

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
«Московский физико-технический институт (государственный университет)»
МФТИ

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по учебной и методической работе
_____ **Д.А. Зубцов**
« » _____ **20** г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине: Вычислительные средства: GEANT4

по направлению: 010900 «Прикладные математика и физика»

профиль подготовки

магистерская программа: 010915 «Физика высоких энергий»

факультет: ФОПФ

кафедра: Фундаментальных и прикладных проблем физики микромира

курс: 5

квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (Весенний) – Экзамен

Аудиторных часов: 68 всего, в том числе:

лекции: 34 час.

практические (семинарские) занятия: 34 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 51 час., в том числе:

задания, курсовые работы: 0 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 149, всего зач. ед.: 4

Программу составил: к.ф.-м.н. Жемчугов А.С.

Программа обсуждена на заседании кафедры

14 октября 2014 г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

Казаков Д.И.

Декан ФОПФ

Трунин М.Р.

Начальник учебного управления

Гарайшина И.Р.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Компьютерное моделирование физических процессов в детекторе является неотъемлемой частью экспериментальной физики высоких энергий как на этапе создания и оптимизации экспериментальной установки, так и при анализе полученных данных. Кроме того, в последнее время компьютерное моделирование ядерных процессов находит широкое применение в прикладных областях: радиационной медицине, космонавтике, микроэлектронике и т. д. Одной из наиболее распространенных программ, применяемых для моделирования, является разработанный в CERN пакет GEANT4, позволяющий работать с полным спектром известных физических процессов, протекающих при прохождении элементарных частиц через вещество. Основной целью дисциплины «Вычислительные средства: GEANT4» является ознакомление с методами моделирования физических установок с помощью пакета GEANT4.

Задачи дисциплины

- обучение студентов моделированию случайных процессов методом Монте-Карло
- ознакомление с принципами работы, способами использования и пределами применимости программного пакета GEANT4
- формирование у студентов практических навыков разработки компьютерных программ моделирования физических процессов в веществе с применением программного пакета GEANT4

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы магистратуры

Дисциплина «Вычислительные средства: GEANT4» включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативной части профессионального цикла ООП М.2.

Дисциплина «Вычислительные средства: GEANT4» базируется на материалах курсов, читаемых в рамках базовой и вариативной частей УЦ ООП Б.2 и Б.3 (Объектно-ориентированное программирование, Вычислительные средства: C++), и относится к профессиональному циклу.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины «Вычислительные средства: GEANT4» направлено на формирование следующих общекультурных и профессиональных компетенций магистра:

а) общекультурные (ОК):

- компетенция самообразования и самоорганизации (ОК-1);
- компетенция получения знаний и использования новой информации (ОК-3);
- компетенция креативности (ОК-5);

б) профессиональные (ПК):

- компетенция профессионального пользования информацией (ПК-1);
- компетенция профессионального владения информационно-коммуникационными технологиями (ПК-4);
- компетенция количественного описания явлений и процессов (ПК-11);
- компетенция математического и физического моделирования явлений и процессов (ПК-12);
- способность к участию в оптимизации производственно-технологических и бизнес-процессов (в сфере высоких и наукоемких технологий), в качестве

участника команды или руководителя малого коллектива (ПК-19);

В результате освоения дисциплины «Вычислительные средства: GEANT4» обучающийся должен:

знать:

- общую схему метода Монте-Карло
- способы моделирования основных случайных распределений
- способы построения геометрической модели детектора в пакете Geant4
- принципы составления наборов моделей физических процессов в пакете Geant4
- пределы применимости основных моделей физических процессов в пакете Geant4
- способы развития функциональности пакета Geant4.

уметь:

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для создания программ моделирования и решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной экспериментальной физики элементарных частиц

владеть:

- техникой моделирования физических процессов в веществе с применением программного пакета GEANT4;

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практич. (семинар.) задания.	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа.
1.	Цели и способы моделирования физических процессов в детекторах.	2	2	0	0	3
2.	Метод Монте-Карло	4	4	0	0	4
3.	Структура программ в пакете Geant4. Иерархия классов.	2	2	0	0	3
4.	Цикл моделирования события. Создание простой программы моделирования.	2	2	0	0	3
5.	Интерфейс пользователя	2	2	0	0	3
6.	Построение модели детектора.	2	2	0	0	3
7.	Моделирование отклика детектора.	2	2	0	0	3

8.	Описание электрического и магнитного полей.	2	2	0	0	3
9.	Визуализация детектора и событий.	2	2	0	0	3
10.	Описание элементарных частиц.	2	2	0	0	3
11.	Генераторы первичной вершины.	2	2	0	0	3
12.	Моделирование физических процессов. Трекинг.	2	2	0	0	4
13.	Модели электромагнитных взаимодействий	2	2	0	0	3
14.	Модели взаимодействий адронов	2	2	0	0	4
15.	Сохранение результатов моделирования.	2	2	0	0	3
16.	Применение пакета Geant4 в современных экспериментах.	2	2	0	0	3
Итого часов		34	34	0	0	51
Общая трудоемкость		119 час., 4 зач.ед.				

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

1 Цели и способы моделирования физических процессов в детекторах.

Цели и задачи моделирования. История развития специализированных программ.

Сравнение существующих программ (FLUKA, GEANT3, GEANT4, MCNP).

2 Метод Монте-Карло

Общая схема метода Монте-Карло. Моделирование распределений. Имитация случайных процессов.

3 Структура программ в пакете Geant4.

Ядро Geant4. Иерархия классов. Понятия сеанс, событие, трек

4 Цикл моделирования события. Создание простой программы моделирования.

Цикл моделирования события. Обязательные блоки: модель детектора, генератор первичной вершины, набор моделей физических процессов. Создание простой программы моделирования.

5 Интерфейс пользователя

Работа в интерактивном режиме. Пакетный режим. Создание новых команд. Действия, определяемые пользователем.

6 Построение модели детектора.

Способы описания материалов. Описание объема: форма, логический объем, физический объем. Параметризация физического объема. Системы координат. Вложенность объемов.

7 Моделирование отклика детектора.

Понятие чувствительного объема. Срабатывание. Оцифровка сигналов.

8 Описание электрического и магнитного полей.

Принцип моделирования полей в Geant4. Задание однородного магнитного поля. Сложные поля. Поля, меняющиеся во времени.

9 Визуализация детектора и событий.

Какие элементы детектора можно визуализировать. Графические драйверы. Управление визуализацией.

10 Описание элементарных частиц.

Частицы, моделируемые в Geant4. Конструкторы частиц. Особенности моделирования тяжелых ионов. Как создать новую частицу.

11 Генераторы первичной вершины.

Генераторы первичной вершины. Использование внешних программ-генераторов событий. Интерфейсы к форматам HEPEVT и HepMC.

12 Моделирование физических процессов. Трекинг.

Задание набора физических процессов, учитываемых в моделировании. Стандартные наборы. Описание новой частицы. Описание нового процесса. Пороги рождения частиц. Ограничения, определяемые пользователем. Как происходит один шаг в моделировании.

13 Модели электромагнитных взаимодействий

Стандартный набор электромагнитных процессов. Набор процессов для частиц низких энергий. Моделирование многократного рассеяния. Моделирование ионизации. Моделирование оптических явлений.

14 Модели взаимодействий адронов

Таблицы сечений. Схема моделирования адрон-ядерных взаимодействий. Использование параметризации экспериментальных данных (GHEISHA). Струнные модели. Каскадные модели. Модели возбуждения ядер. Взаимодействие нейтронов. Распады.

15 Сохранение результатов моделирования.

Способы использования возможностей пакета ROOT для сохранения данных. Как управлять сохранением в «дерево» ROOT.

16 Применение пакета Geant4 в современных экспериментах.

Особенности моделирования сложных установок. Перспективы развития Geant4.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор)), практические занятия проводятся в компьютерном классе

Необходимое программное обеспечение: Geant4, ROOT

Обеспечение самостоятельной работы: доступ к программному обеспечению Geant4 и ROOT и базе данных Particle Data Group (<http://pdg.lbl.gov>)

6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. И.М. Соболев, Численные методы Монте-Карло, М., Наука, 1973
2. С.М. Ермаков, Метод Монте-Карло и смежные вопросы, М., Наука, 1975
3. Е. Бюклинг, К. Каянти, Кинематика элементарных частиц, М., Мир, 1975
4. Г.И.Копылов, Основы кинематики резонансов, М., Наука, 1970
5. Руководство пользователя Geant4
(<http://geant4.web.cern.ch/geant4/UserDocumentation/UsersGuides/ForApplicationDeveloper/fo/BookForAppliDev.pdf>)..

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

-

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Информационные ресурсы: Доступные через интернет страницы разработчиков пакета Geant4 (<http://cern.ch/geant4>) и ROOT (<http://root.cern.ch>) и база данных Particle Data Group (<http://pdg.lbl.gov>).

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

-

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

-

11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения

Перечень контрольных вопросов к экзамену:

- 1) Зачем нужно моделировать физические процессы в детекторе?
- 2) Можно ли заменить реальный эксперимент моделированием?
- 3) Основная схема метода Монте-Карло
- 4) Как смоделировать случайные точки, равномерно распределенные по поверхности шара?
- 5) В чем различие объекта-элемента (G4Element) и объекта-материала (G4Material)?
- 6) К чему приводит пересечение объемов при построении модели детектора?
- 7) Для чего применяется параметризация физических объемов?
- 8) Для чего применяются внешние программы-генераторы событий?
- 9) Какова последовательность действий GEANT4 при расчете одного шага при трекинге?
- 10) Как работают и когда применяются пороги образования частиц?
- 11) При каких условиях трекинг частицы прекращается?
- 12) Что такое джеантино?
- 13) Особенности моделирования многократного рассеяния и ионизации
- 14) Схема моделирования адрон-ядерных взаимодействий
- 15) Какие модели внутриядерного каскада реализованы в GEANT4?