

С 344.10

К-421

Кладнищкая Е. Н.

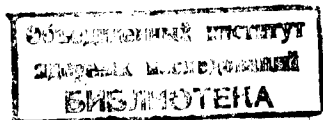
+

54-2800

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Лаборатория высоких энергий
Вычислительный центр

Кладницкая Е.Н., Макаренко Г.И., Соловьев М.И.

Геометрическое восстановление пространственной
картины в 2 м.пропановой пузырьковой камере.



г.Дубна, 1966 г.

с.ф. 1442

В В Е Д Е Н И Е

Двухметровая пропановая пузырьковая камера предназначена для изучения взаимодействия частиц с энергией выше одного Гэв с ядрами водорода. Наличие углерода в молекуле пропана, а также возможность работы на смесях пропан-фреон и пропан-ксенон позволяет в принципе очень эффективно детектировать такие взаимодействия, в которых образуется P^0 -мезоны и γ -кванты. Большие размеры пропановой пузырьковой камеры позволят экспериментаторам лабораторий стран-участниц ОИЯИ изучать радиационные каналы распадов резонансов, которые мало изучены до сих пор. Пропановая пузырьковая камера сочетает в себе водородную мишень и хороший детектор γ -квантов.

В верхнем полюсном блоке магнита сделано 2 симметричных колодца. Нижняя часть этих колодцев закрывается стеклянными оптическими пластинами размером 960x650x151 мм из стекла марки К-8, с показателем преломления 1,516.

Верхняя часть этих колодцев закрывается массивной металлической плитой с небольшими окнами для фотографирования. Толщина стекол 40 мм. Между стеклами находится газ азот или углекислота под давлением 15 атм. Это давление компенсирует часть нагрузки со стороны рабочей жидкости - пропана. Высота столба газа 900 мм, что эквивалентно стеклу марки К-8 толщиной 9 мм при заполнении углекислотой.

В настоящее время используются объективы "Руссар-плазмат Т-2с". Они сделаны по специальному заказу и имеют коррекцию на дисторсию для всех этих преломляющих сред.

Характеристики оптической системы даются ниже.

Наличие двух колодцев в верхнем полюсном блоке неблагоприятно сказывается на однородности магнитного поля.

Если мы хотим обеспечить необходимую точность измерений импульсов заряженных частиц, то нужно вводить коррекцию на неоднородное магнитное поле, а также учитывать потери энергии частицами на ионизацию и излучение при прохождении их в пропане (или смесях разных жидкостей).

I.

Характеристика камеры

1. Камера имеет размер рабочей области $2100 \times 650 \times 430 \text{ мм}^3$
2. Фотографирование этого объема производится двумя оптическими системами. Каждая оптическая система состоит из 3-х объективов. Каждый объектив имеет свой лентопотяжный механизм. Фотографирование производится на отдельную пленку. Схема фотографирования показана на рис. I.
3. Объективы "Руссар-плазмат Т-2с" имеют фокус 150 мм и угол $2\beta = 60^\circ$. Они выполнены с коррекцией преломляющих сред до нижней поверхности большого стекла, т.е. до границы стекло-пропан. Объективы установлены на массивной дюралюминиевой плите так, что оптические оси всех объективов параллельны друг другу и перпендикулярны стеклам, к которым прижимается фотографическая пленка. На прижимных стеклах имеются награвированные кресты. Кресты находятся на пересечении оптических осей со стеклами. Расстояние между крестами определяет базу фотографирования. B_0 и B_1 - не изменяются даже если происходит перемонтаж магнита камеры. B_2 и B_3 - могут изменяться от одной разборки и сборки магнита до другой. Однако такие сборки планируется проводить очень редко.

Итак, $B_0 = 380 \text{ мм}$

$B_1 = 251 \text{ мм}$

$B_2 = 1280 \text{ мм}$

$B_3 = 952 \text{ мм}$

} уточняются по измерениям и расчётам

4. Высота фотографирования, т.е. расстояние от передней главной плоскости объектива (точнее от центра входного зрачка) до нижней границы стекла 1070 мм. Для разных объективов высота немного меняется. Расстояние от задней главной плоскости (от центра выходного зрачка) до пленки 166 мм. Оно также несколько различается для разных объективов.

Схема оптики показана на рис.2.

5. Характеристика отдельных объективов

	головка № 1			головка № 2		
	объект. 1	2	3	4	5	6
№ объектива	4602	4609	4603	4608	4606	4605
f	148,7	149,1	148,8	149,0	148,7	148,8
v	166,1	166,5	166,2	166,4	166,1	166,2

6. На каждом из больших стекол, закрывающих низ колодцев для фотографирования и находящихся в контакте с пропаном, награвировано по 25 крестов с шагом 90x150 мм. Эти кресты служат для проверки исправности оптической системы, а также могут применяться для определения деформации пленки и восстановления оптических осей.

7. Показатель преломления пропана определялся экспериментально $[n]$. Он существенно зависит от температуры и очень немного от изменения давления в рабочих условиях, конечно, если нет потоков жидкости разной оптической плотности. В рабочей точке для пропана при 60°C показатель преломле-

ния $h = 1,25$.

8. Поскольку фотографирование делается двумя оптическими системами, то необходимо осуществлять прослеживание первичных следов и особенно следов продуктов взаимодействия, образовавшихся в первой части камеры во вторую ее половину.

II.

Схема обработки события (измерения)

Событие, происшедшее в камере, регистрируется одновременно на 6 кадрах. Просмотр пленок и отбор событий будут проводиться на стереолупах и репроекторах. При просмотре будет отмечено, какие стереопары следует использовать при измерениях нужного события. Измерения будут проводиться на полуавтоматах. Результаты измерений пробиваются на перфоленте или передаются прямо в память машины. Каждая зона начинается с пробивки служебных знаков:

- 1 признак начала зоны
- 2 номер зоны
- 3 номер пленки
- 4 номер кадра^{х)}
- 5 номер полуавтомата
- 6 число треков в событии
- 7 признаки идентификации частицы, ионизации или остановки (если они имеются)

х) Один и тот же номер кадра имеет все 6 - снимков, на которых зафиксировано событие. В данном конкретном случае - все снимки на которых сделаны измерения

- 8 признак V° и γ - частиц
- 9 признак излома, вторичной звезды и т.д.
- 10 признак конца информации о событии
- II номер объектива,
- 12 номер следа ^{х)}

Далее измеряются координаты x и y точек на каждом следе на двух или четырех кадрах ^{хх)}.

Для треков, переходящих из одной половины камеры в другую даётся специальный признак.

Перед измерением следа пробивается номер этого следа.

После измерения следа пробивается признак конца следа.

Все измерения ведутся в системе координат измерительного прибора. Для каждого трека будем иметь набор измеренных координат. Например,

$$\begin{array}{cc} x_{11} & y_{11} \\ x_{21} & y_{21} \\ - & - \\ - & - \\ x_{n1} & y_{n1} \end{array}$$

при измерении n - точек на следе первым объективом. Для других объективов будут аналогичные данные.

Порядок измерений координат следов

- I. Сначала измеряется первичный след (от точки взаимодействия)

х) Кресты имеют нулевой номер.

хх) Измерения будут проводиться на 4-х кадрах, если след переходит из одной половины камеры в другую.

2. Затем измеряются координаты точек на следах первичной звезды в последовательности, указанной при просмотре (слева направо).
3. Далее координаты точек вторичных звезд.
4. После этого координаты следов вилок (V°) и δ -квантов. Число треков в одном событии не более 15. Максимальное число измеренных точек на следе 30.

III.

Схема обработки события

- I. Из системы координат прибора $x^* o^* y^*$ делается переход в систему координат $(x' o' y')$ с началом в точке $o'(k_2)$ на пленке. Ось x' параллельна основной базе фотографирования первой и второй головок, ось y' перпендикулярна оси x' . Для этого осуществляется параллельный перенос координат x^*, y^* из o^* в o'_j и поворот на угол φ , где буквой j обозначен номер объектива (рис. 4) ($j = I \dots 6$)

$$(1) \quad \sin \varphi = \frac{x_{k_3j}^* - x_{k_1j}^*}{\sqrt{(x_{k_3j}^* - x_{k_1j}^*)^2 + (y_{k_3j}^* - y_{k_1j}^*)^2}} = \frac{-(y_{k_{vj}}^* - y_{k_2j}^*)}{\sqrt{(x_{k_{vj}}^* - x_{k_2j}^*)^2 + (y_{k_{vj}}^* - y_{k_2j}^*)^2}}$$

$$\cos \varphi = \frac{y_{k_3j}^* - y_{k_1j}^*}{\sqrt{(x_{k_3j}^* - x_{k_1j}^*)^2 + (y_{k_3j}^* - y_{k_1j}^*)^2}} = \frac{x_{k_{vj}}^* - x_{k_2j}^*}{\sqrt{(x_{k_{vj}}^* - x_{k_2j}^*)^2 + (y_{k_{vj}}^* - y_{k_2j}^*)^2}}$$

Координаты x^*, y^* перейдут в x', y'

$$(2) \quad \begin{aligned} x'_{ij} &= (x_{ij}^* - x_{k_2j}^*) \cos \varphi + (y_{ij}^* - y_{k_2j}^*) \sin \varphi \\ y'_{ij} &= -(x_{ij}^* - x_{k_2j}^*) \sin \varphi + (y_{ij}^* - y_{k_2j}^*) \cos \varphi \end{aligned}$$

(2)

$i = 1, 2 \dots n$, где n - число точек на следе.

2. К координатам x'_{ij} , y'_{ij} (i - номер точки, j - номер объектива) нужно добавить величины Δx и Δy , характеризующие смещение оптических осей относительно крестов K_{2j} . Кроме того, координаты x'_{ij} , y'_{ij} умножаются на коэффициенты ε_x и ε_y , учитывающие деформацию пленки.

$$\varepsilon_x = \frac{l_x}{\sqrt{(x_{k_4}^* - x_{k_2}^*)^2 + (y_{k_4}^* - y_{k_2}^*)^2}} \quad (3)$$

$$\varepsilon_y = \frac{l_y}{\sqrt{(x_{k_3}^* - x_{k_1}^*)^2 + (y_{k_3}^* - y_{k_1}^*)^2}}$$

где l_x и l_y - расстояния, соответственно, между крестами K_4 и K_2 и K_3 и K_1 , на прижимном стекле^{x)} (рис.4)

Окончательно:

х) Можно делать учёт деформации пленки по крестам, нанесенным на нижней поверхности большого стекла, закрывающего рабочий объем камеры.

Выбор оптимальных значений угла φ , Δx , Δy , ε_x и ε_y может быть сделан согласно [3].

$$x'_{ij} = [(x^*_{ij} - x^*_{k_2j}) \cos \varphi + (y^*_{ij} - y^*_{k_2j}) \sin \varphi + \Delta x] \varepsilon_x \quad (4)$$

$$y'_{ij} = [(y^*_{ij} - y^*_{k_2j}) \cos \varphi - (x^*_{ij} - x^*_{k_2j}) \sin \varphi + \Delta y] \varepsilon_y ,$$

Δx , Δy будут даны дополнительно.

3. Программа выброса плохих точек. Может быть использована программа, составленная в ВЦ [2] (аппроксимация кривой 4-го порядка проекции следа на кадр).

IV.

Определение координат соответствующих точек.

Для всех точек на следе (включая I-ую), снятых объективом с меньшим номером, ищутся соответствующие точки на том же следе, снятые объективом с большим номером в данной стереопаре. Например, для стереопары (1,2) для первой головки и (4,5) для второй соответствующие точки ищутся на пленке, снятой 2-м (или 5) объективом для точек, снятых I-ым (или 4) объективом. В случае привлечения третьего объектива (3 - для первой головки и 6 - для второй), соответствующие точки ищутся в том порядке, как это указано в дополнительных признаках, но всегда для большего номера объектива.

Поиск соответствующих точек ведется с помощью квадратичной интерполяции (парабола) по программе, используемой до сих пор в ВЦ ОИЯИ для обработки треков.

у.

Восстановление пространственных координат
точек на следе

Восстановление координат всех точек ведется по формулам стереофотограмметрии [4; 6].

$$X_{i(jk)} = \frac{B x'_{ik}}{x'_{ik} - x'_{ij} \frac{y'_{ik}}{y'_{ij}}}; \quad Y = \frac{B y'_{ik}}{x'_{ik} - x'_{ij} \frac{y'_{ik}}{y'_{ij}}} \quad (5)$$

$$Z_{i(jk)} = \frac{1}{2} \left\{ \left[\frac{B V_k}{x'_{ik} - x'_{ij} \frac{y'_{ik}}{y'_{ij}}} - H_{ok}(r) \right] \sqrt{n_{\text{ст}}^2 + (n_{\text{ст}}^2 - 1) \text{tg}^2 \varphi_{ik}(r)} + \right. \\ \left. + \left[\frac{B V_j}{x'_{ij} - x'_{ik} \frac{y'_{ij}}{y'_{ik}}} - H_{oj}(r) \right] \sqrt{n_{\text{ст}}^2 + (n_{\text{ст}}^2 - 1) \text{tg}^2 \varphi_{ij}(r)} \right\}$$

начало координат в K - объективе (стереопары (1,2) и (4,5)). Как видно из рис.3 для стереопар, база которых не параллельна оси X формулы будут другими.

Чтобы получить координаты точек $X Y Z$ на треках, снятых стереопарой (1.3) нужно измеренные координаты треков в системах x_0, y и x_0, y преобразовать в систему x'_{13}, y'_{13} и x'_{13}, y'_{13} соответственно (см. рис.3).

Формулы преобразования записываются

$$(6) \quad \begin{aligned} x'_{i(13)} &= x'_{ii} \cos \varphi_1 + y'_{ii} \sin \varphi_1 \\ y'_{i(13)} &= y'_{ii} \cos \varphi_1 - x'_{ii} \sin \varphi_1 \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{для системы} \\ x'_{13}, y'_{13} \end{array}$$

$$\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 = \frac{190}{251} = 0,7570$$

$$\begin{aligned} \text{и} \quad x'_{i(31)} &= x'_{i3} \cos \psi_1 - y'_{i3} \sin \psi_1 \\ (7) \quad y'_{i(31)} &= y'_{i3} \cos \psi_1 + x'_{i3} \sin \psi_1 \end{aligned}$$

для системы
 $x'_{i3} \quad o_3 \quad y'_{i3}$

Формулы преобразования для системы $x'_{i3} \quad o_3 \quad y'_{i3}$ можно получить из формул для системы $x \quad o_1 \quad y$, если в последних сделать замену

$$\begin{aligned} y &\rightarrow y \\ x &\rightarrow -x \\ x' &\rightarrow -x' \end{aligned} \quad (\text{см. рис. 3})$$

Аналогичным образом можно получить формулы преобразования координат из систем $x \quad o_2 \quad y$ в $x'_{i23} \quad o_2 \quad y'_{i23}$ и из $x \quad o_3 \quad y$ в $x'_{i23} \quad o_3 \quad y'_{i23}$ при использовании стереопары (2,3)

$$\begin{aligned} (8) \quad x'_{i(23)} &= x'_{i2} \cos \psi_2 + y'_{i2} \sin \psi_2 \\ y'_{i(23)} &= y'_{i2} \cos \psi_2 - x'_{i2} \sin \psi_2 \end{aligned}$$

для системы
 $x'_{i23} \quad o_2 \quad y'_{i23}$

$$\begin{aligned} (9) \quad x'_{i(32)} &= -(x'_{i3} \cos \psi_2 + y'_{i3} \sin \psi_2) \\ y'_{i(32)} &= y'_{i3} \cos \psi_2 - x'_{i3} \sin \psi_2 \end{aligned}$$

для системы
 $x'_{i3} \quad o_3 \quad y'_{i3}$

Далее производится поиск соответствующих точек аналогично тому, как указано в разделе IV. После этого находятся

пространственные координаты

$$X'_{i(13)} = \frac{B x'_{i(13)}}{x'_{i(13)} - x'_{i(31)} \frac{y'_{i(13)}}{y'_{i(31)}}} \quad (10)$$

$x'_{i(13)}, y'_{i(13)}$ определяются по формулам (6)

$x'_{i(31)}, y'_{i(31)}$ определяются по формулам (7)

$$Y'_{i(13)} = \frac{B y'_{i(13)}}{x'_{i(13)} - x'_{i(31)} \frac{y'_{i(13)}}{y'_{i(31)}}}$$

(II)

$x'_{i(13)}, y'_{i(13)}$
 $x'_{i(31)}, y'_{i(31)}$ - координаты соответствующих точек.

В выражении для Z первый член будет с

$$\left(\frac{B V_1}{x'_{i(13)} - x'_{i(31)} \frac{y'_{i(13)}}{y'_{i(31)}}} \right) \quad (12)$$

а второй с

$$\left(\frac{B V_2}{x'_{i(31)} - x'_{i(13)} \frac{y'_{i(31)}}{y'_{i(13)}}} \right)$$

При использовании стереопары (2,3) будем иметь

$$X'_{i(23)} = \left(\frac{B x'_{i(23)}}{x'_{i(23)} - x'_{i(32)} \frac{y'_{i(23)}}{y'_{i(32)}}} \right) \quad (13)$$

$$Y'_{i(23)} = \left(\frac{B y'_{i(23)}}{x'_{i(23)} - x'_{i(32)} \frac{y'_{i(23)}}{y'_{i(32)}}} \right) \quad (14)$$

В Z' войдут члены

$$\frac{BV_2}{x'_{i(23)} - x'_{i(32)} \frac{y'_{i(23)}}{y'_{i(32)}}$$

и

$$\frac{BV_3}{x'_{i(32)} - x'_{i(23)} \frac{y'_{i(32)}}{y'_{i(23)}}$$

$x'_{i(23)}$ и $y'_{i(23)}$ определяются по (8), а $x'_{i(32)}$ и $y'_{i(32)}$ по (9).

Можно видеть, что стереопара (4,6) эквивалентна стереопаре (2,3), а (5,6) - (1,3).

Формулы преобразования координат будут:

$$(15) \quad \begin{aligned} x'_{i(46)} &= x'_{i4} \cos \psi_4 + y'_{i4} \sin \psi_4 \\ y'_{i(46)} &= y'_{i4} \cos \psi_4 - x'_{i4} \sin \psi_4 \end{aligned}$$

для системы
 $x'_{46} \quad 0_4 \quad y'_{46}$

$$(16) \quad \begin{aligned} x'_{i(64)} &= -(x'_{i6} \cos \psi_4 + y'_{i6} \sin \psi_4) \\ y'_{i(64)} &= y'_{i6} \cos \psi_4 - x'_{i6} \sin \psi_4 \end{aligned}$$

для системы
 $x'_{46} \quad 0_6 \quad y'_{46}$

$$(17) \quad \begin{aligned} x'_{i(56)} &= x'_{i5} \cos \psi_5 + y'_{i5} \sin \psi_5 \\ y'_{i(56)} &= y'_{i5} \cos \psi_5 - x'_{i5} \sin \psi_5 \end{aligned}$$

для системы
 $x'_{56} \quad 0_5 \quad y'_{56}$

$$(18) \quad \begin{aligned} x'_{i(65)} &= x'_{i6} \cos \psi_5 - y'_{i6} \sin \psi_5 \\ y'_{i(65)} &= y'_{i6} \cos \psi_5 + x'_{i6} \sin \psi_5 \end{aligned}$$

для системы
 $x'_{56} \quad 0_6 \quad y'_{56}$

Значения пространственных координат по стереопарам (13), (23), (46) и (56) получены в системах координат $X'_{i3} O_3 Y'_{i3}$, $X'_{i23} O_2 Y'_{i23}$, $X'_{i46} O_4 Y'_{i46}$ и $X'_{i56} O_5 Y'_{i56}$, при этом следует иметь ввиду, что X' и Y' не параллельны осям X, Y камеры и все O_j не совпадают с O . Нужно сделать переход от пространственных координат X', Y' к X, Y

$$X_{i(13)} = -X'_{i(13)} \cos \psi_1 + Y'_{i(13)} \sin \psi_1 + A \quad (19)$$

$$Y_{i(13)} = Y'_{i(13)} \cos \psi_1 + X'_{i(13)} \sin \psi_1 - B$$

$$\begin{aligned} X_{i(23)} &= X'_{i(23)} \cos \psi_2 - Y'_{i(23)} \sin \psi_2 - A \\ Y_{i(23)} &= Y'_{i(23)} \cos \psi_2 + X'_{i(23)} \sin \psi_2 - B \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} X_{i(46)} &= Y'_{i(46)} \sin \psi_4 - X'_{i(46)} \cos \psi_4 + A \\ Y_{i(46)} &= -(X'_{i(46)} \sin \psi_4 + Y'_{i(46)} \cos \psi_4) + B \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} X_{i(56)} &= -Y'_{i(56)} \sin \psi_5 + X'_{i(56)} \cos \psi_5 - A \\ Y_{i(56)} &= -(X'_{i(56)} \sin \psi_5 + Y'_{i(56)} \cos \psi_5) + B \end{aligned} \quad (22)$$

Z определяется по формуле

$$\begin{aligned} Z_{i(jk)} &= \frac{1}{2} \left\{ \left[\frac{BV_i}{x'_{i(jk)} - x'_{i(kj)} \frac{y'_{i(jk)}}{y'_{i(kj)}}} - H_{oj}(r) \right] \cdot \right. \\ &\quad \left. \cdot \sqrt{n_{np}^2 + (n_{np}^2 - 1) \operatorname{tg}^2 \psi_{ij}(r)} \right. + \end{aligned} \quad (23)$$

$$+ \left[\frac{B V_k}{x'_{i(kj)} - x'_{i(jk)} \frac{y'_{i(kj)}}{y'_{i(jk)}}} - H_{ок}(r) \right] \cdot \sqrt{n_{np}^2 + (n_{np}^2 - 1) \operatorname{tg}^2 \varphi_{ik}(r)} \Bigg\}$$

i - номер точки ,
 j, k - номер объектива ,

$$r_{i(jk)} = \sqrt{x'_{i(jk)}^2 + y'_{i(jk)}^2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{ik} = \frac{r_{i(jk)}}{V_k}$$

Пространственные координаты треков точек, определенные по разным стереопарам переводятся в координатную систему камеры с началом координат в геометрическом центре камеры. При этом добавки к координатам составляют

стереопара	X мм	У мм
12	-190	-640
13	+190	-640
23	-190	-640
45	+190	-640
46	+190	+640
56	-190	+640

VI.

Программа сшивания треков, снятых стереопарами из разных троек объективов.

При обработке стереофотографий, снятых стереопарами (1,2) и (4,5), может быть использована программа "сшивания" [7]. Для последней точки на следе i , снятом стереопарой (1,2)

берется координата Y . При данном Y ищется продолжение следа i , снятого стереопарой (4,5). Координаты X и Z точки пересечения прямой $Y_k = \text{const}$ с предполагаемым продолжением следа i (след ℓ') находятся из уравнений

$$\frac{X - X_{n-1}}{X_n - X_{n-1}} = \frac{Y - Y_{n-1}}{Y_n - Y_{n-1}}, \text{ откуда} \quad (24)$$

$$X = X_{n-1} + \frac{X_n - X_{n-1}}{Y_n - Y_{n-1}} (Y - Y_{n-1}) \quad (25)$$

Аналогично

$$Z = Z_{n-1} + \frac{Z_n - Z_{n-1}}{Y_n - Y_{n-1}} (Y - Y_{n-1}) \quad (26)$$

n - номер точки на следе ℓ

Если $\sqrt{(X_k - X)^2 + (Z_k - Z)^2} < 3 \text{ мм}$ то след ℓ считается продолжением следа i . Точки на следе ℓ с $Y_n < Y_k = \text{const}$ отбрасываются, а оставшиеся дополняются к следу i х).

х) Если на продолжении следа указан N , соответствующий номеру следа в первой половине камеры, то поиск продолжения следа не производится. След являющийся продолжением, считается как обычный след. Точки с $Y_n \leq Y_k$ отбрасываются, а оставшиеся добавляются к следу с соответствующим номером.

Среди служебных признаков предусмотрены:

признак плохо измеренного следа,
признак плохо измеренной проекции,
признак плохо измеренного события.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- 1 А.Ф.Гамалий, В.М.Горбунков, М.И.Соловьев. Препринт ОИЯИ 2589 (1966)
- 2 Н.Н.Говорун, Е.П.Жидков, Л.Н.Легилова, Г.И.Макаренко, Т.Н.Тентюкова. Препринт ОИЯИ 1102 (1962)
- 3 В.А.Загинайко, В.Н.Шигаев. Препринт ОИЯИ 2527 (1965)
- 4 А.А.Пугин. Труды государственного гидрологического института, вып. 018, стр.36 (1953)
- 5 Ван Ган-чан, Ван Цу-цзен, Дин Да-цао, Е.Н.Кладницкая, М.И.Соловьев. Материалы совещания по камерам Вильсона, диффузионным и пузырьковым камерам, вып. 5, Р-284 стр.101 (1959)
- 6 Е.Н.Кладницкая. Материалы совещания по методике пузырьковых камер, ОИЯИ, 796 (1961)
- 7 Н.Л.Буздавина, З.М.Иванченко, В.Г.Иванов, И.Паточка, М.И.Попов. Препринт ОИЯИ 2095 (1965)

Схема фотосаширования 2-х м-дой
дропанной пузырьковой камеры

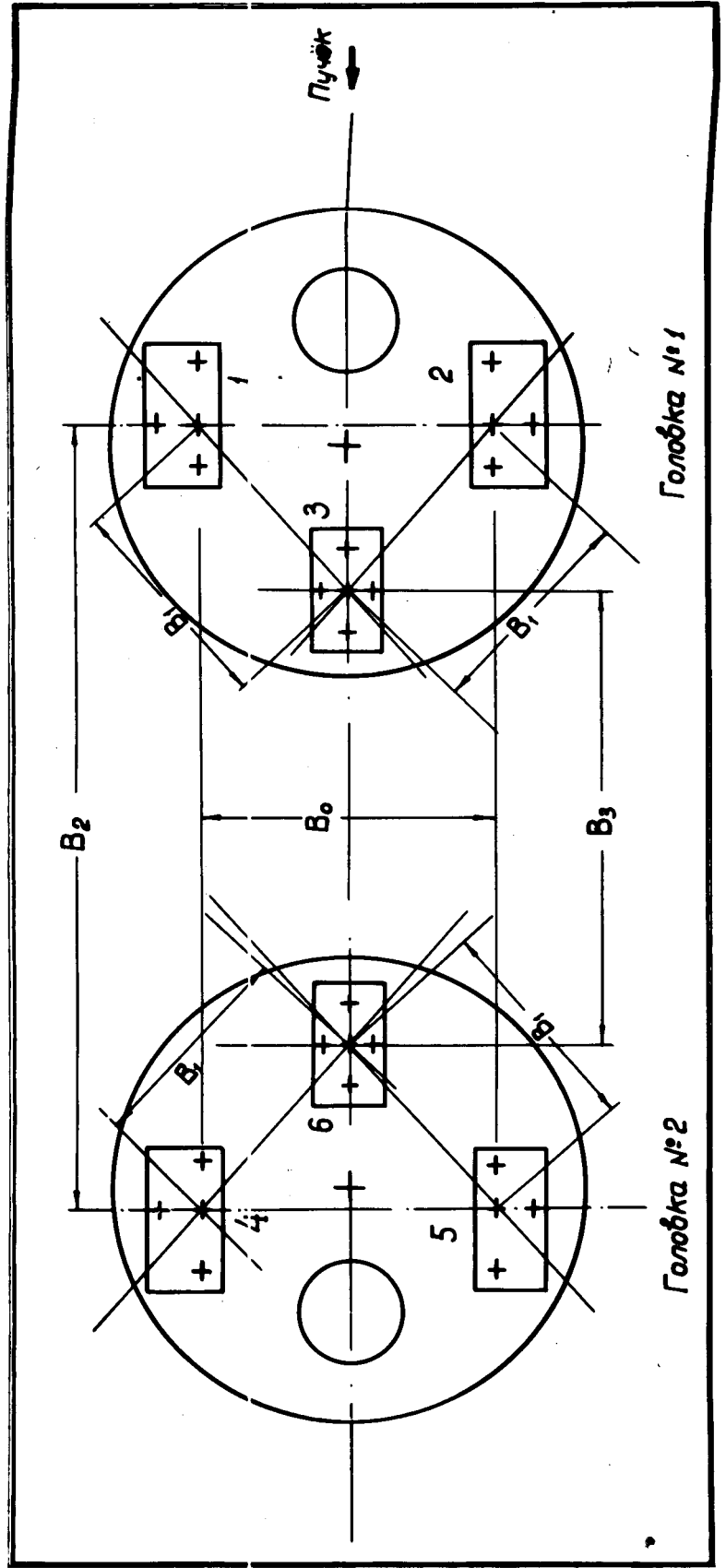


Рис. 1.

Схема оптики для фотографирования рабочего объема пропановой пузырьковой камеры ПК-500 лазерной

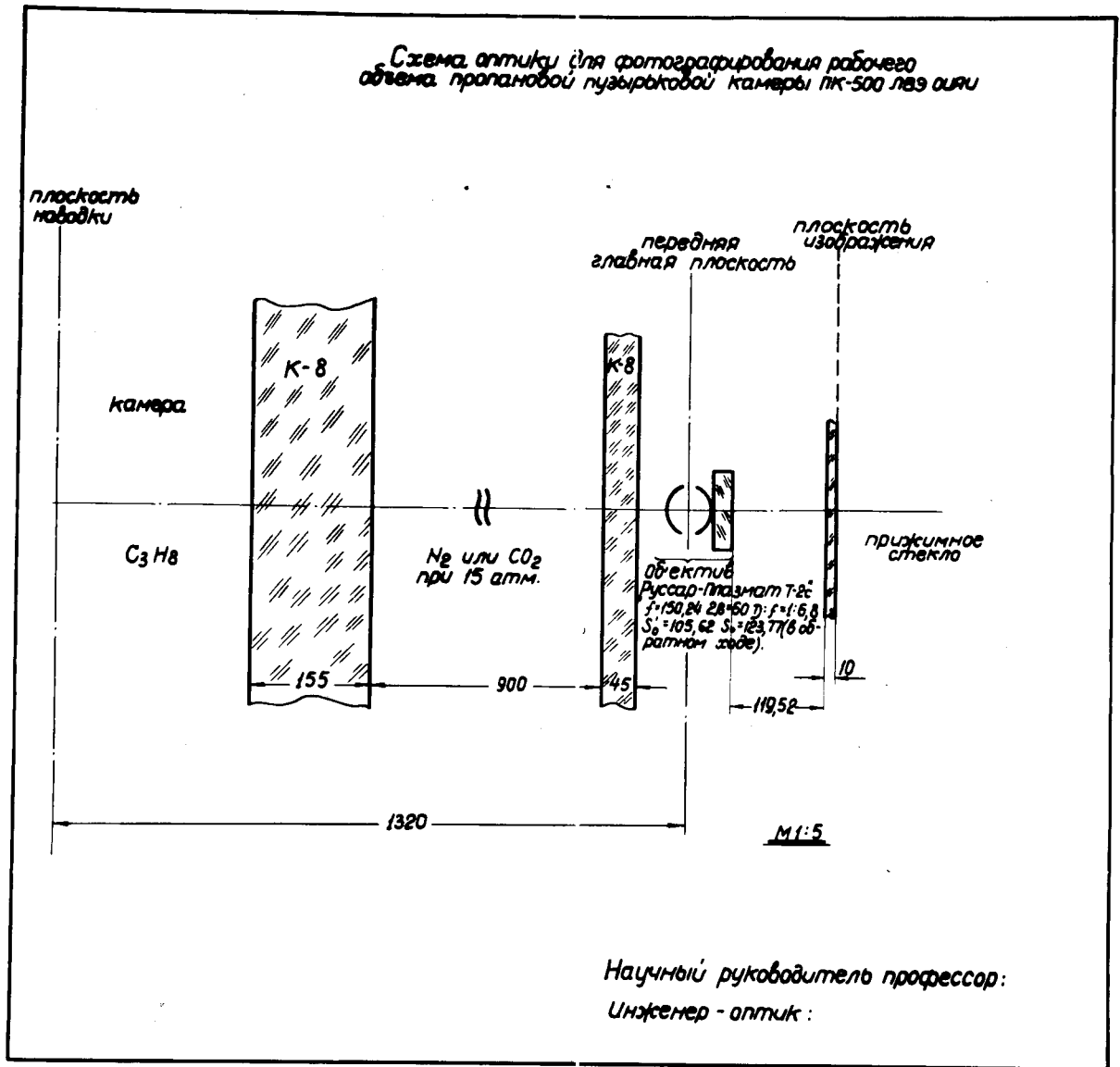


Рис. 2.

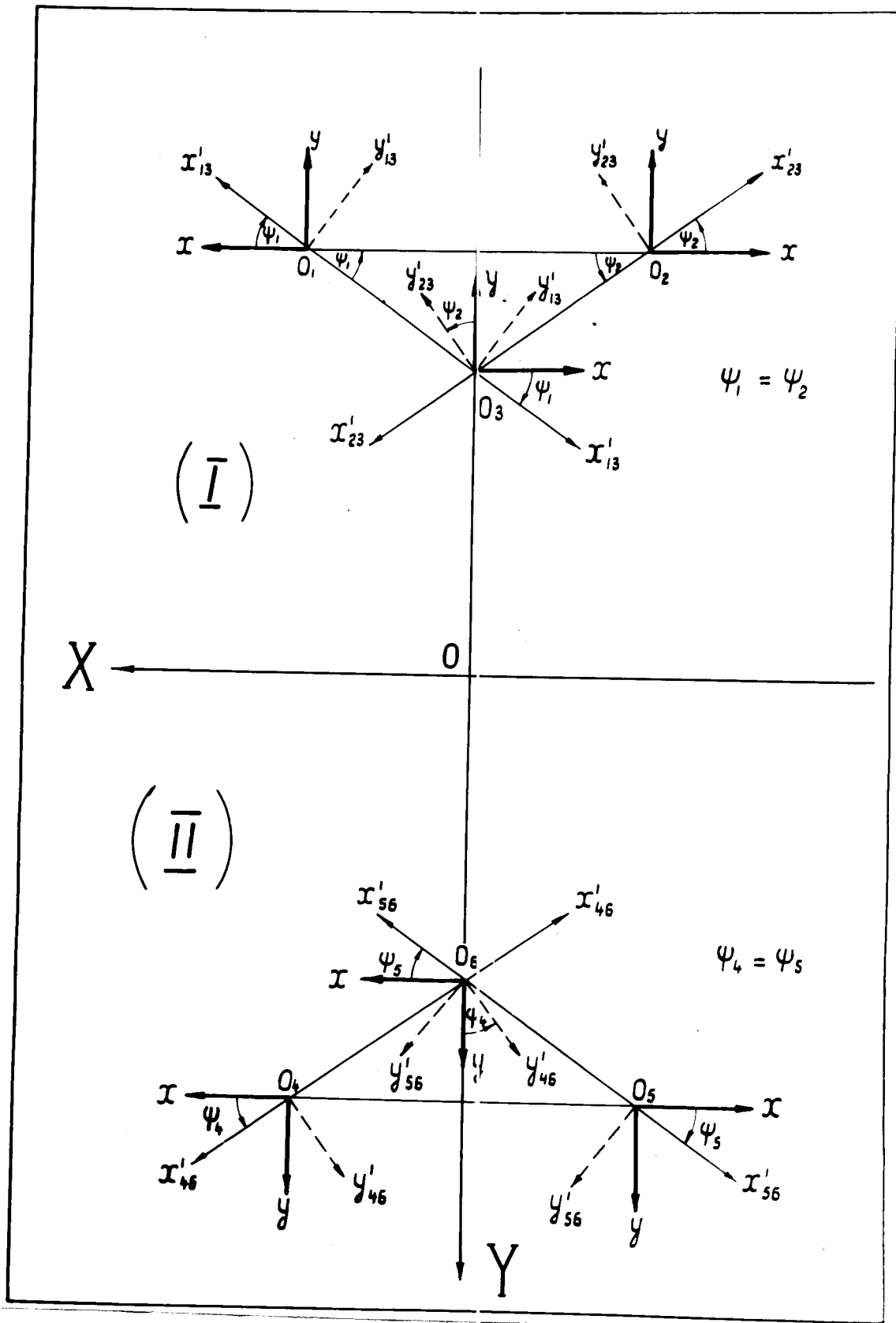


Рис. 3.

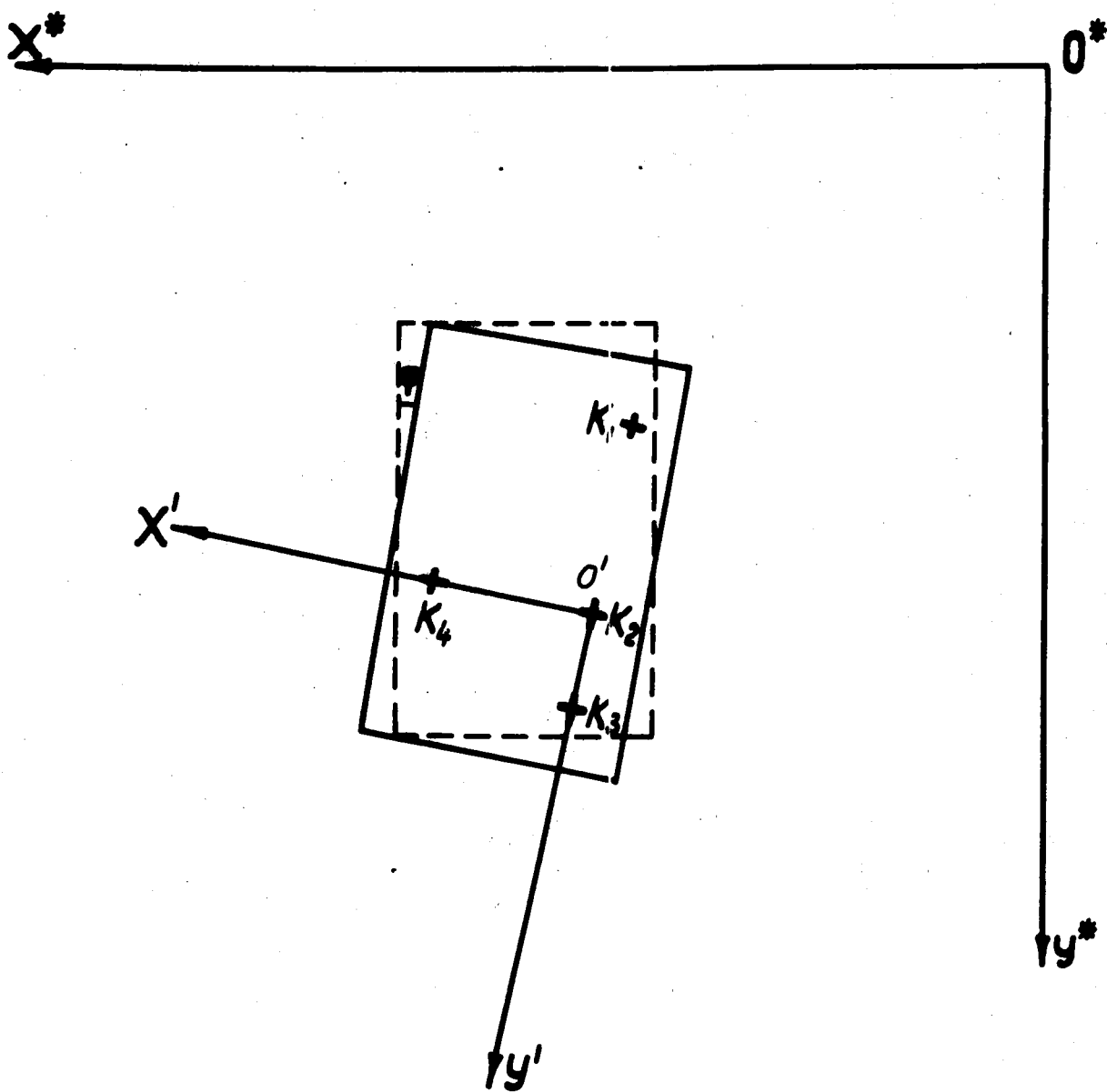


Рис 4