

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



7358

Экз. чит. зала

P10 - 7358

Б.Словинский, А.Томашевич

АЛГОРИТМ НЕСООТВЕТСТВЕННЫХ ТОЧЕК  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ СОБЫТИЙ,  
ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ В КСЕНОНОВОЙ  
ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЕ

**1973**

**ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ**

P10 - 7358

Б.Словинский, А.Томашевич

АЛГОРИТМ НЕСООТВЕТСТВЕННЫХ ТОЧЕК  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ СОБЫТИЙ,  
ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ В КСЕНОНОВОЙ  
ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЕ

*Направлено в ПТЭ*

**Научно-техническая  
библиотека  
ОИЯИ**

В настоящей работе предложен алгоритм определения длин и углов эмиссии заряженных частиц, зарегистрированных на пленках ксеноновой пузырьковой камеры. Так как в преобладающем количестве физически интересных событий либо невозможно, либо чрезмерно затруднительно найти по двум стереоснимкам соответственные точки, то наш алгоритм основан на измерении точек несоответственных, расположенных вдоль изучаемого следа. Вследствие очень сильного эффекта многократного кулоновского рассеяния, особенно медленных заряженных частиц, для жидкого ксенона неприменимы известные методы определения геометрии по несоответственным точкам.

### Описание алгоритма

Чтобы найти длину следа заряженной частицы, зарегистрированного на двух стереоснимках камеры, требуется измерить координаты точек на следе на одном -  $l_k(x_k, y_k), k=1, \dots, n$  и на другом снимке:  $p_j(x_{jN}, y_{jN}), j=1, \dots, m$ .

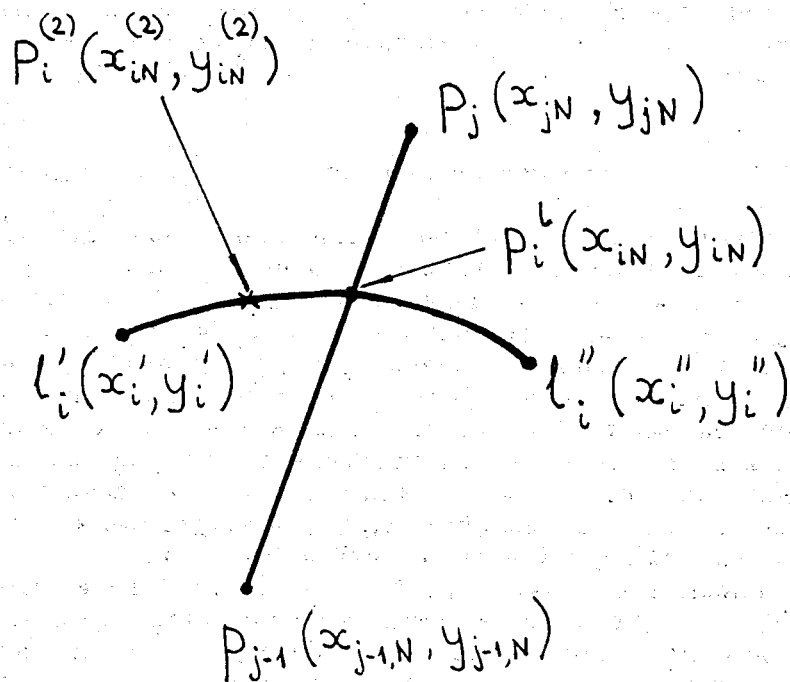
Две произвольные точки  $l_k$  и  $p_j$ , находящиеся на следе частицы, сфотографированном на двух снимках, будем называть несоответственными точками. Если же точки  $l_k$  и  $p_j$  являются проекциями одной и той же точки в камере, то они будут именоваться соответственными точками. Таким образом, соответственные точки - это частный случай несоответственных точек.

Рассмотрим точку  $i(X, Y, Z)$  в камере, проекцией которой на одном снимке является измеренная точка  $l_i(x_i, y_i)$ , на другом - пока неизвестная точка  $p_i$ . Световой луч проектирует точку  $i$  на плоскость одного снимка в виде

точки  $l_i$ , на другом снимке он выглядел бы, вследствие дисторсии, как дуга  $l'_i l''_i$ . Этот луч пересекает стекло камеры в точке  $(X_{\text{вход}}^i, Y_{\text{вход}}^i, 0)$  и дно камеры в точке  $(X_{\text{выход}}^i, Y_{\text{выход}}^i, h)$ . Уравнение прямой, проходящей через эти точки, имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} X_i &= X_{\text{вход}}^i + \lambda \cdot (X_{\text{выход}}^i - X_{\text{вход}}^i); \\ Y_i &= Y_{\text{вход}}^i + \lambda \cdot (Y_{\text{выход}}^i - Y_{\text{вход}}^i); \quad /1/ \\ Z_i &= h \cdot \lambda. \end{aligned}$$

Точкой, соответствующей точке  $l_i$ , является точка  $p_i^l$  пересечения дуги  $l'_i l''_i$  с изображением следа частицы /см. рисунок/.



Координаты проекции точки  $i$  на обоих снимках можно записать следующим образом /1/:

$$x_{iN} = \frac{X - B}{\lambda(M_{\text{дно}}^{iN} - M_{\text{ст}}^{iN}) + M_{\text{ст}}^{iN}}; \quad y_{iN} = \frac{Y}{\lambda(M_{\text{дно}}^{iN} - M_{\text{ст}}^{iN}) - M_{\text{ст}}^{iN}} \quad /2/$$

где масштаб фотографирования

$$M_{\text{дно}}^{iN} = a_{N\text{дно}} + b_{N\text{дно}} \cdot \rho_{iN}^2;$$

$$M_{\text{ст}}^{iN} = a_{N\text{ст}} + b_{N\text{ст}} \cdot \rho_{iN}^2;$$

$$\rho_{iN}^2 = x_{iN}^2 + y_{iN}^2;$$

величины  $a$  и  $b$  - константы,  $B$  - база фотографирования.

Так как  $a_N \gg |b_N| \cdot \rho_{iN}^2 / 2$ , координаты  $x_{iN}, y_{iN}$  точки  $p_i$  можно определить из уравнений /2/ итерационным методом, причем в качестве первого приближения удобно взять  $M_{\text{дно}}^{iN} = a_{N\text{дно}}$  и  $M_{\text{ст}}^{iN} = a_{N\text{ст}}$ .

В действительности пространственные координаты точки  $i$  неизвестны. Располагаем только набором координат  $(x_k, y_k)$  и  $(x_{jN}, y_{jN})$ . Согласно работе /1/:

$$X_{\text{вход}}^i = M_{\text{ст}}^i \cdot x_i; \quad Y_{\text{вход}}^i = M_{\text{ст}}^i \cdot y_i; \quad /3/$$

$$X_{\text{выход}}^i = M_{\text{дно}}^i \cdot x_i; \quad Y_{\text{выход}}^i = M_{\text{дно}}^i \cdot y_i; \quad /4/$$

Подставив значения координат, полученные из /3/ и /4/ в /2/, итерационным методом находим координаты концов дуги:  $x'_i, y'_i$  и  $x''_i, y''_i$  /см. рисунок/. Наша цель сводится к нахождению координат  $x_{iN}, y_{iN}$  точки  $p_i^l$ . Для этого найдем сначала координаты  $x_{iN}^{(1)}, y_{iN}^{(1)}$  точки  $p_i^{(1)}$  пересечения отрезка  $l'_i l''_i$  с прямой  $p_{j-1} p_j$ .

В дальнейшем удобно будет пользоваться следующей записью параметрических уравнений отрезка, проходящего через точки  $(x'_i, y'_i)$  и  $(x''_i, y''_i)$ :

$$x = \frac{\lambda_1 - \lambda'}{\lambda_1 - \lambda_0} x' + \frac{\lambda' - \lambda_0}{\lambda_1 - \lambda_0} x'';$$

/5/

$$y = \frac{\lambda_1 - \lambda'}{\lambda_1 - \lambda_0} \cdot y'_i + \frac{\lambda' - \lambda_0}{\lambda_1 - \lambda_0} \cdot y''_i,$$

где  $\lambda' \in [\lambda_0, \lambda_1]$ .

Для отрезка  $l'_i l''_i$ ,  $\lambda_0 = 0$  и  $\lambda_1 = 1$ . Определение координат  $x_{iN}^{(1)}$  и  $y_{iN}^{(1)}$  эквивалентно определению параметра  $\lambda'$ . Записав прямую  $p_{j-1} p_j$  аналогично /5/ и решив полученную систему уравнений, находим  $\lambda'$ . Подставив затем значение  $\lambda'$  вместо  $\lambda$ , в /1/, получаем пространственные координаты  $X^{(1)}$ ,  $Y^{(1)}$ ,  $Z^{(1)}$  точки, соответствующей точке  $p_i^{(1)}$ . Далее, с помощью уравнений /2/ находим значения координат  $x_{iN}^{(2)}$ ,  $y_{iN}^{(2)}$  точки  $p_i^{(2)}$  на дуге  $l'_i l''_i$ . В общем случае эта точка не лежит на отрезке  $p_{j-1} p_j$ . Затем определяем новую дугу, одним концом которой является найденная точка  $p_i^{(2)}$ , вторым — одна из точек  $l'_i$  или  $l''_i$ , лежащая по другую относительно  $p_i^{(2)}$  сторону прямой  $p_{j-1} p_j$ . К новой дуге применяем только что описанную процедуру. Получаем, таким образом, итерационный процесс, который целесообразно прекратить тогда, когда расстояние между точкой, найденной в  $k$ -ом итерационном шаге, от прямой  $p_{j-1} p_j$ , не превышает длины радиуса  $r$  пузырька, т.е. примерно  $r \approx 0,03$  мм для ксеноновой пузырьковой камеры.

Результатом итерационного процесса являются значения координат  $x_{iN}$ ,  $y_{iN}$  точки  $p_i^l$ , которую можно считать соответственной по отношению к точке  $l_i(x_i, y_i)$ . Значения пространственных координат точки  $i$ , проекциями которой являются точки  $l_i$  и  $p_i^l$ , находим из уравнений /1/, причем за  $\lambda$  надо подставить значение параметра  $\lambda'$ , полученное в последнем итерационном шаге.

Описанный алгоритм применяется ко всем точкам, измеренным на рассматриваемом следе частицы, на обеих стереофотографиях. По полученным таким образом значениям пространственных координат  $n+m$  точек легко найти длину изучаемого следа частицы и угол ее эмиссии.

На основании изложенного алгоритма создана программа на ЭВМ, на языке АЛГОЛ. Выполненные расчеты показали, что все измеренные точки на треках и гамма-квантах, зарегистрированных на снимках ксеноновой пузырьковой камеры, целесообразно рассматривать как несоответственные. При этом устраняются грубые ошибки, которые нередко возникают в процессе измерения, что существенно его ускоряет.

Алгоритм работает тем лучше, чем больше проекция  $\psi$  на пленку угла между направлением эмиссии частицы и базой фотографирования. Зависимость ошибки  $\delta$  определения положения соответственной точки на снимке от угла  $\psi$  имеет следующий вид:

$$\delta = \frac{2r}{\sin \psi} \quad /6/$$

В том случае, когда измерены соответственные точки, расчет их координат по описанному алгоритму эквивалентен известному способу определения координат /1/.

Авторы выражают благодарность профессорам С. Турскому и З. Стругальскому за интерес к работе, а также Л. С. Охрименко, прочитавшей текст в рукописи и сделавшей ряд полезных замечаний.

#### Литература

1. Т. Канарек, Л. Охрименко. Препринт ОИЯИ, Р-2179, Дубна, 1965.
2. Б. Словинский. Диссертация, Варшава, 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 июля 1973 года.