

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

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1152887	Радиационная безопасность

**Екатеринбург**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Технологии радиационной безопасности	<b>Код ОП</b> 1. 14.04.02/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Ядерные физика и технологии	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 14.04.02

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	Жуковский Михаил Владимирович	доктор технических наук, профессор	Профессор	экспериментальной физики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Радиационная безопасность

## 1.1. Аннотация содержания модуля

В данный модуль входят дисциплины: «Метрология ионизирующих излучений», «Физика и методы расчета радиационной защиты». В рамках этого модуля студенты изучают: основы передачи размера единиц измерения активности, дозы, мощности дозы, потока частиц от Государственных эталонов к рабочим средствам измерений; метрологию радионуклидов; радиометрический контроль окружающей среды; анализ и контроль технологических процессов на объектах ядерного энергетического цикла; методы статистической обработки радиометрических измерений. Кроме того, студенты знакомятся с основными понятиями в области радиационной защиты, защиты от гамма-излучения радионуклидов, защиты от рентгеновского и тормозного излучения, защиты от электронов, протонов и альфа-частиц, основы защиты ускорителей заряженных частиц, основы защиты в космосе, защиту от нейтронов, основы радиационной безопасности.

## 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	Метрология ионизирующих излучений	6
2	Физика и методы расчета радиационной защиты	9
ИТОГО по модулю:		15

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Методы управления ядерной и радиационной безопасностью</li><li>2. Фундаментальные основы ядерных технологий</li><li>3. Дозиметрия внешнего и внутреннего облучения</li><li>4. Методы и средства радиационной безопасности</li></ol>
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Радиационные и ядерно-физические установки</li><li>2. Спецпрактикум</li><li>3. Производственная практика, научно-исследовательская работа</li><li>4. Производственная практика, преддипломная</li><li>5. Государственная итоговая аттестация</li></ol>

#### 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
Метрология ионизирующих излучений	ПК-4 - Способность к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий	<p>З-1 - Объяснить физическое описание явлений и процессов в области ядерной физики и технологий</p> <p>З-3 - Определять порядок разработки и оформления отчетной документации по результатам выполненных исследований</p> <p>У-2 - Использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения</p> <p>П-2 - Иметь практические навыки анализа и обобщения результатов выполненных научно-технических исследований и разработок</p>
	ПК-5 - Способность формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов	<p>З-1 - Сформулировать теоретические основы методов и процессов в своей предметной области, современное состояние развития науки и технологии в своей предметной области</p> <p>У-1 - Разрабатывать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете устройств или объектов в своей предметной области</p> <p>П-2 - Иметь навыки использования информационных технологий и пакетов прикладных программ при проектировании и расчете устройств или объектов в своей предметной области</p>
	ПК-9 - Способность объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому	<p>З-1 - Определять современный уровень развития науки и технологии, профессиональные проблемы в своей предметной области</p> <p>З-2 - Различать стандарты, методики и инструкции, определяющие порядок</p>

	уровню, подготовить экспертное заключение	разработки и оформления отчетной документации по результатам выполненных исследований  У-1 - Сравнить предполагаемое решение или проект относительно мирового уровня  П-1 - Иметь навыки экспертной оценки предлагаемых решений или проектов
	ПК-10 - Способен эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты	З-1 - Определять основные физические процессы, лежащие в основе функционирования физических установок  З-2 - Определять типовые методики выполнения измерений, расчетов и технологических процессов  У-1 - Эксплуатировать стандартные физические установки и приборы, находить типичные неисправности и сбои в работе, проводить испытания и ремонт физических установок  У-4 - Обеспечивать работы с источниками ионизирующих излучений  П-1 - Иметь навыки эксплуатации физических установок, проведения испытаний и устранения типичных неисправностей и сбоев в работе физических установок  П-2 - Иметь навыки расчета современных физических установок
	ПК-11 - Способен решать инженерно-физические задачи с помощью пакетов прикладных программ	З-1 - Сформулировать инженерно-физические задачи по направлению деятельности  З-3 - Представлять типовые методики выполнения измерений, расчетов и технологических процессов  У-1 - Оценивать возможность решения инженерно-физических задач в своей профессиональной деятельности  П-1 - Иметь практический опыт решения инженерно-физических задач с помощью современных программных средств в своей профессиональной деятельности
Физика и методы расчета радиационной	УК-7 - Способен обрабатывать, анализировать,	З-1 - Сделать обзор угроз информационной безопасности, основных принципов организации безопасной работы в

защиты	<p>передавать данные и информацию с использованием цифровых средств для эффективного решения поставленных задач с учетом требований информационной безопасности</p>	<p>информационных системах и в сети интернет</p> <p>З-2 - Описать способы и средства защиты персональных данных и данных в организации в соответствии с действующим законодательством</p> <p>З-3 - Сделать обзор современных цифровых средств и технологий, используемых для обработки, анализа и передачи данных при решении поставленных задач</p> <p>У-1 - Определять основные угрозы безопасности при использовании информационных технологий и выбирать оптимальные способы и средства защиты персональных данных и данных организации от мошенников и вредоносного ПО</p> <p>У-2 - Выбирать современные цифровые средства и технологии для обработки, анализа и передачи данных с учетом поставленных задач</p> <p>П-1 - Обосновать выбор технических и программных средств защиты персональных данных и данных организации при работе с информационными системами на основе анализа потенциальных и реальных угроз безопасности информации</p> <p>П-2 - Решать поставленные задачи, используя эффективные цифровые средства и средства информационной безопасности</p>
	<p>ПК-4 - Способность к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий</p>	<p>З-2 - Объяснить выбор теоретической и математической модели в области ядерной физики и технологий</p> <p>У-2 - Использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения</p> <p>П-1 - Иметь навыки работы с современными расчетными программными средствами</p>
	<p>ПК-5 - Способность формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты</p>	<p>З-1 - Сформулировать теоретические основы методов и процессов в своей предметной области, современное состояние развития науки и технологии в своей предметной области</p>

<p>прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов</p>	<p>З-2 - Характеризовать возможности использования информационных технологий и пакетов прикладных программ для решения задач в своей предметной области</p> <p>З-3 - Объяснять требования санитарных норм и правил при обращении с радиационными отходами</p> <p>У-1 - Разрабатывать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете устройств или объектов в своей предметной области</p> <p>У-2 - Обосновывать проектные решения по безопасным методам производства работ при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии с учетом величины суммарной активности, оценки вероятной дозовой нагрузки и облучения</p> <p>П-2 - Иметь навыки использования информационных технологий и пакетов прикладных программ при проектировании и расчете устройств или объектов в своей предметной области</p>
<p>ПК-10 - Способен эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты</p>	<p>З-1 - Определять основные физические процессы, лежащие в основе функционирования физических установок</p> <p>З-2 - Определять типовые методики выполнения измерений, расчетов и технологических процессов</p> <p>З-4 - Определять методы защиты от ионизирующих излучений</p> <p>У-2 - Выполнять технико-экономические расчеты</p> <p>У-3 - Обеспечивать проведение работ с соблюдением требований, норм, правил эксплуатационной и ремонтной документации по обеспечению ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности, охраны труда и трудовой дисциплины</p> <p>У-4 - Обеспечивать работы с источниками ионизирующих излучений</p>

		<p>П-2 - Иметь навыки расчета современных физических установок</p> <p>П-3 - Применять требования промышленной и экологической безопасности при эксплуатации объектов использования атомной энергии</p>
	<p>ПК-11 - Способен решать инженерно-физические задачи с помощью пакетов прикладных программ</p>	<p>З-1 - Сформулировать инженерно-физические задачи по направлению деятельности</p> <p>З-2 - Представлять прикладное программное обеспечение по направлениям деятельности</p> <p>З-3 - Представлять типовые методики выполнения измерений, расчетов и технологических процессов</p> <p>У-1 - Оценивать возможность решения инженерно-физических задач в своей профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Использовать пакеты прикладных компьютерных программ по направлениям работ</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт решения инженерно-физических задач с помощью современных программных средств в своей профессиональной деятельности</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Метрология ионизирующих излучений**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Жуковский Михаил Владимирович	доктор технических наук, профессор	Профессор	экспериментально й физики

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

Протокол № 10 от 11.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Жуковский Михаил Владимирович, Профессор, 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 понятия метрологии. Физические величины и единицы. Основные, дополнительные и производные физические величины. Радиационные величины, их классификация	Измерения физических величин.  Прямые и косвенные измерения. Абсолютные и относительные измерения. Основные виды средств измерений. Мера физической величины. Измерительный прибор. Метрологические характеристики средств измерений. Номинальные МХ. Абсолютная погрешность средства измерений. Относительная погрешность средства измерений.  Задачи и содержание метрологической деятельности.  Государственные испытания средств измерений. Государственным контрольным испытаниям (ГКИ). Метрологическая аттестация средств измерений. Поверка средств измерений. Метрологическая аттестация нестандартизованных средств измерений. Метрологическая аттестация методик выполнения измерений (МВИ). Государственный надзор и ведомственный контроль за средствами измерений.
2	Методические и метрологические аспекты измерения радиоактивности	Радиометрия, ее развитие и задачи.  История возникновения единицы активности кюри. Грамм-эквивалент радия.  Величины и единицы, используемые в радиометрии.  Активность, удельная и объемная активность.

		<p>Общая характеристика методов измерений активности нуклидов.</p> <p>Методы абсолютных измерений. Методы относительных измерений. Обеспечение единства измерений активности нуклидов. Эталоны и поверочные схемы. Государственный эталон единицы массы радия. Международный эталон единицы массы радия. Государственный первичный эталон единицы активности. Характеристика эталонных установок, составляющих первичный эталон. Государственный специальный эталон (ГСЭ) единицы активности нуклидов в газах. ГСЭ единицы объемной активности аэрозолей. Рабочие эталоны, образцовые источники <math>\alpha</math>- и <math>\beta</math>-излучения..</p> <p>Образцовые растворы радионуклидов. Стандартные образцы. Стандартные образцы тритиевой воды (СОТВ). Стандартные образцы растворов тритиевой воды в сцинтилляторе (СОРТВ). Стандартные образцы радиоактивных газов (СОРГ). Стандартные образцы радиоактивных загрязнений окружающей среды.</p>
3	Относительные методы измерения активности нуклидов	<p>Общие принципы относительных измерений активности.</p> <p>Относительные измерения активности бета-излучателей. Метод прямых сравнений. Метод калиброванной аппаратуры. Метод внутреннего стандарта.</p> <p>Радиометрический метод определения <math>\alpha</math>-излучающих радионуклидов в смеси.</p> <p>Определение некоторых бета-излучающих нуклидов предварительным радиохимическим концентрированием и без него.</p> <p>Спектрометрический метод измерения активности нуклидов.</p> <p>Основные параметры спектрометров. Аппаратурная линия гамма-спектрометра с ионизационным детектором. Примеры реальных аппаратурных спектров, полученных на полупроводниковом спектрометре гамма-излучения. Анализ минерального сырья, содержащего радионуклиды уранового и ториевого рядов. Измерения на полу-проводниковом гамма-спектрометре. Анализ четырехкомпонентных проб с использованием сцинтилляционного спектрометра (матричный метод).</p>
4	Измерение объемной активности радиоактивных газов	<p>Спектрометрический метод измерения активности нуклидов.</p> <p>Характеристика радиоактивных газов. Искусственные радиоактивные газы аргон-41, криптон-85, ксенон-133, иод-131 и 129, тритий, естественный радиоактивный газ радон.</p> <p>Радиометры радиоактивных благородных газов, использующие в качестве детекторов ионизационные камеры и счетчики Гейгера. Складные камеры, оснащенные счетчиками <math>\alpha</math>-излучения. Проточные ионизационные камеры.</p> <p>Определение выброса в атмосферу <math>^{131}\text{I}</math>.</p> <p>Физическая сорбция молекулярного йода и его соединений и химическая сорбция йода. Материалы и аппаратура для отбора</p>

		<p>проб. Отбор проб. Измерение активности <math>^{131}\text{I}</math> и определение среднесуточной концентрации его в выбросе.</p> <p>Измерение объемной активности трития в воздухе.</p> <p>Определение трития в воздухе рабочих помещений ионизационным методом. Определение окиси трития (НТО) в воздухе методом жидкого сцинтиллятора с предварительным концентрированием влаги. Метод вымораживания. Метод барботирования. Измерения объемной активности окиси трития в водных пробах методом жидкого сцинтиллятора. Типы жидких сцинтилляторов. Выбор оптимального объема сцинтиллятора и пробы. Порядок проведения измерений и обработка результатов.</p> <p>Измерение объемной активности радона в воздухе.</p> <p>Основные термины и определения. Инспекционные и интегрирующие методы измерения объемной активности радона в воздухе. Электростатические камеры. Сцинтилляционные камеры. Измерение объемной активности радона путем сорбции на активированном угле. Теория адсорбции радона на активированном угле. Адсорбционные детекторы радона с использованием диффузионного барьера. Использование трековых детекторов для определения объемной активности радона в воздухе. Общие характеристики трековых детекторов. Условия образования треков в материале трековых детекторов. Практические конструкции и принципы работы измерительных устройств с использованием трековых детекторов. Электретные детекторы. Методы ретроспективного определения объемной активности радона в помещении. Метод поверхностных ловушек. Объемные ловушки <math>^{210}\text{Po}</math>.</p>
5	Измерение объемной активности радиоактивных аэрозолей	<p>Краткая характеристика аэрозолей.</p> <p>Дисперсность аэрозолей. Поведение аэрозолей в воздухе.</p> <p>Условия представительности проб.</p> <p>Изокинетический пробоотбор.</p> <p>Методы отбора проб аэрозолей.</p> <p>Седиментационный метод. Аспирационные методы отбора. Характеристика фильтрующих материалов. Механизмы оседания аэрозолей на материале фильтра. Схема отбора проб на открытой местности и из объемов, находящихся при нормальных условиях или под разряжением. Импакторы различной конструкции.</p> <p>Определение эффективности фильтра при измерении альфа- и бета-активных аэрозолей.</p> <p>Определение эффективности фильтра при измерении альфа-активных аэрозолей. Кривая зависимости скорости счета альфа-частиц от толщины. Определение эффективности фильтра при измерении бета-активных аэрозолей.</p>

		<p>Определение поправки на распад для короткоживущих изотопов.</p> <p>Накопление активности на фильтре во времени. Поправка на распад за время прокачки воздуха. Распад на фильтре с момента окончания прокачки воздуха до момента измерения. Поправка на распад за время измерения фильтра.</p> <p>Измерение объемной активности ДПР радона в воздухе аспирационным методом.</p> <p>Динамика поведения ДПР радона при их осаждении на фильтр. Методы Томаса, Маркова, Кузнеця.</p>
<p>6</p>	<p>Активационно-радиометрический метод измерения параметров нейтронных полей реакторных установок</p>	<p>Источники нейтронов.</p> <p>Радиоактивные источники нейтронов. Нейтроны, получаемые с помощью ускорителей. Нейтроны ядерных реакторов.</p> <p>Взаимодействие нейтронов с веществом.</p> <p>Упругое рассеяние (n, n); неупругое рассеяние (n, n'<math>\gamma</math>); радиационный захват (n, <math>\gamma</math>); реакция с вылетом заряженных частиц (n, <math>\alpha</math>), (n, p) и др. деление ядер (n, f); реакция с вылетом нескольких нейтронов и заряженных частиц (n, 2n); (n, 3n) и др.</p> <p>Методы измерения основных характеристик нейтронного поля.</p> <p>Классификация нейтронных детекторов. Ионизационные камеры и пропорциональные счётчики. Радиационные (эмиссионные) элементы - зарядовые детекторы. Детекторы, основанные на тепловом эффекте. Полупроводниковые детекторы. Активационные детекторы.</p> <p>Активационные детекторы.</p> <p>Активационный метод, как метрологический метод измерения параметров нейтронного поля. 1/v - детекторы. Резонансные детекторы. Пороговые детекторы.</p> <p>Измерение параметров полей тепловых нейтронов.</p> <p>Измерение параметров полей тепловых и замедляющихся нейтронов активационным методом. Максвелловское распределение тепловых нейтронов по энергиям. Спектр замедляющихся нейтронов. Модель Весткотта для определения параметров тепловых нейтронов на фоне нейтронов надтепловых энергий.</p> <p>Определение спектров и потоков быстрых нейтронов.</p> <p>Определение параметров поля быстрых нейтронов и выхода радионуклидных нейтронных источников. Пороговые активационные детекторы в экспресс-методе оценки спектра быстрых нейтронов. Определение интегрального потока быстрых нейтронов и его спектра.</p> <p>Определение выхода радиоактивных нейтронных источников.</p> <p>Определение выхода радионуклидных нейтронных источников методом активации золотых фольг и марганцевой ванны.</p>

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

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Метрология ионизирующих излучений

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Кондратенко, С. Г.; Метрология нейтронного излучения : учебное пособие.; Академия стандартизации, метрологии и сертификации, Москва; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275585> (Электронное издание)
2. Кондратенко, С. Г.; Обеспечение единства измерений характеристик ионизирующих излучений : учебное пособие.; Академия стандартизации, метрологии и сертификации, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138891> (Электронное издание)
3. Кондратенко, С. Г.; Поверка и калибровка средств измерений в радиометрии ионизирующих излучений : учебное пособие.; Академия стандартизации, метрологии и сертификации, Москва; 2007; <http://www.iprbookshop.ru/44275.html> (Электронное издание)
4. Кондратенко, С. Г.; Физические основы измерений характеристик ионизирующих излучений: конспект лекций : курс лекций.; Академия стандартизации, метрологии и сертификации, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138890> (Электронное издание)
5. Григорьев, Е. И.; Радиационный контроль в нефтегазовом комплексе : учебное пособие.; Академия стандартизации, метрологии и сертификации, Москва; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138882> (Электронное издание)
6. Кондратенко, С. Г.; Неопределенность измерений характеристик ионизирующих излучений : учебное пособие.; Академия стандартизации, метрологии и сертификации, Москва; 2009; <http://www.iprbookshop.ru/44351.html> (Электронное издание)
7. Кондратенко, С. Г.; Обеспечение единства измерений в дозиметрии фотонного излучения : учебно-методический модуль.; Академия стандартизации, метрологии и сертификации, Москва; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/44352.html> (Электронное издание)
8. Кондратенко, С. Г.; Погрешности измерений характеристик ионизирующих излучений : учебное пособие.; Академия стандартизации, метрологии и сертификации, Москва; 2009; <http://www.iprbookshop.ru/44359.html> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Шишкин, И. Ф.; Теоретическая метрология : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Метрология, стандартизация и сертификация" и специальностям "Метрология, метрол. обеспечение", "Стандартизация и сертификация". Ч. 2. Обеспечение единства измерений; Питер, Москва [и др.]; 2012 (15 экз.)
2. Фридман, А. Э.; Основы метрологии : современный курс.; Профессионал, Санкт-Петербург; 2008 (1 экз.)
3. ; Нормы радиационной безопасности (НРБ-99 : СП-2.6.1.758-99: Утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 02.07.99.

- Взамен НРБ-96.; Апрохим, Москва; 2000 (4 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 American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).
4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).
5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).
6. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).
7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).
8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).
9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).
10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).
11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).
12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).
13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).
14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).
15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).
16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).
17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).
18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).
19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).
20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

### **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. Российская национальная библиотека. Режим доступа: <http://www.rsl.ru>

3. Публичная электронная библиотека. Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
4. Библиотека нормативно-технической литературы. Режим доступа: <http://www.tehлит.ru>
5. Электронная библиотека нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>
6. Библиотека В. Г. Белинского. Режим доступа: <http://book.uraic.ru>
7. База и Генератор Образовательных Ресурсов. Режим доступа <http://bigor.bmstu.ru/>
8. Зональная научная Библиотека УрФУ. Режим доступа: <http://lib.urfu.ru>

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Метрология ионизирующих излучений

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	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<b>Не требуется</b>
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>	<b>Не требуется</b>
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 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физика и методы расчета радиационной**  
**защиты**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Жуковский Михаил Владимирович	доктор технических наук, профессор	Профессор	экспериментально й физики
2	Пышкина Мария Дмитриевна	без ученой степени, без ученого звания	Ассистент	экспериментально й физики

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

Протокол № 10 от 11.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Жуковский Михаил Владимирович, Профессор, экспериментальной физики
- Пышкина Мария Дмитриевна, Ассистент, 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 в области защиты от ионизирующих излучений	Цели и задачи дисциплины.
2	Классификация источников излучения.	Радионуклиды как гамма-излучатели. Характеристика источников нейтронов. Радионуклиды как бета-излучатели. Тормозное излучение радионуклидов. Характеристика источников нейтронов. Продукты деления урана -235 и урана -238 как источники гамма-излучения. Классификация защит. Многократное рассеяние гамма квантов. Числовой, энергетический и дозовый фактор накопления. Сечения взаимодействия фотонного излучения с веществом.
3	Численные методы расчета прохождения излучения в защите.	Функция распределения для числа квантов, потока энергии, плотности потока и мощности дозы. Метод последовательных столкновений. Модель Фауста-Джонсона. Метод случайных испытаний. Основы метода. Случайные и псевдослучайные числа. Метод обратных функций. Метод Неймана для розыгрыша непрерывной случайной величины. Моделирование прохождения фотонов, электронов и нейтронов через вещество. Точность метода случайных испытаний. Методы повышения точности.

4	Характеристика полей излучения точечных и протяженных источников.	Поле излучения точечного источника за защитой. Поле излучения линейного и плоского прямоугольного источника. Дискový источник без защиты. Полюй цилиндрический источник. Специальные функции, используемые в расчетах полей излучения. Поле излучения линейного источника с учетом самопоглощения. Ослабление излучения поверхностных источников в защите. Излучение цилиндрических источников. Излучение цилиндрического источника в направлении оси, образующей и в радиальном направлении. Излучение цилиндрического источника с учетом самопоглощения. Излучение цилиндрического источника при наличии адсорбированной активности. Дозовый фактор адсорбции. Ослабление гамма-излучения цилиндрических источников в защите. Источник в виде усеченного конуса. Замена цилиндрического источника усеченным конусом. Пластина и бесконечное полупространство с равномерно распределенной активностью. Поле излучения сферического (объемного) источника за защитой.
5	Расчет полей излучения с учетом многократного рассеяния в источнике и в защите.	Экспоненциальное представление факторов накопления для точечных источников. Методы Тейлора и Бергера для вычислений факторов накопления. Факторы накопления для гомогенных и гетерогенных сред. Нахождение факторов накопления протяженных источников по методу Ковалева-Осанова и методом экспоненциального представления факторов накопления. Гамма- метод нахождения факторов накопления протяженных источников. Угловое распределение фотонного излучения за защитными барьерами.
6	Методы расчета защиты от гамма-излучения точечных источников и гамма-излучения продуктов деления.	<p>Предельно-допустимые уровни, используемые при проектировании защиты. Защита временем, количеством, расстоянием. Расчет защиты по слоям половинного ослабления и с помощью универсальных таблиц. Расчет защиты от гамма-излучения со сложным спектральным составом. Метод конкурирующих линий.</p> <p>Расчет защиты от гамма-излучения продуктов деления урана-235 для точечных и протяженных источников. Расчет защиты по кратности ослабления. Графический метод расчета защиты от гамма-излучения объемных источников со сложным спектральным составом.</p>
7	Альбе́до фотонов, электронов и нейтронов.	Основные понятия и определения. Закономерности обратного рассеяния гамма-излучения. Спектральное распределение рассеянного излучения. Зависимость от угла падения, угла отражения и энергии фотонов. Зависимость альбе́до от порядкового номера материала рассеивателя и толщины отражателя. Приближенные формулы для вычисления дифференциального альбе́до. Метод экономии исследований. Альбе́до нейтронов и электронов. Квазиальбе́до излучений. Скайшайн и квазискайшайн фотонов и нейтронов.
8	Прохождение излучения через неоднородности в защите.	Прохождение излучений через полые цилиндрические каналы, полностью пронизывающие защиту. Прохождение излучений через изогнутые каналы и через защиту с неоднородностями.

		Учет наличия пустот в защите. Расчет полей излучения в лабиринтах.
9	Защита от тяжелых заряженных частиц и электронов.	Вычисление максимальных пробегов и потерь энергии заряженных частиц в различных средах. Выход тормозного излучения и его характеристики. Методика расчета защиты от тормозного излучения. Конструкции защит от излучения $\gamma$ -источников. Особенности проектирования защиты на ускорителях заряженных частиц Учет образования озона и оксидов азота.
10	Защита от нейтронов.	Сечения взаимодействия нейтронов с ядрами вещества. Сечение выведения. Метод длин релаксаций для расчетов пространственного распределения нейтронов в защитных средах. Дозовый состав нейтронного излучения в защите. Коэффициент накопления подпороговых нейтронов. Использование номограмм в расчетах защиты от нейтронов ( $\gamma$ -n) источников. Активация материалов в поле нейтронов. Вторичное гамма-излучение в защитах.
11	Защитные материалы.	Связь между физическими и защитными свойствами материалов. Требования, предъявляемые к материалам, используемым в защитных конструкциях. Классификация бетонов. Технологический и химический состав обычных бетонов. Бетоны с различными наполнителями. Борсодержащие бетоны. Жаростойкие бетоны. Защитные материалы на основе керамики. Легкие защитные материалы и материалы, содержащие водород. Вода как защитный материал. Выбор оптимальных комбинаций материалов при проектировании защиты от смешанного нейтронного и гамма-излучения.

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

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Физика и методы расчета радиационной защиты

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Беспалов, В. И.; Лекции по радиационной защите : учебное пособие.; Издательство Томского политехнического университета, Томск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442088> (Электронное издание)
2. Беспалов, В. И.; Лекции по радиационной защите : учебное пособие.; Томский политехнический университет, Томск; 2017; <http://www.iprbookshop.ru/84016.html> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. , Гусев, Н. Г., Климанов, В. А., Машкович, В. П., Суворов, А. П.; Защита от ионизирующих излучений

- : учебник для вузов : в 2 т. . Т. 1. Физические основы защиты от излучений ; Энергоатомиздат, Москва; 1989 (20 экз.)
2. , Гусев, Н. Г., Климанов, В. А., Машкович, В. П., Суворов, А. П.; Защита от ионизирующих излучений : учебник для вузов : в 2 т. Т. 2. Защита от излучений ядерно-технических установок; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (22 экз.)
3. Иванов, В. И.; Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений : Учеб. пособие для инж.-физ. и физ.-техн. вузов.; Атомиздат, Москва; 1980 (17 экз.)
4. Машкович, В. П.; Защита от ионизирующих излучений : справочник.; Энергоатомиздат, Москва; 1995 (15 экз.)
5. Голубев, Б. П., Столярова, Е. Л.; Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений : Учебник для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1986 (9 экз.)
6. Иванов, В. И.; Курс дозиметрии : Учебник для физ. и физ.-техн. специальностей вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1988 (17 экз.)
7. Машкович, В. П.; Основы радиационной безопасности : Учеб. пособие.; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (30 экз.)
8. Беспалов, В. И.; Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению 140300 "Ядер. физика и технологии"; ТПУ, Томск; 2007 (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 American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).
4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).
5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).
6. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).
7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).
8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).
9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).
10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).
11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).
12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).
13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).
14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).
15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).
16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).
17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).

18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).
19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).
20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

### **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. Российская национальная библиотека. Режим доступа: <http://www.rsl.ru>
3. Публичная электронная библиотека. Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
4. Библиотека нормативно-технической литературы. Режим доступа: <http://www.tehлит.ru>
5. Электронная библиотека нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>
6. Библиотека В. Г. Белинского. Режим доступа: <http://book.uraic.ru>
7. База и Генератор Образовательных Ресурсов. Режим доступа <http://bigor.bmstu.ru/>
8. Зональная научная Библиотека УрФУ. Режим доступа: <http://lib.urfu.ru>

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

### **Физика и методы расчета радиационной защиты**

#### **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	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	<b>Не требуется</b>
4	Курсовая работа/ курсовой проект	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

5	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<b>Не требуется</b>
6	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<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> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<b>Не требуется</b>
7	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<b>Не требуется</b>