

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

| Код модуля | Модуль  |
|------------|---|
| 1163586    | Ионизирующие излучения в биомедицинской инженерии |

Екатеринбург

|  |   |
|--|---|
| <b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>                        | <b>Учетные данные</b>                                     |
| <b>Образовательная программа</b><br>1. Биотехнические системы и технологии | <b>Код ОП</b><br>1. 12.03.04/33.01                        |
| <b>Направление подготовки</b><br>1. Биотехнические системы и технологии    | <b>Код направления и уровня подготовки</b><br>1. 12.03.04 |

Программа модуля составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия Имя Отчество</b> | <b>Ученая степень, ученое звание</b>        | <b>Должность</b> | <b>Подразделение</b>     |
|--------------|-----------------------------|---|------------------|--------------------------|
| 1            | Бажукова Ирина Николаевна   | кандидат физико-математических наук, доцент | Доцент           | экспериментальной физики |
| 2            | Баранова Анна Александровна | кандидат технических наук, доцент           | Доцент           | экспериментальной физики |

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Ионизирующие излучения в биомедицинской инженерии**

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль содержит дисциплины, направленные на формирование у студентов знаний о типах и свойствах ионизирующих излучений, прохождения излучения через вещество, его использовании в прикладных целях, умений и навыков решения практических задач и ситуаций по использованию ионизирующих излучений в медицине и биологии.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

| № п/п            | Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения                | Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах |
|------------------|---|---|
| 1                | Проект по модулю <b>Ионизирующие излучения в биомедицинской инженерии</b> | 1   |
| 2                | <b>Ионизирующие излучения в медико-биологических исследованиях</b>        | 4   |
| 3                | Теория переноса излучения   | 4   |
| 4                | Экспериментальная ядерная физика  | 4   |
| 5                | Экспериментальные методы ядерной физики                                   | 4   |
| ИТОГО по модулю: |   | 17  |

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Пререквизиты модуля                | 1. <b>Атомная физика</b>                       |
| Постреквизиты и кореквизиты модуля | 1. <b>Методология биомедицинской инженерии</b> |

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

| Перечень дисциплин модуля | Код и наименование компетенции | Планируемые результаты обучения (индикаторы) |
|---------------------------|--------------------------------|--|
| 1                         | 2                              | 3  |

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>Ионизирующие излучения в медико-биологических исследованиях</p>        | <p>ПК-6 - Способен разрабатывать способы применения ядерно-энергетических, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических и медицинских проблем</p> | <p>З-1 - Сформулировать свойства и характеристики ионизирующих и неионизирующих излучений</p> <p>З-2 - Соотносить дозиметрические величины и эффекты воздействия ионизирующих излучений на объекты живой и неживой природы</p> <p>У-1 - Анализировать совокупность и последовательность процессов, протекающих при взаимодействии излучения с веществом</p> <p>У-2 - Определять требуемые параметры защиты от ионизирующего излучения в соответствии с действующими нормами радиационной безопасности</p> <p>П-1 - Квалифицированно выбирать и использовать устройства измерения дозиметрических величин</p> <p>П-2 - Решать сформулированные практические задачи, относящиеся к применению ядерно-энергетических, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических и медицинских проблем</p> |
| <p>Проект по модулю Ионизирующие излучения в биомедицинской инженерии</p> | <p>ПК-6 - Способен разрабатывать способы применения ядерно-энергетических, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических и медицинских проблем</p> | <p>З-3 - Описывать основные физико-технические характеристики ядерно-энергетических, электронных, нейтронных и протонных пучков</p> <p>У-1 - Анализировать совокупность и последовательность процессов, протекающих при взаимодействии излучения с веществом</p> <p>П-1 - Квалифицированно выбирать и использовать устройства измерения дозиметрических величин</p>   |
| <p>Теория переноса излучения</p>  | <p>ПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной</p>  | <p>З-2 - Соотносить предметную проблемную область с соответствующей областью естественнонаучных и общеинженерных наук</p> <p>З-3 - Приводить примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов естественнонаучных и общеинженерных наук, применимых для</p>  |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   | с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем   | <p>формулирования и решения задач в предметной области биотехнических систем и технологий</p> <p>У-2 - Использовать понятийный аппарат и терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы естественнонаучных и общинженерных наук при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-3 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности и критически их оценивать на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-2 - Решать поставленные задачи, относящиеся к области профессиональной деятельности, используя современные пакеты прикладных программ для математического анализа и моделирования</p> |
| Экспериментальная ядерная физика        | ПК-6 - Способен разрабатывать способы применения ядерно-энергетических, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических и медицинских проблем           | <p>З-3 - Описывать основные физико-технические характеристики ядерно-энергетических, электронных, нейтронных и протонных пучков</p> <p>У-1 - Анализировать совокупность и последовательность процессов, протекающих при взаимодействии излучения с веществом</p> <p>П-2 - Решать сформулированные практические задачи, относящиеся к применению ядерно-энергетических, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических и медицинских проблем</p>   |
| Экспериментальные методы ядерной физики | ПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, | <p>З-2 - Соотносить предметную проблемную область с соответствующей областью естественнонаучных и общинженерных наук</p> <p>У-3 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности и критически их оценивать на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p> <p>П-2 - Решать поставленные задачи, относящиеся к области профессиональной</p>  |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | технологиями<br>производства и<br>эксплуатации<br>биотехнических систем | деятельности, используя современные<br>пакеты прикладных программ для<br>математического анализа и моделирования |
|--|---|--|

### **1.5. Форма обучения**

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Ионизирующие излучения в медико-**  
**биологических исследованиях**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия Имя Отчество</b>    | <b>Ученая степень,<br/>ученое звание</b>           | <b>Должность</b> | <b>Подразделение</b>         |
|--------------|--------------------------------|--|------------------|------------------------------|
| 1            | Бажукова Ирина<br>Николаевна   | кандидат физико-<br>математических<br>наук, доцент | Доцент           | экспериментально<br>й физики |
| 2            | Баранова Анна<br>Александровна | кандидат<br>технических наук,<br>доцент            | Доцент           | экспериментально<br>й физики |

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 7 от 15.03.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Бажукова Ирина Николаевна, Доцент, экспериментальной физики
- Баранова Анна Александровна, Доцент, экспериментальной физики

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины*  | Содержание   |
|-------------------|---|--|
| 1                 | Основные понятия и определения источников и полей ионизирующих излучений. Радиационная безопасность новая научно - прикладная дисциплина.                                     | Предмет и задачи курса. Области использования радиоактивных веществ и источников ионизирующих излучений. Предприятия ядерно-топливного и ядерно-оружейного циклов - как фактор потенциальной опасности для человека и окружающей среды. Современная концепция радиационной безопасности. Специфика современного этапа и задачи инженера-физика. Знание основ радиометрии, дозиметрии, радиационной биологии и радиационной безопасности - необходимый элемент современной цивилизации. Основные понятия и определения источников и полей ионизирующих излучений. Скалярные характеристики поля излучения. Дифференциальные характеристики. Токовые и потоковые величины. |
| 2                 | Дозиметрические величины и единицы измерения полей ионизирующих излучений и радиоактивности. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом -физические основы дозиметрии. | Дозиметрические величины и единицы измерения ионизирующих излучений. Дозиметрия источников ионизирующего излучения. В Физические, нормируемые и операционные величины. Линейная передача энергии, тормозная способность вещества. Активность радионуклида и единицы ее измерения. Схемы распада радионуклидов. Радиоактивные ряды. Активности материнского и дочернего радионуклидов. Связь между массой радионуклида, постоянной его распада и активностью. Правило десяти периодов полураспада. Керма - постоянная (Г-постоянная) радионуклида. Радиевый гамма-эквивалент. Керма-  |



|   |   |   |
|---|---|---|
|   |   | эквивалент. Связь мощности дозы с активностью гамма-источника. Классификация и определение дозиметрических величин.   |
| 3 | Биологическое действие ионизирующих излучений.<br>Радиационная безопасность человека и окружающей среды.                          | Биологическое действие ионизирующих излучений. Радиочувствительность различных биологических видов. Первичные механизмы взаимодействия ионизирующих излучений с биологической тканью. Прямое и косвенное действие излучения. Особенности взаимодействия нейтронов с биологической тканью. Биологические последствия облучения. Детерминированные, соматико-стохастические и генетические радиационные эффекты. Лучевая болезнь: острая лучевая болезнь при относительно равномерном облучении; острая лучевая болезнь при неравномерном облучении; хроническая лучевая болезнь; терапия острой лучевой болезни. Действие радиации на эмбрион и плод человека. Внутреннее облучение. Пути проникновения радионуклидов. Понятие метаболизма. Скорость биологического выведения. Радиобиологические характеристики основных радионуклидов. Регламентируемые величины, характеризующие внутреннее облучение. Условия оценки дозовой нагрузки при сочетании внутреннего и внешнего облучения.  |
| 4 | Законодательные основы РБ. Нормирование уровней внешнего и внутреннего облучения. НРБ-99 и ОСПОРБ-99. Система РБ на предприятиях. | Фоновое облучение человека. Естественные и искусственные источники. Радиоактивность окружающей среды. Естественный и искусственный техногенно-измененный фон. Радон: друг или враг. Требования НРБ-99 к защите от природного облучения в производственных условиях. Требования НРБ-99 к ограничению природного облучения населения. Облучение в медицинских целях. Ограничение медицинского облучения. Радиационный фон, обусловленный испытанием ядерного оружия. Дозиметрия при радиационных авариях. Индивидуальный дозиметрический контроль аварийных доз облучения. Системы РБ на предприятиях. Виды радиационного контроля. Нормирование уровней внешнего и внутреннего облучения. Принципы нормирования уровней облучения. Линейная беспороговая концепция. Эволюция подходов к нормированию дозовой нагрузки. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) 1990 г. по нормированию уровней облучения профессионально работающих с излучением и остального населения. Основные нормативные документы: «Закон РФ о радиационной безопасности населения», «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99) и «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99). Внутреннее облучение. Пути проникновения радионуклидов. Понятие метаболизма. Скорость биологического выведения. Радиобиологические характеристики основных радионуклидов. Регламентируемые величины, характеризующие внутреннее облучение. Условия оценки дозовой нагрузки при сочетании внутреннего и внешнего облучения. |
| 5 | Методы и средства радиационной безопасности   | Методы и средства радиометрии и дозиметрии. Классификация приборов радиационного контроля. Ионизационные методы дозиметрии. Условие электронного равновесия. Теория Брегга-Грея. Вольт-амперная характеристика газового промежутка и ее анализ. Ионизационные камеры, их типы и применение.   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>Применение теории Брегга-Грея для стеночной камеры. Соотношение между мощностью экспозиционной дозы и ионизационным током. Ход с жесткостью. Газоразрядные счетчики. Их свойства, характеристики, применение в дозиметрии фотонного излучения. Сцинтилляционный метод регистрации фотонного излучения. Термолюминесцентные дозиметры. Интегральный и пиковый метод в термолюминесцентной дозиметрии. Индивидуальные термолюминесцентные дозиметры. Радиофотолюминесцентные дозиметры, дозиметры на основе деградации люминесценции. Фотографический и химические методы дозиметрии. Индивидуальные дозиметры. ЭПР-дозиметрия. Физические основы метода. Ретроспективная дозиметрия. Особенности дозиметрии нейтронов.</p> |
|--|--|--|

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности  | Технология воспитательной деятельности   | Компетенция  | Результаты обучения   |
|---|--|--|--|---|
| Профессиональное воспитание             | целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной профессиональной деятельности | ПК-6 - Способен разрабатывать способы применения ядерно-энергетических, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических и медицинских проблем | П-2 - Решать сформулированные практические задачи, относящиеся к применению ядерно-энергетических, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических и медицинских проблем |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Ионизирующие излучения в медико-биологических исследованиях

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Баранова, А. А.; Дозиметрия : учебно-методическое пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=698898> (Электронное

издание)

2. Аглинцев, К. К.; Дозиметрия ионизирующих излучений : монография.; Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва, Ленинград, 1950; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477076> (Электронное издание)

3. Гилемханов, М. И.; Дозиметрия ионизирующих излучений : учебно-методическое пособие предназначено для студентов очной и заочной формы образования по изучению дисциплины (направлению подготовки 36.05.01 – «ветеринария», квалификация – специалист, 36.03.01 – «ветеринарно-санитарная экспертиза», 36.03.02 – «зоотехния» квалификация – бакалавр, и слушателей факультета повышения квалификации по специальности «ветеринария»); Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, Казань; 2018; <http://www.iprbookshop.ru/104839.html> (Электронное издание)

4. Кудряшов, Ю. Б.; Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) : учебник.; Физматлит, Москва; 2004; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69291> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Баранова, А. А., Рябухин, О. В.; Дозиметрия : учебно-методическое пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 12.04.04 - Биотехнические системы и технологии, 14.03.02 - Ядерная физика и технологии, 14.05.04 - Электроника и автоматика физических установок, 18.05.02 - Химическая технология материалов современной энергетики, 22.03.01 - Материаловедение и технологии материалов.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020 (16 экз.)

2. Голубев, Б. П., Столярова, Е. Л.; Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений : Учебник для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1986 (9 экз.)

3. Кудряшов, Ю. Б., Мазурик, В. К., Ломанов, М. Ф.; Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям 012200 - Биофизика, 010700 - Физика атомного ядра и частиц, 014000 - Мед. физика, 014200 - Биохим. физика.; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2004 (15 экз.)

4. Иванов, В. И.; Курс дозиметрии : Учебник для физ. и физ.-техн. специальностей вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1988 (17 экз.)

5. Иванов, В. И., Климанов, В. А., Машкевич, В. П.; Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1992 (1 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).

2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).

3. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Информационная база данных по биомедицинской инженерии, режим доступа <http://www.physionet.org>
2. Видеоportal по медико-биологическим вопросам, режим доступа: <http://www.med-edu.ru>
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека, режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
4. Электронная библиотека нормативно-технической документации, режим доступа: <http://www.technormativ.ru>
5. Зональная научная библиотека УрФУ, режим доступа: <http://lib.urfu.ru>

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Ионизирующие излучения в медико-биологических исследованиях

#### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий         | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы  | Перечень лицензионного программного обеспечения  |
|-------|----------------------|--|--|
| 1     | Лекции               | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br><br>Рабочее место преподавателя<br><br>Доска аудиторная<br><br>Периферийное устройство  | Office Professional 2003 Win32<br>Russian CD-ROM |
| 2     | Лабораторные занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br><br>Рабочее место преподавателя<br><br>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами | Office Professional 2003 Win32<br>Russian CD-ROM |
| 3     | Консультации         | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br><br>Рабочее место преподавателя   | Не требуется                                     |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| 4 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>                       | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 5 | Самостоятельная работа студентов            | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теория переноса излучения**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия Имя Отчество</b>     | <b>Ученая степень,<br/>ученое звание</b>            | <b>Должность</b> | <b>Подразделение</b>         |
|--------------|---------------------------------|---|------------------|------------------------------|
| 1            | Бажукова Ирина<br>Николаевна    | кандидат физико-<br>математических<br>наук, доцент  | Доцент           | экспериментально<br>й физики |
| 2            | Огородников Игорь<br>Николаевич | доктор физико-<br>математических<br>наук, профессор | Профессор        | экспериментально<br>й физики |

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 7 от 15.03.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Бажукова Ирина Николаевна, Доцент, экспериментальной физики
- Огородников Игорь Николаевич, Профессор, экспериментальной физики

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноразовное (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание  |
|-------------------|--------------------------|---|
| 1                 | Базовые понятия          | <p>Основные термины. Среда и излучение. Излучение. Энергия. Плотности частиц и ядер. Взаимодействие частиц со средой. Нейтроны в среде. Функции и производные. Представление о многомерных областях и функций областей. Аддитивные функции и их производные. Поле излучений в среде. Плотность нейтронов и другие характеристики поля излучений, единицы их измерения.</p> <p>Источники и геометрии. Точечный мононаправленный источник, точечный изотропный моноэнергетический источник, плоский мононаправленный моноэнергетический источник. Геометрические модели среды. Реакции и сечения. Сечение ядерной реакции, дважды дифференциальные сечения рассеяния. Микроскопические сечения поглощения, рассеяния деления. Полное микроскопическое сечение.</p> <p>Барьер и пучок. Макроскопическое сечение реакций. Средняя длина свободного пробега, средняя длина свободного пробега относительно поглощения, рассеяния, деления. Плотность столкновений. Плотность потока.</p> |
| 2                 | Односкоростные уравнения | <p>Оператор Лапласа. Системы координат. Плотность диффузионного тока нейтронов. Векторный ток нейтронов. Вывод диффузионного уравнения. Ограничения диффузионного приближения и условия его применимости.</p>   |

|   |                            |   |
|---|----------------------------|---|
|   |                            | <p>Граничные условия для диффузионного уравнения: граница раздела двух плотных сред; граница плотной среды, содержащей источники, с вакуумом. Понятие о теории замедления и теории возраста.</p> <p>Аналитические методы решения одномерных задач для уравнения диффузии: точечный изотропный источник в однородной бесконечной среде. Задача на вычисление критического размера шарового реактора.</p> <p>Фазовая плотность нейтронов, фазовый поток нейтронов, пучок нейтронов, фазовая плотность столкновений. Плотность кинетического тока нейтронов. Вывод кинетического уравнения. Составление уравнения баланса для пучка нейтронов; понятие об индикатрисе рассеяния; интеграл рассеяния; стационарное кинетическое уравнение переноса. Граничные условия для кинетического уравнения. Кинетическое уравнение в декартовой системе координат. Плоскопараллельные задачи. Кинетическое уравнение в сферической системе координат.</p> <p>Ограничения, связанные с интегральным уравнением. Вывод интегрального уравнения. Редукция интегро-дифференциального уравнения к интегральному. Интегральное уравнение для плоскопараллельной задачи.</p>  |
| 3 | Метод сферических гармоник | <p>Специальные функции, используемые в методе сферических гармоник (МСГ): полиномы Лежандра, присоединенные функции Лежандра, сферические функции (гармоники). Аргументы специальных функций в теории переноса ИИ: косинус полярного угла и азимутальный угол. Рекуррентные соотношения, условия ортогональности. Теорема о сложении полиномов Лежандра. - (раздаточный материал).</p> <p>Представление угловых зависимостей функций, входящих в уравнение переноса, в виде разложения в ряд Фурье по сферическим гармоникам. Коэффициенты ряда. Представление интегро-дифференциального уравнения в виде бесконечной системы уравнений, связывающих коэффициенты ряда.</p> <p>Применение МСГ для плоскопараллельной задачи с азимутальной симметрией. Представление фазовой плотности потока в виде ряда по полиномам Лежандра. Моменты решения. Физический смысл нулевого и первого коэффициентов ряда. Преобразование уравнения переноса в систему уравнений относительно коэффициентов ряда. Частный случай системы уравнений для изотропного рассеяния.</p> <p>Граничные условия для МСГ: условие для межфазной границы; условие для границы плотной среды с пустотой - Условие Маршака. P1-приближение МСГ и его связь с диффузионным приближением. P2 и P3-приближения МСГ. Редукция P2-уравнений МСГ к P1. Разностная аппроксимация P1-уравнений. Понятие о трехточечных разностных уравнениях диффузионного типа. Решение уравнения безытерационным методом "прогонки". Серийные</p> |



|   |   |   |
|---|---|---|
|   |   | компьютерные программы, реализующие метод сферических гармоник.   |
| 4 | Метод дискретных ординат                        | Общие положения и сущность метода дискретных ординат (МДО). Особенности практических задач переноса излучения, актуальные для МДО: сложная структура пространственной, энергетической и угловой зависимости коэффициентов уравнения переноса; большой динамический диапазон градиентов потока в слоях защиты; полнота обработки расчетной информации. Основные требования к современному алгоритму МДО; модифицируемость и универсальность программ МДО. Геометрические модели для МДО. Аппроксимация интеграла рассеяния. Квадратура Гаусса, ESn-квадратура. Метод характеристик. Разностная сетка по переменной z. Метод Карлсона (Sn - метод) как разновидность МДО. Уравнение баланса. Трехточечные разностные схемы: “алмазная”, “взвешенная”, “шаговая”, “среднегеометрическая” и “экспоненциальная”. Итерационное решение разностных уравнений МДО. Серийные компьютерные программы, реализующие метод дискретных ординат. |
| 5 | Метод Монте-Карло                               | Основы метода статистических испытаний. Генератор случайных чисел. Плотность вероятности распределения случайной величины. Моделирование событий. Вычисление кратных интегралов по методу статистических испытаний. Применение метода Монте-Карло в теории переноса на примере интегрального уравнения Пайерлса. Ряд Неймана. Моделирование событий в многомерном пространстве. Понятие траектории. Весовые коэффициенты. Вычисление линейных функционалов по методу статистических испытаний. Серийные компьютерные программы, реализующие метод Монте-Карло в теории переноса излучения.  |
| 6 | Многоскоростное кинетическое уравнение переноса | Уравнение переноса с энергетической зависимостью. Групповой подход в задачах переноса. Понятие о групповых сечениях. Линейные функционалы в теории переноса излучения. Операторная формулировка уравнений переноса. Сопряженные функции и уравнения. Теория возмущений.   |

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности  | Технология воспитательной деятельности   | Компетенция  | Результаты обучения   |
|---|--|--|--|---|
| Профессиональное воспитание             | целенаправленная работа с информацией для использования в практических | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной | ПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического | У-3 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности и критически их оценивать на |

|  |       |                 |   |  |
|--|-------|-----------------|---|--|
|  | целях | ой деятельности | анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем | основе фундаментальных естественнонаучных знаний |
|--|-------|-----------------|---|--|

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория переноса излучения

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Огородников, И. Н.; Введение в обратные задачи физической диагностики: модельные расчеты в Матлаб : учебное пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=695625> (Электронное издание)
2. Кудряшов, С. Н.; Основные методы решения практических задач в курсе «Уравнения математической физики» : учебное пособие.; Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241103> (Электронное издание)
3. Владимиров, В. С.; Уравнения математической физики : учебник.; Физматлит, Москва; 2000; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68126> (Электронное издание)
4. Ильин, А. М.; Уравнения математической физики : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69318> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Огородников, И. Н.; Введение в теорию переноса ионизирующих излучений : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2010 (11 экз.)
2. Огородников, И. Н., Пустоваров, В. А.; Радиационные воздействия излучений на материалы электронной техники. Кристаллы нелинейной УФ/ВУФ-оптики : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 14.03.02, 14.04.02 - Ядерная физика и технологии, 12.03.04, 12.04.04 - Биотехнические системы и технологии и 14.05.04 - Электроника и автоматика физических установок.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2022 (11 экз.)
3. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 1. Физика атомного ядра; Энергоатомиздат, Москва; 1983 (21 экз.)
4. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 2. Физика элементарных частиц; Энергоатомиздат, Москва; 1983 (21 экз.)
5. Смелов, В. В.; Лекции по теории переноса нейтронов : [учебное пособие для физико-математических специальностей вузов].; Атомиздат, Москва; 1978 (3 экз.)

## Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).
2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).
3. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).

## Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

## Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Государственная публичная научно-техническая библиотека, режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
2. Электронная библиотека нормативно-технической документации, режим доступа: <http://www.technormativ.ru>
3. Зональная научная библиотека УрФУ, режим доступа: <http://lib.urfu.ru>

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория переноса излучения

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий         | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы   | Перечень лицензионного программного обеспечения  |
|-------|----------------------|---|--|
| 1     | Лекции               | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Доска аудиторная<br>Периферийное устройство | Office Professional 2003 Win32<br>Russian CD-ROM |
| 2     | Практические занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Доска аудиторная                            | Не требуется                                     |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 3 | Лабораторные занятия                        | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 4 | Консультации                                | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>   | <b>Не требуется</b>                           |
| 5 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>  | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 6 | Самостоятельная работа студентов            | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>  | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Экспериментальная ядерная физика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия Имя Отчество</b>  | <b>Ученая степень,<br/>ученое звание</b>           | <b>Должность</b> | <b>Подразделение</b>         |
|--------------|------------------------------|--|------------------|------------------------------|
| 1            | Рябухин Олег<br>Владимирович | кандидат физико-<br>математических<br>наук, доцент | Доцент           | экспериментально<br>й физики |

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 7 от 15.03.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Рябухин Олег Владимирович, Доцент, экспериментальной физики**

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины* | Содержание  |
|-------------------|--------------------------|---|
| 1                 | Введение                 | Краткая характеристика дисциплины, ее цели, задачи, объем, содержание, порядок изучения материала, связь с другими дисциплинами учебного плана и место в подготовке бакалавров по направлению биотехнические системы и технологии. Формы контроля самостоятельной работы. Характеристика учебной литературы.  |
| 2                 | Характеристики ядер      | 2.1. Массовое число, порядковый номер, нейтронное число, масса, энергия, заряд ядер. Соотношение массы и энергии.<br>2.2. Энергетически устойчивые ядра. Энергия связи. Удельная энергия связи. Энергия связи нуклонов и составных частей ядра. Стабильные ядра.<br>2.3. Геометрические размеры ядер. Анализ формулы Вейцеккера. Экспериментальные методы определения радиуса ядер.<br>2.4. Спин и магнитный момент нуклонов и ядер. Эффекты Пашена – Бака и Зеемана. Экспериментальные методы определения спина ядра |
| 3                 | Ядерные модели           | 3.1. Капельная модель ядра.<br>3.2. Модель ядерных оболочек.<br>3.3. Обобщённая модель ядра.  |

|   |                                       |  |
|---|---------------------------------------|--|
|   |                                       |  |
| 4 | Радиоактивный распад и поля излучений | <p>4.1. Общие закономерности распада ядер</p> <p>4.2. Альфа-излучение ядер.</p> <p>4.3. Бета-излучение ядер.</p> <p>4.4. Гамма-излучение ядер.</p>   |
| 5 | Прохождение излучения через вещество  | <p>5.1. Прохождение заряженных частиц через вещество. Формула Бете, ионизационные потери. Зависимость пробега от энергии частицы. Тормозные потери энергии. Кулоновское рассеяние. Сечение рассеяния. Многократное рассеяние. Особенности прохождения бета - излучения в веществе.</p> <p>5.2. Прохождение гамма-излучения через вещество. Фотоэффект. Рассеяние гамма-квантов. Образования электрон-позитронных пар.</p>  |
| 6 | Ядерные превращения                   | <p>6.1. Характеристики ядерных превращений.</p> <p>6.2. Энергетический баланс и энергия ядерной реакции. Пороговая энергия.</p> <p>6.3. Типы и механизмы ядерных реакций. Сечения процессов в резонансной и нерезонансной областях.</p> <p>6.4. Влияние кулоновского и центробежного барьеров на вероятность протекания ядерной реакции.</p> <p>6.5. Влияние процесса ионизации на вероятность протекания ядерной реакции.</p> <p>6.6. Ядерные превращения под действием под действием альфа - частиц, под действием протонов.</p> <p>6.7. Ядерные превращения под действием нейтронов.</p> <p>6.8. Замедление и диффузия нейтронов.</p> <p>6.9. Деления ядер. Теория и механизм деления.</p> <p>6.10. Фотоядерные превращения.</p> <p>6.11. Термоядерные процессы.</p> <p>6.12. Практическое использование ядерных превращений.</p> |
| 7 | Физика высоких энергий                | <p>7.1. Элементарные частицы. Классификация.</p> <p>7.2. Экспериментальные исследования свойств элементарных частиц.</p> <p>7.3. Механизм переноса фундаментального взаимодействия.</p> <p>7.4. Адроны.</p> <p>7.5. Лептоны.</p>   |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | 7.6. Эволюция фундаментальных взаимодействий. |
|--|--|---|

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности  | Технология воспитательной деятельности  | Компетенция  | Результаты обучения   |
|---|--|---|--|---|
| Профессиональное воспитание             | целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности | ПК-6 - Способен разрабатывать способы применения ядерно-энергетических, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических и медицинских проблем | У-1 - Анализировать совокупность и последовательность процессов, протекающих при взаимодействии излучения с веществом |

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Экспериментальная ядерная физика

#### Электронные ресурсы (издания)

- Капитонов, И. М.; Введение в физику ядра и частиц : учебник.; Физматлит, Москва; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75503> (Электронное издание)
- , Баранов, В. Ю.; Изотопы: свойства, получение, применение : монография.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67606> (Электронное издание)

#### Печатные издания

- Капитонов, И. М.; Введение в физику ядра и частиц : учеб. пособие для студентов физ. фак. клас. ун-тов, а также для студентов др. вузов, обучающихся по специальности "Ядерная физика" и направлению "Физика".; [КомКнига], Москва; 2006 (1 экз.)
- Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 1. Физика атомного ядра; Энергоатомиздат, Москва; 1983 (21 экз.)
- Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 2. Физика элементарных частиц; Энергоатомиздат, Москва; 1983 (21 экз.)
- Иродов, И. Е.; Сборник задач по атомной и ядерной физике : учеб. для физ. специальностей вузов.;



Энергоатомиздат, Москва; 1984 (70 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).
2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).
3. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Государственная публичная научно-техническая библиотека, режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
2. Электронная библиотека нормативно-технической документации, режим доступа: <http://www.technormativ.ru>
3. Зональная научная библиотека УрФУ, режим доступа: <http://lib.urfu.ru>

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Экспериментальная ядерная физика**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

| <b>№ п/п</b> | <b>Виды занятий</b>  | <b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>  | <b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b> |
|--------------|----------------------|---|--|
| 1            | Лекции               | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br><br>Рабочее место преподавателя<br><br>Доска аудиторная<br><br>Периферийное устройство | Office Professional 2003 Win32<br>Russian CD-ROM       |
| 2            | Практические занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов   | Не требуется   |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|   |   | Рабочее место преподавателя<br>Доска аудиторная  |   |
| 3 | Лабораторные занятия                        | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br><br>Рабочее место преподавателя<br><br>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 4 | Консультации                                | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br><br>Рабочее место преподавателя   | <b>Не требуется</b>                           |
| 5 | Текущий контроль и промежуточная аттестация | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br><br>Рабочее место преподавателя<br><br>Подключение к сети Интернет  | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |
| 6 | Самостоятельная работа студентов            | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br><br>Персональные компьютеры по количеству обучающихся<br><br>Подключение к сети Интернет  | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Экспериментальные методы ядерной**  
**физики**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия Имя Отчество</b>  | <b>Ученая степень,<br/>ученое звание</b>           | <b>Должность</b> | <b>Подразделение</b>         |
|--------------|------------------------------|--|------------------|------------------------------|
| 1            | Багаев Валерий<br>Николаевич | кандидат физико-<br>математических<br>наук, доцент | Доцент           | экспериментально<br>й физики |
| 2            | Бажукова Ирина<br>Николаевна | кандидат физико-<br>математических<br>наук, доцент | Доцент           | экспериментально<br>й физики |

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 7 от 15.03.2024 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Багаев Валерий Николаевич, Доцент, экспериментальной физики
- Бажукова Ирина Николаевна, Доцент, экспериментальной физики

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины*                                  | Содержание  |
|-------------------|---|---|
| 1                 | Общие вопросы регистрации ионизирующих излучений          | Построение курса и его связь со смежными дисциплинами. Особенности ионизирующих излучений (ИИ) как объекта измерений. Измеряемые параметры ИИ. Основные принципы детектирования излучений. Классификация детекторов. Типовая измерительная схема для регистрации излучений.   |
| 2                 | Характеристики и режимы работы детекторов                 | Общая схема включения детектора. Токовый и импульсный режимы работы детекторов. Амплитудный спектр импульсов. Функция отклика детектора. Энергетическое разрешение детектора. Эффективность регистрации излучений. Временное разрешение детекторов, мертвое время.  |
| 3                 | Газовые ионизационные детекторы: ионизационная камера     | Ионизационный эффект в газах, вольтамперная характеристика газового промежутка. Теорема Рамо – Шокли. Ионизационные камеры (ИК). Устройство и особенности работы ИК в токовом и импульсном режимах. Импульсная ИК, схема ее включения. Форма импульсов тока и напряжения в для плоской ИК. Индукционный эффект и способы его уменьшения. Энергетическое разрешение, временные характеристики и эффективность регистрации импульсной ИК. Области применения и примеры использования. |
| 4                 | Газовые ионизационные детекторы: пропорциональный счетчик | Пропорциональный счетчик (ПС), особенности его устройства и работы. Форма импульсов тока и напряжения в ПС. Временное и энергетическое разрешение ПС. Конструктивные  |

|   |   |  |
|---|---|--|
|   |   | особенности, области применения и примеры использования ПС.  |
| 5 | Газовые ионизационные детекторы: газоразрядный счетчик            | <p>Газоразрядные счетчики (ГС), их разновидности. Вторичные эффекты. Полный коэффициент газового усиления, механизм разряда. Особенности галогенных счетчиков. Временные характеристики, эффективность регистрации различных видов излучений.</p> <p>Конструктивные особенности газовых ионизационных детекторов: охранные кольца, 2п - и 4п - геометрия, коррекция поля в месте крепления нити анода и т.п.</p>   |
| 6 | Твердотельные (полупроводниковые) детекторы: механизм регистрации | <p>Механизм регистрации излучений, требования к материалу детектора. Однородные счетчики, их преимущества и недостатки.</p> <p>Полупроводниковые детекторы на основе р-п перехода. Поверхностно-барьерные и диффузионные детекторы, схема их включения и технологические особенности. Толщина и емкость чувствительной области. Форма импульсов тока и напряжения. Основные факторы, определяющие энергетическое и временное разрешение детекторов. Области применения и примеры использования.</p>  |
| 7 | Твердотельные (полупроводниковые) детекторы: виды детекторов      | <p>Полупроводниковые диффузионно-дрейфовые детекторы (р-і-п детекторы). Схема включения, технологические особенности. Форма импульсов тока и напряжения. Энергетическое и временное разрешение. Эффективность регистрации различных типов излучений.</p> <p>Некоторые разновидности полупроводниковых детекторов: из сверхчистых материалов, на основе теллурида кадмия, арсенида галлия, дионида ртути и т.п. Области применения и примеры использования.</p>   |
| 8 | Сцинтилляционные детекторы (СД)                                   | <p>Структура, принцип работы и основные характеристики СД. Сцинтилляторы, механизм высвечивания неорганических и органических сцинтилляторов.</p> <p>Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), его составные части, конструктивные особенности и характеристики. Схема включения и питания ФЭУ. Шумы ФЭУ. Одноэлектронный режим работы ФЭУ. Форма сцинтилляционных импульсов тока и напряжения.</p> <p>Временное и энергетическое разрешение СД. Эффективность регистрации различных видов излучений.</p> <p>Области применения и примеры использования сцинтилляционных детекторов.</p> |

|    |                               |  |
|----|-------------------------------|--|
| 9  | Вторичноэмиссионные детекторы | <p>Особенности работы, области применения. Схемы включения, основные режимы работы и характеристики. Микроканальные пластины.</p> <p>Счётчики Черенкова. Особенности и характеристики пороговых и угловых счётчиков Черенкова. Материалы радиаторов. Энергетическое и временное разрешение. Конструктивные особенности, области применения и примеры использования.</p>  |
| 10 | ПЗС-детекторы                 | <p>Принцип работы и структурная схема детекторов. Основные характеристики и области применения.</p> <p>Специальные типы детекторов. Позиционно-чувствительные детекторы для определения пространственного распределения частиц. Дельта Е - детекторы для идентификации типа регистрируемых частиц. Составные детекторы (фосфичи) для разделения частиц по форме сигнала. Перспективы разработки новых детекторов для дозиметрических, радиометрических и спектрометрических измерений.</p> |
| 11 | Заключение                    | Применение детекторов ионизирующих излучений в медико-биологической практике.  |

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности  | Технология воспитательной деятельности   | Компетенция   | Результаты обучения  |
|---|--|--|---|--|
| Профессиональное воспитание             | целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях | Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной профессиональной деятельности | ПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетеchnические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических | У-3 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности и критически их оценивать на основе фундаментальных естественнонаучных знаний |

|  |  |  |        |  |
|--|--|--|--------|--|
|  |  |  | систем |  |
|--|--|--|--------|--|

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Экспериментальные методы ядерной физики**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Кислов, А. Н.; Атомная и ядерная физика : учебное пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=695942> (Электронное издание)
2. Широков, Ю. М., Мамонтова, Н. А.; Ядерная физика : учебное пособие.; Наука, Москва; 1980; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450094> (Электронное издание)
3. , Штейн, С. Г., Дзю, И. М., Викулов, С. В., Минаев, А. П., Дзю, Е. Л., Плетнев, П. М.; Сборник индивидуальных заданий по физике: атомная и ядерная физика : сборник задач и упражнений. 5. Оптика; Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=230477> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 1. Физика атомного ядра; Энергоатомиздат, Москва; 1983 (21 экз.)
2. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 2. Физика элементарных частиц; Энергоатомиздат, Москва; 1983 (21 экз.)
3. Акимов, Ю. К.; Фотонные методы регистрации излучений; ОИЯИ, Дубна; 2006 (3 экз.)
4. Акимов, Ю. К.; Газовые детекторы ядерных излучений; ОИЯИ, Дубна; 2011 (1 экз.)
5. Ляпидевский, В. К.; Методы детектирования излучений : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1987 (15 экз.)
6. Абрамов, А. И., Казанский, Ю. А., Матусевич, Е.; Основы экспериментальных методов ядерной физики : Учеб. пособие.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (16 экз.)
7. Ободовский, И. М.; Сборник задач по экспериментальным методам ядерной физики : Учеб. пособие для физ. и инж.-физ. спец. вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1987 (6 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).
2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).
3. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

## Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Государственная публичная научно-техническая библиотека, режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
2. Электронная библиотека нормативно-технической документации, режим доступа: <http://www.technormativ.ru>
3. Зональная научная библиотека УрФУ, режим доступа: <http://lib.urfu.ru>

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Экспериментальные методы ядерной физики

#### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий                                | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы  | Перечень лицензионного программного обеспечения  |
|-------|---|--|--|
| 1     | Лекции                                      | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Доска аудиторная<br>Периферийное устройство  | Office Professional 2003 Win32<br>Russian CD-ROM |
| 2     | Лабораторные занятия                        | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами | Office Professional 2003 Win32<br>Russian CD-ROM |
| 3     | Консультации                                | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя   | Не требуется                                     |
| 4     | Текущий контроль и промежуточная аттестация | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в   | Office Professional 2003 Win32<br>Russian CD-ROM |



|   |                                  |  |   |
|---|----------------------------------|--|---|
|   |                                  | <p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>  |   |
| 5 | Самостоятельная работа студентов | <p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p> | Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM |