

УДК 621.039.51.17

АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ
РАСЧЕТА РЕАКТОРНОЙ РЕШЕТКИ В ТРЕХМЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ

С.Г. Розин, Ш. Фигеди

Описан алгоритм и возможности геометрического модуля GBRCD, позволяющего проводить моделирование истории частицы при расчете методом Монте-Карло систем сложной геометрии.

GEOMETRY MODULE FOR 3D-REACTOR LATTICE CALCULATION. S.G. ROZIN, Š. FIGEDY. The algorithm and characteristics of GBRCD geometry module are described. This module is intend for particle history modelling in Monte Carlo calculation of complex systems.

При проектировании реакторов возникает необходимость расчета функционалов от спектра нейтронов в различных пространственных областях, имеющих сложную геометрию.

В последнее время для расчета переноса излучения в геометрически сложных системах применяется метод Монте-Карло. Для этих целей созданы специальные пакеты программ [1, 2]. Однако работа по усовершенствованию геометрических модулей продолжается.

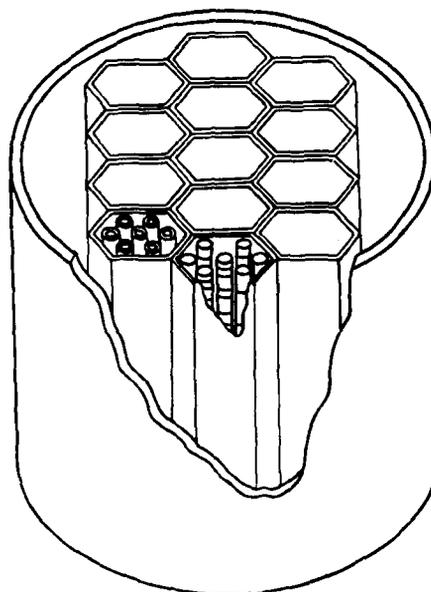
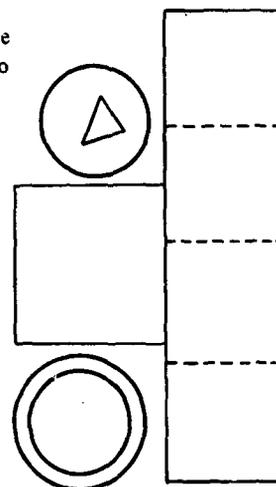
В предлагаемой статье описываются алгоритм и возможности разработанного авторами геометрического модуля GBRCD, позволяющего производить моделирование истории частицы при расчете методом Монте-Карло сложной геометрической системы. Модуль позволяет произвести расчет сложной геометрической среды, состоящей из отдельных геометрических областей в виде цилиндров или правильных многогранников с числом граней $n \leq 10$, оси которых параллельны оси z , и произвольно расположенных в плоскости (x, y) . Поверхности областей не должны соприкасаться или пересекать друг друга. Некоторые типичные примеры геометрий приведены на рисунке.

Вся система должна быть окружена внешней поверхностью в виде цилиндра или правильного многогранника. Если такой поверхности нет (рис. а), окружаем всю рассматриваемую геометрическую систему условной поверхностью. Частица, пересекающая эту поверхность, считается вылетевшей из системы.

Информация о параметрах геометрических областей и поверхностей хранится в двух массивах (обозначим их REGION и SURF соответственно, как это сделано в программе). Для каждой области задаются количество поверхностей, ограничивающих эту область, и порядковые номера этих поверхностей. Информация о поверхности содержит порядковые числа областей, отделенных данной поверхностью, геометрические параметры поверхности (координаты центра, радиус, тип поверхности). Для многогранника параметром является радиус описанной

окружности. Для каждой геометрической зоны задается физический номер, характеризующий тип материала. Определение функционалов происходит во всех геомет-

Примеры систем, которые можно рассчитывать по геометрическому модулю



рических зонах. При использовании описываемого алгоритма для расчета реакторной решетки нужно задать дополнительную информацию, а именно порядковые номера ближайших для каждой кассеты соседних кассет.

Прслеживание траектории частицы начинается из последней точки взаимодействия P_0 , находящейся в области с порядковым номером I и координатами x_0, y_0, z_0 . Результатом обращения к модулю является точка нового столкновения P_1 и номер области, в которой столкновение произошло.

Сам алгоритм определения длины свободного пробега и точки следующего взаимодействия можно схематически изложить в нескольких пунктах:

1. Найдем в соответствующих ячейках массива REGION порядковые номера поверхностей, ограничивающих эту область, и проверим, какие из этих поверхностей пересекает частица при своем движении в направлении, определенном направляющими косинусами α, β, γ . Порядковые номера поверхностей, с которыми происходит пересечение, запишем в отдельном массиве S. По информации, сохраненной в массиве SURF, определим порядковые номера областей, которые проходит частица при пересечении поверхностей, занесенных в массив, и запишем порядковые номера этих областей в массив R в направлении полета частицы. Расположим порядковые номера поверхностей и областей, хранящихся в массивах S и R соответственно, в порядке возрастания расстояний $l(k)$ от точки (x_0, y_0, z_0) до точек пересечений с поверхностями массива S.

2. Начиная от точки P_0 , рассматриваем пересечения с последовательностью поверхностей массива S следующим образом. Вычисляем длину отрезков луча $d(k) = l(k) - l(k-1)$ между $(k-1)$ -й и k -й поверхностью массива S. Каждый отрезок принадлежит одной области. Найдем соответствующие этим областям полные макроскопические сечения $\Sigma_t(k)$. Оптический путь, пройденный частицей, находится по формуле

$$I_k = \sum_{i=1}^k d(i) \Sigma_t(i).$$

Если же $-\ln \alpha \leq I_k$, где α — равномерно распределенное на $(0,1)$ случайное число, переходим к пункту 3. В противном случае длина свободного пробега $\xi > I_k$ и частица попадает в следующую область. Возвращаемся к пункту 1, т.е. из массива REGION определяем поверхности, ограничивающие эту область, и находим пересечение с еще не рассмотренными поверхностями. Вышеизложенным способом, т.е. соответственно порядку возрастания расстояний $l(k)$, заполняем массивы S и R. Переходим к пункту 2 и продолжаем процесс до тех пор, пока

$$-\ln \alpha \leq I_{n+1},$$

затем переходим к пункту 3.

3. Если $I_n \leq -\ln \alpha \leq I_{n+1}$, то длина свободного пробега частицы находится по формуле

$$\xi = l(n) + \frac{1}{\Sigma_n(n+1)} (-\ln \alpha - I_n).$$

Координаты точки P_1 следующего столкновения определяем по формулам

$$x_1 = x_0 + \alpha \cdot \xi,$$

$$y_1 = y_0 + \beta \cdot \xi,$$

$$z_1 = z_0 + \gamma \cdot \xi.$$

Порядковый номер области, в которой расположена точка P_1 , находим в соответствующей $(n+1)$ -й ячейке массива R.

В случае реакторной решетки при вылете частицы из кассеты по массиву SURF находим порядковые номера ближайших соседних кассет и продолжаем рассмотрение по вышеизложенному алгоритму в той кассете, с которой произошло пересечение.

Модуль был отлажен автономно на односкоростной задаче.

Описанный геометрический модуль позволяет также проводить расчет реакторной ячейки и сложных геометрических систем для задач дозиметрии.

В заключение авторы выражают благодарность И. Фоминой за помощь в проведении отладочного расчета.

Список литературы

1. Лиман Г.Ф., Майоров А.В., Юдкевич М.С. Пакет прикладных программ MCU. — ВАНТ. Сер. Физика и техника ядерных реакторов, 1984, вып. 9(21), с. 6.
2. Франк-Каменецкий А.Д. Библиотека программ на ФОРТРАНе для расчета реакторов методом Монте-Карло. — В кн.: Программы и методы расчета быстрых реакторов. — Димитровград, 1975, с. 17.

Статья поступила в редакцию
26 февраля 1987 г.

Вопросы атомной науки и техники.
Сер. Физика и техника ядерных реакторов,
1987, вып. 8, с. 45 — 46.