

УДК 539.1.074

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР ЧАСТИЦ ДЛЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ТРЕКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВД.К. Чумаков

Научный руководитель: ассистент Р.Р. Дусаев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

e-mail: dkc1@tpu.ru**A GEOMETRIC PARTICLE FILTER FOR MULTI-LAYER TRACKING DETECTORS**D.K. Chumakov

Scientific Supervisor: Assistant R.R. Dusaev

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Str., 30, 634050

E-mail: dkc1@tpu.ru

Abstract. *In this study we have created the mathematical implementation of the constraints that reduce the number of possible particle trajectories passing through the multi-layer tracking detectors. The geometric equations of the planes tangent to the isochrone cylinders were used to find the possible trajectories of the charged particles. As a result, several typical situations were found out, each with the set of points coordinates and their uncertainties. This geometric filter is developed as the instrument that should be used on the data preparation stage before the use of track fitting and reconstruction algorithms in order to reduce the computational load and to decrease the uncertainty in obtained results.*

Введение. Трековые детекторы широко используются в физических экспериментах, причем особо стоит выделить установки класса «мегасайенс». Так, в детекторах коллайдеров при изучении столкновений ядер друг с другом или с неподвижными мишенями трековые детекторы используются для нахождения треков заряженных частиц. Из зарегистрированных треков возможно извлечь полезную для эксперимента информацию – массу, род частиц, их заряд. Одна из существенных проблем в реконструкции треков частиц – точное определение координат точек регистрации [1]. К сожалению, частым решением при реконструкции треков является быстрое оценочное определение координат точек с расчетом на то, что алгоритм реконструкции треков и вершин взаимодействия восстановит трек достаточно точно при большей вычислительной нагрузке [2]. Такой подход приводит либо к снижению точности реконструкции, что оказывает прямое влияние на интерпретацию получаемых результатов, либо к увеличению времени расчета. Тем не менее, возможно уменьшить вычислительную нагрузку и увеличить точность работы алгоритмов реконструкции с помощью предварительного применения геометрического фильтра к данным с детекторов. Благодаря этому можно ограничить области в пространстве, через которые могла бы проходить частица, исходя из геометрических соображений.

Экспериментальная часть. Математическая модель регистрации частиц основана на следующих предположениях и упрощениях. Во-первых, вероятность регистрации частицы одной трубкой принимается равной единице при прохождении частицы через объем детектора. Во-вторых, частица не должна существенно отклоняться от прямолинейного распространения. В-третьих, если в одном слое

произошло срабатывание нескольких детекторов, принимается, что события регистрации в разных трубках не могут относиться к одной частице. В такой ситуации случайно выбирается одна из сработавших трубок слоя детекторов для моделирования регистрации [2]. Далее производится моделирование координатно-пространственной сетки детекторов заданного радиуса, расположенных послойно в шахматном порядке [3]. За двумя слоями, относящимися к регистрации координаты X , располагаются следующие два слоя трубок детекторов, отвечающих за регистрацию координаты Y , также размещенных послойно в шахматном порядке. Итого имеется четыре слоя вида $XXYY$ (X, Y – определяемая в слое координата, расположение см. на рис. 1), причем можно зашифровать отсутствие регистрации как 0. Выделяется несколько случаев, для которых зафиксировано срабатывание детекторов во всех слоях, в некоторых или ни в одном. В любом случае, для двух окружностей, определяющих изохроны в двух слоях, относящихся к одной координате, определяются четыре уравнения касательных прямых (внешних и внутренних). Затем определяются точки касания к цилиндрам изохрон, и на основе этих прямых строятся касательные к цилиндрам изохрон плоскости. Аналогично определяются касательные плоскости для слоев детекторов другой координаты, после чего находятся уравнения прямых, по которым пересекаются эти плоскости. Эти прямые определяют возможные траектории частиц в пространстве при прохождении через детектирующие слои. Если же в двух слоях, определяющих одну координату, сработал детектор лишь из одного слоя, то вместо отдельных касательных точек определяются касательные дуги, ограничивающие траектории частиц таким образом, что они не попадают в детекторы второго слоя и в другие детекторы первого слоя. Наконец, по оси Z между слоями XX и YY располагается плоскость, и координаты точек пересечения траекторий с ней фиксируются. Они представляют собой финальный результат применения геометрического фильтра. Первичное моделирование, а также верификация отдельных математических уравнений проводились в математической среде Wolfram Mathematica.

Результаты. Характерные области регистрации частиц в разных случаях срабатывания детекторов в слоях могут быть представлены в описанном далее виде. Массив из 16 точек с неопределенностью координат, задаваемой погрешностями определения радиус изохрон справедлив для случая $XXYY$ (есть срабатывания детекторов в 4 слоях, см. рис. 1). Массив из 4 точек с неопределенностью координаты X ($X0YY$) или Y ($XX0Y$), дополнительно задаваемой крайними точками дуг, определяющих точки касания к изохронам, справедлив для случая срабатывания трех слоев. Для случая срабатывания лишь двух слоев ($X0Y0$ и подобные), относящихся к разным координатам, на выходе фильтра указывается одна точка с неопределенностями координат X и Y , задаваемыми крайними точками дуг, включающих точки касания траекторий частиц к изохронам. В случае типа $XX00$ или $00YY$ одна из координат не может быть установлена. Итоговый результат – массив точек и соответствующие им неопределенности нахождения координат точки регистрации частиц.

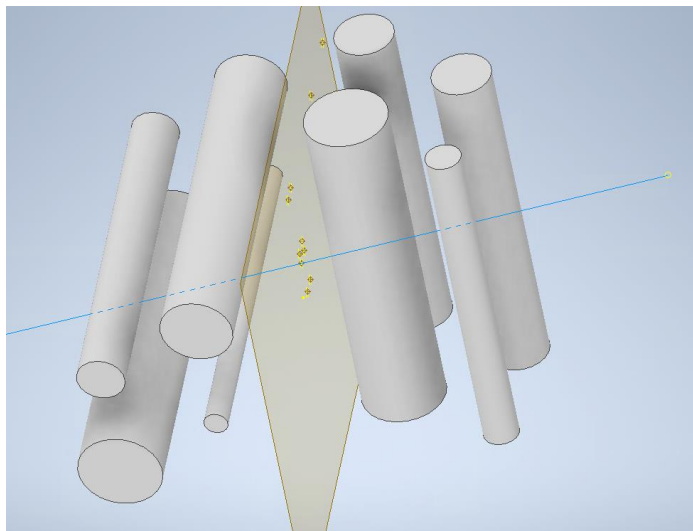


Рис. 1. Трехмерное представление ситуации с 4 сработавшими слоями (XXYY). Здесь вертикальные детекторы определяют координату X, горизонтальные – Y, радиус цилиндров соответствует радиусу изохроны. Голубая линия – одна из предполагаемых траекторий частицы, желтые точки – вероятные итоговые координаты для различных траекторий

Закключение. В результате проведенных работ разработан программный комплекс, позволяющий определить из геометрических соображений возможные траектории частицы в многослойном детекторе. На основе найденных вариантов выбираются координаты точки регистрации с соответствующей им пространственной неопределенностью. Возможные варианты определяются из информации о наличии сработавших детекторов в слоях и о соответствующем изохронам регистрации радиусе окружности, на которой располагается точка регистрации. Кроме того, созданный геометрический фильтр отсекает неправдоподобные направления пролета частиц среди возможных путем введения ограничений на угол отклонения частиц в слоях детектора, регистрацию в детекторах одного слоя, а также на конечную длину детекторов. Полученные координаты в дальнейшем будут использованы для реконструкции треков частиц с большей точностью по сравнению с имеющимися в настоящее время методами нахождения точек регистрации частиц в сборках многослойных детекторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grupen C., Shwartz B. Particle Detectors. – New York : Cambridge University Press, 2008. – 676 p.
2. Frühwirth R., Strandlie A. Pattern Recognition, Tracking and Vertex Reconstruction in Particle Detectors // Monograph: Springer, 2021. – 208 p.
3. Bychkov V.N. [et al]. Construction and manufacture of large size straw-chambers of the compass spectrometer tracking system // Particles and Nuclei, Letters. – 2002. – V. 111, №2. – P.64-73.