

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЛИАЛ МГУ В Г. ДУБНЕ



УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора
филиала МГУ в г.Дубне
/ Э.Э. Боос /
« 14 » 09 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Моделирование GEANT

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) ОПОП:

Физика элементарных частиц

Форма обучения: Очная форма обучения

Дубна 2022 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки программы магистратуры 03.04.02 «Физика».

Год (годы) приема на обучение _____

Авторы–составители:

1. Кандидат физ.-мат. наук Леонтьев Владимир Викторович, доцент кафедры физического факультета МГУ

Руководитель магистерской программы:

Доктор физ.-мат. наук, профессор академик РАН В.А. Матвеев, заведующий кафедрой физического факультета МГУ

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Моделирование GEANT»

В курсе содержатся базовые знания о принципах работы программы моделирования GEANT4, а также о необходимом аппаратно-программном инструментарии для ее работы.

Разделы рабочей программы

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Формат обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование GEANT» реализуется на 1-ом курсе во 2-ом семестре магистратуры и входит в состав вариативной части.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Базовые знания в области общей и теоретической физики в объеме классических университетских курсов

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
МПК-3 Способен самостоятельно (или) в составе научного коллектива применять математические методы для исследования физических явлений и процессов в области физики элементарных частиц при решении задач профессиональной деятельности	ИМПК-3.2 Способен использовать численные методы при анализе экспериментальных данных, при моделировании работы экспериментальных установок физики элементарных частиц	З-1 Знать: основные методы и инструменты, используемые для моделирования процессов физики элементарных частиц. У-1 Уметь: использовать некоторые программные инструменты для моделирования процессов физики элементарных частиц. В-1 Владеть: навыками программирования на С, С++, Python, достаточными для создания программ по заданным инструкциям и работы с уже готовыми программными проектами, связанными с моделированием процессов физики элементарных частиц.

2. **Форма обучения:** очная.

3. **Язык обучения:** русский.

4. **Содержание дисциплины**

Тема 1. Цели и способы моделирования.

Цели и способы моделирования физических процессов в детекторах. Цели и задачи моделирования. История развития специализированных программ. Сравнение существующих программ (FLUKA, GEANT3, GEANT4, MCNP).

Тема 2. Метод Монте-Карло.

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

Тема 3. Структура программ в пакете Geant4.

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

Тема 4. Цикл моделирования события.

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.

Тема 5. Интерфейс пользователя.

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

Тема 6. Построение модели детектора.

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

Тема 7. Моделирование отклика детектора.

Понятие чувствительного объема. Срабатывание. Оцифровка сигналов.

Тема 8. Описание электрического и магнитного полей.

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

Тема 9. Визуализация детектора и событий.

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

Тема 10. Описание элементарных частиц.

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

Тема 11. Генераторы первичной вершины.

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

Тема 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.

Тема 13. Модели электромагнитных взаимодействий.

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

Тема 14. Модели взаимодействия адронов.

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

Тема 15. Сохранение результатов моделирования.

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

Тема 16. Применение пакета Geant4 в современных экспериментах.

Особенности моделирования сложных установок. Перспективы развития Geant4.

7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах					Самостоятельная работа студентов
		Общая трудоемкость	в том числе ауд. занятий			Учебно-практические занятия	
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров		
Моделирование GEANT	2	72	34	17		17	38

8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Изучение курса «Моделирование GEANT» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; семинарские занятия, предусматривающие углубленное изучение и обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и семинарским занятиям. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на семинарских занятиях, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ темы	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

		Вс его ча со в	Л е к ц и и	С е м и н а р ы	Учебно- практичес кие занятия (лаборато рные или практичес кие занятия)	Са мо сто ят ель на я ра бо та	
1	Цели и способы моделирования	4	1	1		2	
2	Метод Монте-Карло	4	1	1		2	
3	Структура программ в пакете Geant4	4	1	1		2	
4	Цикл моделирования события	4	1	1		2	
5	Интерфейс пользователя	4	1	1		2	
6	Построение модели детектора	4	1	1		2	
7	Моделирование отклика детектора	4	1	1		2	
8	Описание электрического и магнитного полей	4	1	1		2	
9	Визуализация детектора и событий	4	1	1		2	
10	Описание элементарных частиц	4	1	1		2	
11	Генераторы первичной вершины	4	1	1		2	
12	Моделирование физических процессов. Трекинг	4	1	1		2	
13	Модели электромагнитных взаимодействий	4	1	1		2	
14	Модели взаимодействий адронов	4	1	1		2	
15	Сохранение результатов моделирования	4	1	1		2	
16	Применение пакета Geant4 в современных экспериментах	8	2	2		4	
	Промежуточная аттестация	4				4	зачет
ИТОГО:		72	17	17		38	

ДЗ- домашнее задание, Оп- опрос, КР- контрольная работа, Т- тестирование, Реф - реферат

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Моделирование GEANT» осуществляется на лекциях и семинарских занятиях и заключается в оценке активности и качества участия в опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Моделирование GEANT» проводится во втором семестре в форме зачета в виде письменной работы.

10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Оценочные средства текущего контроля		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Тестирование	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний аспиранта по изученной теме.	Образцы тестов
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к зачету
Собеседование	Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков по для оценивания и анализа различных фактов и явлений в своей профессиональной области.	Требования к порядку проведения собеседования

11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
ЗНАТЬ:	Отсутствие знаний	В целом	В	Успешные и

основные методы и инструменты, используемые для моделирования процессов физики элементарных частиц ИМПК-3.2	основных методов и инструментов, используемых для моделирования процессов физики элементарных частиц	успешные, но не систематические знания основных методов и инструментов, используемых для моделирования процессов физики элементарных частиц	целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания основных методов и инструментов, используемых для моделирования процессов физики элементарных частиц	систематические знания основных методов и инструментов, используемых для моделирования процессов физики элементарных частиц
УМЕТЬ: использовать некоторые программные инструменты для моделирования процессов физики элементарных частиц ИМПК-3.2	Отсутствие умения использовать некоторые программные инструменты для моделирования процессов физики элементарных частиц	В целом успешное, но не систематическое умение использовать некоторые программные инструменты для моделирования процессов физики элементарных частиц	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать некоторые программные инструменты для моделирования процессов физики элементарных частиц	Успешное и систематическое умение использовать некоторые программные инструменты для моделирования процессов физики элементарных частиц
ВЛАДЕТЬ: навыками программирования на C, C++, Python, достаточными для создания программ по заданным инструкциям и работы с уже готовыми программными проектами, связанными с моделированием процессов физики элементарных частиц ИМПК-3.2	Отсутствие/фрагментарное владение навыками программирования на C, C++, Python, достаточными для создания программ по заданным инструкциям и работы с уже готовыми программными проектами, связанными с моделированием процессов физики элементарных частиц	В целом успешное, но не систематическое владение навыками программирования на C, C++, Python, достаточными для создания программ по заданным инструкциям и работы с уже готовыми программными проектами, связанными с моделированием процессов физики элементарных частиц	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками программирования на C, C++, Python, достаточными для создания программ по заданным инструкциям и работы с уже готовыми программными проектами, связанными с моделированием процессов физики элементарных частиц	Успешное и систематическое владение навыками программирования на C, C++, Python, достаточными для создания программ по заданным инструкциям и работы с уже готовыми программными проектами, связанными с моделированием процессов физики элементарных частиц

12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Пример:

Вопросы по теории:

1. Концепция метода Монте-Карло
2. Промежуточные бозоны электрослабых взаимодействий

13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Зачет проводится в форме письменной работы.

Материалы промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к зачету:

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?

14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

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>).

Дополнительная литература

1. I. Antcheva «ROOT — A C++ framework for petabyte data storage, statistical analysis and visualization» Computer Physics Communications Volume 180, Issue 12, December 2009, Pages 2499-2512
2. J. Allison et al., «Geant4 Developments and Applications», IEEE Transactions on Nuclear Science 53 No. 1 (2006) 270-278.
3. ROOT, <http://cern.ch/geant4> и ROOT (<http://root.cern.ch>)

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Операционная система Astra Linux (<https://astralinux.ru/>) или аналог, с офисным пакетом, с пакетами разработчика.

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. База данных РИНЦ (российский индекс научного цитирования) <http://www.elibrary.ru>
2. Открытая база данных Particle Data Group

Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика», курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.