении I приведены отобранные значения коэффициентов $\{\alpha\}$ и $\{\beta\}$.

§ 5. Проверка восстановления пространственных координат крестов на рабочих стеклах камеры

Пространственные координаты крестов на рабочих стеклах камеры вычислялись по формулам восстановления пространственных координат точек треков по двум стереопроециям /7/, принятым в программах геометрических реконструкций I-6 и 0-10. Восстановленные координаты сравнивались с экспериментальными данными, причем координаты

Z верхнего стекла полагались равными нулю, а нижнего - 375,5 мм. Координаты X и Y крестов верхнего и нижнего стекол были измерены на координатно-расточном станке. Проверка на наличие угла поворота между системами координат станка и камеры показывает, что этот угол невелик (не больше 8'). Поэтому сравнение вычисленных и экспериментальных координат было проведено путем сопоставления длин отрезков между соответствующими крестами, расположенными в горизонтальных (для X) и вертикальных (для Y) рядах. Разница измеренных и вычисленных длин отрезков, их среднеквадратичных отклонений определялась по формулам:

$$\Delta U_j = (U_i - U_{i+1})_{\text{выч}} - (U_i - U_{i+1})_{\text{изм}} \quad (5)$$

$$\sigma_{U_i} = \left[\frac{0.5}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta U_j)^2 \right]^{1/2}, \text{ где } (6)$$

U - X или Y координаты крестов, N - количество длин отрезков, а i - номер креста.

Результаты сравнения показывают, что среднеквадратичные отклонения координат X, Y и Z крестов на нижнем стекле * равны, соответственно, для III и IV стереопар 250, 320 и 950 мк, а для V и VI стереопар 170, 290 и 1230 мк. Несколько хуже кресты восстанавливаются на I и II стереопарах, на которых среднеквадратичные отклонения по X, Y и Z составляют, соответственно, 350, 450 и 1200 мк.

Пространственные координаты, определяемые с помощью продольных стереопар, вычисляются с погрешностями, не превышающими ошибок, приведенных для III, IV, V и VI стереопар.

ж Точность определения координат крестов на верхнем стекле лучше, чем на нижнем.

жж Так как σ_{U_i} определяются через разности длин отрезков между крестами, то необходимо учесть ошибки координат каждого из крестов. Этим объясняется появление множителя 0.5 в формуле (6).

Представляет интерес сравнение пространственных X-и Y-координат крестов, вычисленных с помощью найденных констант (Xв и Yв), и координат, вычисленных по формулам стереофотометрии (X_{ст} и Y_{ст})^{7/}:

$$\overline{\Delta X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{B,i} - X_{CT,i}) \quad \overline{\Delta Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_{B,i} - Y_{CT,i})$$

Сравнение показало, что $\overline{\Delta X}$ и $\overline{\Delta Y}$ равны, соответственно, для III и IV стереопар 20 мк ($\sigma = 140$ мк) и 12 мк ($\sigma = 45$ мк).

Причем при вычислении ΔY рассматривались все измеренные кресты, а при вычислении $\overline{\Delta X}$ отбрасывались кресты, лежащие вблизи базы фотографирования. Таким образом, можно считать, что координаты крестов, вычисленные двумя разными способами, дают хорошо совпадающие результаты за исключением крестов, расположенных вблизи базы фотографирования.

Сравнение пространственных координат X, Y и Z первых точек треков V⁰-частиц показывает, что в этом случае среднеквадратичные отклонения не превышают соответствующих величин, приведенных выше для крестов нижнего стекла.

§ 6. Восстановление импульсов первичных частиц

Экспонирование ПК-200 проводилось на пучке отрицательных пионов с импульсом 4750 Мэв/с. Для проверки восстановления импульсов первичных частиц были проведены измерения на части пленок первой экспозиции. На измерения попадали те первичные треки, на которых четко были видны точки рождения δ -электронов. Точки рождения δ -электронов разделяли первичный трек на 2 части, причем при об-счете по геометрической программе первая часть трека считалась "первичным", а вторая - "вторичным" треком. При правильном подборе оптических констант импульс, восстановленный по "вторичному" треку, должен совпадать с импульсом первичных частиц с учетом поправок на

потери энергии первичными частицами в промежуточных средах (в воде, железе, пропан-фреоне). Расчеты показывают, что эти потери составляют приблизительно 70 Мэв, поэтому ожидаемое значение импульса первичных частиц в самой камере должно быть 4680 Мэв/с. Значение полной ошибки импульсов, рассчитанное по хорошо известным формулам, применительно к условиям работы ПК-200 (средняя длина "вторичных" треков равна ~ 40 см, радиационная длина рабочей жидкости — 60 см, индукция магнитного поля — 1.7 Т) составляет около 10 %.

На рис. 3 б, 3в приведены распределения восстановленных значений импульсов и их ошибок для 170 первичных частиц. Среднее значение импульсов первичных частиц оказалось равным 4758 ± 42 Мэв/с со среднеквадратичным отклонением 534 Мэв/с, а среднее значение ошибок импульсов — $8,95 \pm 0,34$ %.

Таким образом, для первичных частиц имеется согласие между восстановленными и ожидаемыми величинами импульсов и их ошибок.

Мы провели анализ функций χ^2 и W^2 /2/, характеризующих вертикальный и горизонтальный разброс точек треков. Эти функции зависят от среднеквадратичной ошибки σ в определении координат и некоторых эмпирических констант. Теоретические значения χ^2 и W^2 должны быть равны единице. Средние значения W^2 и χ^2 , наиболее близкие к теоретическим, нам удалось получить при $\sigma = 18$ мк и при значениях эмпирических констант $C_{63} = 60$ мк, $C_{69} = 250$ мк. $\overline{W^2} = 1,00 \pm 0,05$ и $\overline{\chi^2} = 0,93 \pm 0,05$ (см. рис. 3а)

§ 7. Анализ V^0 частиц

Проверку правильности оптических констант можно осуществить

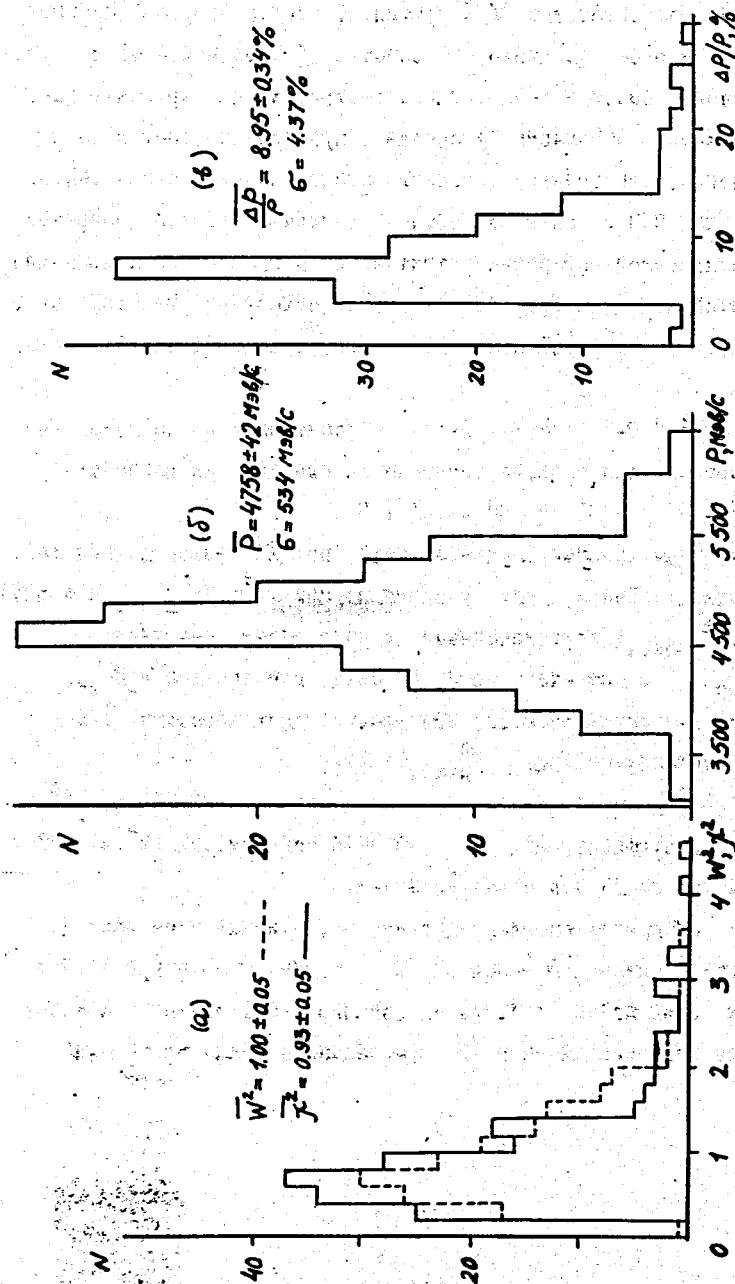


Рис. 3. Распределения величин W^2 , χ^2 (а), импульсов (б) и относительных ошибок импульсов (в) первичных частиц.

с помощью анализа обработки V^0 -частиц. С этой целью при просмотре пленок были отобраны около 300 событий (независимо от их топологии) с одной и более V^0 -частицами, "смотрящих" на первичную звезду. Принадлежность V^0 -частиц к звезде определялась визуально с помощью линейки. Эти события после измерения на ПУОСах, работающих на линии с ЭВМ-БЭСМ-4, были обработаны по геометрической программе I-6. Для дальнейшей обработки событий по программе идентификации V^0 -событий и γ -квантов "2-5"/8/ были оставлены те события, у которых треки V^0 -частиц были восстановлены с ошибкой не более 30 %.

В программе "2-5" V^0 -частицы обрабатываются по двум гипотезам в соответствии с двумя возможными схемами их распада:

$$\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^- \text{ и } K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-.$$

Выбор между этими схемами осуществляется по χ^2 -критерию. Гипотезы считаются разделенными, если у одной из них $\chi^2 < \chi^2_{\text{макс.}}$, а у другой $\chi^2 > \chi^2_{\text{макс.}}$; неразделенными, если в обеих гипотезах $\chi^2 < \chi^2_{\text{макс.}}$ и, наконец, если в обеих гипотезах $\chi^2 > \chi^2_{\text{макс.}}$, то обе гипотезы опровергаются. При уровне достоверности 1 % и трех степенях свободы $\chi^2_{\text{макс.}} = 11$.

Из 200 V^0 -событий, обработанных по программе "2-5", по χ^2 -критерию были идентифицированы: как Λ^0 -36 событий, как K^0 -91 событие, 23 события оказались неразделенными.

На рис. 4а,б приведены распределения эффективных масс частиц - продуктов распада V^0 -событий и на рис. 4в,г-распределения по χ^2 для этих же событий. Для однозначно фитированных V^0 -событий среднее значение массы и её среднеквадратичные отклонения,

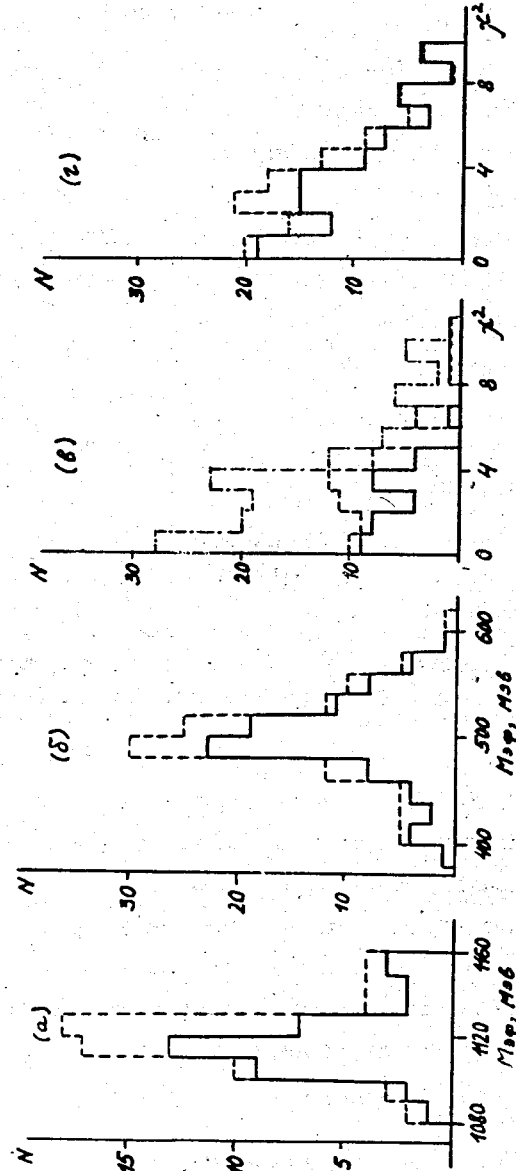


Рис. 4. Распределения эффективных масс и χ^2 V^0 -частиц: при K^0 -гипотезе-(б) и (г) при Λ^0 -гипотезе-(а) и (в) Сплошная кривая -однозначно фитированные события, пунктирная кривая -однозначно фитированные и неразделенные события, штрих-пунктирная кривая-все события, однозначно фитированные как Λ^0 и K^0 .

соответственно, для Λ^0 и K^0 гипотез равны:

$$\begin{aligned} \bar{M}_\Lambda &= 1116,1 \pm 2,5 \text{ Мэв}, & \sigma_\Lambda &= 15 \text{ Мэв} \\ \bar{M}_K &= 501,4 \pm 4,2 \text{ Мэв}, & \sigma_K &= 38 \text{ Мэв} \end{aligned}$$

Заметим, что значения σ_Λ и σ_K примерно в 1.5 раза превышают соответствующие величины, полученные при обработке V^0 -событий в условиях работы ПК-200, заполненной пропаном^{9/}

Примерно такое превышение и должно ожидать, если учесть, что основной вклад в величину σ будут вносить ошибки, обусловленные многократным рассеянием. Эти ошибки обратно пропорциональны корню квадратному из радиационной длины. А корень квадратный из отношения радиационных длин пропана и смеси пропана с фреоном составляет около 1.4.

Добавка к однозначно фитированным событиям неразделенных событий приводит к следующим результатам:

$$\begin{aligned} M_\Lambda &= 1118,9 \pm 2,0 \text{ Мэв}, & \sigma &= 15,3 \text{ Мэв} \\ M_K &= 497,9 \pm 3,8 \text{ Мэв}, & \sigma &= 40,1 \text{ Мэв} \end{aligned}$$

На рис. 4в, г приведены также распределения по χ^2 для всех идентифицированных событий. Средние значения и среднеквадратичные отклонения χ^2 -распределений однозначно идентифицированных событий равны:

$$\begin{aligned} \bar{\chi}_\Lambda^2 &= 2,86 \pm 0,42, & \sigma_\Lambda &= 2,53 \\ \bar{\chi}_K^2 &= 3,38 \pm 0,26, & \sigma_K &= 2,50 \end{aligned}$$

Если к однозначно фитированным событиям добавить неоднозначно фитированные, то средние значения χ^2 и их среднеквадратичных ошибок равны:

$$\begin{aligned} \bar{\chi}_\Lambda^2 &= 3,13 \pm 0,30, & \sigma_\Lambda &= 2,25 \\ \bar{\chi}_K^2 &= 3,38 \pm 0,22, & \sigma_K &= 2,36 \end{aligned}$$

и, наконец, среднее значение χ^2 и значение σ для всех событий, однозначно фитированных как Λ^0 и K^0 , равны $3,23 \pm 0,22$, $\sigma = 2,51$.

Таким образом, полученные средние значения масс Λ^0 и K^0 -частиц лежат вблизи их известных табличных значений, а средние значения χ^2 V^0 -событий и их среднеквадратичные отклонения согласуются с теоретическими значениями, равными, соответственно, 3,0 и 2,5.

Представляет интерес сравнение фитированных и измеренных величин углов и импульсов продуктов распада V^0 -частиц. С этой целью мы построили распределения нормированных отклонений вида:

$$S(x_i) = (x_{i,u} - x_{i,\varphi}) / \sigma (x_u - x_\varphi), \text{ где}$$

$x_{i,u}$, $x_{i,\varphi}$ — измеренные и фитированные значения x_i , а $\sigma(x_u - x_\varphi)$ — их среднеквадратичные отклонения. Такие распределения для тангенсов глубинных углов ($tg\lambda$), азимутальных углов (β) и косинусов углов между суммарным импульсом продуктов распада V^0 -частицы и направлением, образуемым точками рождения и распада V^0 -частицы ($\cos\theta$) приведены на рис. 5а, б, в.

Из этих рисунков следует, что средние величины нормированных отклонений $tg\lambda$, β и $\cos\theta$ достаточно близки к ожидаемому теоретическому значению, равному нулю. Так, для положительных и отрицательных треков V^0 -частиц имеем:

$$\begin{aligned} \bar{S}(tg\lambda^+) &= 0,07 \pm 0,09, & \bar{S}(tg\lambda^-) &= -0,07 \pm 0,10, \\ \bar{S}(\beta^+) &= 0,15 \pm 0,10, & \bar{S}(\beta^-) &= -0,08 \pm 0,10, & \bar{S}(\cos\theta) &= 0,18 \pm 0,11 \end{aligned}$$

На рис. 5 г приведено распределение относительных величин импульсов $(P_\Phi - P_H) / P_\Phi$ продуктов распада V^0 -частиц. Как видно, здесь нет больших систематических сдвигов и среднее значение $(P_\Phi - P_H) / P_\Phi$ равно 0.2% для положительных и - 2.4% для отрицательных частиц. Кроме того, из этого рисунка следует, что для более

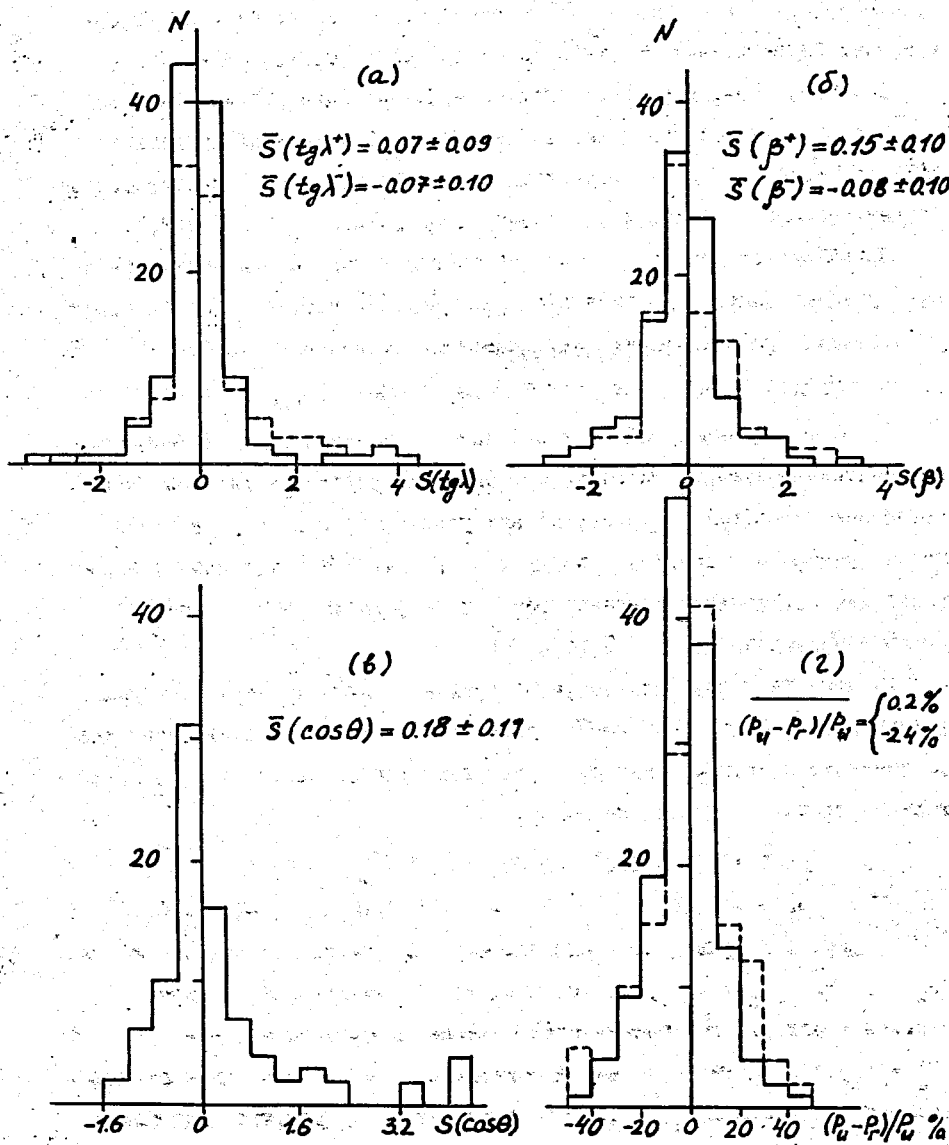


Рис.5. Распределения нормированных отклонений $S(x_i)$ (а, б, в) и величин $(P_u - P_r)/P_u$ (г).

Сплошная кривая - положительные частицы.
 Пунктирная кривая - отрицательные частицы.

чем 92% событий величины $(P_u - P_r)/P_u$ лежат в интервале $\pm 30\%$

§ 8. Заключение

Проведенный анализ восстановления пространственных координат в камере, импульсов первичных частиц, эффективных масс V^0 частиц и кинематических параметров треков V^0 частиц указывает на отсутствие существенных отклонений их средних значений от ожидаемых и свидетельствует о корректном вычислении ошибок. Следовательно, оптические константы для метровой пузырьковой камеры, заполненной пропан-фреоновой смесью, определены верно и использованная нами методика для определения оптических констант может быть применена при нахождении оптических констант ПК-200 для остальных сеансов экспонирования.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить за постоянный интерес к работе и критические замечания Ю.А.Будагова, В.Б.Виноградова и В.Г.Яцка, за обсуждения Ш.Валкара, А.Г.Володько, Ю.Ф.Ломкина, и консультации по работе с программой "2-5" Б.Чиладзе.

Л и т е р а т у р а

1. А.В.Богомолов, Ю.А.Будагов, А.Т.Василенко, В.П.Джелепов и др. ПТЭ, 1964, I, 61.
2. Н.Ф.Маркова, В.И.Мороз, В.И.Никитина, А.П.Стельмах, Г.Н.Тентюкова. ОИЯИ, Р10-3768, Дубна, 1968
3. Н.А.Буздавина, В.Б.Виноградов, В.Б.Флягин. Депонированная публикация ОИЯИ Б1-10-3572, Дубна, 1967.
4. В.А.Загинайко, В.Н.Шигаев. ОИЯИ 2527, Дубна, 1965.
5. Б.В.Болонкин, В.Б.Виноградов, и др. Депонированная публикация ОИЯИ Б1-10-3579, Дубна, 1967.
6. Нгуен Дин Ты, В.Н.Пенев, Н.А.Смирнов, М.И.Соловьев. Сообщения ОИЯИ, 13-5942, Дубна, 1971.

7. Н.А.Буздавина, З.М.Иванченко, З.Г.Иванов, И.Паточка, М.И.Попов.
ОИИИ, 2095, Дубна, 1965.
8. В.М.Карнаузов и др. Сообщения ОИЯИ, 10-6123, Дубна, 1971.
9. Ю.А.Будагов, В.Б.Виноградов и др. ОИИИ, Р10-3021, Дубна, 1966.

Приложение I

Таблица значений оптических констант $\{\alpha\}$ и $\{\beta\}$.

№од.	α_1	$\alpha_2 \cdot 10^4$	$\alpha_3 \cdot 10^6$	$\beta_1 \cdot 10^2$	$\beta_2 \cdot 10^3$	$\beta_3 \cdot 10^5$
I	6.41	5.65	-10.28	7.94	-1.35	5
II	6.51	-0.57	-1.46	7.98	-1.75	5
III	6.51	0.93	-1.87	7.97	-1.34	5
IV	6.50	-0.56	-1.26	7.97	-1.39	5
У	6.50	1.74	-2.47	7.87	0.17	-0.3
VI	6.49	1.64	-5.00	7.92	0.36	-0.6

Рукопись поступила в издательский отдел
16 января 1974 года.