



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра общей и экспериментальной физики**

**ТВЕРЖДАЮ**  
Декан физического факультета  
Н.М. Буднев  
02 апреля 2025 г.



**Рабочая программа дисциплины**

**Наименование дисциплины (модуля)**

Б1.В.ДВ.02.02 Современные методы обработки экспериментальных данных

**Направления подготовки**

03.04.02. Физика

**Направленности (профили) подготовки**

Медицинская физика

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК: фи-  
зического факультета  
Протокол № 49 от «26» марта 2025 г.

**Председатель:** д.ф.-м.н., профессор  
Н.М. Буднев

**Рекомендовано кафедрой:**  
общей и экспериментальной физики  
**Протокол №** 5  
от «21» февраля 2025 г.

**Зав. кафедрой:** д.ф.-м.н., профессор  
А.А. Гаврилюк

**Иркутск 2025 г.**

## Содержание

- I. Цели и задачи дисциплины (модуля)
- II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.
- III. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)
- IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)
  - 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведённого на них количества академических часов
  - 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
  - 4.3 Содержание учебного материала
    - 4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ
    - 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов
  - 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов
  - 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)
- V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
  - а) перечень литературы
  - б) периодические издания
  - в) список авторских методических разработок г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы
- VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
  - 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:
  - 6.2. Программное обеспечение:
  - 6.3. Технические и электронные средства обучения:
- VII. Образовательные технологии
- VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

## I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

**Цели:** познакомить студентов с основами моделирования взаимодействия излучения с веществом, с современными средствами моделирования воздействия излучения на вещество, в частности, на человека и численными расчётами поглощённой дозы.

Формирование профессиональной компетентности в соответствии с развитием у учащихся качеств личности безопасного типа, осваивающей основы защиты человека и общества от современного комплекса опасных факторов.

**Задачи:** студент должен знать и уметь, в результате изучения курса, основные методы численных расчётов воздействия излучения на вещество и тело человека. Иметь представление о разных программных комплексах для таких расчётов.

Изучить и освоить основы программирования на языке C++. Изучить построение геометрических моделей на примере комплекса Geant4, задание свойств материалов, моделирование разных тел, включая отдельные части тела человека.

## II. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к элективной части блока 1 профессионального цикла. Моделирование и численный расчёт взаимодействия излучения с веществом охватывает широкий круг физических процессов, рассмотренных ранее в курсах **ядерной физики, квантовой механики, оптики и спектроскопии**. Процессы, происходящие при действии ионизирующих излучений на человека, рассматриваются в разделе **биофизика**.

## III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3: способность выполнять математическую и компьютерную обработку, интерпретацию и анализ результатов медико-физических исследований.

## IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 5 зачётных единиц, 180 часов, в том числе 72 часа контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через электронную информационно-образовательную среду факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 36 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

**IV.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведённого на них количества академических часов**

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоёмкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1 Моделирование воздействия излучения на вещество	3	6	2	2	2		2	Опрос
2	Раздел 2 Программный комплекс Geant4	3	84	28	28	24		28	Опрос
3	Раздел 3 Моделирование воздействия излучения на тело человека	3	32	6	6	10		20	Опрос
	<b>КСР</b>	3	12						
	<b>Экзамен</b>	3	3						тестирование
	<b>Итого часов</b>		<b>180</b>		<b>36</b>	<b>36</b>		<b>50</b>	

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоёмкость (час.)		
3	Раздел 1 Моделирование воздействия излучения на вещество	Решение задач	В течение семестра	2	Задачи и упражнения	XX
3	Раздел 2 Программный комплекс Geant4	Решение задач	В течение семестра	28	Задачи и упражнения	XX
3	Раздел 3 Моделирование воздействия излучения на тело человека	Решение задач	В течение семестра	20	Задачи и упражнения	XX
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>50</b>		
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час) (указать при наличии)						

### 4.3.Содержание учебного материала

#### Раздел 1 Моделирование воздействия излучения на вещество

**1.1 Введение.** Цели и задачи моделирования. Особенности и границы применимости моделирования воздействия излучения на вещество.

**1.2 Программные комплексы.** Обзор известных программных комплексов моделирования воздействия излучения на вещество.

#### Раздел 2 Программный комплекс Geant4

**2.1. Введение.** Программный комплекс Geant4. Установка, оболочка и база данных.

**2.2. Основы программирования C++.** Структура программы, переменные, типы данных. Условные инструкции, циклы. Алгоритмы.

**2.3. Задание геометрии тел.** Средства Geant4 для задания геометрии. Геометрические примитивы. Комбинации примитивов. Создание сложных фигур и форм.

**2.4. Задание материала.** Средства Geant4 для задания типа материала. Комбинации материалов.

#### Раздел 3 Моделирование воздействия излучения на тело человека

**3.3 Создание модели части тела человека.** Создание простой геометрической модели части тела человека с костной и мягкой тканью.

**3.4 Создание модели с имплантом.** Создание модели части тела человека с металлическим имплантом.

**3.5 Численный расчёт поглощённой дозы излучения.**

#### 4.3.2 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоёмкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	2	Установка комплекса Geant4. Работа с оболочкой Geant4	2	1	Тесты	ПК-3
2	2	Структура программ на языке C++. Переменные	4	2	Тесты	ПК-3

		типы данных				
3	2	Программирование на C++. Условные конструкции, циклы	2	1	Тесты	ПК-3
4	2	Программирование на C++. Алгоритмы	4	2	Тесты	ПК-3
5	2	Геометрические примитивы Geant4. Комбинации примитивов. Создание сложных фигур	6	3	Тесты	ПК-3
6	2	Основные материалы комплекса Geant4. Создание моделей предметов	6	3	Тесты	ПК-3
7	3	Простейшая модель тела человека	2	1	Тесты	ПК-3
8	3	Простейшая модель с имплантом	4	2	Тесты	ПК-3
9	3	Численный расчёт поглощённой дозы излучения	4	2	Тесты	ПК-3

**4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)**

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Типы данные, приведение типов	Поиск и изучение литературы по теме	ПК-3	Оценка
2	Простейшая отладка программы	Поиск и изучение литературы по теме	ПК-3	
3	Алгоритмы и структуры данных. Список, стек, очередь, словарь, ассоциативный массив	Поиск и изучение литературы по теме	ПК-3	Оценка
4	Основные геометрические фигуры	Поиск и изучение литературы по теме	ПК-3	Оценка
5	Химический состав материалов	Поиск и изучение литературы по	ПК-3	

		теме		
6	Химический состав тканей человека	Поиск и изучение литературы по теме	ПК-3	

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определённых способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Теоретические знания, полученные студентами на лекционных занятиях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются при выполнении практических заданий.

При выполнении практических заданий обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-технической справочной литературой. Каждый студент должен подготовиться к защите своего отчёта, разобравшись с теорией исследуемого явления.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Программой не предусмотрено курсовых работ по предмету.

### V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

#### а) перечень литературы

##### Основная литература

1. Булавин Л.А., Выгорницкий Н.В., Лебовка Н.И. Компьютерное моделирование физических систем / Л.А. Булавин, Н.В. Выгорницкий, Н.И. Лебовка — Долгопрудный: Изд-во «Интеллект», 2011. — 352 с.
2. Огнева М.В., Кудрина Е.В. Программирование на языке С++: практический курс / М.В. Огнева, Е.В. Кудрина. — М: изд-во «Юрайт», 2022. — 335 с.
3. Готтшлинг П. С++ для инженерных и научных расчётов / П. Готтшлинг — СПб: «Диалектика», 2020. — 512 с.
4. Егранов А.В. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом Учебное пособие Изд-во ИГУ, Иркутск 2013
5. В.И. Иванов. Курс дозиметрии. М. Мир. 1976.
6. И.Г. Гусев и др. Защита от ионизирующих излучений. т. 1. Физические основы защиты от излучений. М. Наука. 1980.
7. И.Б. Кеирим-Маркус. Эквидозиметрия. Л. ИЛ. 1965.

8. А.К. Пикаев. Современная радиационная химия. Основные положения, экспериментальная техника и методы. М. Мир. 1989.
9. В.К. Ляпидевский. Методы детектирования излучений. М. Наука. 1987.
10. М. Франк, В. Штольц. Твердотельные дозиметры ионизирующего излучения. М. Мир. 1979.
11. В.И. Иванов, В.П. Машкович. Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующего излучения. М. Наука. 1986.
12. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)
13. Булдаков Л.А., Калистратова В.С. Радиоактивное излучение и здоровье, Информ-атом, Москва. 2003г.

### *Дополнительная*

1. Василенко И.Я. Радиация. Источники, нормирование облучения. Природа, № 4, 10-16, 2001.
2. Военная токсикология, радиобиология и медицинская защита. Учебник/ под ред. Проф. С.А. Кудченко, «Фолиант».- Санкт-Петербург, 2004, 530 с.
3. Бяков В.М., Степанов С.В. К механизму первичного биологического действия ионизирующих излучений *Успехи Физических Наук* – 2006, №5.
4. Шевченко В.А. Как оценивать генетический риск облучения. Природа, № 4, 17-22, 2001.
5. Кудряшов Ю.Б. Химическая защита от лучевого поражения. Соревский образовательный журнал. № 6, 21-26, 2000.
6. Мухин К.Н., Патаракин О.О. Экзотические процессы в ядерной физике УФН 2000, № 8 (r008c.pdf).
7. Салимов Р.А. Мощные ускорители электронов для промышленного применения УФН 2000, №2(r002g.pdf).
8. Егоров О. Наглядный способ регистрации заряженных частиц. Квант, 6, 2001.
9. Костюков Н.С., Муминов М.И., Атраш С.М. и др. Диэлектрики и радиация, в 4-х кн., М., Наука, 2001.
10. Теория излучения релятивистских частиц (под ред. Бордовицына В.А.) М., Физмат лит., 2002, 576 с.
11. Глобус М.Е., Гринев Б.В. Неорганические сцинтилляторы: новые и традиционные материалы Харьков, Акта, 2001, 408 с.
12. Бойко В.И., Скворцов В.А., Фортон В.Е., Шаманин И.В. Взаимодействие импульсных заряженных частиц с веществом, М., Физматлит, 2003, 288 с.

### *б) периодические издания*

- Radiation Protection Dosimetry, Oxford University Press
- Medical Dosimetry, Official Journal of the American Association of Medical Dosimetrists, Elsevier
- Журнал «Медицинская физика».

### *в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

1. <https://www.nndc.bnl.gov/nndc/nndcinfo.html>TheNationalNuclearDataCenter, Brookhaven National Laboratory, (на этом сервере можно найти данные по сечениям взаимодействия различных видов ионизирующих излучений с веществом и характеристики ядер).
2. <https://nrv.jinr.ru/nrv/> Объединённый институт ядерных исследований Nucleiandtheirproperties.
3. <https://depni.npi.msu.ru/cdfe/> Center for Photonuclear Experimental Data, Moscow State University.
4. <https://en.cppreference.com/w/cpp>Справочный материал по языкам программирования С и С++.
5. [https://geant4.web.cern.ch/support/user\\_documentation](https://geant4.web.cern.ch/support/user_documentation)Документация пользователя комплекса Geant4.
6. [https://geant4.web.cern.ch/support/getting\\_started](https://geant4.web.cern.ch/support/getting_started)Введение по работе с комплексом Geant4.
7. [https://geant4.web.cern.ch/applications/medical\\_applications](https://geant4.web.cern.ch/applications/medical_applications)Примеры медицинских приложений комплекса Geant4.

## **VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Компьютерный класс с меловой доской, проектором и экраном.

### **6.2. Программное обеспечение:**

Операционная система на базе GNU/Linux, программный комплекс Geant4, набор компиляторов GCC, стандартные сервисы сети Интернет, стандартные средствами просмотра презентаций и других материалов по курсу.

### **6.3. Технические и электронные средства:**

Для проведения практических и лекционных занятий в качестве демонстрационного оборудования используются проектор, экран и меловая доска. Используются современные образовательные технологии: информационные (лекции и презентации в PDF), проектные (мультимедиа, видео, документальные фильмы). Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной экран (Classic Solution, T195x195/1MW-LU/B), ноутбук Lenovo B590. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

## VII. Образовательные технологии

Наименование тем занятий с указанием форм/ методов/ технологий обучения:

№ п/п	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы//технологии дистанционного, интерактивного обучения	Количество часов
1	2	3	4	5
1	Моделирование воздействия излучения на вещество	Лекция	Очная лекция, презентация	2
2	Программный комплекс Geant4	Лекция	Очная лекция, презентация	28
3	Моделирование воздействия излучения на тело человека	Лекция	Очная лекция, презентация	6
<b>Итого часов:</b>				<b>36</b>

## VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

### *Оценочные материалы для входного контроля*

Проводится опрос на первом занятии.

### *Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета*

Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе университета (могут быть в виде тестов, ситуационных задач, деловых и ролевых игр, диспутов, тренингов и др. Назначение оценочных средств ТК — выявить сформированность компетенций—**Профессиональные компетенции (ПК): ПК-3**

### *Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме*

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

**Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:**

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Контролируемые компетенции/ индикаторы
1	2	3	4
1	Проверка решения задач	Разделы 1,2,3	ПК-3
2	Контрольная работа	Разделы 1,2,3	ПК-3

**Примерный список вопросов к экзамену**

1. Виды ионизирующего излучения. Непосредственно и косвенно ионизирующее излучение. Характеристика полей ионизирующих излучений. Сечение взаимодействия.
2. Поглощённая доза ионизирующего излучения.
3. Активность. Виды радиоактивности. Схемы распада радионуклидов.
4. Взаимодействие фотонов с веществом. Комптоновское рассеяние.
5. Рентгеновское излучение. Источники первичного излучения и детекторы рентгеновского излучения.
6. Взаимодействие нейтронов с веществом. Упругое рассеяние.
7. Калориметрические методы дозиметрии.
8. Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Ионизационные потери. Радиационные потери. Тормозная способность вещества.
9. Взаимодействие нейтронов с веществом. Радиационный захват. Захват нейтрона с последующим испусканием заряженных частиц и нейтронов.
10. Принципы химической защиты от лучевого поражения.
11. Эквивалентная доза. Эффективная доза. Система ограничения доз. Предельная доза. Предельно допустимые уровни внешних потоков ионизирующего излучения.
12. Основные типы данных. Приведение типов.
13. Условные конструкции, циклы.
14. Алгоритмы и структуры данных.
15. Основные геометрические примитивы комплекса Geant4.
16. Основные материалы комплекса Geant4.
17. Способы формирования тел сложной формы в комплексе Geant4.

***Сведения об авторе (составителе/разработчике) программы:***

Ломов Владимир Павлович, доцент кафедры теоретической физики, к.ф.-м.н.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«21» февраля 2025 г.

Протокол № 5, зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**