


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВПО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
Ядерной физики  
Кадменский С.Г.  
17.06.2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.06.02 Перенос излучений**

**1. Шифр и наименование направления подготовки:**

03.03.02 Физика

**2. Профиль подготовки/специализации:** Ядерная физика

**3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**4. Форма образования:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра ядерной физики

**6. Составители программы:** к.ф.м.н., доцент Долгополов Михаил Анатольевич

---

**7. Рекомендована:** Научно-методическим советом физического факультета, протокол № 6 от 17.06.2021

РП продлена на 2022-2023 учебный год НМС физического факультета 14.06.2022, протокол №6.

*(отметки о продлении вносятся вручную)*

**8. Учебный год:** 2024-2025

**Семестр(ы):** 7

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

изучить закономерности взаимодействия различных типов ионизирующего излучения с веществом. Получить навыки оценки характеристик взаимодействия при различных энергиях частиц.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Учебная дисциплина относится к вариативной части блока Б1.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Обработка и анализ результатов расчетных исследований и экспериментальных измерений и составление отчетов по выполненным этапам работ	ПК-2.1	Обработка результатов экспериментальных исследований на стендах и установках с учетом погрешностей измерительных систем	Знать: основные понятия физики взаимодействия излучений с веществом; фундаментальные понятия, базовые модели, принципы и математические методы теории переноса излучений, а также границы их применимости Владеть: методами расчета характеристик потоков частиц в веществе как аналитическими, так и численными, с приложениями к решению типовых задач по переносу излучений
ПК-4	Проведение расчетов и подтверждающих измерений характеристик ядерного топлива на АС	ПК-4.2	Расчет остаточного тепловыделения и активности облученного ядерного топлива	Уметь: выделить конкретное «физическое» содержание в прикладных задачах переноса излучений, проводить анализ полученных результатов, ставить и решать конкретные задачи переноса излучений
ПК-5	Техническая поддержка научных исследований в области создания биотехнических и медицинских аппаратов и систем	ПК-5.2	Сборка экспериментальных стендов, используемых при выполнении научных исследований в области создания биотехнических и медицинских аппаратов и систем, в том числе проведение экспериментов в соответствии с должностными обязанностями по утвержденным методикам при	Владеть: Методами измерения характеристик взаимодействия альфа и гамма - излучения с веществом, определения максимальной энергии бета – спектр Уметь: - использовать основные законы теории переноса излучений для составления математического описания объекта моделирования

			выполнении научных исследований в области создания биотехнических и медицинских аппаратов и систем	
--	--	--	--	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах.** (в соответствии с учебным планом):  
3 / 108.

**Форма промежуточной аттестации** экзамен

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		7
Аудиторные занятия	36	36
в том числе: лекции		
Практические	36	36
Лабораторные		
Самостоятельная работа	36	36
Форма промежуточной аттестации (зачет – 1 час/ экзамен - 3)		
Итого:	108	108

#### 13.1. Содержание дисциплины:

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1.Лабораторные</b>		
1	Статистические характеристики потока излучения	Поток излучения. Статистические характеристики потока излучения. Поток случайных событий. Модель простейшего потока случайных событий (ППСС). Два подхода изучения ППСС. Экспериментальные методы исследования статистических характеристик потока излучения.
2	Космическое излучение	Космическое излучение. Прохождение космических лучей через атмосферу Земли. Энергетический спектр первичного космического излучения. Распада мезонов космического излучения. Оценка средней энергии мезонов на поверхности Земли
3	Взаимодействие гамма - излучения с веществом	Взаимодействие гамма - излучения с веществом. Механизмы взаимодействия гамма-излучения с

		веществом. Измерение функции пропускания. Расчет коэффициента поглощения гамма-излучения Cs-137 в свинцовом и медном поглотителях. Определение энергии гамма-излучения.
4	Определение периода полураспада долгоживущего изотопа калия	Определение периода полураспада долгоживущего изотопа калия. Закон кинетики радиоактивного распада. Два вида ядерных превращений Ка-40. Вероятность выхода. Период полураспада изотопа.
5	Определение максимальной энергии бета - спектра	Бета-распад. Энергетический спектр бета-распада. Экспериментальные методы определения максимальной энергии бета – спектра. Метод ослабления. Методика полного поглощения. Методика определения граничной энергии бета-спектра по коэффициенту ослабления потока бета-частиц.
6	Альфа распад. Взаимодействие альфа - излучения с веществом	Альфа распад. Взаимодействие альфа - излучения с веществом. Ионизационные потери. Пробег частицы в веществе.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практическое	Лабораторные	КСР	Самостоятельная работа	
1	Основные понятия физики взаимодействия излучений с веществом. Дозиметрия ионизирующих излучений.	9		9		9	27
2	Потери энергии заряженных частиц в веществе	9		9		9	27
3	Взаимодействие жесткого электромагнитного излучения с веществом	9		9		9	27
4	Методы расчета характеристик взаимодействия.	9		9		9	27
Итого:		36		36		36	108

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

1. выполнение лабораторных работ, тестов, подготовка докладов.
2. Оформление отчетов по лабораторным работам

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

#### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	К.Н.Мухин «экспериментальная ядерная физика» С.-Петербург, М.,Краснодар. Лань, 2012
2	Давыдов, А. С. Квантовая механика : [учебное пособие для студентов ун-тов и техн. вузов] / А.С. Давыдов .— 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011 .— 703 с.

#### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	В.Б.Бруданин и др. "Альфа распад. Взаимодействие альфа-излучения с веществом". Воронеж, ВГУ ИПЦ, 2012, 39с.
4	А.П.Черняев "Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом". М.Физматлит., 2004, 151 с.
5	О.И.Лейпунский. "Распространение гамма-квантов в веществе". М.Гос. издательство физ-мат. литературы, 1960, 207с..
6	В.Ф.Баранов "Дозиметрия электронного излучения". М.Атомиздат, 1974 г.209с.
7	В.А.Астапенко "Взаимодействие излучения с атомами и наночастицами" Долгопрудный ,Интеллект, 2010, 492с..

**в) электронные информационно-образовательные ресурсы**

№ п/п	Источник
8	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a>
9	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> –ЗНБ ВГУ
10	Электронные ресурсы по физике American Physical Society. – <URL: <a href="http://publish.aps.org">http://publish.aps.org</a> >

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)**

№ п/п	Источник
1	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов направления 03.03.02, - Вахтель В.М., Титова Л.В. – ВГУ.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

- активные и интерактивные формы проведения занятий;
- компьютерные технологии при проведении занятий;
- презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных и практических занятиях;
- разбор конкретных ситуаций при постановке целей и задач к разработке прикладных программ, при выборе программного обеспечения по установленным критериям, при разработке программ по предусмотренным алгоритмам и методам

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online - [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru) - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при реализации дисциплины – Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla FireFox.

Дистанционные образовательные технологии (ДОТ) применяются с использованием образовательного портала «Электронный университет ВГУ».

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: ноутбук, мультимедиа-проектор, экран	г. Воронеж, Университетская пл., 1, ауд. 320
Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.)	г. Воронеж, Университетская пл., 1, ауд. 313а

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций:

### 19.1 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене/зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом переноса излучения;
- 2) умение применить приобретенные знания для расчета характеристик взаимодействия, для составления математического описания объекта моделирования.
- 3) применять теоретические знания для решения практических задач, проведения лабораторных исследований.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<p>Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Продемонстрировано знание изложенного в лекциях материала, умение применять полученные знания на практике в виде решения задач, а также давать развернутый ответ на заданные по теме данной дисциплины вопросы, владение необходимым объемом знаний и навыков, приобретенные в предыдущих дисциплинах</p> <p>ИЛИ</p> <p>Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические</p>	<p><i>Повышенный</i></p> <p><i>уровень</i></p>	<p><i>Отлично</i></p>

<p>знания для решения практических задач в области дисциплины.</p>		
<p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано знание дисциплины, или содержатся отдельные пробелы в знании приобретённых ранее дисциплин,</p> <p>ИЛИ</p> <p>Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен неполно демонстрировать ответ фактами, допускает ошибки при решении практических задач</p>	<p><i>Базовый уровень</i></p>	<p><i>Хорошо</i></p>
<p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Демонстрирует частичные знания изложенного материала, или имеет неполное представление о дисциплине, допускает существенные ошибки при решении практических задач</p> <p>ИЛИ</p> <p>Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен пояснять ответ, не умеет применять теоретические знания для решения практических задач в области дисциплины</p>	<p><i>Пороговый уровень</i></p>	<p><i>Удовлетворительно</i></p>
<p>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки в физических</p>	<p>–</p>	<p><i>Неудовлетворительно</i></p>

## **19.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **19.2.1 Перечень вопросов к экзамену:**

1. Основные элементарные процессы взаимодействия гамма-квантов с веществом
2. Закономерности, определяющие перенос электронов и позитронов в веществе.
3. Основные процессы взаимодействия нейтронов с веществом и их закономерности.
4. Уравнение переноса в различных системах координат (декартовой, сферической, цилиндрической).
5. Кинетическое уравнение Больцмана и граничные условия.
6. Теория замедления. Уравнение для плотности столкновения и его решение.
7. Ионизационные и радиационные потери, формула Бете-Гайтлера.
8. Закон Фика. Функция влияния точечного источника.
9. Стадии протекания ядерных реакций с участием нейтронов.
10. Флуктуации ионизационных и радиационных потерь.
11. Уравнение возраста. Условие применимости возрастной теории.

### **19.2.2 Перечень практических заданий**

#### **Практические задания 1**

1. Вывести формулу для энергии рассеянного гамма-кванта, претерпевшего комптоновское рассеяние.
2. Сравнить аппаратный спектр различных детекторов с целью выяснения роли элементарных актов взаимодействия гамма-квантов с атомами различных атомных номеров.
3. Решить уравнения переноса для заданной симметрии.

#### **Практические задания 2**

1. Смоделировать диффузии для цилиндрического и сферического поверхностных источников.
2. Решить уравнение возраста для различной геометрии расположения источников.

#### **Практические задания 3**

1. Смоделировать перенос моноэнергетических гамма-квантов в веществе.
2. Смоделировать перенос тяжелых заряженных частиц в веществе с учетом флуктуаций.

## **19.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах устного опроса, тестирования, а оценка результатов практической деятельности проводится на основе выполнения практических заданий. Критерии оценивания приведены выше.



Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Дисциплина Б1.В.ДВ.6.2 Перенос излучений

Направление 03.03.02 Физика

Профиль подготовки Физика, бакалавриат

Форма обучения: очная

Учебный год 2017/2018

---

Ответственный исполнитель

Заведующий кафедрой

ядерной физики, д.ф.м.н., профессор \_\_\_\_\_ С.Г.Кадменский \_\_\_\_\_. 20\_\_

Исполнители

К.ф.м.н.,

доц. кафедры ядерной физики \_\_\_\_\_ М.А.Долгополов \_\_\_\_\_. 20\_\_

\_\_\_\_\_. 20\_\_  
*должность, подразделение* \_\_\_\_\_ *подпись* \_\_\_\_\_ *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП

по направлению

К.ф.м.н.,  
доц. кафедры ядерной физики \_\_\_\_\_ Любашевский Д.Е. \_\_\_\_ 20\_\_

Начальник отдела  
обслуживания ЗНБ \_\_\_\_\_ 20\_\_  
*подпись                      расшифровка подписи*

---

---

Программа рекомендована НМС физического факультета  
протокол № 12 \_от 31.12. 2018г.

