**Лабораторная работа 4**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕПНОЙ ЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ**

Моделирование — это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему, с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе.

В связи с появлением высокопроизводительной вычислительной техники широкое распространение получило так называемое *имитационное моделирование* — метод, позволяющий строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности. Имитация — это экспериментирование с моделью, не прибегая к экспериментам на реальном объекте. Имитационное моделирование — это частный случай математического моделирования. Существует класс объектов, для которых по различным причинам не разработаны аналитические модели, либо не разработаны методы решения полученной модели. В этом случае аналитическая модель заменяется имитатором или имитационной моделью.

К имитационному моделированию прибегают, когда:

* дорого или невозможно экспериментировать на реальном объекте;
* невозможно построить аналитическую модель;
* необходимо сымитировать поведение системы во времени.

Одним из самых ранних примеров применения имитационного моделирования были расчёты в рамках «Манхэттенского проекта», когда в Америке разрабатывались самые первые атомные бомбы. В то время учёными физиками были достаточно хорошо изучены процессы, происходящие при расщеплении ядер атомов, открыта цепная реакция деления, но выяснить необходимые для разработки изделий параметры можно было только с помощью расчётов. И единственным подходящим методом расчётов было имитационное моделирование, а точнее, способ, называемый трассировкой лучей.

Цепная ядерная реакция — это последовательность единичных ядерных реакций, каждая из которых вызывается частицей, появившейся как продукт реакции на предыдущем шаге последовательности. Примером цепной ядерной реакции является реакция деления ядер тяжёлых элементов, при которой основное число актов деления инициируется нейтронами, полученными при делении ядер в предыдущем поколении.

Развитие цепной реакции в некотором объёме, заполненном расщепляющимся веществом можно описать следующим образом:

- частица характеризуется своим положением в пространстве r = (x,y,z) и скоростью V = (u, v, w);

- концентрация частиц в объёме мала, так что можно пренебречь их взаимодействием друг с другом;

- частицы взаимодействуют с веществом таким образом, что вероятности различных видов взаимодействия не зависит от предыстории частицы;

- вещество находится в стационарном состоянии, т.е. плотность вещества и его состав не меняется в зависимости от времени.

При сформулированных предположениях процесс слагается из независимых «историй» частиц. История частицы начинается с её рождения. Рождение происходит в определённый момент в определённой точке пространства и при этом частица приобретает случайную скорость в соответствии с заданной функцией распределения. Далее частица движется прямолинейно и равномерно до столкновения с атомом вещества или вылетает в окружающее пространство. Вероятность столкновения на малом пути dl равна λdl. Величина λ определяется экспериментально или с помощью теоретического расчёта для данного вещества и данного типа частиц. Таким образом, длина свободного пробега частицы l распределена по показательному закону с параметром λ.

.

Типы взаимодействия в простейших случаях разделяются на три группы – рассеяние, поглощение и деление. При рассеянии изменяется скорость частицы. При поглощении частица поглощается веществом и её история прекращается. При делении возникает несколько новых частиц, т.е. возникает новый (вторичный) источник. Какое взаимодействие произойдёт в каждом конкретном случае, определяется в соответствии с экспериментально найденным распределением вероятностей.

**Задание:**

1. Разработать имитационную модель прохождения частиц через вещество. Ограничиться одним типом частиц.
2. Сымитировать процессы прохождения частиц в объёмах простой формы – шар, куб.
3. Выбрать критерий остановки моделирования.
4. Найти значения параметров модели, при которых цепная реакция затухает, стабилизируется, лавинообразно возрастает.
5. Изучить зависимость поведения модели от геометрических размеров исследуемого объёма.

**Советы и подсказки.**

Случайную величину l, распределённую по показательному закону с параметром λ можно разыграть по формуле

l ,

где R – стандартная случайная величина, равномерно распределённая на отрезке [0,1], а поскольку (1 – R) и R распределены одинаково, можно немного упростить вычисление:

.

Математическое ожидание длины свободного пробега равно 1/λ.

Так как временная упорядоченность событий в модели игнорируется, можно учитывать только направление движения частицы, но не величину скорости.

Для простоты можно считать, что при делении всегда возникает одинаковое количество новых частиц.

Для простоты можно считать, что скорость новой частицы равномерно распределена на единичной сфере (поскольку величина скорости не учитывается).