

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>
1152891	Источники ионизирующего излучения

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	Петров Владимир Леонидович	кандидат химических наук, старший научный сотрудник	Доцент	экспериментальной физики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Источники ионизирующего излучения

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Студенты изучают физические принципы ускорения заряженных частиц и осуществления управляемой цепной реакции деления; основные типы ускорителей, ядерных реакторов и изотопных источников, применение источников излучения в различных направлениях человеческой деятельности, обеспечение безопасной эксплуатации источников.

## 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	Источники ионизирующего излучения	6
ИТОГО по модулю:		6

## 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. Физика твердого тела</li><li>3. Дозиметрия внешнего и внутреннего облучения</li><li>4. Фундаментальные основы ядерных технологий</li></ol>
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Радиационная безопасность</li><li>2. Производственная практика, преддипломная</li><li>3. Производственная практика, научно-исследовательская работа</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

<p>Источники ионизирующего излучения</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>У-1 - Эксплуатировать стандартные физические установки и приборы, находить типичные неисправности и сбои в работе, проводить испытания и ремонт физических установок</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-1 - Иметь навыки эксплуатации физических установок, проведения испытаний и устранения типичных неисправностей и сбоев в работе физических установок</p>
--	---	---

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Источники ионизирующего излучения**

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	Петров Владимир Леонидович	кандидат химических наук, старший научный сотрудник	Доцент	экспериментально й физики

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

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 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. Значение радиационных технологий в современном обществе.	Общая характеристика курса. История разработки ускорителей и реакторов. Анализ причин широкого применения радиационных технологий в мире, несмотря на их потенциальную опасность для человека и окружающей среды. Области применения изотопных источников, ядерных реакторов, ускорителей заряженных частиц .
2	Радионуклидные источники	Закрытые, открытые источники. Методы получения радиоактивных изотопов. Циклотронные и реакторные радионуклиды. Конструкция, классификация, особенности альфа, бета, гамма и n-источников. Диагностика и терапия изотопами: генератор технеция-99м, установки для телекобальтовой терапии, ПЭТ-томограф. Облучающие установки для промышленных целей, радиоизотопные генераторы электрического тока.
3	Ускорители заряженных частиц	2.1. Ускорители прямого действия Принципиальная схема, основные элементы ускорителей прямого действия. Источники заряженных частиц. Ускорительная трубка. Ускорители трансформаторного типа. Каскадные генераторы. Электростатические генераторы. Сильноточные ускорители. Рентгеновские трубки. Установки с рентгеновскими трубками: рентгенография, томография. 2.2. Линейные ускорители

		<p>Линейные резонансные ускорители электронов и ионов. Конструкция основных узлов, характеристики, области применения, перспективы.</p> <p>2.3. Циклические ускорители с постоянным во времени магнитным полем</p> <p>Классический циклотрон. Предельно достижимая энергия частиц в циклотроне. Конструкция основных узлов. Изохронный циклотрон, особенности ускорительного режима и конструкции. Синхроциклотрон, особенности ускорительного цикла, реализация автофазировки, конструктивные особенности. Микротрон, кратный резонанс и основные параметры ускорителя.</p> <p>2.4. Циклические ускорители с переменным магнитным полем</p> <p>Бетатрон, инжекция и сброс электронов с равновесной орбиты. Синхротроны, ускорительный цикл, конструкция основных систем, ввод и вывод частиц. Особенности электронных синхротронов. Синхротронное излучение. Метод встречных пучков. Накопители, особенности их конструкции.</p> <p>2.5. Радиационная опасность и радиационная защита ускорителей</p>
4	Ядерные реакторы	<p>3.1. Типовые ядерно-энергетические установки</p> <p>ВВЭР-1000, РБМК-1000, БН-600, основные параметры и показатели. Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы.</p> <p>3.2. Радиоактивное излучение ядерных реакторов</p> <p>Распределение энергии деления. Накопление продуктов деления, их активность, зависимость от типов реакторов, биологически значимые продукты. Накопление актиноидов, их радиационные характеристики. Активная зона как источник излучения. Технологические контуры как источники излучения. Излучение остановленного реактора. Радиоактивные выбросы и сбросы.</p> <p>3.3. Ядерный топливный цикл</p> <p>Добыча руды. Переработка руды. Аффинаж. Разделение изотопов. Изготовление твэлов. Радиоактивное загрязнение биосферы в процессе переработки руды и приготовления твэлов. Хранение, транспортировка и переработка отработавшего топлива. Радиохимическое производство, источники излучения на радиохимическом заводе.</p> <p>3.4 Проблемы безопасности ядерно-энергетических установок</p> <p>Оценки вероятности возникновения аварии из-за отказа оборудования. Активные и пассивные средства безопасности, внутренние присущие свойства безопасности. Критерии безопасности. Примеры аварий ядерных реакторов. Пути совершенствования реакторов в направлении повышения их безопасности. Перспективные ЯЭУ. Проблемы снятия реакторов с эксплуатации.</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

### Источники ионизирующего излучения

#### Электронные ресурсы (издания)

1. , Зоткина, , Н. В., Дрозд, , В. В.; Справочник по охране труда. Том 2. Нормы выдачи индивидуальных средств защиты работников, социальное страхование от несчастных случаев на производстве и страховые взносы; Издательский дом ЭНЕРГИЯ, Альвис, Москва; 2013; <http://www.iprbookshop.ru/22743.html> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. ; 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.)
2. Мухин, К. Н.; Экспериментальная ядерная физика : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 1. Физика атомного ядра; Энергоатомиздат, Москва; 1983 (21 экз.)
3. Дементьев, Б. А.; Ядерные энергетические реакторы : Учеб. для вузов по специальности "Атом. электростанции и установки"; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (17 экз.)
4. Быстров, Ю. А., Иванов, С. А.; Ускорительная техника и рентгеновские приборы : Учебник для вузов.; Высшая школа, Москва; 1983 (6 экз.)
5. , Баранов, В. Ю., Белов, И. А., Бондаренко, В. Г., Васильчук, А. К., Верещагин, Ю. И.; Изотопы: свойства, получение, применение; ИздАТ, Москва; 2000 (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 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. Список библиотек, доступных в Интернет и входящих в проект «Либнет»  
Режим доступа: <http://www.valley.ru/-nicr/listrum.htm>
3. Российская национальная библиотека  
Режим доступа: <http://www.rsl.ru>
4. Публичная электронная библиотека  
Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
5. Библиотека нормативно-технической литературы  
Режим доступа: <http://www.tehlit.ru>
6. Электронная библиотека нормативно-технической документации  
Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>
7. Библиотека В. Г. Белинского  
Режим доступа: <http://book.uraic.ru>
8. База и Генератор Образовательных Ресурсов  
Режим доступа <http://bigor.bmstu.ru/>

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Источники ионизирующего излучения

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	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	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES
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	Не требуется
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES

		санитарными правилами и нормами	
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>