

**М. В. Ритарева** (ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)  
Науч. рук. **В. В. Андреев**, д-р. физ.-мат. наук, доцент

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ЧАСТИЦ

### Введение

Одной из часто используемых моделей для моделирования процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом является программный пакет Geant4 (введение в Geant4).

В этой статье мы опишем, как проектировать материалы, определять геометрию структуры и получать энергетический спектр излучения с определенной инструментальной формой линии (AFL) в Geant4.

### Описание экспериментальной установки.

Порядок работы с Geant4 следующий: сначала разрабатывается экспериментальный план, а также изучаются основные свойства и характер взаимодействия экспериментальных частиц. Затем программа компилируется на объектно-ориентированном языке C++ с использованием библиотек, включенных в Geant4. После этого исходные коды программы компилируются, программа выполняется и проводится анализ результатов.

Упрощенная модель для любого физико-ядерного эксперимента состоит из трех компонентов:

1. Источник излучения
2. Объект исследования (образец)
3. Детектор излучения.

В этой работе моделируется такая упрощенная система, и описывается каждый этап создания программы моделирования.

Программа симуляции состоит из следующих классов

- Физический список: содержит список используемых частиц (гамма-квантов, электронов, позитронов) и процессов, в которых они могут принимать участие (фотоэлектрический эффект, комптоновское рассеяние, образование электрон-позитронных пар для гамма-излучения; рассеяние, ионизация, тормозящее излучение, Аннигиляция электронов / позитронов).

- DetectorConstruction: содержит описание используемых материалов, геометрию системы, детектор, настройки визуализации.

- PrimaryGenerationAction: этот класс описывает источник частиц, в нашем случае точечный источник для гамма-лучей.

- `RunAction`: методы этого класса вызываются в начале и в конце процесса моделирования. В нашей программе моделирования этот класс создает гистограммы для хранения энергетического спектра до начала моделирования, накапливает события в спектре во время моделирования и сохраняет гистограмму в файле в конце моделирования.

- `DetectorSD`: методы этого класса вызываются, когда частицы проходят через детектор, и в нашем случае этот класс используется для подсчета количества энергии, оставленной частицами в детекторе.

`Geant4` - это бесплатный программный пакет, состоящий из инструментов, используемых для точного моделирования прохождения частиц через вещество.

### Описание материалов и геометрии системы

`Geant4` уже содержит базу данных большого количества материалов. Вы можете скачать материал из этой базы данных следующим образом:

```
G4NistManager* nistMan = G4NistManager::Instance(); G4Material*  
Water = nistMan->FindOrBuildMaterial("G4_WATER");
```

Мы получаем указатель на базу данных (\* `nistMan`) и запрашиваем материал «`G4_WATER`» (в начале всех материалов из базы данных `Geant4` он содержит префикс `G4_`).

Геометрия системы описывается в `Geant4` как иерархия тел. Самое большое тело называется Мир (`World`) и содержит все остальные тела геометрии. Тело, содержащее другие тела, называется матерью. Описание тела состоит из задачи его типа (параллелепипед, цилиндр, сфера, ...) и размеров материала, из которого оно сделано, материнского тела и координат относительно материнского тела.

Пример описания параллелепипеда:

```
G4Box* world_box = new G4Box("world", 1*m, 1*m, 1*m);
```

```
G4LogicalVolume* world_log =  
new G4LogicalVolume(world_box, Air, "world");
```

```
G4VPhysicalVolume* world_phys  
= new G4PVPlacement(0, G4ThreeVector(), world_log, "world", 0, false,  
0);
```

### Источник частиц

Источник частиц создается в классе `PrimaryGeneratorAction`:

```
particleGun = new G4ParticleGun(1); particleGun-  
>SetParticleDefinition(G4Gamma::GammaDefinition()); particleGun-  
>SetParticleEnergy(100*keV); particleGun-  
>SetParticlePosition(G4ThreeVector(0, 0, 0)); particleGun-  
>SetParticleMomentumDirection(G4ThreeVector(0, 0, 1));
```

### Заключение

В процессе работы были написаны программы на языке C++, использующие функции Geant4. Проведено моделирование истинных спектров  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ . Проведенные эксперименты позволили сделать вывод, что пакет Geant4 обладает всеми необходимыми свойствами для моделирования электромагнитных взаимодействий и не только.

### Литература

1. Широков Ю. М., Ядерная физика/ Ю. М. Широков, Н.П. Юдин– М.: Наука,1980. – 727 с.
2. Перкинс Д. Введение в физику высоких энергий: Пер. с англ./ Д. Перкинс– М.: Энергоатомиздат, 1991. –429 с.
3. Окунь Л. Б. Физика элементарных частиц/ Л. Б. Окунь– М.: Наука, 1988. – 272 с.
4. Introduction to Geant4[Electronic resource] - Mode of access: <http://geant4userdoc.web.cern.ch/geant4userdoc/UsersGuides/IntroductionToGeant4/html/index.html>– Date of access: 04.04.2019
5. Корнеев А. Е. Практикум по компьютерному моделированию ядерных процессов с использованием библиотек Geant4/А.Е Корнеев, В.А. Мечинский; Минск-2017-URL: <https://studylib.ru/doc/4050808/modelirovanie-e-nergeticheskikh-spektrov-chastic>. –Дата доступа: 03.03.2020.

**С. В. Стельмашонок** (ГГТУ имени П.О. Сухого, Гомель)

Научный руководитель **Д. Г. Кроль**, канд. физ.-мат. наук, доцент

## НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЕ ТЕЧЕНИЕ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ МЕЖДУ КОАКСИАЛЬНЫМИ ЦИЛИНДРАМИ

Классический вариант стационарного течения вязкой жидкости между двумя коаксиальными вращающимися цилиндрами изучен достаточно подробно и не представляет большого научного интереса. В данной работе исследуется один из неклассических вариантов задачи: